

UNIVERZITET U BEOGRADU

ŠUMARSKI FAKULTET

Predrag M. Sretenović

UTICAJ POTRAŽNJE KOMPOZITNIH  
PROIZVODA OD DRVETA U EVROPI NA  
TRŽIŠTE DRVNIH PROIZVODA U SRBIJI

doktorska disertacija

Beograd, 2015. godine

UNIVERSITY OF BELGRADE

FACULTY OF FORESTRY

Predrag M. Sretenović

IMPACT OF COMPOSITE WOOD  
PRODUCTS DEMAND IN EUROPE ON  
THE MARKET OF WOODEN PRODUCTS  
IN SERBIA

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2015

Mentor: Prof. Dr Branko Glavonjić, redovni profesor

Članovi komisije za ocenu izrađene disertacije:

1. Dr Branko Glavonjić, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu-Šumarski fakultet; Datum poslednjeg izbora: 13.05.2009. godine; UNO: Trgovina drvetom i ekonomika prerade drveta, mentor
2. Dr Milan Nešić, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu-Šumarski fakultet; Datum poslednjeg izbora 24.10.1996.godine; UNO: Organizacija, upravljanje i projektovanje preduzeća u preradi drveta
3. Dr Milanka Điporović-Momčilović, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu-Šumarski fakultet; Datum poslednjeg izbora 14.04.2008. godine; UNO: Hemijsko mehanička prerada drveta

Datum odbrane \_\_. \_\_. 2015. godine

## **Posveta**

Najveću zahvalnost dugujem svom mentoru dr Branku Glavonjiću, redovnom profesoru, za sve savete, ideje, podršku i pomoć koju mi je pružio u toku rada na doktorskoj disertaciji.

Na korisnim sugestijama i smernicama se takođe zahvaljujem redovnoj profesorki dr Milanki Điporović-Momčilović i redovnom profesoru dr Milanu Nešiću.

Na podršci i velikom razumevanju se zahvaljujem Branku Stefanoviću, direktoru preduzeća Saga drvo.

Veliku zahvalnost dugujem svojoj porodici na značajnoj podršci i razumevanju u toku izrade doktorske disertacije, a naročito supruzi Jeleni.

## KLJUČNA DOKUMENTACIONA INFORMACIJA

Redni broj (RB):	
Identifikacioni broj (IBR):	
Tip dokumenta (TD):	Monografska publikacija
Tip zapisa (TZ):	Tekstualni štampani dokument
Vrsta rada (VR):	Doktorska disertacija
Autor (AU):	Predrag Sretenović, dipl. inž.
Mentor/ Ko-mentor (MN):	Dr Branko Glavonjić, redovni profesor Univerziteta u Beogradu Šumarskog fakulteta
Naslov rada (NR):	Uticaj potražnje kompozitnih proizvoda od drveta u Evropi na tržište drvnih proizvoda u Srbiji
Jezik publikacije (JZ):	Srpski / latinica
Jezik izvoda (JI):	Srpski / engleski
Zemlja publikovanja (ZP):	Srbija
Geografsko područje (GP):	Srbija
Godina (GO):	2015
Izdavač (IZ):	Autorski reprint
Mesto i adresa (MA):	11030 Beograd, Kneza Višeslava 1
Fizički opis rada (br.pogl./str./tab./sl./graf./pril.):	9 poglavlja, 273 stranice, 23 tabele, 74 slike, 33 grafikona, 2 priloga
Naučna oblast (NO):	Biotehničke nauke
Uža naučna oblast:	Trgovina drvetom i ekonomika prerade drveta
UDK:	UDK 630*7(497.11)(043.3)
Čuva se (ČU):	Biblioteka Šumarskog fakulteta, Kneza Višeslava 1, 11030 Beograd, Srbija
Važna napomena (VN):	

# UTICAJ POTRAŽNJE KOMPOZITNIH PROIZVODA OD DRVETA U EVROPI NA TRŽIŠTE DRVNIH PROIZVODA U SRBIJI

## Rezime

U poslednjih dvadesetak godina, razvile su se nove tehnologije i novi drvni proizvodi koji nalaze široku primenu u različitim oblastima od industrije do građevinarstva. Među najznačajnim inovativnim proizvodima od drveta, koji nalaze sve širu primenu u Evropi i u Srbiji, izdvajaju se kompozitni proizvodi, a u okviru njih lepljeno lamelirano drvo (LLD). Na globalnom tržištu je sve više aktuelna i prisutna gradnja ekoloških i energetski efikasnih objekata koji su obuhvaćeni terminom zelena gradnja. Za gradnju ovih objekata se koriste razne vrste inovativnih kompozitnih proizvoda od drveta kao što su lepljeno lamelirano drvo, unakrsno lamelirano drvo, lamelirana furnirska građa i drugi, tako da ona u velikoj meri utiče na povećanje njihove potrošnje i intenziviranje proizvodnje. Upravo to je bio jedan od najvažnijih razloga za preduzimanje istraživanja u ovom radu sa ciljem sagledavanja uticaja potražnje kompozitnih proizvoda od drveta u Evropi na tržište drvnih proizvoda u Srbiji. Drugi razlog za preduzimanje ovih istraživanja predstavljala je činjenica da ti novi trendovi u Evropi mogu da otvore nove razvojne mogućnosti za drvnu industriju Srbije.

Primarna prerada drveta u Srbiji je u najvećoj meri orijentisana na proizvodnju proizvoda nižeg stepana finalizacije pa samim tim ostvaruje i manje finansijske vrednosti što bitno utiče na krajnji ekonomski rezultat poslovanja preduzeća u ovoj oblasti. Ovakva situacija bi se mogla prevazići i unaprediti kroz ugradnju rezane građe u pojedine kompozitne proizvode od drveta i njihovim izvozom. Težnja Srbije za članstvom u EU će u bliskoj budućnosti kreirati politički i administrativni okvir za donošenje odgovarajućih tehničkih propisa vezanih za građevinski sektor u Srbiji, pre svega u domenu subvencija i stimulacija kao i promovisanja i podizanja svesti stanovništva u oblasti gradnje drvetom što će uticati i na intenziviranje potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta na domaćem tržištu. Istraživanja u ovom radu su pokazala da, sa tržišnog aspekta, za preduzeća drvne industrije u Srbiji može biti od velikog značaja mogućnost proizvodnje kompozitnih proizvoda od drveta bukve koja je najzastupljenija autohtona vrsta drveta. Potencijalna proizvodnja bukovih greda od lepljenog lameliranog drveta u Srbiji bi zasigurno otvorila nove mogućnosti za razvoj

drvne industrije kroz njihov izvoz pre svega na tržište Nemačke u kojoj je odobrena njihova ugradnja u klasi eksploatacije 1.

Drugi važan faktor koji je kompozitne proizvode učinio aktuelnim je mogućnost korišćenja trupaca manjih prečnika i/ili nižih klasa kvaliteta za njihovu izradu. Kvalitetna sirovina je sve manje dostupna, a dodatno opterećenje u vidu povećane tražnje za drvnom sirovinom od strane fabrika ploča na bazi drveta i fabrika drvnih peleta značajno zaoštrava odnose na tržištu drvne sirovine.

Koristeći kompletnu metodološku osnovu, metode i tehnike koje se koriste u tržišnim i ekonomskim istraživanjima u radu je dokazano da postoji tržišna opravdanost i ekonomska isplativost proizvodnje lepljenog lameliranog drveta u Srbiji. Istraživanje tržišta lepljenog lameliranog drveta u vodećim zemljama Evropske unije po njegovoj potrošnji su pokazala da postoje tržišni potencijali za dalji razvoj proizvodnje ovog kompozitnog proizvoda u Srbiji i rast njegovog izvoza. U tom smislu ekonometrijsko modeliranje uticaja proizvodnje kuća u Nemačkoj na povećanje izvoza lepljenog lameliranog drveta iz Srbije je pokazalo da takav uticaj postoji i da je on pozitivan. Konkretno, pri svakom povećanju proizvodnje kuća od drveta u Nemačkoj za 1% može se očekivati povećanje izvoza lepljenog lameliranog drveta iz Srbije za 2,07% što je od velikog značaja za budući razvoj proizvodnje ovog kompozitnog proizvoda u Srbiji.

Imajući u vidu da je tržište lepljenog lameliranog drveta u Srbiji u inicijalnoj fazi razvoja koju odlikuju brojne slabosti i nedostaci u radu su predložene odgovarajuće mere koje je potrebno sprovesti u cilju poboljšanja i unapređenja postojećeg stanja. U tom smislu posebno je važno preduzeti aktivnosti za donošenje odgovarajućeg tehničkog propisa kojim bi se definisali kriterijumi i uslovi ugradnje kompozitnih proizvoda od drveta u pojedine kategorije objekata. Paralelno sa tim potrebno je sprovesti aktivnosti na osnivanju referentne nacionalne laboratorije za ispitivanje kompozitnih proizvoda od drveta kao i aktivnosti na daljem usvajanju i primeni evropskih standarda iz te oblasti. Iskustva i rezultati istraživanja koja su sprovedena u Austriji i izneta u ovom radu mogu biti od velike pomoći u tim procesima.

Ključne reči: tržište, potražnja, kompoziti, standardi, gradnja drvetom

### KEY WORD DOCUMENTATION

Accession number (ANO):	
Identification number (INO):	
Document type (DT):	Monographdocumentation
Type of record (TR)	Textual printed document
Contents code (CC)	Doctoral dissertation
Author (AU)	BSc Predrag Sretenović
Mentor (MN):	PhD Branko Glavonjić, full professor of University of Belgrade – Faculty of Forestry
Title (TI):	Impact of composite wood products demand in Europe on the market of wooden products in Serbia
Language of text: (LT)	Serbian / Cyrillic alphabet
Language of abstract (LA):	Serbian / English
Country of publication (CP):	Serbia
Locality of publication (LP):	Serbia
Publication year (PY):	2015
Publisher (PU):	The author's reprint
Publication place (PP):	11030 Belgrade, Kneza Višeslava 1
Physical description (PD) (number of chapters/pages/tables/figures/graphs/annexes)	9 chapters, 273 pages, 23 tables, 74 figures, 33 graphs, 2 annexes
Scientific field (SF):	Biotechnological sciences
Scientific discipline (SD):	Timber trade and economics of wood processing
UC:	UC 630*7(497.11)(043.3)
Holding data (HD):	Library of Faculty of Forestry, Kneza Višeslava 1, 11030 Belgrade, Serbia
Note (N):	



# IMPACT OF COMPOSITE WOOD PRODUCTS DEMAND IN EUROPE ON THE MARKET OF WOODEN PRODUCTS IN SERBIA

## **Summary**

In the last twenty years, new technologies and new timber products, which are widely applied in various fields from industry to civil engineering and construction, have been developed. Among the most significant innovative wood products, which are widening their use in Europe and Serbia, composite products are distinguished, and within them glue laminated timber (GLT). The term green building encompasses construction of environmental and energy efficient buildings which is increasingly actual and present in the global market. For the construction of these buildings, various kinds of innovative composite wood products are used, such as glue laminated timber, cross-laminated timber, laminated veneer lumber and others, so it has a large influence on increasing their consumption and intensification of production. This is exactly what has been one of the most important reasons for conducting research in this paper with a goal to examining the impact of composite wood products demand in Europe on the market of wooden products in Serbia. Another reason for conducting this research was the fact that these new trends in Europe can open new development opportunities for the wood industry in Serbia.

Primary wood processing in Serbia is largely oriented to the production of products with lower degree of finalization and therefore achieves less financial value which significantly affects the final economic result of enterprises in this field. This situation could be overcome and improved through the installation of sawn timber in the individual composite wood products and their exports. The aim of Serbia to join the EU will create a political and administrative framework in the near future for the adoption of appropriate technical regulations related to the construction sector in Serbia, primarily in the area of subsidies and incentives, as well as promoting and raising awareness in the field of wood construction which will result in intensification of consumption of composite wood products to the domestic market. Researches have shown that, from the market point of view, for the wood industry enterprises in Serbia, possibility of producing composite products from beech wood, which is the most common native species, can be of great significance. Potential production of glue

laminated timber beams made of beech in Serbia would certainly have opened up new opportunities for the development of wood industry through their export primarily to the German market in which is approved their installation in the first class of exploitation.

Another important factor that has made composite products actual is the ability to use smaller diameter logs and/or lower quality grades for their production. High quality raw materials is becoming less available, and an additional burden in the form of increased demand for wood raw material by factories of wood based panels and wood pellet factories significantly tighten relations in the wooden market.

Using a complete methodological basis, methods and techniques used in the market and economic research work has proven that there is a market feasibility and economic viability of the production glue laminated timber in Serbia. Glue laminated timber market researches in the leading countries of the European Union in terms of consumption have shown that there are market potentials for further development of the production of this composite products in Serbia and increase of its exports. In this sense, econometric modeling of impact of houses production in Germany on the increase of glue laminated timber export from Serbia has shown that such influence exists and it is positive. In particular, each time increasing the production of wooden houses in Germany by 1% can be expected to increase exports of glue laminated timber from Serbia to 2.07%, which is of great importance for the future development of the production of this composite product in Serbia.

Having in mind that the market of glue laminated timber in Serbia is in the initial phase of development, characterized by numerous shortcomings and deficiencies, appropriate measures to be undertaken in order to improve and advance the existing state, are proposed in the work. In this sense it is particularly important to take action for adopting appropriate technical regulation which would define the criteria and conditions of composite wood products installation in certain categories of buildings. Parallel to this, it is necessary to conduct activities on the establishment of national reference laboratory for composite wood products testing and activities to further adoption and implementation of European standards in this area. Experiences and results of research conducted in Austria and shown in this paper can be of great help in these processes.

Keywords: market, demand, composites, standards, wood construction

## SADRŽAJ

Spisak korišćenih simbola .....	xvi
Spisak tabela .....	xvii
Spisak grafikona .....	xix
Spisak slika .....	xxi
<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. PREGLED I OSNOVNE KARAKTERISTIKE KOMPOZITNIH PROIZVODA OD DRVETA .....</b>	<b>4</b>
2.1. Lepljeno lamelirano drvo – LLD (Glue laminated timber – Glulam – GLT) .....	4
2.2. Grede I profila (I - joists) .....	8
2.3. Konstruktivna kompozitna građa (Structural composite lumber - SCL) .....	9
2.3.1. Lamelirana furnirska građa (Laminated veneer lumber – LVL) .....	9
2.3.2. Građa od paralelno orjentisanog iverja (Parallel strand lumber - PSL) .....	11
2.3.3. Građa od lameliranog iverja (Laminated strand lumber - LSL) i građa od orjentisanog iverja (Oriented strand lumber – OSL) .....	12
2.4. Ploče od orjentisanog iverja (Oriented Strandboard – OSB) .....	13
2.5. Unakrsno lamelirano drvo (Cross Laminated Timber - CLT) .....	14
<b>3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA .....</b>	<b>16</b>
<b>4. PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA .....</b>	<b>22</b>
4.1. Predmet (područje) istraživanja .....	22
4.2. Ciljevi istraživanja .....	25
4.3. Polazne hipoteze .....	26
<b>5. METODE, TERITORIJALNO I VREMENSKO ODREĐENJE ISTRAŽIVANJA .....</b>	<b>27</b>
5.1. Metode statističke obrade podataka .....	30
<b>6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I NJIHOVA ANALIZA .....</b>	<b>33</b>
6.1. Zelena gradnja i njen značaj za razvoj tržišta kompozitnih proizvoda od drveta u Evropi .....	33
6.1.1. Doprinos gradnje drvetom ublažavanju klimatskih promena .....	33
6.1.2. Pasivne kuće i njihove osnovne karakteristike od značaja za ugradnju kompozitnih proizvoda od drveta .....	36

6.1.2.1. Osnovne karakteristike prozora koji se koriste u izgradnji pasivnih kuća sa stanovišta primene kompozitnih materijala od drveta .....	38
6.1.2.2. Drvo kao izolacioni materijal koji se koristi u izgradnji pasivnih kuća ....	40
6.1.2.3. Osnovne karakteristike sistema za ventilaciju koji se koriste u pasivnim kućama .....	40
6.1.3. Višespratni stambeni objekti zelene gradnje kao generatori potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta .....	41
6.1.3.1. Primeri višespratnih objekata izgrađenih od CLT-a kao kompozitnog proizvoda od drveta .....	42
6.1.3.1.1. Primer stambene zgrade od drveta „Forte“ u Australiji .....	43
6.1.3.1.2. Primer stambene zgrade od drveta „Stadthaus, Murray Grove“ u Londonu .....	45
6.1.4. Klasteri zelene gradnje i njihova uloga u razvoju tržišta kompozitnih proizvoda od drveta .....	47
6.1.5. Sistemi za ocenjivanje objekata zelene gradnje i njihova uloga u razvoju tržišta kompozitnih proizvoda od drveta .....	50
6.1.5.1. Osnovne karakteristike BREEAM sistema .....	51
6.1.5.2. Osnovne karakteristike LEED sistema .....	54
6.2. Ekonomski efekti proizvodnje kompozitnih proizvoda od drveta u izabranim zemljama Evropske unije i Srbiji .....	59
6.2.1. Mogućnost korišćenja tanke oblovine i oblovine nižih klasa kvaliteta za proizvodnju kompozitnih proizvoda od drveta novije generacije .....	59
6.2.2. Karakteristike proizvodnje izabranih kompozitnih proizvoda od drveta u vodećim zemljama Evropske unije i Srbiji .....	61
6.2.2.1. Karakteristike proizvodnje lepljenog lameliranog drveta u Austriji i Nemačkoj .....	62
6.2.2.2. Karakteristike proizvodnje lepljenog lameliranog drveta u Srbiji .....	66
6.2.3. Analiza ekonomske isplativosti proizvodnje kompozitnih proizvoda od drveta i klasične rezane građe .....	77
6.2.3.1. Analiza ekonomske isplativosti proizvodnje rezane građe jele/smrče u izabranim pilanama u Srbiji .....	78

6.2.3.2. Analiza ekonomske isplativosti proizvodnje lepljenog lameliranog drveta od smrče u Centralnoj Evropi .....	82
6.2.3.3. Analiza ekonomske isplativosti proizvodnje lepljenog lameliranog drveta od smrče u Srbiji .....	87
6.2.3.4. Analiza ekonomske isplativosti proizvodnje lepljenog lameliranog drveta bukve na primerima iz Nemačke .....	89
6.2.3.5. Mogućnosti proizvodnje lepljenog lameliranog drveta od bukve u Srbiji sa ocenom ekonomske isplativosti .....	97
6.2.4. Analiza tržišta lepljenog lameliranog drveta u Austriji, Nemačkoj i Švajcarskoj .....	104
6.3. Doprinos stambene izgradnje i ekonometrijsko modeliranje uticaja odabranih faktora razvoju potrošnje drvnih kompozita u Evropskoj uniji .....	112
6.3.1. Pregled kretanja u građevinskom sektoru i u segmentu proizvodnje proizvoda od drveta namenjenih građevinarstvu od značaja za potrošnju i spoljnotrgovinske tokove kompozitnih proizvoda u Evropskoj uniji .....	112
6.3.2. Ekonometrijsko modeliranje uticaja odabranih faktora na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta na primeru Austrije .....	118
6.3.2.1. Uticaj gradnje kuća od drveta na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta .....	120
6.3.2.2. Uticaj proizvodnje rezane građe četinara na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta .....	122
6.3.2.3. Uticaj proizvodnje kompozitnih proizvoda od drveta na njihovu potrošnju .....	126
6.3.2.4. Uticaj uvoza kompozitnih proizvoda od drveta na njihovu potrošnju .....	128
6.3.2.5. Uticaj izvoza kompozitnih proizvoda od drveta na njihovu potrošnju .....	130
6.3.2.6. Višefaktorski ekonometrijski model i prognoza budućih vrednosti potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta u Austriji .....	133
6.4. Uticaj potražnje kompozitnih proizvoda od drveta u Evropi na njihovu proizvodnju i izvoz iz Srbije .....	137
6.5. Značaj evropskih standarda (EN) za razvoj proizvodnje kompozitnih proizvoda od drveta .....	142
6.5.1. Evropski standardi koji se odnose na lepljeno lamelirano drvo (LLD) .....	144

6.5.1.1. Najvažniji zahtevi standarda EN 14080:2005 - Drvene konstrukcije - Lepljeno lamelirano drvo - Zahtevi .....	144
6.5.1.2. Najvažniji zahtevi standarda EN 386:2001 - Lepljeno lamelirano drvo - Zahtevi za performanse i minimalni zahtevi za proizvodnju .....	153
6.5.1.3. Najvažniji zahtevi standarda ONORM DIN 4074-1:2004 - Klasifikacija drveta prema čvrstoći - Deo 1: Rezana građa četinara .....	157
6.5.1.4. Najvažniji zahtevi standarda EN 387:2001 - Lepljeno lamelirano drvo - Veliki zupčasti spojevi - Zahtevi za performanse i minimalni zahtevi za proizvodnju .....	160
6.5.1.5. Najvažniji zahtevi standarda EN 1194:1999 - Drvene konstrukcije - Lepljeno lamelirano drvo - Klase čvrstoće i određivanje karakterističnih vrednosti .....	162
6.5.1.6. Najvažniji zahtevi standarda EN 1995-1-1:2004+A1:2008+AC:2006 - Evrokod 5 - Projektovanje drvenih konstrukcija - Deo 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade i EN 1995-1-2:2004/AC:2009 - Projektovanje drvenih konstrukcija - Deo 1-2: Opšte - Projektovanje konstrukcija na dejstvo požara .....	163
6.5.2. Standardi koji se odnose na lameliranu furnirsku građu (LVL) .....	167
6.5.2.1. Najvažniji zahtevi standarda EN 14279:2004+A1:2009 - Laminirana građa od furnira (LVL) - Definicije, klasifikacija i specifikacije .....	167
6.5.2.2. Najvažniji zahtevi standarda EN 14374:2004 - Drvene konstrukcije - Konstrukcijsko lamelirano furnirsko drvo - Zahtevi .....	171
6.5.3. Standardi koji se odnose na ploče od orjentisanog iverja (OSB) .....	172
6.5.3.1. Najvažniji zahtevi standarda EN 300:2006 - Ploče od orijentisanog "strand" iverja (OSB) - Definicije, klasifikacija i specifikacije .....	172
6.5.3.2. Najvažniji zahtevi standarda EN 12369-1:2001 - Ploče na bazi drveta - Karakteristične vrednosti za projekovanje konstrukcija - Deo 1: OSB, ploče iverice i ploče vlaknatice .....	174
6.5.3.3. Najvažniji zahtevi standarda EN 13501-1:2007+A1:2009 - Požarna klasifikacija građevinskih proizvoda i građevinskih elemenata - Deo 1: Klasifikacija na osnovu rezultata ispitivanja reakcije na požar .....	175

6.5.3.4. Najvažniji zahtevi standarda EN 13986: 2004 - Ploče na bazi drveta za korišćenje u građevinarstvu - Karakteristike, ocena usaglašenosti i označavanje .....	177
6.5.4. Standardi koji se odnose na unakrsno lamelirano drvo (CLT) .....	180
6.5.4.1. Najvažniji zahtevi standarda prEN 16351:2011 - Konstrukcije od drveta- Unakrsno lamelirano drvo - Zahtevi .....	180
6.6. PEST i SWOT analiza tržišta kompozitnih proizvoda od drveta u Srbiji .....	188
6.6.1. Analiza političkih, ekonomskih, društvenih i tehnoloških faktora koji utiču na tržište kompozitnih proizvoda od drveta u Srbiji (PEST analiza) .....	188
6.6.1.1. Politički faktori od značaja za razvoj tržišta kompozitnih proizvoda od drveta u Srbiji .....	189
6.6.1.2. Ekonomski faktori od značaja za razvoj tržišta kompozitnih proizvoda od drveta u Srbiji .....	202
6.6.1.3. Društveni faktori od značaja za razvoj tržišta kompozitnih proizvoda od drveta u Srbiji .....	205
6.6.1.4. Tehnološki faktori od značaja za razvoj tržišta kompozitnih proizvoda od drveta u Srbiji .....	209
6.6.1.5. Predlog mera za otklanjanje postojećih barijera i unapređenje razvoja tržišta kompozitnih proizvoda od drveta u Srbiji .....	211
6.6.2. Mogućnost razvoja proizvodnje inovativnih kompozitnih proizvoda od bukve u Srbiji sa SWOT analizom .....	212
6.6.2.1. Snage .....	213
6.6.2.2. Slabosti .....	214
6.6.2.3. Šanse .....	215
6.6.2.4. Pretnje .....	216
<b>7. DISKUSIJA .....</b>	<b>218</b>
<b>8. ZAKLJUČCI .....</b>	<b>233</b>
<b>9. LITERATURA .....</b>	<b>239</b>
<b>PRILOZI .....</b>	<b>269</b>

## SPISAK KORIŠĆENIH SIMBOLA

$a$  – slobodni parametar (prosta i višestruka regresija);

$b$  – parametar uz nezavisnu promenljivu (prosta i višestruka regresija);

DW – Durbin – Watson statistika;

$e$  – osnova prirodnog logaritma(2,7182818);

F – F statistika za testiranje značajnosti koeficijenta korelacije;

$k$  – broj regresora;

$n$  – broj opservacija;

$n-k-1$  – broj stepeni slobode;

R – koeficijent korelacije;

$R^2$  – koeficijent determinacije;

$R^2_{cor}$  – korigovani koeficijent determinacije;

$S_{(a)}$  – standardna greška slobodnog parametra;

$S_{(b)}$  – standardna greška parametra uz nezavisnu promenljivu;

$S_e$  – standardna greška regresije;

$t_{(a)}$  – t statistika slobodnog parametra;

$t_{(b)}$  – t statistika parametra uz nezavisno promenljivu;

$t_{0,05}$  – tablična vrednost t-statistike za nivo značajnosti 0,05 (studentove tablice t-raspodele);

$X_1$  – gradnja kuća od drveta u Austriji

$X_2$  – proizvodnja rezane građe četinara u Austriji

$X_3$  – proizvodnja kompozitnih proizvoda od drveta u Austriji

$X_4$  – uvoz kompozitnih proizvoda od drveta u Austriji

$X_5$  – izvoz kompozitnih proizvoda od drveta u Austriji

$X_6$  – proizvodnja kuća od drveta u Nemačkoj

$X_t$  – faktor vremena



## SPISAK TABELA

<b>Tabela 1.</b> Vrednosti izabраних појава за економетријске моделе [1.000.000 €] ....	31
<b>Tabela 2.</b> Производња кућа од дрвета у Немачкој и извоз лепљеног ламелираног дрвета из Србије .....	31
<b>Tabela 3.</b> Утрошак појединих материјала за производњу 1 m <sup>3</sup> унакрсно ламелираног дрвета .....	47
<b>Tabela 4.</b> Систем вредновања појединих категорија у систему оцењивања BREEAM International .....	54
<b>Tabela 5.</b> Захтевани број поена у зависности од система и нивоа LEED сертификације	58
<b>Tabela 6.</b> Утрошци примарне енергије за израду 1 m <sup>3</sup> лепљеног ламелираног дрвета	86
<b>Tabela 7.</b> Утрошци материјала у производњи 1 m <sup>3</sup> лепљеног ламелираног дрвета смрче .....	91
<b>Tabela 8.</b> Преглед искоришћења букових trupaca у производњи ламела за лепљено ламелирано дрво .....	96
<b>Tabela 9.</b> Анализа искоришћења букве и смрче у ламеле за LLD са ценом коштања	103
<b>Tabela 10.</b> Прогноза потрошње композитних производа од дрвета у Аустрији .....	136
<b>Tabela 11.</b> Дођовљена одступања димензија код LLD-а .....	145
<b>Tabela 12.</b> Поређење класа чврстоће према стандардима ONORM DIN 4074-1 и EN 338 .....	158
<b>Tabela 13.</b> Подела оптерећања по класама према трајању са одговарајућим примерима .....	164
<b>Tabela 14.</b> Класе експлоатације објеката од дрвета .....	165
<b>Tabela 15.</b> Одређивање формалдеhidних класа .....	169
<b>Tabela 16.</b> Фабричка контрола својстава ламелиране furnirsке граде .....	170
<b>Tabela 17.</b> Одређивање карактеристичних својстава плоча од масивног дрвета, LVL-а и OSB-а .....	177
<b>Tabela 18.</b> Употреба лепка у зависности од врсте лепљеног spoja .....	182
<b>Tabela 19.</b> Класе реакције на пожар код унакрсно ламелираног дрвета .....	185
<b>Tabela 20.</b> Фактори који делују на тржишту композитних производа од дрвета у Србији	188
<b>Tabela 21.</b> Компаративна анализа усвојених стандарда и њихова званична употреба у градњи објеката од дрвета у Аустрији и Србији .....	198

<b>Tabela 22.</b> Podsticanje gradnje novih objekata koji zadovoljavaju standarde niskoenergetskih kuća u pokrajini Donja Austrija .....	201
<b>Tabela 23.</b> SWOT analiza od značaja za proizvodnju inovativnih kompozita od drveta bukve .....	213

## SPISAK GRAFIKONA

<b>Grafikon 1.</b> Površina šumskih plantaža 1990. i 2010. godine sa porastom u posmatranom periodu .....	2
<b>Grafikon 2.</b> Emisija i skladištenje (retenzija) ugljenika za četiri najvažnija građevinska materijala .....	34
<b>Grafikon 3.</b> Potrošnja energije za proizvodnju 1 m <sup>3</sup> izabranih materijala .....	35
<b>Grafikon 4.</b> Učešće pojedinih komponenti u ceni koštanja LLD-a proizvođača u Centralnoj Evropi .....	66
<b>Grafikon 5.</b> Učešće pojedinih komponenti u ceni koštanja LLD-a kod oba proizvođača u Srbiji .....	76
<b>Grafikon 6.</b> Cene trupaca jele/smrče u Srbijašumama po klasama i debljinskim razredima .....	79
<b>Grafikon 7.</b> Broj i površina završenih stanova u Srbiji u periodu 2008 - 2012. godina .....	81
<b>Grafikon 8.</b> Grafički prikaz izračunavanja cene koštanja proizvodnje LLD-a od smrče u Centralnoj Evropi .....	83
<b>Grafikon 9.</b> Iskorišćenje drvene sirovine po pojedinim fazama procesa proizvodnje lepljenog lameliranog drveta bukve .....	92
<b>Grafikon 10.</b> Grafički prikaz izračunavanja potencijalne cene koštanja LLD-a od bukve u Srbiji .....	102
<b>Grafikon 11.</b> Prosečne maloprodajne cene LLD-a u oba kvaliteta po vrstama drveta bez PDV .....	105
<b>Grafikon 12.</b> Uporedne cene LLD-a u industrijskom i vizuelnom kvalitetu na tržištima Nemačke, Austrije i Švajcarske .....	106
<b>Grafikon 13.</b> Prosečne maloprodajne cene vizuelnog/industrijskog LLD-a trgovinskog lanca „Holzland“ bez PDV .....	106
<b>Grafikon 14.</b> Kretanje cena vizuelnog LLD-a odabranih preduzeća u Nemačkoj i Austriji .....	108
<b>Grafikon 15.</b> Deset vodećih zemalja po proizvodnji kuća od drveta u Evropi .....	113
<b>Grafikon 16.</b> Bazni indeksi građevinske proizvodnje u Evropskoj uniji (2002 = 100 %) .....	114

<b>Grafikon 17.</b> Proizvodnja građevinske stolarije i ostalih građevinskih proizvoda od lepljenog lameliranog drveta .....	115
<b>Grafikon 18.</b> Najveći izvoznici lepljenog lameliranog drveta u Evropskoj uniji ...	116
<b>Grafikon 19.</b> Najveći uvoznici lepljenog lameliranog drveta u Evropskoj uniji ....	117
<b>Grafikon 20.</b> Potrošnja kompozitnih proizvoda od drveta u Austriji .....	119
<b>Grafikon 21.</b> Uticaj gradnje kuća od drveta na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta u Austriji .....	121
<b>Grafikon 22.</b> Uticaj proizvodnje rezane četinarske građe na potrošnju kompozita od drveta u Austriji .....	124
<b>Grafikon 23.</b> Uticaj proizvodnje rezane četinarske građe ( $X_2$ ) i vremena ( $X_t$ ) na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta ( $Y$ ) .....	125
<b>Grafikon 24.</b> Uticaj proizvodnje na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta u Austriji .....	127
<b>Grafikon 25.</b> Uticaj uvoza na potrošnju kompozita od drveta u Austriji .....	129
<b>Grafikon 26.</b> Uticaj izvoza na potrošnju kompozita od drveta u Austriji .....	131
<b>Grafikon 27.</b> Kretanje proizvodnje kuća od drveta u EU-27 .....	137
<b>Grafikon 28.</b> Uticaj proizvodnje kuća od drveta u Nemačkoj na izvoz LLD-a iz Srbije .....	139
<b>Grafikon 29.</b> Standardi koji se primenjuju za određene kompozitne proizvode od drveta u Austriji .....	143
<b>Grafikon 30.</b> Pozicioniranje komada za merenje opšteg modula elastičnosti na savijanje .....	146
<b>Grafikon 31.</b> Klasifikacija OSB ploča prema uslovima eksploatacije i nameni .....	172
<b>Grafikon 32.</b> Klasifikacija građevinskih proizvoda (izuzev podova) pri reakciji na požar .....	176
<b>Grafikon 33.</b> Individualna stambena gradnja u Sjedinjenim Američkim Državama	220

## SPISAK SLIKA

<b>Slika 1.</b> Lepljeno lamelirano drvo smrče po debljini i širini .....	5
<b>Slika 2.</b> Šematski prikaz proizvodnog procesa lepljenog lameliranog drveta .....	6
<b>Slika 3.</b> Hibridni LLD bukve i smrče .....	7
<b>Slika 4.</b> Greda I profila (I - joist) .....	8
<b>Slika 5.</b> Lamelirana furnirska građa bukve .....	9
<b>Slika 6.</b> Građa od paralelno orjentisanog iverja .....	11
<b>Slika 7.</b> Građa od lameliranog iverja (LSL) .....	12
<b>Slika 8.</b> Ploča od orjentisanog strend iverja OSB .....	13
<b>Slika 9.</b> Unakrsno lamelirano drvo (CLT) .....	15
<b>Slika 10.</b> Prva pasivna kuća u svetu (Darmštat) .....	36
<b>Slika 11.</b> Osnovni principi na kojima se zasniva pasivna kuća .....	37
<b>Slika 12.</b> Prva pasivna kuća u Kanadi izrađena od unakrsno lameliranog drveta (CLT) .....	38
<b>Slika 13.</b> Presek krovnog prozora izrađenog od lameliranog drveta sa četvorostrukim staklom .....	39
<b>Slika 14.</b> Super izolacija kod pasivnih kuća .....	40
<b>Slika 15.</b> Ventilacija u pasivnoj kući proizvođača “Zehnder” .....	41
<b>Slika 16.</b> Izgled klasične kuće od drveta u Austriji .....	42
<b>Slika 17.</b> Visoko finalizovan CLT .....	42
<b>Slika 18.</b> Detalj gradnje najviše zgrade od CLT-a Forte .....	43
<b>Slika 19.</b> Izgled završene zgrade Forte .....	44
<b>Slika 20.</b> Izgled zgrade Stadthaus, Murray Grove .....	45
<b>Slika 21.</b> Savijene čelične grede I profila pod dejstvom požara oslonjene na drvenu gredu .....	46
<b>Slika 22.</b> Formular za ocenjivanje LEED 2009 za novogradnju i glavna renoviranja .....	56
<b>Slika 23.</b> Obeležavanje objekta u procesu sertifikacije .....	57
<b>Slika 24.</b> Složaj trupaca smrče manjih prečnika .....	59
<b>Slika 25.</b> Krovna konstrukcija od drvnih kompozita .....	60
<b>Slika 26.</b> Lepljeno lamelirano drvo austrijskog proizvođača .....	62
<b>Slika 27.</b> Sertifikat koji potvrđuje usaglašenost sa standardom DIN 1052:2008 ....	63

<b>Slika 28.</b> Obeležavanje paketa vizuelnog LLD-a austrijskog proizvođača .....	65
<b>Slika 29.</b> Sirova rezana građa za LLD .....	67
<b>Slika 30.</b> Sušara sa kotlarnicom .....	67
<b>Slika 31.</b> Rampa za doziranje suve daske .....	67
<b>Slika 32.</b> Automatski merač vlage sirovine .....	67
<b>Slika 33.</b> Lista merenja vlažnosti sirovine.....	68
<b>Slika 34.</b> Mašina za dužinsko krojenje grešaka drveta .....	68
<b>Slika 35.</b> Mašina za izradu zupčaste veze .....	68
<b>Slika 36.</b> Dužinski nastavljene lamele .....	69
<b>Slika 37.</b> Zupčasti spoj rendisanih lamela .....	69
<b>Slika 38.</b> Mašina za nanošenje lepka .....	69
<b>Slika 39.</b> LLD smrče/jele u presi .....	70
<b>Slika 40.</b> Četvorostrano rendisanje LLD .....	70
<b>Slika 41.</b> LLD spakovan u foliju spreman za otpremu .....	70
<b>Slika 42.</b> Rezana građa smrče odličnog kvaliteta uvezena iz Rumunije .....	72
<b>Slika 43.</b> Nedozvoljene greške drveta u rezanoj građi namenjenoj izradi LLD-a ...	73
<b>Slika 44.</b> Rezervoari sa lepkom (smola i očvršćivač) nemačkog proizvođača .....	74
<b>Slika 45.</b> Zakrivljeni LLD dužine 23m, površinski zaštićen lazurnim premazom ..	76
<b>Slika 46.</b> Obrada LLD-a na CNC mašini .....	77
<b>Slika 47.</b> LLD bukve bez lažnog srca (I) i sa lažnim srcem (II) .....	89
<b>Slika 48.</b> Odobrenje Nemačkog Instituta za građevinsku tehniku (DIBt) za LLD od bukve .....	90
<b>Slika 49.</b> LLD upakovan u neprovidnu polietilensku foliju .....	91
<b>Slika 50.</b> Deo profilera za krajčenje .....	95
<b>Slika 51.</b> Utovar trupaca bukve manjih prečnika .....	97
<b>Slika 52.</b> Merač modula elastičnosti drvenih lamela .....	99
<b>Slika 53.</b> CNC mašina Eurozink/Ledinek za izradu zupčaste veze u lamelama za LLD .....	99
<b>Slike 54 i 55.</b> Nadstrešnica hotela Splendid od ravnog LLD-a (levo) i zakrivljenog LLD-a (desno) na crnogorskom primorju .....	108
<b>Slika 56.</b> Roto presa za ravan LLD .....	109
<b>Slika 57.</b> Presa za zakrivljen LLD .....	109

<b>Slika 58.</b> Pešački most od LLD-a u Indiji .....	138
<b>Slika 59.</b> Karakteristična tamno crvena boja fenol formaldehidnog lepka kod LLD-a .....	148
<b>Slika 60.</b> Primer „CE“ označavanja LLD-a korišćenjem profila posebne čvrstoće	149
<b>Slika 61.</b> Primer „CE“ označavanja LLD-a korišćenjem klase čvrstoće.....	150
<b>Slika 62.</b> Primer „CE“ označavanja LLD-a i informacije koje treba prikazati .....	151
<b>Slika 63.</b> Primer izdatog sertifikata o usaglašenosti lepljenog lameliranog drveta sa standardom EN 14080:2005 jednog austrijskog proizvođača .....	152
<b>Slika 64.</b> Klinasto-zupčasta veza lamela u LLD-u .....	154
<b>Slika 65.</b> Ű oznaka o usaglašenosti .....	159
<b>Slika 66.</b> Veliki zupčasti spoj .....	160
<b>Slika 67.</b> Komora za određivanje emisije formaldehida prema standardu EN 717-1 .....	173
<b>Slika 68.</b> Aparatura za određivanje sadržaja formaldehida prema standardu EN 120 .....	173
<b>Slika 69.</b> Vatrootporni OSB SF-B .....	175
<b>Slika 70.</b> Ugljenisani zaštitni površinski sloj na LLD-u koji se formira u slučaju požara .....	179
<b>Slika 71.</b> Petoslojni CLT smrče sa utorima za smanjenje naprezanja u drvetu .....	181
<b>Slika 72.</b> Fabrička izrada velikog zupčastog spoja na unakrsno lameliranom drvetu .....	183
<b>Slika 73.</b> Označavanje unakrsno lameliranog drveta .....	187
<b>Slika 74.</b> Izgled izdatog energetskog pasoša za stambenu zgradu u Beogradu .....	193

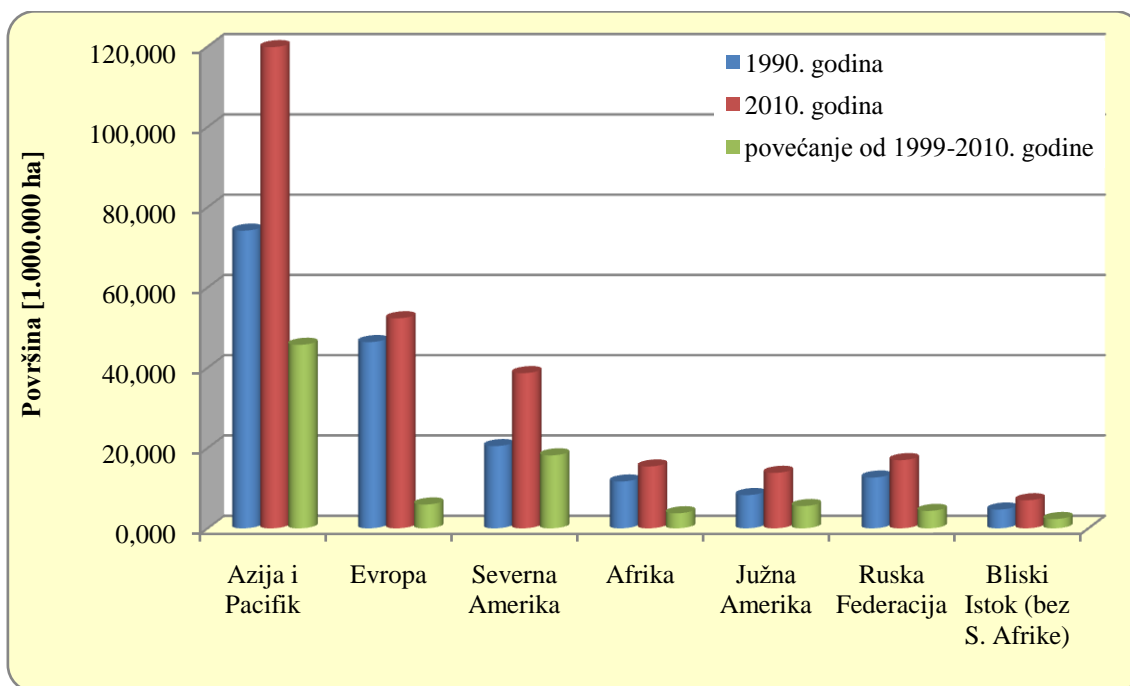
## 1. UVOD

Drvo je od davnina korišćeno za zadovoljenje najrazličitijih ljudskih potreba. Istorijski posmatrano ljudska egzistencija je bila direktno vezana za ovaj obnovljiv resurs, bilo da je drvo korišćeno kao ogrev, za pripremu hrane ili za izradu oruđa za lov. U kasnijem periodu, se intenzivno počelo koristiti u izradi drvenih kuća i posuđa. Kako je vreme prolazilo njegova potrošnja je postajala sve intenzivnija, pa je tako drvo našlo primenu u brojnim industrijskim delatnostima kao što su proizvodnja papira, nameštaja, stolarije, građevinskih konstrukcija, podova, novih vrsta goriva (briketa i peleta) i sve intenzivnijoj proizvodnji kompozitnih proizvoda od drveta.

U vremenu izražene globalizacije i sve intenzivnije potrošnje drveta sa jedne i ograničenih šumskih resursa sa druge strane velika je verovatnoća da može doći do disbalansa između ponude i tražnje za drvnom sirovinom u budućnosti. Brojni su pokušaji da se predupredi ovaj nedostatak, pa je tako jedan od najvažnijih svetskih trendova povećanje površina pod brzorstućim vrstama drveta koje se gaje plantažno sa kratkim vremenskim periodima ophodnje. U prilog tome govori podatak da je 1990. godine površina pod šumskim plantažama u svetu iznosila 178,31 milion hektara, a 2010. godine taj iznos se povećao za 48,1 % i iznosio je 264,08 miliona hektara (grafikon 1). Najveće apsolutno povećanje je bilo u Azijsko-Pacifičkom regionu za 45,72 miliona hektara, a zatim u Severnoj Americi za 18,18 miliona ha i Evropi za 5,93 miliona hektara. U pogledu zemalja koje su imale najveće relativno povećanje površina pod šumskim plantažama izdvajaju se Meksiko i Kanada sa vrednostima od 815,1 % i 560,5 % posmatrano respektivno.

Imajući u vidu visoke cene i izraženu konkurenciju za drvnom sirovinom na globalnom nivou neophodno je kontinuelno prilagođavanje varijabilnim tržišnim uslovima. U tom smislu drvna industrija čini velike napore da se drvna sirovina što bolje i racionalnije iskoristi pa se u skladu sa tim razvijaju novi proizvodi i proizvodne tehnologije. Tu se pre svega misli na kompozite od drveta pod kojima se podrazumevaju svi oni proizvodi čiji su sastavni delovi međusobno spojeni lepljenjem. Pojedini kompozitni proizvodi svoje korene imaju u periodima još od pre nekoliko decenija, ali se sa njihovom industrijskom proizvodnjom započelo znatno kasnije kada su stvoreni tehnološki uslovi za serijsku proizvodnju.





Grafikon 1. Površina šumskih plantaža 1990. i 2010. godine sa porastom u posmatranom periodu (Izvor: Kröger M., 2012)

Kvalitetne drvene sirovine u potrebnim količinama je sve manje, pa je pored prethodno navedenog to bio još jedan od važnih razloga za povećanje njenog iskorišćenja, a samim tim i postizanja što većih finansijskih efekata. Drvena sirovina koja svojim kvalitetom nije zadovoljavala kriterijume za izradu pojedinih proizvoda od masivnog drveta, u prošlosti nije posmatrana kao resurs za izradu nekih drugih finalnih proizvoda, a naročito ne onih iz oblasti konstrukcionih i nosećih elemenata i podupirača. Danas je razvoj novih tehnologija omogućio upotrebu tanke oblovine, ogranaka i ostataka koji nastaju u procesu iskorišćavanja šuma ali i onih koji nastaju u preradi drveta. Pojedini ostaci se uspešno koriste za izradu kompozitnih proizvoda kao što su ploče od orjentisanog stred iverja (OSB), građa od lameliranog iverja (LSL) i građa od orjentisanog iverja (OSL). Veoma važno je istaći da pojedini kompozitni proizvodi kao što su ploče vlaknatice srednje gustine (MDF) i ploče vlaknatice velike gustine (HDF) podržavaju i upotrebu recikliranog drveta za njihovu proizvodnju.

Drvo pored velikog broja pozitivnih svojstava koja se ogledaju u njegovom povoljnom odnosu mase i čvrstoće, superiornih izolacionih svojstava, lakoj

manipulaciji, dobroj obradljivosti, mogućnosti reciklaže ima i svoje nedostatke. Osnovni i najvažniji nedostaci su njegova anizotropija tj. nejednako utezanje i bubrenje, čvrstoća, gustina, greške i otpornost na spoljašnje biotičke i abiotičke faktore. Navedeni nedostaci se razlikuju ne samo između različitih vrsta drveta već i u okviru same vrste, a što je još važnije i u okviru iste vrste postoje razlike u zavisnosti od staništa, genetskih predispozicija, dela stabla, pa i dela trupca iz kojeg sortiment potiče. Ova nepovoljna svojstva drveta su značajno redukovana kod kompozitnih proizvoda načinom njihovog uslojavanja i različitim zaštitnim tretmanima koji se primenjuju. U tu svrhu se koriste različite vrste voodotpornih lepkova, hemijski tretmani (acetilovanje), termički tretmani na povišenim temperaturama i druge metode obrade drveta.

## **2. PREGLED I OSNOVNE KARAKTERISTIKE KOMPOZITNIH PROIZVODA OD DRVETA**

Kao što je već istaknuto u uvodu rada, veliki su izgledi da može doći do pojave disbalansa i narušavanja ravnoteže između ponude i tražnje drveta u svetu. U prilog tome govore podaci da će 2020. godine na evropskom nivou ravnoteža biti teško održiva, kao i da će se ozbiljniji problemi u snabdevanju javiti u periodu od 2030 - 2040. godine kada će taj nedostatak iznositi 50 miliona m<sup>3</sup> na godišnjem nivou (*Nilsson S., 2007*). Do pojave ovako velikog deficita i većeg pritiska na šumarstvo i industriju prerade drveta može doći i znatno ranije. Osnovni razlog za to bi mogao da bude intenzivan razvoj bioenergetskog sektora, pa se zbog toga drvo kao sirovina mora još racionalnije koristiti nego do sada. Zbog toga se razvoju novih inovativnih proizvoda danas poklanja sve veća pažnja. Novi, savremeni, inovativni i superiorni proizvodi su svrstani u grupu kompozitnih proizvoda od drveta. Ovi proizvodi imaju dve važne prednosti koje će pospešiti njihov kontinuirani rast u stambenoj i nestambenoj gradnji i to:

1. superiorna mehanička svojstva koja se ogledaju u uniformnoj čvrstoći, povećanju estetske vrednosti kroz dizajn i omogućavanju efikasnije ugradnje.
2. značajno unapređeno kvantitativno iskorišćenje polazne sirovine u gotov proizvod. Prosečno iskorišćenje trupaca u pilanskoj preradi drveta i proizvodnji rezane građe liščara se kreće u opsegu od 40 - 45 % dok se njihovo iskorišćenje kod proizvodnje LVL-a kreće oko 52 %, Parallam-a oko 65 %, a kod LSL-a oko 75 % (*FAO, 2000*).

U nastavku su predstavljene najznačajnije karakteristike tržišno najzastupljenijih tipova kompozitnih proizvoda od drveta.

### **2.1. Lepljeno lamelirano drvo – LLD (Glue laminated timber – Glulam – GLT)**

Iako se lepljeno lamelirano drvo (LLD) smatra novim proizvodom, zapravo njegovo pojavljivanje je vezano za početak XX veka, kada ga je prvi put patentirao nemački drvoprerađivač Otto Hetzer koristeći kazeinski lepak. Međutim, ovaj proizvod

u to vreme nije imao značajniju primenu, a jedan od najvažnijih ograničavajućih faktora je bila nedovoljno razvijena tehnologija u proizvodnji lepkova koji su u to vreme korišćeni. Značajan iskorak u proizvodnji lepljenog lameliranog drveta se dogodio 1942. godine kada je u ovu industriju uveden fenol rezorcinolski lepak koji je u potpunosti voodootporan. Ovo je omogućilo da se lepljeno lamelirano drvo od tada pa do danas koristi u unutrašnjim i spoljašnjim aplikacijama bez bojazni da će pod dejstvom vlage doći do degradacije linije lepljenja (*Glued laminated timber association, 2006*).

U poslednjih desetak godina porast potražnje za ovim proizvodom je konstantno prisutan u Evropi, a to potvrđuju podaci da je 1999. godine potražnja iznosila 1,12 miliona m<sup>3</sup>, a samo nekoliko godina kasnije, 2005. godine, dostigla je 1,87 miliona m<sup>3</sup> što je predstavljalo povećanje od 67 %. Zbog toga je Evropa predstavljala najveće svetsko tržište lepljenog lameliranog drveta (*FAO, 2000; IHB Timber Network, 2006*). Prema istraživanjima FAO (2000) LLD čini oko 95 % evropske potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta. Međutim, Evropa ne samo da troši velike količine, već je i veliki izvoznik ovih proizvoda (u 2000. godini učešće izvoza u odnosu na proizvodnju je

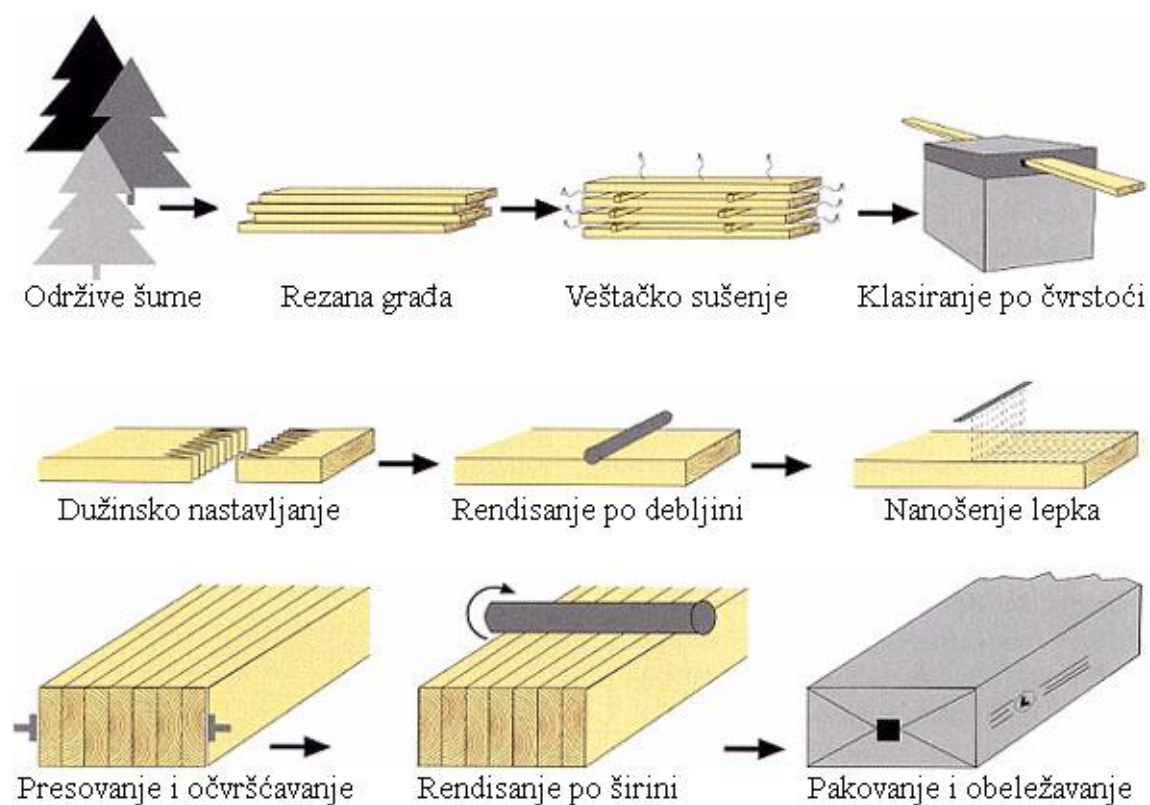


Slika 1. Lepljeno lamelirano drvo smrče po debljini i širini  
(Izvor: Sretenovic P., Minhen, 2013)

iznosilo preko 75 %), pri čemu su se najveće količine izvozile u Japan (*FAO, 2000*). U periodu od 2001 - 2011. godine tri najveća izvoznika lepljenog lameliranog drveta u Evropi su bili Austrija, Nemačka i Finska. Austrija je u 2011. godini ostvarila izvoz od 400,7 miliona evra, tj. za 169,3 miliona evra više u odnosu na Nemačku koja je bila na drugom mestu (*Eurostat, 2012*). Evropa je veliki proizvođač lepljenog lameliranog drveta čija je proizvodnja dostigla 2,3 miliona m<sup>3</sup> na godišnjem nivou. Proizvodnja lepljenog lameliranog drveta će nastaviti da raste jer

izgradnja kuća od drveta sve više dobija na popularnosti, pa će samim tim to biti snažan podstrek za rast tražnje (CEI-Bois, 2010; FAO, 2000).

Iz prethodno navedenog se može zaključiti da zapadnoevropsko tržište lepljenog lameliranog drveta predstavlja izazov, ali i šansu za potencijalno povećanje postojeće i pokretanje nove proizvodnje u Srbiji. Sa druge strane to može biti dobra prilika da se deluje na domaćem tržištu rezane četinarske građe u smislu postepene supstitucije lepljenim lameliranim drvetom imajući u vidu da je u periodu 2006 - 2010. godine prosečna godišnja proizvodnja od 148.400 m<sup>3</sup> bila nedovoljna za zadovoljenje potražnje već da se u proseku godišnje uvozilo još 362.800 m<sup>3</sup> rezane četinarske građe (FAOSTAT, 2011). Na slici 2 je dat šematski prikaz proizvodnog procesa LLD-a.



Slika 2. Šematski prikaz proizvodnog procesa lepljenog lameliranog drveta

(Izvor: [www.glulam.co.uk](http://www.glulam.co.uk))

Najzastupljenija četinarska vrsta drveta za proizvodnju lepljenog lameliranog drveta je smrča, za koju su u najvećem broju slučajeva vezane referentne vrednosti

korišćenih evropskih standarda. Od četinara još se koriste ariš, bor, jela i duglazija, a od lišćarskih vrsta drveta bukva za koju je 07. oktobra 2009. godine u Nemačkoj izdato odobrenje za ugradnju u unutrašnjosti objekata - klasa eksploatacije 1. (*Schmidt M., et al., 2010*).

Za zadovoljavajuće lepljenje bukve preporučuje se produženo vreme presovanja, a pored čistih bukovih elemenata za proizvodnju lepljenog lameliranog drveta mogu se koristiti i elementi koji imaju zdravu lažnu srčevinu. Pored homogenih tipova lepljenog lameliranog drveta čiji su svi slojevi napravljeni od lamela iste klase čvrstoće na savijanje, postoji i tzv. kombinovani tip gde su lamele različitih klasa čvrstoće. Takođe postoji i hibridni tip lepljenog lameliranog drveta koji je građen od različitih vrsta drveta, pa je tako jedna od varijanti i ona sa bukvom i smrčom. Na slici 3 se može videti raspored lamela gde je bukva ugrađena u spoljašnje slojeve sa učešćem od po 20 % visine, a unutrašnji slojevi koji čine ostalih 60 % visine su napravljeni od smrče.



Slika 3. Hibridni LLD bukve i smrče

(Izvor: *Frese M., et al., 2009*)

Imajući u vidu da je bukva jedna od najzastupljenijih vrsta drveta u Srbiji, kao i da su velike površine pod izdanačkim šumama (29,8 %) kod čijih je stabala u najvećoj meri zastupljeno lažno srce može se zaključiti da postoje značajni potencijali za proizvodnju LLD u Srbiji i njegov izvoz na tržište Evropske unije, a posebno u Nemačku. Ovo se takođe može potkrepiti činjenicom da je tržište Nemačke najveći potrošač lepljenog lameliranog drveta u Evropi. Imajući u vidu prethodno navedeno istraživanje Schmidt M., et al., (2010) u pogledu iskorišćenja i ekonomskih efekata pri potencijalnoj proizvodnji LLD-a bukve mogu biti polazna tačka za dalje analize.

## 2.2. Grede I profila (I - joists)

Grede I profila su proizvod koji je jedan od supstituenata rezane četinarske građe. Ove grede se sastoje iz dva spoljašnja sloja koji su međusobno ukruženi srednjicom, pa zato u poprečnom preseku imaju profil velikog latiničnog slova *I*. Spoljašnji slojevi su izrađeni od masivnog drveta ili od LVL-a, dok se srednjice izrađuju od furnirskih ploča ili od OSB ploča, tako da su danas prisutne grede I profila u različitim prethodno pomenutim kombinacijama. Trus Joist (TJ) mikro-lam, sastavljen od furnirske ploče kao srednjice i spoljašnjih slojeva od lamelirane furnirske građe (LVL) je bio prvi uspešan inženjerski proizvod u svetu koji je imao komercijalni uspeh. Tražnja za TJ gredama i proizvodna postrojenja ovih proizvoda su se proširila tokom 70-tih godina. TJ proizvod i tržišta koja je opskrbljivao su bila dobro pripremljena da



Slika 4. Greda I profila (I - joist)

(Izvor: [www.apawood.org](http://www.apawood.org))

iskoriste nedostatak trupaca velikih prečnika koji su tradicionalno bili korišćeni za izradu rezane građe koja se koristila u građevinarstvu. Mala masa proizvoda, čvrstoća, uniformnost i sposobnost da premosti velike raspone je dao idealnu zamenu za klasičnu rezanu građu. Međutim kontinuirana proizvodnja visoko kvalitetnih *I* greda zahtevala je pouzdano snabdevanje drvenim slojevima velike čvrstoće. Rezanu građu u ovom kvalitetu je bilo sve teže obezbediti, pa se zbog toga počela koristiti građa od LVL-a.

Finansijska isplativnost je postignuta kroz uštedu gde se tradicionalni sistem drvenog poda sastoji iz 133 grede dok ista površina poda sa gredama I profila broji 80 komada, pa se samim tim angažuje manje radne snage. U većini slučajeva grede I profila koštaju više po dužnom metru od konvencionalnih materijala, ali one štede na

radnoj snazi i imaju bolja mehanička svojstva. U pogledu proizvodnje greda *I* profila u Severnoj Americi proizvodnja je 1999. godine iznosila 275 miliona m<sup>1</sup>, što je za 18,3 puta više nego u Evropi (FAO, 2000).

### 2.3. Konstruktivna kompozitna građa (Structural composite lumber - SCL)

Konstruktivna kompozitna građa je zajednički termin za više pojedinačnih proizvoda čiji su nazivi i karakteristike predstavljeni u nastavku.

#### 2.3.1. Lamelirana furnirska građa (Laminated veneer lumber – LVL)

Lamelirana furnirska građa se počela proizvoditi '40-tih godina XX veka za potrebe avionske industrije (propeleri), a poslednjih dvadesetak godina ona je postala važan proizvod koji je izazivao veliko interesovanje u građevinskoj industriji. Za njegovu proizvodnju se koristi furnir debljine od 2,5 mm do 3,2 mm i fenol-formaldehidni lepak, koji se presuju pod odgovarajućim pritiskom i temperaturom i tako se dobija proizvod dužine do 23 m, širine 1,8 m i debljine od 21 mm – 75 mm. LVL se



Slika 5. Lamelirana furnirska građa bukve  
(Izvor: Sretenovic P., Minhen, 2013)

može smatrati proizvodom na bazi furnira, pri čemu je osnovna razlika između furnirskih ploča i LVL-a u tome što kod prvih ide uvek neparan broj listova furnira sa međusobnom orijentacijom susednih listova pod uglom od 90°, dok je kod poslednjeg orijentacija listova gotovo uvek takva da je paralelna dužoj osi proizvoda. Važno je napomenuti da postoje i određeni tipovi LVL-a kod kojih se npr. svaki 5-ti list furnira postavlja upravno na pravac duže ose radi povećanja čvrstoće u tom pravcu.



LVL je visoko kvalitetan građevinski materijal sa jedinstvenim konstrukcionim svojstvima i fleksibilnošću dizajna koji ga zajedno čine superiornim u odnosu na rezanu građu i LLD, naročito u konstrukcijama sa velikim rasponima.

Nove proizvodne tehnologije kao što su najsavremenije ljuštilice za furnir, sistemi za sušenje i prese su omogućili drvnjoj industriji da transformiše vrste drveta kao što su breza, jasika, joha ali i druge vrste drveta čiji su trupci malih prečnika, u proizvode sa superiornim karakteristikama imajući u vidu da su one za konstrukcionu upotrebu smatrane neupotrebljivim. Današnja proizvodnja LVL-a se odvija na savremenoj tehnologiji koja omogućava visoko iskorišćenje drveta i ona se neprekidno razvija. Potražnja LVL-a u Evropi 1997. godine je iznosila 80.000 m<sup>3</sup> dok je u Severnoj Americi bila veća za 18 puta (FAO, 2000). Iz prethodno navedenog se može zaključiti da je LVL tipično američki proizvod, za razliku od lepljenog lameliranog drveta koji se može smatrati evropskim. Dobar primer uštede u troškovima pri korišćenju LVL-a se obično meri kroz uštedu u radnoj snazi. Na primer, ugradnja jedne LVL grede za nadvratnik garažnih vrata u poređenju sa konvencionalnim metodom zakucavanja dve gredice dimenzije 50,8 mm × 254 mm zahteva manje vremena. U principu se može grubo reći da LVL ima veću čvrstoću za 1,3 puta od LLD-a i 2 puta veću čvrstoću od rezane građe. Ipak date vrednosti čvrstoće ne daju pravu sliku ovog proizvoda. Prema pojedinim izveštajima menadžmenta Trus Joist MacMillan (SAD) može se zaključiti da za postavljanje 92,9 m<sup>2</sup> poda na standardne grede od masivnog drveta dimenzija 50,8 mm × 254 mm je potrebno poseći 3 drveta, dok se isti posao sa LVL-om može uraditi upotrebom samo jednog stabla drveta (Neuvonen E., et al., 1998). To znači da se na drugi način efikasnije koristi drvna sirovina. Naime LVL pruža idealno rešenje, kada su karakteristike kao što su čvrstoća, mala masa i tačnost dimenzija od suštinskog značaja. Ove važne karakteristike uticale su na povećanje njegove popularnosti i upotrebu u SAD i u Evropi. Glavna evropska tržišta LVL-a su Skandinavske zemlje, Francuska i Nemačka.

Ova kompozitna građa nailazi na sve veće prihvatanje od strane građevinarstva i postepeno zamenjuje klasičnu rezanu građu. Postoji puno razloga za povećanu popularnost ovog industrijskog proizvoda od drveta. Trupci velikih dimenzija su u manjoj meri dostupni na nekim tržištima što stvara odličnu priliku za LVL. Proces

furniranja i lepljenja LVL-a omogućava da proizvodi velikih dimenzija budu izrađeni od stabala manjih prečnika i na taj način doprinose efikasnom iskorišćenju drvene sirovine. Važno je napomenuti da se sa minimalnim modifikacijama, fabrike furnirskih ploča mogu adaptirati u one koje proizvode LVL. Na taj način mogu da prošire svoj proizvodni program i stvore mogućnosti za nastup na novim tržištima.

### 2.3.2. Građa od paralelno orjentisanog iverja (Parallel strand lumber - PSL)

Građa od paralelno orjentisanog iverja je kompozitni proizvod sličan prethodno pomenutom LVL-u. Debljina ivera je uglavnom manja od 6,4 mm, a prosečna dužina ivera mora biti najmanje 150 puta veća od debljine. PSL se dobija paralelnim lepljenjem traka furnira koje se prethodno suše na vlažnost od 2 – 3 %. Dimenzije ovih furnirskih traka su oko 3 mm debljine, oko 19 mm širine i dužina koja se kreće oko 600 mm. Materijal koji se koristi za izradu je najčešće iz delova furnirskog plašta koji se dobija prilikom ljuštenja trupaca ali i onog dela koji nema punu širinu plašta (jednaku dužini trupca koji se ljušti).



Slika 6. Građa od paralelno orjentisanog iverja  
(Izvor: [www.unilux.de](http://www.unilux.de))

Imajući u vidu prethodno navedeno za proizvodnju PSL-a se mogu koristiti ostaci u proizvodnji furnirskih ploča i lamelirane furnirske građe (LVL). Kod pojedinih proizvoda oni predstavljaju osnovnu polaznu sirovinu za proizvodnju PSL-a. Kao vezivo se koriste vodootporni lepkovi, najčešće fenol-rezorcinol-formaldehidni lepak, a njihovo očvršćavanje se vrši uz korišćenje mikrotalasa. Za proizvodnju PSL-a se, kao i kod LVL-a, u savremenim

proizvodnim pogonima koriste kontinuelne prese, tako da je dužina ograničena manipulativnim i transportnim sistemima. Najčešće dužine pojedinačnih komada su do 20 m, a širina i visina se kreću do 275 mm × 475 mm. Greške drveta kao što su čvorovi, usukanost vlakana i smolne vrećice kod četinara jednim delom se uklanjaju u toku proizvodnje, tako da je dimenziona stabilnost proizvoda dobra, a njegova svojstva uniformna u poređenju sa klasičnom rezanom građom.

### 2.3.3. Građa od lameliranog iverja (Laminated strand lumber - LSL) i građa od orjentisanog iverja (Oriented strand lumber – OSL)

Građa od lameliranog iverja i građa od orjentisanog iverja je nadogradnja na tehnologiju proizvodnje OSB ploča. Znatno više je sličnosti nego razlika između ova dva proizvoda. Osnovna razlika je u dimenziji iverja koje se koristi za njihovu izradu. U tom smislu iverje koje se koristi za proizvodnju LSL-a je većih dimenzija u odnosu na ono koje se koristi za proizvodnju OSL-a, a takođe je i nešto duže od onog koje se



Slika 7. Građa od lameliranog iverja (LSL)

(Izvor: [www.unilux.de](http://www.unilux.de))

koristi za proizvodnju OSB ploča. Dimenzija iverja je oko 300 mm × 30 mm × 1 mm, a za međusobno sjedinjavanje u gotov proizvod se koriste vodootporni lepkovi, uglavnom poliuretanski (Leonardo da Vinci Pilot Project, 2008). Metode koje se uglavnom koriste za nanošenje lepka na iverje su prskanje i njegovo mešanje sa iverjem. Veoma je važno istaći da je kod ovih proizvoda karakteristična intenzivnija podužna orijentacija iverja i veći pritisci presovanja u odnosu na

OSB ploče, pa se samim tim dobija proizvod povećane gustine. Vrsta drveta koja se najčešće koristi je jasika, ali se mogu koristiti i druge vrste drveta odvojeno ili u kombinaciji sa njom. LSL se izrađuje u obliku ploča dimenzija 14,63 m × 1,22 m × 140 mm iz kojih se po potrebi mogu krojiti grede željenih dimenzija. LSL i OSB se koriste tamo gde se zahtevaju visoka mehanička svojstva, uglavnom za različite vrste greda. U kombinaciji sa drugim kompozitnim proizvodima od drveta oni se mogu koristiti kao srednjice pri izradi greda *I profila*. Imajući u vidu veoma zanimljivu teksturu same površine, oni se mogu koristiti i na proizvodima izloženim pogledima posmatrača sa ili bez premaza.

#### 2.4. Ploče od orjentisanog iverja (Oriented Strandboard – OSB)

Ploče od orjentisanog iverja su napravljene kako bi na tržištu zamenile furnirske ploče nižih klasa kvaliteta. U prvoj fazi proizvodnje OSB ploča, trupci se koraju i krata na jednake dužine, a zatim se pretvaraju u iverje. Iverje se zatim suši u velikim rotacionim doboš sušarama, a zatim se vrši prosejavanje na valjčastim disk sitima kako



Slika 8. Ploča od orjentisanog strend iverja OSB

(Izvor: [www.kronospan.co.uk](http://www.kronospan.co.uk))

bi se izdvojilo ono koje je adekvatne veličine. Na osušeno iverje se zatim nanosi tečna smola, a zatim se raspoređuje u slojeve na transportnoj traci tj. liniji za formiranje tepiha gde se slojevi ukrštaju. Za slojeve lica, iverje se uglavnom orjentiše u pravcu podužne ose, dok je kod središnjih slojeva iverje nasumično rasuto po celoj ploči. Tepih se formatizuje na zadatu dimenziju, a zatim odlazi na presu gde se iverje i lepak međusobno

sjedinjaju pod odgovarajućim pritiskom i temperaturom kako bi se dobila strukturalna ploča. Na kraju, ploče se režu na zadatu meru, pri čemu se jednostavnom promenom programa rezanja mogu proizvesti u više različitih dimenzija.

Blizu tri decenije laboratorijskih testiranja i praktičnih proba na terenu su pokazali da je OSB odličan proizvod. Njegove karakteristike dolaze do izražaja već kada proizvod napusti fabriku i to na taj način što one ostaju ravne tokom skladištenja i transporta, tako da na mesto ugradnje stižu direktno spremne za montažu (ploče sa utorom i perom se uklapaju bez problema). OSB ploče zadržavaju svoje performanse dugo posle njihove ugradnje. Ploče pokazuju odličnu sposobnost držanja veza, čak i kada se vijci i ekseri nalaze blizu ivica. OSB je otporan na ugibanje, raslojavanje i utezanje zato što drvo i lepak u celini funkcionišu tako što stvaraju čvrste i dimenziono stabilne veze. OSB ploče se najčešće koriste za tradicionalnu primenu kao što je oblaganje krovova, zidova, podkonstrukcije podova i u druge svrhe. Visoke performanse su omogućile OSB pločama da steknu popularnost u brojnim drugim oblastima uključujući: strukturalne izolacione panele, srednjice kod greda I profila, nameštaj, palete i kod drugih proizvoda i upotreba. OSB ploče se proizvode u dve tipične dimenzije 1220 mm × 2440 mm i 1250 mm × 2500 mm. Paneli koji se koriste kao fasadne obloge su dostupne u manjim širinama od 152 mm ili 203 mm i dužinama od 4880 mm.

## **2.5. Unakrsno lamelirano drvo (Cross Laminated Timber - CLT)**

Unakrsno lamelirano drvo (cross laminated timber - CLT) se proizvodi od više slojeva lepljenih ploča od masivnog drveta koje su građene uglavnom od tangencijalnih elemenata širine 80 - 240 mm čija je debljina od 10 do 45 mm. Od četinarskih vrsta drveta koriste se smrča, bor i jela dok se od lišćarskih vrsta mogu koristiti jasen, bukva i druge vrste. U pogledu dužinskog nastavljanja elemenata ono se vrši korišćenjem zupčaste veze (cink veze) pri čemu je minimalno rastojanje nastavka između dve susedne paralelne lamele jednako najmanje 1/3 njihove širine. Međusobna orijentacija slojeva je uglavnom pod pravim uglom ali može biti i pod uglom od 45°. Maksimalne dimenzije proizvoda su u pogledu tehnološko proizvodnih ograničenja 16,5 × 3 m, dok

su transportna ograničenja do  $30 \times 4,8$  m. Debljina konačnog proizvoda se kreće od 42 mm pa sve do 500 mm, u zavisnosti od njegove krajnje namene koja se između ostalog svodi na klasu eksploatacije 1 i 2. Klase čvrstoće kod podužnih slojeva se kreću od C24 - C30, dok se kod poprečnih uglavnom svode na klasu čvrstoće C16 (max. C30). Njihova namena je uglavnom za izradu zidova i podova drvenih objekata (*Leonardo da Vinci Pilot Project, 2008*).



Slika 9. Unakrsno lamelirano drvo (CLT)

(Izvor: *Sretenovic P. Minhen, 2013*)

400.000 m<sup>2</sup>, Merk Finnforest =200.000 m<sup>2</sup> i Schilliger = 200.000 m<sup>2</sup>). Ova količina CLT-a je dovoljna da se izgradi 1.000.000 m<sup>2</sup> novih zgrada (*Smith S., 2012*).

U Evropi je 2012. godine bilo 12 fabrika za proizvodnju CLT-a čija je ukupna proizvodnja bila na nivou od 3.000.000 m<sup>2</sup>. Od prethodno navedene količine 83,3 % se proizvodilo u 6 fabrika (KLH = 700.000 m<sup>2</sup>, Stora Enso = 500.000 m<sup>2</sup>, Mayr-Melnhof Kaufmann = 500.000 m<sup>2</sup>, Binderholz =

### 3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Inovativni kompozitni proizvodi od drveta su već nekoliko godina predmet intenzivnih naučnih istraživanja u celom svetu. Najintenzivnija istraživanja sprovode se na lepljenom lameliranom drvetu koje predstavlja jedan od najzastupljenijih proizvoda iz kategorije kompozitnih proizvoda od drveta u Evropi. Ova istraživanja su veoma značajna sa tržišnog i marketinškog aspekta jer su superiorne karakteristike kompozitnih proizvoda od drveta jedan od najvažnijih faktora koji utiče na razvoj i povećanje njihove potrošnje na globalnom nivou. Zahvaljujući važnim karakteristikama kompozitnih proizvoda koji će u nastavku biti predstavljeni sve veći broj stručnjaka građevinske i arhitektonske struke stiče poverenje u navedene proizvode. To se direktno odražava na krajnje potrošače i korisnike objekata u koje su ovi proizvodi ugrađuju, gde u toku perioda eksploatacije do izražaja dolaze pogodnosti koje kompozitni proizvodi od drveta pružaju.

Upotreba lepljenog lameliranog drveta u Velikoj Britaniji i prednosti koje ono ima u odnosu na klasičnu rezanu građu su bile predmet istraživanja još daleke 1987. godine (Abbott A. R., et al., 1987). Početak uspešnog rasta i razvoja tržišta lepljenog lameliranog drveta u Velikoj Britaniji vezan je za osnivanje britanskog udruženja (*Glued Laminated Timber Association – GLTA*) za ovaj kompozitni proizvod koje je imalo za cilj da pored promocije proizvoda vrši i tehničku koordinaciju i edukaciju. Tako je Larsson (2014) sproveo analizu tržišta lepljenog lameliranog drveta u građevinskom sektoru Švedske. On je smatrao da bi argumenti za ekološki bliske i održive građevinske objekte koji su pri tome i energetske efikasno dizajnirani trebalo da motivišu povećano korišćenje drveta kao obnovljivog materijala. Povećanje učešća lepljenog lameliranog drveta na tržištu Švedske je rezultat različitih faktora, od kojih su povećanje uvozne cene čeličnih konstrukcija i povećanje gradnje industrijskih hala i skladišta u građevinskom sektoru od velikog značaja. Arhitekta i građevinski inženjeri su uvideli da imaju veliki uticaj na izbor materijala koji će se koristiti prilikom gradnje nekog objekta. Rezultati ovog istraživanja su pokazali da se oni kupci koji su već jednom kupovali lepljeno lamelirano drvo ponovo odlučuju za kupovinu istog, a kao osnovne prednosti u odnosu na čelik i beton se navode ekološki aspekti i iskustva krajnjih korisnika.

Ispitivanje nehomogenosti drveta kao prirodnog materijala je bio predmet istraživanja Jenkel et al. (2014). Procenjeno je da je ona uglavnom posledica karakteristika drveta od kojih su među najznačajnijim čvorovi. Rezultati njihovih ispitivanja su pokazali da čvorovi utiču na smanjenje krutosti i čvrstoće, naročito kod masivnog i lepljenog lameliranog drveta, pa je u skladu sa tim sprovedena strukturna analiza kao integralni deo metode konačnih elemenata. Svaki od čvorova je geometrijski modelovan i snimljen u modelu konačnih elemenata, pa je tako prezentovan metod za modelovanje otklona vlaknaca u zoni grana i čvorova. Kako bi se potvrdili numerički podaci izvršeno je njihovo poređenje sa eksperimentalnim podacima. Frese M. et al. (2006) su takođe u svom istraživanju primenili model konačnih elemenata. Predmet njihovog istraživanja je bila karakteristična čvrstoća na savijanje lepljenog lameliranog drveta bukve koja je testirana na čak 47 greda u punoj veličini. Lamele koje su korišćene za njihovu izradu su mehanički klasirane na osnovu dinamičkog modula elastičnosti, a samo testiranje greda je vršeno u skladu sa propisima standarda EN 408:1996. Merenja su pokazala da vrednosti čvrstoće na savijanje premašuju  $44,5 \text{ N/mm}^2$ . Kao ulazni parametri za metodu konačnih elemenata su upotrebljeni podaci konstrukcionih svojstava lamela. Model je bio posebno razvijen da se omogući predviđanje karakteristične čvrstoće na savijanje lepljenog lameliranog drveta bukve, a poređenje ovih podataka sa podacima dobijenim eksperimentalnim merenjem je pokazalo visoku usaglašenost.

Sprovođenje opsežnog istraživanja vezanog za uticaj dejstva požara na mehanička svojstva lepljenog lameliranog drveta nekoliko vrsta četinara, bio je predmet istraživanja Yang T. - H. et al. (2009). Rezultati do kojih su oni došli su pokazali da se statička svojstva lepljenog lameliranog drveta na savijanje smanjuju sa povećanjem vremena izlaganja drveta požaru. Posle sprovođenja testova sa lepljenim lameliranim drvetom u požaru izmerene su vrednosti modula elastičnosti (MOE) i loma (MOR). Rezultati merenja su pokazali da su navedeni moduli zadržali svoje originalne vrednosti u iznosu od 61 % do 92,7 % za elastičnost i za lom od 42 % do 75,9 % posle 60 i 30 minuta izlaganja požaru. Iz navedenog se može zaključiti da duže vreme izlaganja požaru utiče na veće smanjenje vrednosti modula elastičnosti i loma. U poređenju sa kontrolnim uzorkom koji nije izlagan dejstvu požara, vrednosti čvrstoće na pritisak i smicanje kod lepljenog lameliranog drveta izloženog dejstvu požara nisu pokazale



značajniju razliku. Nasuprot navedenom istraživanju o dejstvu visokih temperatura na lepljeno lamelirano drvo usled požara, Drake G. et al. (2015) su istraživali uticaj niskih temperatura na smicanje uzoraka lepljenog lameliranog drveta. Uzorci koji su bili predmet istraživanja su imali dimenzije poprečnog preseka  $79 \times 229$  mm, a njihova vlažnost je iznosila 12 % i 28 %. Ispitivanja su sprovedena za tri temperature, a lomovi do kojih je došlo su nastali pri smicanju za temperature od  $20^{\circ}$  C i  $0^{\circ}$  C, dok je kod temperature od  $-40^{\circ}$  C došlo do loma pri zatezanju. Zaključak do kojeg su ovi naučnici došli je da se sa smanjenjem temperature povećava čvrstoća i krutost greda i to kod 12% vlage za 17% i 22%, a kod vlage od 28% za čak 37% i 66% respektivno posmatrano. Iz navedenih podataka se može zaključiti da je efekat hladnoće bio više naglašen kod uzoraka sa većim sadržajem vlage.

U Srbiji je u periodu od 2011-2013. godine organizovano više konferencija i stručnih skupova u organizaciji austrijskog udruženja pro:Holz i Agencije za drvo Srbije, a kao rezultat ovih skupova je nastao priručnik "Gradnja drvetom u Srbiji". Prema Popović Z. et al. (2012) primarni zadatak tehnologije materijala je proizvodnja savremenih materijala velike čvrstoće uz srazmerno nisku gustinu. Odnos čvrstoće materijala izražen u Mpa prema njegovoj gustini izraženoj u  $t/m^3$  je definisan kao koeficijent konstrukcione povoljnosti ( $K_{kp}$ ). Što je vrednost ovog koeficijenta veća to je konstrukcija lakša, što znači da on direktno utiče na masu same konstrukcije. U skladu sa navedenim u radu je dat detaljan prikaz ovog koeficijenta izračunatog za statičke čvrstoće drveta na pritisak, zatezanje i savijanje za 40 vrsta drveta. Kako se u radu navodi vrednosti ovog koeficijenta za drvo se kreću u rasponu od 50 - 280, dok sintetički materijali, visokovredni i običan čelik, betoni i opeka imaju manje vrednosti iz čega se zaključuje da je u konstruktivnom smislu drvo jedan od najpovoljnijih materijala. Prema istom izvoru prednosti drveta kao građevinskog materijala pri dejstvu zemljotresa se ogledaju u veoma dobrom odnosu sopstvene težine i nosivosti, a usled male sopstvene težine (nezavisno od krutosti) manje su i inercijalne sile nego kod konstrukcija od čelika i betona. U pogledu brzine sagorevanja drveta za vrste koje se u Srbiji koriste u konstrukcijama prosečne vrednosti se kreću u rasponu od 0,6-0,8 mm/min, na šta značajno utiče sadržaj vlage i zapreminska masa suvog drveta. Autori ističu i to da ugljenisani sloj drveta ima smanjenu sposobnost provođenja toplote za 50 - 60% u odnosu na puno drvo, pa na taj način deluje kao izolator koji štiti unutrašnje

slojeve od sagorevanja. Pored navedenog autori ističu sve prednosti lepljenog lameliranog drveta za drvene konstrukcije velikih raspona i s tim u vezi obrađuju sve najznačajnije principe projektovanja takvih konstrukcija. Pored navedenih elemenata u Priručniku su date karakteristike savremenih materijala koji se upotrebljavaju u gradnji drvetom kao i praktični primeri konstruktivnih veza, građevinske fizike i konstruktivne i hemijske zaštite drveta.

Imajući u vidu da je Srbija zemlja bukve, tj. da je ona jedna od najzastupljenijih domaćih drvnih vrsta, najveći broj pilanskih preduzeća je orjentisan na njenu preradu. U prilog tome govori podatak da je 2005. godine u ukupnoj količini rezane liščarske građe bukva imala učešće od 78% (Glavonjić B., et al., 2009). Upravo zato su od velikog značaja istraživanja koja se odnose na lepljeno lamelirano drvo od bukve. Izradom proizvoda sa dodatom vrednošću kao što je lepljeno lamelirano drvo od bukve mogao bi se značajno unaprediti sektor pilanske prerade drveta u Srbiji. Na ovaj način bi se doprinelo povećanju stepena korišćenja pilanskih kapaciteta u Srbiji, u kojima bi se proizvodile lamele i njima snabdevala preduzeća za izradu lepljenog lameliranog drveta bukve.

Ispitujući pogodnost korišćenja bukovog drveta za izradu lepljenog lameliranog drveta Frese M. et al. (2009) su došli do zaključka da ono ima određene pogodnosti. Testovi vizuelnog sortiranja prema DIN 4074-5:2003 su obuhvatili 218 bukovih dasaka koje su u najvećoj meri bile u dva razreda kvaliteta i to bolji-“upper” i običan-“common”. Rezultati testiranja su pokazali da 90% boljeg razreda i 50% običnog razreda zadovoljava kriterijume klase LS 10 prema DIN 4074-5:2003, čime bi bila omogućena izrada lepljenog lameliranog drveta u klasi GL 28. Pored toga sprovođenjem mehaničkog klasiranja čvrstoće, koje podrazumeva merenje modula elastičnosti, čak 80% boljeg i 40% običnog kvaliteta bi omogućilo izradu lepljenog lameliranog drveta u klasi GL 40. Od velikog značaja za izradu kvalitetnog lepljenog lameliranog drveta bukve je i savojna čvrstoća zupčaste veze koja se koristi za dužinsko nastavljanje lamela. Smatra se da vizuelno klasiranje građe prema čvrstoći obezbeđuje karakterističnu čvrstoću od  $36 \text{ N/mm}^2$ , a mašinsko prema dinamičkom modulu elastičnosti  $48 \text{ N/mm}^2$ . Vizuelno klasiranje rezane građe bukve je izvršeno u skladu sa standardom DIN EN 4074-5. Izradom uzoraka i sprovođenjem odgovarajućih testova se

došlo do rezultata koji potvrđuju podatke da vizuelno klasiranje prema čvrstoći obezbeđuje izradu lepljenog lameliranog drveta u klasi GL 36, a mehaničko GL 48 (Frese M., et al., 2006). Bukva ima veću čvrstoću i krutost od većine četinarskih vrsta drveta, pa su Dill-Langer G. et al. (2014) upravo zato sproveli istraživanje vezano za njenu upotrebu u izradi lepljenog lameliranog drveta. Kao sirovinu za izradu LLD-a nisu koristili masivno drvo bukve, već su lamele bile izrađene od lepljene lamelirane furnirske građe bukve. Oni smatraju da se pojedini nedostaci bukve u gotovim konstrukcionim proizvodima od masivnog drveta mogu prevazići tako što bi se lepljeno lamelirano drvo izrađivalo od lamela lepljene lamelirane furnirske građe. Ovako proizvedeno lepljeno lamelirano drvo bi imalo superiorna mehanička svojstva u pogledu dozvoljene nosivosti na pritisak paralelno sa vlakancima. Na ovom primeru se jasno može videti kako se jedan kompozitni proizvod (LVL) koristi za izradu drugog kompozita - lepljenog lameliranog drveta, čime se dodatno unapređuju njegova svojstva.

Imajući u vidu značajan iskorak u proizvodnji lepljenog lameliranog drveta bukve namenjenog nosećim konstrukcijama i njegovom korišćenju u klasi eksploatacije 1, od značaja su analize i istraživanja koja se odnose na trajnost i otpornost lepljene veze. U skladu sa navedenim Ohnesorge D. et al. (2009) su vršili odgovarajuća istraživanja i došli do zaključka da bi za klasu eksploatacije 1 bilo najbolje koristiti bukove lamele debljine do najviše 30 mm i vreme presovanja od najmanje 40 minuta. Intenzivnija delaminacija je primećena kod lepljenog lameliranog drveta izrađenog od debljih lamela (38 mm) koje su uglavnom bile izvitoperene.

Aicher S. et al. (2010) su istraživali čvrstoću na smicanje kod lepljenog lameliranog drveta od bukve, sa posebnim osvrtom na mogući negativan uticaj lažnog srca, koje je inače svojstveno ovoj vrsti drveta. Bukove lamele su vizuelno klasirane prema nemačkom standardu za sortiranje liščara DIN 4074-5:2003. Klasa čvrstoće LS 13, koja odgovara evropskoj klasi D 40, je razdvojena u dve potklase LS 13- i LS 13+, pri čemu je poslednje navedena imala prosečnu zapreminsku masu od  $690 \text{ kg/m}^3$  i modul elastičnosti  $14.800 \text{ N/mm}^2$ . Rezultat njihovog istraživanja je pokazao da lažno srce drveta bukve nema uticaja na dozvoljeni napon na smicanje niti na smicanje po liniji lepljenja. Oni takođe smatraju da su propisane vrednosti minimalnog napona na

smicanje definisane standardom EN 386:2001 postavljene isuviše nisko za lepljeno lamelirano drvo bukve. Schmidt M. et al. (2011) su utvrdili da je koeficijent absorpcije vode kod bukve i jasena znatno manji kod drveta sa lažnim srcem nego kod drveta bez lažnog srca. Takođe su utvrdili da ovaj vid diskoloracije drveta značajno utiče na pH vrednost, ali je njen uticaj na očvršćavanje lepka zanemarljiv.

Gereke T. et al. (2006) su sprovedi istraživanje vezano za unutrašnja naprezanja kod unakrsno lameliranog drveta bukve pri promeni vlažnosti. Rezultati njihovog istraživanja pokazuju da termički modifikovano drvo bukve, koje ima nižu ravnotežnu vlagu ima znatno manje razlike u deformacijama između slojeva zbog poboljšane dimenzione stabilnosti. Upotreba termički modifikovanog drveta bukve u konstrukcione svrhe je bila predmet istraživanja Widmann R. L. et al. (2012). Oni su dobijena mehanička svojstva ocenjivali prema standardu EN 338:2009. Rezultati istraživanja su pokazali da termički modifikovano drvo bukve izloženo jakom termičkom tretmanu gubi veliki deo svojstava čvrstoće, međutim svojstvo krutosti ostaje nepromenjeno. Zaključili su da bukovo drvo termički modifikovano na visokim temperaturama nije preporučljivo koristiti u konstrukcione svrhe osim za oblaganje fasada i za izradu stubova.

Schmidt M. et al. (2009) su istraživali u kojoj meri komercijalno dostupni melamin urea formaldehidni (MUF) i poliuretanski (PU) lepkovi omogućavaju kvalitetno lepljenje bukovog drveta sa i bez lažnog srca namenjenog nosećim konstrukcijama. Korišćenjem dva sistema lepljenja melamin urea formaldehidnim lepkom došlo se do zaključka da duže vreme presovanja (sistem MUF-1) smanjuje delaminaciju tj. raslojavanje, pri čemu se bez bilo kakvih ograničenja bukovo drvo sa lažnim srcem može kvalitetno lepiti. Sa druge strane, korišćenje poliuretanskih lepkova nije dalo zadovoljavajuće rezultate. Na osnovu ovih pozitivnih rezultata je izdato odobrenje za upotrebu lepljenog lameliranog drveta bukve u klasi eksploatacije 1 (vlažnost drveta  $\leq 12\%$ ).

Navedeni pregled istraživanja jasno ukazuje na činjenicu da kompozitni proizvodi od drveta, a posebno lepljeno lamelirano drvo poseduju karakteristike koje im omogućavaju širok spektar korišćenja. Zbog toga su oni postali i predmet istraživanja sa stanovišta tržišta kao i tokova trgovine ovim proizvodima na globalnom nivou.

## 4. PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA

### 4.1. Predmet (područje) istraživanja

Rezana građa koja se u Srbiji proizvodi je dimenziono ograničena pre svega prečnikom, dužinom i kvalitetom sirovine iz koje se izrađuje. Danas je u Srbiji, ali i u Evropi, sve manje sirovine koja ima potrebna svojstva iz koje bi se proizvodila rezana građa u željenim dimenzijama. Pored prethodno navedenog, svojstva drveta koja se ogledaju u njegovoj anizotropiji, utezanju i bubrenju, sklonosti ka vitoperenju i deformacijama, prisutnim greškama drveta i druga uticala su na intenziviranje razvoja kompozitnih proizvoda od drveta namenjenih upotrebi u građevinarstvu.

Primena savremenih tehnologija u preradi drveta je dovela do unapređenja iskorišćenja sirovine u kvalitativnom, kvantitativnom i finansijskom smislu. Klasična rezana građa smrče, jele i bora se počela zamenjivati sa kompozitnim proizvodima od drveta kao što su lepljeno lamelirano drvo (LLD), lamelirana furnirska građa (LVL), grede I profila, unakrsno lamelirano drvo (CLT) i drugim proizvodima. Pri tom, potrebno je istaći da su inovativni proizvodi zadržali dobre karakteristike drveta kao ekološkog materijala, pri čemu su u velikoj meri unapređena njegova mehanička svojstva i karakteristike. Nekada nezamislivi rasponi bez potpornih greda i konstrukcija do čak 300 metara se danas mogu ostvariti korišćenjem lepljenog lameliranog drveta za koga se u literaturi kaže da je “jak kao čelik” (CEI-Bois, 2011). Svojevremeno ograničavajući faktor za dimenziju greda je bila sirovina iz koje su se one proizvodile, a danas su isključivo proizvodni kapaciteti i regulative usmerene na transport tako dugačkih elemenata. Pored pomenutih raspona oni se mogu praviti u različitim formama (podužno zakrivljeni ili pravi, u poprečnom preseku oblika paralelograma ili posebno profilisani), dimenziono su znatno stabilniji u odnosu na klasičnu rezanu građu u procesu eksploatacije, obnovljiv su resurs, doprinose zaštiti životne sredine kroz skladištenje CO<sub>2</sub> i imaju mogućnost reciklaže na kraju životnog ciklusa.

Upotreba drveta u građevinarstvu ima tradiciju koja datira vekovima u Srbiji. Drvo je kao prirodni materijal, koji je bio dostupan lokalnom stanovništvu od davnina, intenzivno korišćeno kao jedan od najvažnijih konstrukcionih materijala u daljoj prošlosti. Poslednjih decenija usled intenzivnog korišćenja čelika i betona, drvo je u određenoj meri izgubilo na svom značaju u Srbiji. Međutim, to nije slučaj u nekim evropskim zemljama koje imaju dugu tradiciju u gradnji drvetom koju su zadržale, pa

ćak i unapredile do današnjih dana (nordijske zemlje, Nemačka i Austrija). U prilog tome govore i podaci da je preko 90% porodičnih kuća u nordijskim zemljama izgrađeno od drveta (Thelandersson S., et al., 2006). Upotreba drveta u gradnji inovativnih nisko energetske stambenih jedinica je najviše razvijena u Austriji, pa je ona evropski lider u tom pogledu. Kao rezultat uticaja trendova iz Evrope u poslednjih nekoliko godina polako se menjaju stavovi kod građevinaca, kupaca stanova i proizvođača kuća od drveta u Srbiji, u pozitivnom smislu kada je u pitanju upotreba drveta u građevinarstvu. Najznačajniji razvoj u industrijskoj proizvodnji ovih novih proizvoda na bazi drveta na globalnom nivou ostvaren je u Severnoj Americi koja predstavlja i njihovo najveće tržište.

Inovativna gradnja drvetom u Evropi zasniva se na upotrebi ekoloških materijala, a pre svega drveta i njegovih kompozitnih proizvoda. Trendovi izgradnje niskoenergetskih, a zatim i pasivnih kuća koje za potrebe grejanja troše manje od 15 kWh/m<sup>2</sup> godišnje su postale potreba savremenog društva. Ovako niska potrošnja energije rezultat je, pre svega, izuzetne energetske efikasnosti ovih objekata. Imajući u vidu činjenicu da se oko 40% ukupne potrošnje energije u Evropi troši u građevinskom i stambenom sektoru, pri čemu se  $\frac{2}{3}$  te energije potroši u domaćinstvima sa tendencijom rasta u narednim godinama, izgradnja pasivnih kuća je od izuzetnog značaja za smanjenje potrošnje energije. Primena standarda i izdavanje sertifikata prilikom izgradnje novih i renoviranje postojećih objekata postaje uobičajena praksa u pojedinim evropskim državama (Austrija), pa se u skladu sa tim razvijaju i prateći standardi vezani za proizvode od drveta koji se u te objekte ugrađuju.

Subvencije koje pojedine države u Zapadnoj Evropi daju za podsticanje zelene gradnje su jedan od važnih pokretača potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta. To se u velikoj meri odražava i na drvnu industriju u razvojno istraživačkom domenu, pa su u skladu sa tim razvijeni inovativni proizvodi na bazi drveta sa znatno unapređenim karakteristikama u odnosu na klasične proizvode od masivnog drveta.

Rigorozni propisi koji regulišu upotrebu drveta u građevinarstvu su za obične proizvode od drveta kao što su grede i gredice često bili glavni ograničavajući faktor za njihovu primenu u određenim drvenim konstrukcijama. Primenom odgovarajućih tretmana u proizvodnji kompozitnih proizvoda od drveta značajno su poboljšane njihove

karakteristike (na primer otpornost na vatru i druge) čime je razrešen taj problem. Istraživanja su pokazala da drvo ima i bolja izolaciona svojstva od čelika i betona, a u prilog tome govori i podatak da je ono 400 puta bolji izolator nego čelik i 15 puta bolji izolator nego beton. Drvo ima malu zapreminsku masu u poređenju sa čelikom od koga je lakše 13 puta i betonom od koga je lakše 4 puta, a dozvoljen napon na štap opterećen na izvijanje je veći kod drveta nego kod armiranog i nearmiranog betona.

Greške drveta kao što su čvorovi, smolne kesice, urasla kora, nepravilnost toka vlakanaca i slične nisu više ograničavajući faktori za dobijanje kvalitetnih kompozitnih proizvoda jer se oni u dužinskom i poprečnom krojenju izbacuju iz elemenata od kojih se izrađuju ovi proizvodi, pa se njihove fizičke i mehaničke karakteristike dodatno unapređuju. Brojne vrste se koriste za proizvodnju kompozitnih proizvoda od drveta, a najviše smrča, jela, ariš, duglazija, bor, topola, jasika i breza. Osim njih poslednjih godina se koristi i bukva što je od velikog značaja za Srbiju imajući u vidu da je ona jedna od najzastupljenijih autohtonih drvnih vrsta. Potencijalna proizvodnja kompozitnih proizvoda od bukve u Srbiji bi zasigurno otvorila nove mogućnosti za razvoj drvne industrije i njihov izvoz pre svega na tržište Nemačke u kojoj je odobrena njihova ugradnja u klasi eksploatacije 1. U zavisnosti od vrste materijala koji se koriste za izradu konstrukcionih kompozita, ali i njihovih dimenzija kao i načina njihovog uslojavanja oni se dela na (Wood Handbook, 2010):

***Materijali na bazi furnira:***

Furnirske ploče

Lamelirana furnirska građa (LVL)

Građa od paralelno orjentisanog iverja (PSL)

***Materijali na bazi laminata:***

Lepljeno lamelirano drvo (LLD)

Materijali za oblaganje

Drvni-nedrvni lamelirani kompoziti

Višedrvni kompoziti (COM-PLY)

***Drvni-nedrvni kompoziti:***

Kompoziti na bazi polimera i drvenih vlakana

Neorganski lepljeni kompoziti

***Kompozitni materijali:***

Vlaknatice (male/srednje/velike gustine)

Celulozne vlaknaste ploče

Tvrde ploče

Ploče iverice

Vafer ploče

Vodootporne ploče iverice

Ploče od orjentisanog iverja (OSB)

Građa od lameliranog iverja (LSL)

Građa od orjentisanog iverja (OSL)

Uzimajući u obzir prethodno navedene činjenice od velikog značaja je bliže upoznavanje sa najvažnijim kompozitnim proizvodima koji se koriste u konstrukcione svrhe, pre svega u gradnji kuća od drveta, krovnih konstrukcija velikih raspona i za druge namene. Pored toga što u pojedinim proizvodima svojim superiornim svojstvima uspešno zamenjuju masivno drvo, kompoziti se koriste i tamo gde se masivno drvo zbog svojih anizotropnih svojstava ili dimenzionalnih ograničenja ne može primeniti.

S obzirom da se najveći broj kompozitnih proizvoda upotrebljava u inovativnoj gradnji drvetom zbog toga se često oni u stručnoj literaturi nazivaju inovativnim proizvodima. Pri tom, pojam inovativni podrazumeva inženjerske proizvode kojima sektor prerade drveta zadovoljava nove tržišne potrebe (UNECE/FAO, 2010). Kompoziti od drveta su proizvodi napravljeni od različitih drvnih ili ligno-celuloznih nedrvenih materijala (oblika i porekla) koji su međusobno slepljeni korišćenjem prirodnih ili sintetičkih smola ili organskih/neorganskih veziva.

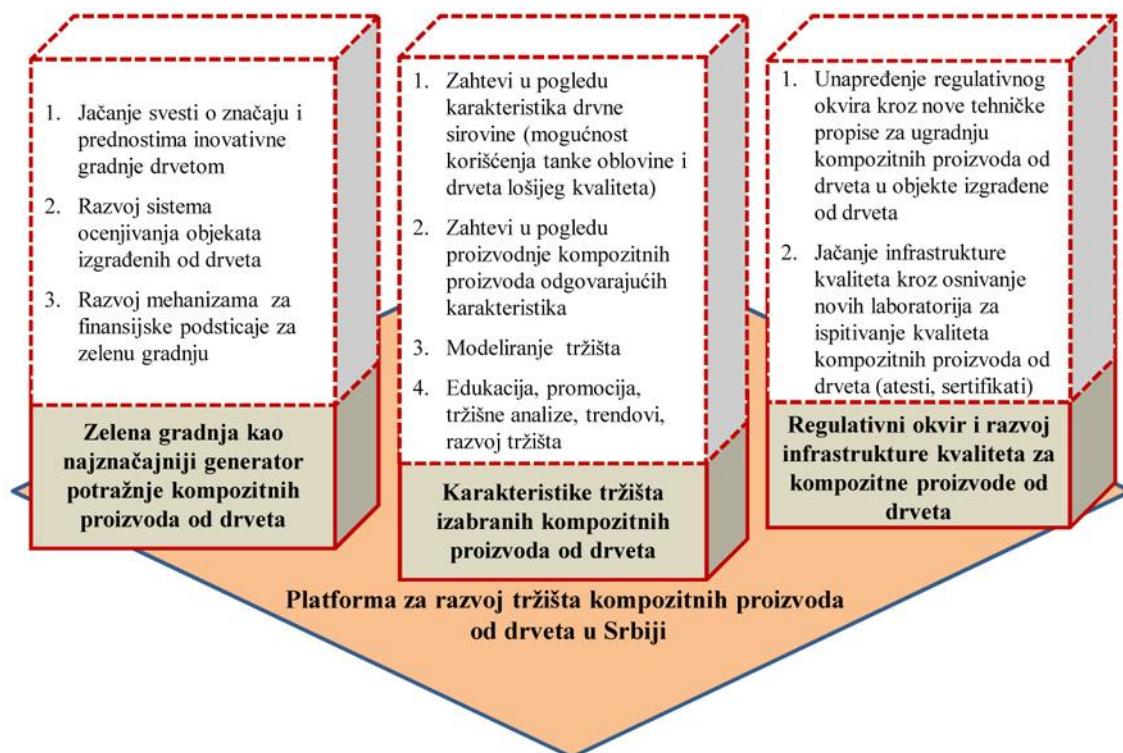
#### **4.2. Ciljevi istraživanja**

Tržište kompozitnih proizvoda od drveta u Srbiji je još uvek u početnoj fazi razvoja. S druge strane inovativna drvena gradnja u Zapadnoj Evropi, a samim tim i potrošnja kompozitnih proizvoda postaje sve intenzivnija. U skladu sa navedenim definisani su sledeći osnovni ciljevi istraživanja:

- analiza evropskog tržišta inovativne drvne gradnje sa posebnim osvrtom na proizvodnju kuća od drveta.
- analiza tržišta kompozitnih proizvoda od drveta Evropskoj uniji, s posebnim osvrtom na Austriju, kako bi se mogli izvući odgovarajući zaključci od značaja za budući razvoj tržišta ovih proizvoda u Srbiji.
- analiza pogodnosti i ograničenja, standarda i regulativnog okvira koji se odnose na kompozitne proizvode od drveta koji se koriste u gradnji drvetom u državama Evropske unije kao potencijalnim izvoznim tržištima za Srbiju.
- sagledavanje aktuelnog stanja u Srbiji u pogledu proizvodnje, izvoza, potrošnje na domaćem tržištu, oblastima primene i ograničenja koja karakterišu postojeće tržište kompozitnih proizvoda od drveta.



Postavljeni ciljevi istraživanja su kompatibilni sa najznačajnijim elementima platforme za razvoj tržišta kompozitnih proizvoda od drveta koju sačinjavaju tri ključna stuba: zelena gradnja, karakteristike tržišta i regulativni okvir.



#### 4.3. Polazne hipoteze

Imajući u vidu predmet i ciljeve istraživanja za potrebe ove disertacije definisane su sledeće polazne (radne) hipoteze, i to:

- H1 – postoji direktan uticaj inovativne gradnje drvetom u Evropi na proizvodnju izabranih kompozitnih proizvoda od drveta u Srbiji.
- H2 – postoji ekonomska isplativost proizvodnje kompozitnih proizvoda od drveta u Srbiji namenjenih inovativnoj drvenoj gradnji.

U okviru postavljenih hipoteza istraženi su funkcionalni oblici i jačina međusobne povezanosti odabranih faktora, određena njihova signifikantnost i data odgovarajuća tumačenja. Izbor navedenih polaznih hipoteza velikim delom bio je uslovljen činjenicom da u domaćoj stručnoj javnosti postoji velika doza nepoznavanja, a samim tim i nepoverenja, prema ekonomskoj isplativosti pokretanja proizvodnje kompozitnih proizvoda od drveta. S obzirom da su ekonomski efekti zajedno sa tržišnim glavna pokretačka snaga za razvoj proizvodnje ovih proizvoda, to je izbor ovakvih hipoteza u potpunosti opravdan.

## **5. METODE, TERITORIJALNO I VREMENSKO ODREĐENJE ISTRAŽIVANJA**

U izradi doktorske disertacije korišćena je odgovarajuća metodologija, metode i tehnike koje se uobičajeno koriste za tržišna i ekonomska istraživanja. Imajući u vidu predmet istraživanja, postavljene ciljeve i polazne hipoteze u radu je usvojena kompletna metodološka osnova koja se sastoji od osnovnih i posebnih naučnih metoda istraživanja.

Od osnovnih metoda istraživanja korišćene su metode analize i sinteze, indukcije i dedukcije, generalizacije i klasifikacije. Od posebnih naučnih metoda korišćene su metode ekonometrijskog modelovanja, metode kalkulacije troškova i normativna metoda. Za potrebe prikupljanja potrebnih podataka u toku terenskog istraživanja korišćene su tehnike ankete i intervjua. Pored navedenog u radu su korišćene i tehnike strategijskog menadžmenta, kao što su PEST i SWOT analiza.

Podaci o proizvodnji, izvozu, uvozu i cenama kompozitnih proizvoda od drveta na tržištima izabranih zemalja prikupljeni su iz zvaničnih statističkih publikacija, statističkih baza podataka, stručnih časopisa i relevantnih baza podataka sa interneta čiji su nazivi i linkovi navedeni u posebnom delu rada koji se odnosi na korišćenu literaturu.

Obrada podataka za potrebe ekonometrijskog modelovanja i grafičkih elemenata izvršena je u programskim paketima Statistica 7.0 i programski dodatak Analysis ToolPak/Data Analysis u okviru MS Excel.

Metoda analize korišćena je u analizi tržišta kompozitnih proizvoda od drveta izabranih zemalja, analiza spoljnotrgovinskih tokova, cena kao i za potrebe komparativne analize proizvodnje klasične rezane građe i izabranih kompozitnih proizvoda od drveta (na prvom mestu lepljenog lameliranog drveta). Metoda sinteze korišćena je u najvećoj meri u delu rada koji se odnosi na metode ocenjivanja objekata zelene gradnje.

Metoda generalizacije korišćena je sa ciljem da se, na osnovu posebnih i pojedinačnih svojstava kompozitnih proizvoda od drveta, izvedu njihove opšte odredbe od značaja za gradnju drvenih objekata. Metoda klasifikacije je korišćena za doslednu i sistematičnu podelu grupe kompozitnih proizvoda od drveta na podgrupe imajući u vidu pre svega njihove karakteristike. Ostale metode kao što su indukcija i dedukcija su

korišćene za procenu pogodnosti i ograničenja u pogledu upotrebe kompozitnih proizvoda od drveta kao supstituenta klasične rezane građe u izgradnji kuća od drveta.

Pored navedenih metoda u radu je korišćena i metoda ekonometrijskog modelovanja koja obuhvata regresionu i korelacionu analizu. Korišćenje regresione analize je imalo za cilj da definiše oblik zavisnosti između posmatranih pojava dok je korelacionom analizom određen stepen njihove međusobne zavisnosti. Metoda ekonometrijskog modelovanja je korišćena i za istraživanje uticaja faktora koji deluju na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta na izabranim tržištima.

Metode kalkulacije troškova korišćene su za određivanje cene koštanja izabranih kompozitnih proizvoda. Određivanje cene koštanja predstavljao je prvi korak u analizi ekonomske isplativosti proizvodnje izabranih kompozitnih proizvoda od drveta. Drugi korak je predstavljala analiza tržišnih cena po kojima se prodaju ovi proizvodi, a profit koji se ostvaruje kao razlika između te dve cene predstavljao je polaznu osnovu za analizu profitabilnosti njihove proizvodnje. U tom smislu poseban segment analize predstavljala je analiza profitabilnosti u proizvodnji klasične rezane građe četinara u odnosu na nivo profitabilnosti koji se postiže njenom ugradnjom u određene tipove kompozitnih proizvoda od drveta.

Za istraživanje odredbi pojedinih standarda od značaja za proizvodnju i ispitivanje kompozitnih proizvoda od drveta kao i regulative za njihovu ugradnju u objekte u izabranim evropskim zemljama i Srbiji korišćena je normativna metoda.

Za istraživanje uticaja pojedinih faktora od kojih zavisi razvoj tržišta kompozitnih proizvoda od drveta u Srbiji korišćena je PEST analiza. Ovom analizom su obuhvaćeni najznačajniji politički, ekonomski, društveni i tehnološki faktori čija interakcija dovodi do stalnih kretanja i promena na tržištu. Dobijeni rezultati korišćeni su zatim u SWOT analizi koja je imala za cilj da oceni snage i slabosti kao i pogodnosti i pretnje na tržištu određenih tipova kompozitnih proizvoda od drveta u Srbiji.

Metoda terenskog istraživanja je sprovedena u Srbiji, Austriji i Nemačkoj. Za te potrebe su formirani odgovarajući upitnici čija forma i sadržaj su dati u prilogu disertacije. Terenska istraživanja u inostranstvu su imala za cilj prikupljanje relevantnih podataka vezanih za proizvodnju, važeće standarde koje primenjuju austrijski i nemački proizvođači lepljenog lameliranog drveta, atesta i sertifikata kao i informacija od značaja za razvoj tržišta ovih proizvoda. Ona su sprovedena u najvećoj meri u

Nemačkoj u preduzećima koja su izlagala svoje kompozitne proizvode od drveta na sajmu građevine "BAU" u Minhenu gde su na jednom mestu svoje kompozitne proizvode izlagali svi najznačajniji proizvođači u Evropi. Pored navedenih, u manjem obimu su sprovedena i istraživanja u domenu opreme i mašina koje se koriste za njihovu izradu, ali i izgrađenih objekata od lepljenog lameliranog drveta (Klagenfurt/Austrija - Internationale Holzmesse, Hanover/Nemačka - Ligna, Kranj/Slovenija - Hišni sejem). U toku terenskih istraživanja koja su realizovana kroz posetu proizvođačima lepljenog lameliranog drveta u Austriji i Nemačkoj prikupljeni su podaci od značaja za analizu ekonomske isplativosti proizvodnje ovog kompozitnog proizvoda kao i tržišnih zahteva u pogledu kvaliteta, izgleda, dozvoljenih grešaka građe drveta u polaznoj sirovini za njihovu proizvodnju, korišćenih lepкова, zahteva u pogledu transporta elemenata velikih dužina, regulative, iskustava tokom ugradnje na objektima različitih karakteristika i namene, atesta, standarda, laboratorijskog ispitivanja, cena i drugih podataka od značaja za analizu tržišta.

Terenska istraživanja u Srbiji obuhvatila su posetu domaćim proizvođačima lepljenog lameliranog drveta kao jedinog proizvoda iz grupe kompozitnih proizvoda koji se, za sada, proizvodi u Srbiji. Istraživanje je obuhvatilo karakteristike proizvodnje lepljenog lameliranog drveta sa ekonomskog stanovišta, njegovu namenu i najznačajnije elemente koji se odnose na tržište i regulativu.

Teritorijalno određenje istraživanja obuhvatilo je, u najvećoj meri, Srbiju, Austriju i Nemačku. Izbor Austrije i Nemačke rezultat je činjenice da one spadaju u sam vrh zemalja u Evropi po proizvodnji i potrošnji (Austrija i po izvozu) kompozitnih proizvoda od drveta (posebno lepljenog lameliranog drveta) pa stoga one mogu predstavljati važno tržište za izvoz ovih drvnih proizvoda iz Srbije. Pored ovih zemalja, za istraživanje proizvodnje, potrošnje, pojedinih primera dobre prakse u kojima su korišćeni kompozitni proizvodi od drveta i spoljnotrgovinskih tokova istraživanja su obuhvatila i druge zemlje Evrope, a u određenim segmentima i SAD.

Vremenski period koji je obuhvaćen istraživanjima obuhvata period od 2001 - 2011. godine. Izabrani vremenski period je dovoljan da se sagledaju sve značajnije promene koje su se dešavale na tržištu kompozitnih proizvoda od drveta, ali i njihovi budući trendovi.

## 5.1. Metode statističke obrade podataka

Za statističku obradu podataka korišćene su korelaciona i regresiona analiza. Regresionom analizom su predstavljeni različiti oblici povezanosti između dve posmatrane promenljive. Iz tog razloga je najpre konstruisan dijagram rasturanja tačaka između dva obeležja, a zatim i linija koja najbolje izravna dobijena odstupanja. Zatim je izvršena korelaciona analiza kojom je analiziran stepen zavisnosti između promenljivih, tj. jačina već utvrđene povezanosti između dve promenljive korišćenjem koeficijenta korelacije. Što je vrednost ovog koeficijenta bliža jedinici, to je stepen zavisnosti između promenljivih veći. Na osnovu dobijenih rezultata data su odgovarajuća tumačenja dobijenog modela, njegovih parametara i signifikantnosti.

Izabrani faktori koji su korišćeni za statističku analizu, a za koje se pretpostavlja da imaju jak uticaj na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta su:

- *Vrednost gradnje kuća od drveta*: Imajući u vidu da je gradnja kuća od drveta sve intenzivnija i zastupljenija, pretpostavljeno je da će sa povećanjem njihove gradnje doći do povećanja potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta.
- *Vrednost proizvodnje rezane četinarske građe*: Najčešće korišćena sirovina za izradu lepljenog lameliranog drveta, kao najzastupljenijeg proizvoda iz grupe kompozitnih proizvoda od drveta, je četinarska rezana građa od smrče i jele. Pretpostavljeno je da će sa povećanjem vrednosti proizvodnje rezane četinarske građe doći do povećanja potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta.
- *Vrednost proizvodnje kompozitnih proizvoda od drveta*: Smatra se da postoji direktan pozitivan uticaj ovog faktora na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta.
- *Vrednost uvoza kompozitnih proizvoda od drveta*: Za uvoz kompozitnih proizvoda od drveta se takođe pretpostavlja da ima pozitivan uticaj na njihovu potrošnju, pa bi tako pri svakom povećanju uvoza trebalo da dođe do povećanja potrošnje.
- *Vrednost izvoza kompozitnih proizvoda od drveta*: Ovaj faktor bi, nasuprot prethodno navedenim faktorima, trebalo da ima negativan uticaj na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta, pa bi pri svakom povećanju izvoza trebalo da dođe do smanjenja potrošnje.
- *Vreme*: Ono obuhvata sve poznate i nepoznate faktore koji utiču na promene u potrošnji kompozitnih proizvoda od drveta, a koji nisu obuhvaćeni nekim od uključenih faktora.

Izabrani faktori su testirani na primeru Austrije sa ciljem da se utvrde zakonitosti i izvuku zaključci koji mogu biti od koristi u razvoju tržišta kompozitnih proizvoda u Srbiji.

U tabeli 1 su date vrednosti potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta u Austriji kao i vrednosti faktora koji su izabrani za ekonometrijsko modeliranje njihovog uticaja na potrošnju ovih proizvoda.

Tabela 1. Vrednosti izabranih pojava za ekonometrijske modele [1.000.000 €]

Godine	Vrednost gradnje kuća od drveta	Vrednost proizvodnje rezane četinarske građe	Vrednost proizvodnje kompozitnih proizvoda od drveta	Vrednost uvoza kompozitnih proizvoda od drveta	Vrednost izvoza kompozitnih proizvoda od drveta	Vrednost potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta
$X_t$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$Y$
2001	354,521994	992,473493	364,351577	62,286204	203,114859	223,522922
2002	378,704600	1052,600100	360,192000	51,064814	239,413261	171,843553
2003	382,681900	1132,941500	465,533700	58,775022	295,917898	228,390824
2004	446,249700	1249,430600	458,817300	62,899447	334,561299	187,155448
2005	422,954100	1160,676900	526,935300	60,419419	381,459701	205,895018
2006	529,743700	1255,206700	734,475400	72,120148	461,692069	344,903479
2007	551,327700	1450,394300	787,765200	78,846233	516,822664	349,788769
2008	552,914200	1292,347200	801,393100	79,950712	485,803928	395,539884
2009	527,566500	979,732400	718,007000	75,842708	474,095987	319,753721
2010	553,515300	1125,295000	841,244100	85,054547	574,037614	352,261033
2011	634,451900	1200,625200	923,329400	96,397293	667,603375	352,123318

*Napomena: Korišćeni podaci su sa 6 decimala radi preciznosti izrade modela jer nekada se može desiti da kada se podaci zaokruže neki parametar u modelu može da oscilira nekoliko stotina hiljada EUR. (Izvori: Eurostat database; Original)*

Imajući u vidu porast izvoza lepljenog lameliranog drveta iz Srbije u Nemačku u poslednje tri godine, u tabeli 2 su date vrednosti proizvodnje kuća od drveta u Nemačkoj i izvoza lepljenog lameliranog drveta iz Srbije u posmatranom periodu.

Tabela 2. Proizvodnja kuća od drveta u Nemačkoj i izvoz lepljenog lameliranog drveta iz Srbije

Godine	Vrednost proizvodnje kuća od drveta u Nemačkoj [1.000.000 €]	Vrednost izvoza lepljenog lameliranog drveta iz Srbije [1.000.000 \$]
$X_t$	$X_6$	$Y$
2008	1302,608460	2,118269

2009	1240,904215	1,894796
2010	1346,405889	1,818416
2011	1541,331364	3,569933
2012	1688,077268	3,976878
2013	1765,288062	3,156865

*Napomena: Korišćeni podaci su sa 6 decimala radi preciznosti izrade modela jer nekada se može desiti da kada se podaci zaokruže neki parametar u modelu može da oscilira nekoliko stotina hiljada EUR. (Izvori: EuroStat database; Republički Zavod za Statistiku, 2014)*

Predstavljeni podaci su osnov za ekonometrijsko modeliranje uticaja proizvodnje kuća od drveta u Nemačkoj na izvoz lepljenog lameliranog drveta iz Srbije. Od ostalih parametara ekonometrijskih modela potrebno je objasniti:

- koeficijent determinacije ( $R^2$ ) koji pokazuje učešće objašnjenih varijacija u ukupnim varijacijama. Njegova vrednost se kreće u intervalu od 0 – 1 ( $0 \leq R^2 \leq 1$ ). Vrednosti  $R^2$  bliže jedinici pokazuju veliku važnost faktora koji determinišu posmatranu pojavu, a manje vrednosti  $R^2$  pokazuju veći uticaj faktora koji nisu obuhvaćeni modelom. On se takođe izražava i u procentima ( $\times 100\%$ ) i tada pokazuje koliko je procenata objašnjenih varijacija u odnosu na ukupne.

- koeficijent korelacije R je mera uticaja odabrane nezavisne promenljive na zavisno promenljivu. On predstavlja element za ocenu nivoa povezanosti zavisne i nezavisno promenljive. Što je koeficijent korelacije (R) veći to znači da je stepen povezanosti promenljivih visok. Vrednosti koeficijenta korelacije se kreću u intervalu od – 1 do + 1. Za ocenu nivoa povezanosti promenljivih se koristi sledeće pravilo: od 0 - 0,20 (nezatna povezanost); od 0,20 - 0,40 (laka povezanost); od 0,40 - 0,70 (značajana povezanost); od 0,70 – 1,00 (vrlo visoka povezanost).

Za sve ekonometrijske modele izvršena je ocena statističke signifikantnosti pojedinih parametara korišćenjem F i t statistike, a nivo pouzdanosti iznosio je 0,95. Provera autokorelacije u modelu vršena je DW testom. Formiranje regresionih modela izvršeno je za svaki odabrani faktor u linearnoj, stepenoj i eksponencijalnoj formi, a kao kriterijum za izbor modela za dalju analizu korišćene su vrednosti koeficijenta determinacije ( $R^2$ ). Onaj model koji je imao najveću vrednost koeficijenta determinacije uzet je u dalje razmatranje.

## **6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I NJIHOVA ANALIZA**

### **6.1. Zelena gradnja i njen značaj za razvoj tržišta kompozitnih proizvoda od drveta u Evropi**

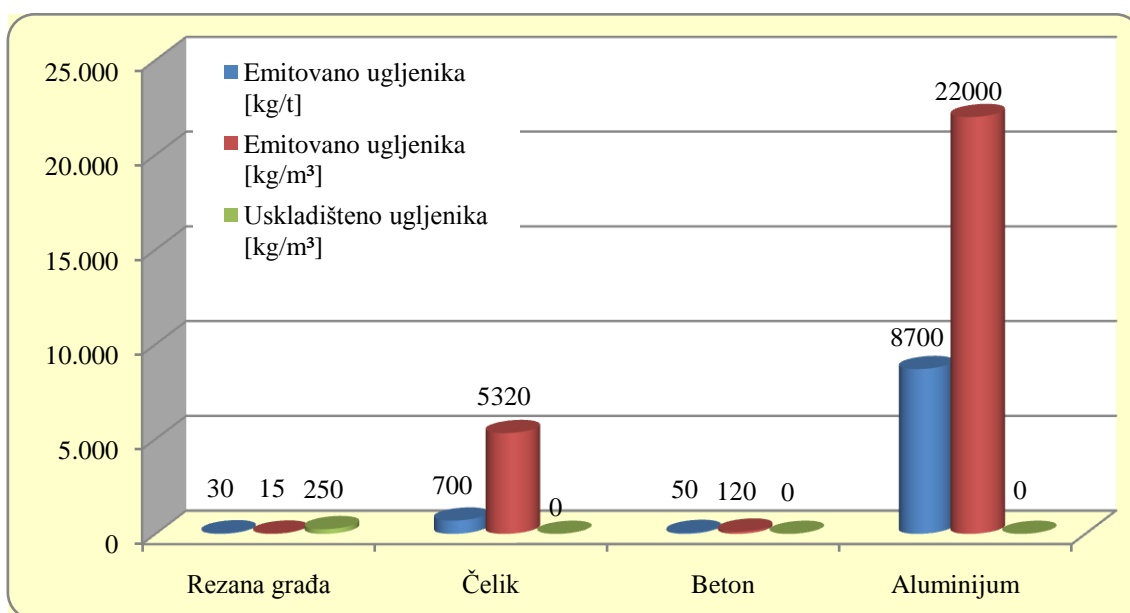
U izgradnji stambenih i ostalih objekata u Evropi sve više je zastupljena gradnja energetske efikasne objekata u koje se ugrađuju ekološki materijali. Takav pristup gradnji objekata označen je terminom zelena gradnja. U izgradnji takvih objekata sve više se koriste razni tipovi inovativnih kompozitnih proizvoda od drveta kao što su lepljeno lamelirano drvo, unakrsno lamelirano drvo, lamelirana furnirska građa i drugi. Zbog toga je zelena gradnja glavni generator potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta. Rast potrošnje pozitivno utiče i na razvoj proizvodnje ovih proizvoda. Zbog toga je zelena gradnja kao pristup predstavljala polaznu tačku u istraživanjima za potrebe ove disertacije.

#### **6.1.1. Doprinos gradnje drvetom ublažavanju klimatskih promena**

Emisija ugljen - dioksida u atmosferu se povećava iz godine u godinu. Ciljevi za smanjenje te emisije, koji su između ostalog definisani Kyoto protokolom, danas možda mogu biti zamenjeni onima koji bi težili zadržavanju emisije CO<sub>2</sub> na postojećem nivou tj. sprečavanju njegovog daljeg povećanja. Tek po zaustavljanju rasta emisije CO<sub>2</sub> se može govoriti o primarno postavljenom cilju koji se odnosi na smanjenje njegove emisije u budućnosti. Ovo se može potkrepiti podacima da emisija CO<sub>2</sub> u atmosferu usled korišćenja fosilnih goriva iznosi 6,3 milijarde tona na godišnjem nivou od čega se 22,2 % apsorbuje od strane biljnog sveta (1,4 mlrd.tona) i 27% od strane vodnih resursa na planeti (1,7 mlrd.tona). To znači da na godišnjem nivou količina CO<sub>2</sub> koja ostane neapsorbovana iznosi 3,2 milijarde tona (*Ministry of the Environment, Government of Japan, 2004*). Prema podacima koje navode stručnjaci Donald Kennedy i Brooks Hanson koncentracija CO<sub>2</sub> u atmosferi je danas veća nego u bilo kom periodu u poslednjih 10 miliona godina što je više nego zabrinjavajuće (*Kennedy D. i Hanson B., 2006*). Prema podacima Ujedinjenih Nacija, prosečna emisija CO<sub>2</sub> u EU - 25 iznosi oko 8,5 tona po glavi stanovnika na godišnjem nivou (*GRID - Arendal, United Nations Environment Programme publication, 2008*).



Imajući u vidu prethodno navedeno može se zaključiti da uloga drveta u smanjenju količine CO<sub>2</sub> u atmosferu ima veoma veliki značaj, posebno ako se ima u vidu da je jedno od najvažnijih svojstava drveta apsorpcija CO<sub>2</sub> u procesu fotosinteze i njegovo skladištenje. Opšte je poznato da se za svaki 1 m<sup>3</sup> prirasta drvene mase uskladišti 0,9 tona CO<sub>2</sub>, kao i da se istovremeno oslobodi oko 727 kg kiseonika (*European Wood Factsheets, 2004*). Ukoliko se tome doda i količina CO<sub>2</sub> od 1,1 tona koja se uštedi supstitucijom ugljeno intenzivnih materijala kakvi su beton, čelik i aluminijum sa drvetom dolazi se do uštede u emisiji CO<sub>2</sub> od čak 2,0 tona/m<sup>3</sup> drveta.

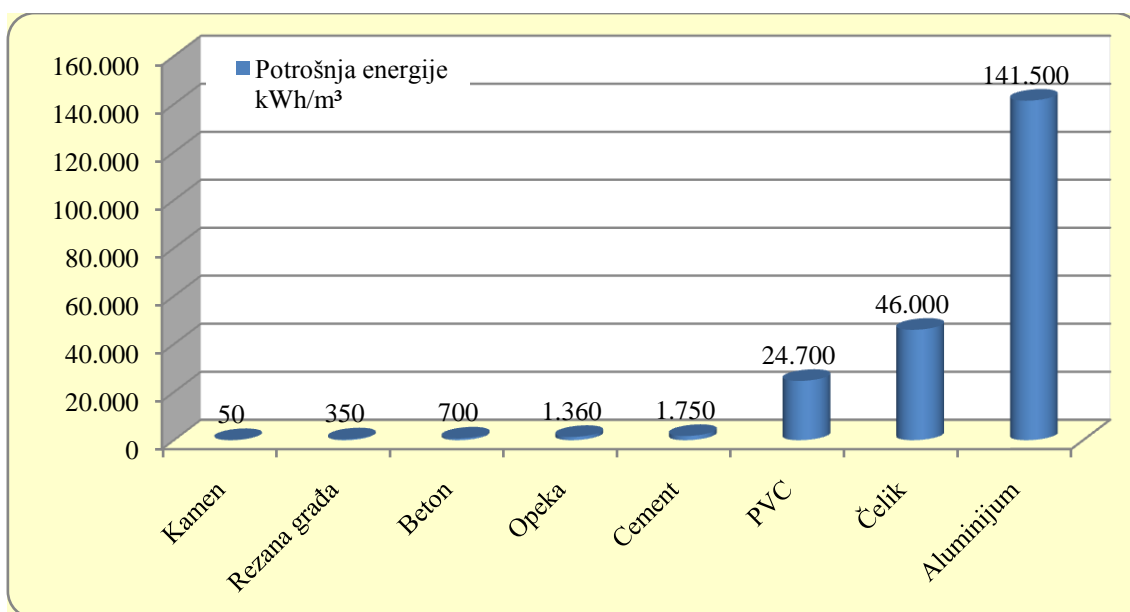


Grafikon 2. Emisija i skladištenje (retenzija) ugljenika za četiri najvažnija građevinska materijala (Izvor: Australian Government, Forest and Wood Products Research and Development Corporation, 2004)

U ukupnoj količini hemijskih elemenata u drvetu ugljenik ima 49 % učešća, pa se može zaključiti da se u 1 m<sup>3</sup> drveta apsorbuje 250 kg ugljenika (grafikon 2). Podaci sa grafikona 2 pokazuju da je drvo jedini materijal koji uopšte ima sposobnost skladištenja ugljenika, tj. jedino je kod njega razlika emisije i skladištenja negativna vrednost. Od velike važnosti je i činjenica da ugljen - dioksid i posle seče stabala i njihove prerade u finalni proizvod ostaje u drvetu sve do kraja njegovog životnog ciklusa. Čak i tada, kada se više ne može upotrebiti za izradu nekog određenog proizvoda, drvo se može iskoristiti za sagorevanje i dobijanje toplotne energije. Na ovaj

način se oslobađa ista ona količina CO<sub>2</sub> koju je drvo u sebi apsorbavalo tokom procesa fotosinteze i zadržalo u toku celokupnog životnog ciklusa u kojem je proizvod korišćen. U tom smislu može se zaključiti da je upotreba drveta CO<sub>2</sub> neutralna, a u prilog tome govori i podatak da čak i njegova najprimitivnija upotreba kao što je ogrev takođe ima CO<sub>2</sub> neutralan uticaj.

Sa druge strane u proizvodnji određenih građevinskih materijala kao što su čelik, beton, aluminijum i drugi se troši velika količina energije kako bi se dobio finalni proizvod koji je spreman za ugradnju (grafikon 3). Pri tom se oslobađa i značajna količina CO<sub>2</sub> koji kao najnegativniju posledicu ima stvaranje efekta staklene bašte i rast globalnog zagrevanja. CO<sub>2</sub> je od svih gasova koji izazivaju efekat staklene bašte najzastupljeniji sa čak 77 %, od čega je 57 % poreklom iz sagorevanja fosilnih goriva, 17 % iz krčenja i eksploatacije šuma, a ostalih 3 % je poreklom iz ostalih izvora (GRID - Arendal, United Nations Environment Programme publication, 2008).



Grafikon 3. Potrošnja energije za proizvodnju 1 m<sup>3</sup> izabranih materijala

(Izvor: GRID - Arendal, United Nations Environment Programme publication, 2008. Kick the Habit: A UN Guide to Climate Neutrality)

Imajući u vidu prethodno navedene činjenice nametnula se potreba definisanja pojma *uklopljene energije pod kojom se podrazumeva sva ona energija koja se utroši za transformisanje sirovine u gotov proizvod koji je spreman za ugradnju* što je i prikazano

na grafikonu 3. Detaljnije posmatrano ona obuhvata energiju koja se utroši za dobijanje sirovine, izradu poluproizvoda i njihovu preradu u finalni proizvod, ali i utroške koji se pojavljuju u svim fazama transporta i proizvodnje kao i energiju utrošenu na mestu ugradnje. To se najbolje može videti u rezultatima istraživanja koje je sproveo Arno Fruhwald (2005) sa Univerziteta u Hamburgu koji je utvrdio da uklopljena energija 1 m<sup>3</sup> lepljenog lameliranog drveta iznosi 1.699 kWh. Prema podacima koje on navodi za proizvodnju LLD-a je potrebno prorezati 2,1 m<sup>3</sup> trupaca iz kojih se dobija 1,3 m<sup>3</sup> rezane građe od koje se zatim može proizvesti 1 m<sup>3</sup> LLD-a. Iz prethodno navedenog se može izvesti zaključak da uklopljena energija nekog proizvoda nije zanemarljiva i da u ukupnom životnom ciklusu jednog proizvoda ona ima značajan udeo. U poređenju sa uklopljenom energijom PVC, čelika i aluminijuma uklopljena energija u 1m<sup>3</sup> LLD je manja od nekoliko desetina do čak nekoliko stotina puta. Ova činjenica je od velike važnosti u isticanju prednosti određenih kompozitnih proizvoda od drvetau odnosu na druge građevinske materijale.

#### ***6.1.2. Pasivne kuće i njihove osnovne karakteristike od značaja za ugradnju kompozitnih proizvoda od drveta***

Prethodno navedeni podaci su rezultat višegodišnjih istraživanja velikog broja naučnika iz različitih oblasti, ali pioniri koncepta niskoenergetskih kuća su profesori Bo



Slika 10. Prva pasivna kuća u svetu (Darmštat)

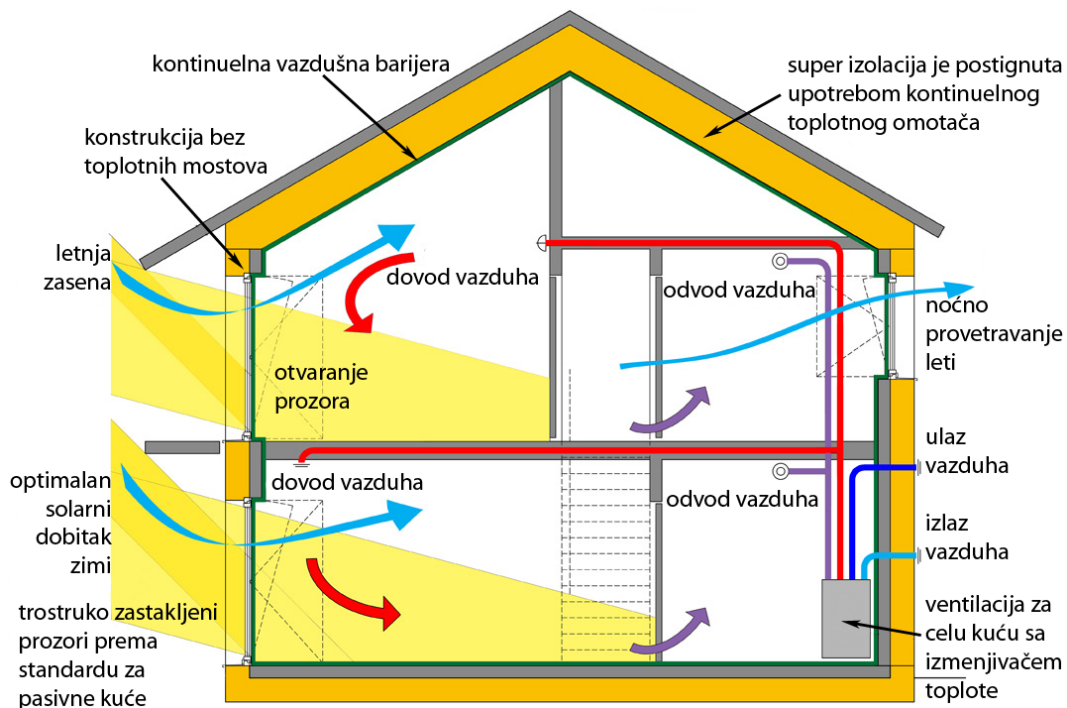
*(Izvor: [www.passivhaustagung.de](http://www.passivhaustagung.de))*

Adamson (Univerzitet Lund u Švedskoj) i Wolfgang Feist (Institut za stanovanje i životnu sredinu u Darmštat). Oni su još daleke 1988. godine definisali prvi standard za pasivne kuće, a samo dve godine kasnije izgrađena je prva takva kuća u Darmštat u Nemačkoj (slika 10). Može se reći da su oni prvi promovisali koncept onoga što se danas naziva zelenom gradnjom koja se dominantno ogleda u održivosti, ekološkoj i energetskej efikasnosti.

Adamson (Univerzitet Lund u Švedskoj) i Wolfgang Feist (Institut za stanovanje i životnu sredinu u Darmštat). Oni su još daleke 1988. godine definisali prvi standard za pasivne kuće, a samo dve godine kasnije izgrađena je prva takva kuća

Prema definiciji koju su dali prethodno pomenuti profesori *pod pasivnom kućom se podrazumeva zgrada u kojoj se ugodna unutrašnja klima može održavati bez aktivnog sistema hlađenja i grejanja* (Passivhaus Institut Dr. Wolfgang Feist, 2007). Ipak treba imati u vidu da pasivna kuća ne predstavlja poseban vid gradnje, već standard koji se može primeniti na gotovo svakoj zgradi, pa u tom smislu ovaj koncept treba da bude predstavljen široj javnosti tako da bude razumljiv i praktično dostupan svima.

Superiorna svojstva prve pasivne kuće u svetu koja je izgrađena u Darmštat u u velikoj meri postignuta *zahvaljujući korišćenju kompozitnih proizvoda od drveta*. Tako je krovna konstrukcija izrađena od greda I profila čiju srednjicu čini HDF, a ugrađena je i ploča iverica debljine 50 mm koja ne sadrži formaldehid. Za oblaganje unutrašnjih i spoljašnjih zidova su takođe korišćene ploče iverice koje su zaštićene odgovarajućim premazima. Ramovi prozora sa troslojnim staklom čiji je međuprostor ispunjen gasom kriptonom radi bolje izolacije, su izrađeni od drveta. Iz prethodno navedenih činjenica se može zaključiti da su pasivne kuće od njihovog inicijalnog nastanka usko vezane za kompozitne proizvode od drveta. Na slici 11 su dati osnovni principi na kojima se zasnivaju pasivne kuće.



Slika 11. Osnovni principi na kojima se zasnivaju pasivne kuće

(Izvor: [www.archihaus.co.uk](http://www.archihaus.co.uk); preveo Sretenovic P.)

U suštini prilikom izgradnje ovih zgrada se u znatno manjoj meri koriste konvencionalni materijali i izvori energije, a upotrebljavaju se kompozitni proizvodi od drveta, solarni kolektori, izmenjivači toplotne (rekuperatori), građevinska stolarija sa dobrom zaptivenošću, visoko kvalitetni izolacioni materijali, eliminišu se toplotni mostovi, nisko energetske električne uređaji, orijentacija objekata ka južnoj strani i drugo. Jedna od najvažnijih karakteristika koja odlikuje pasivne kuće je super izolacija, koja zajedno sa specijalnim prozorima koji imaju višestruko staklo prema standardu za pasivne kuće, omogućavaju održavanje prijatne unutrašnje mikro klime.

I noviji primeri gradnje pasivnih kuća jasno pokazuju da drvo i njegovi kompoziti predstavljaju osnovu za gradnju ovih objekata. Primer koji to potvrđuje je primer prve pasivne kuće u Kanadi, u mestu Whistler koje se nalazi u Britanskoj Kolumbiji za potrebe Zimskih olimpijskih igara koje su održane 2010. godine. Površina objekta iznosi 250 m<sup>2</sup> i izgrađen je od unakrsno lameliranog drveta kao donacija Vlade Austrije. Unakrsno lamelirano drvo je upotrebljeno za izradu krovne konstrukcije i poda bez potpornih greda (slika 12).



Slika 12. Prva pasivna kuća u Kanadi izrađena od unakrsno lameliranog drveta (CLT)  
(Izvor: [www.vanillaarchitects.wordpress.com](http://www.vanillaarchitects.wordpress.com) )

#### ***6.1.2.1. Osnovne karakteristike prozora koji se koriste u izgradnji pasivnih kuća sa stanovišta primene kompozitnih materijala od drveta***

Koeficijent prolaska toplote ( $U_w$ ) kod prozora zahteva da  $U_w \leq 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  sa solarnim koeficijentom korišćenja od oko 50 %. Važno je napomenuti da temperatura

unutrašnjeg stakla prozora ne sme biti niža od 17° C, iako se ispod njega ne nalazi grejno telo. Kod pasivnih kuća koje se nalaze u toplijim regionima dovoljno je i dvostruko staklo, za srednju Evropu je potrebno trostruko, a za severnije delove kao što je Skandinavija prozori sa 4 stakla (slika 13).



Slika 13: Presek krovnog prozora izgrađenog od lameliranog drveta sa četvorostaklom  
(Izvor: [www.fakro.com](http://www.fakro.com))

Veoma intenzivan razvoj u pogledu unapređenja kvaliteta građevinskih komponenti za stambenu i ostalu gradnju dogodio se u proizvodnji prozora, što potvrđuje podatak da je u poslednjih 30 godina koeficijent prolaska toplote  $U_w$  smanjen za 8 puta. Na slici 13 je prikazan jedan od najefikasnijih krovnih prozora prisutan na svetskom tržištu u kombinaciji **višestruko lameliranog drveta** belog bora i aluminijuma. U pitanju je prozor sa četvorostaklom između kojih je prostor ispunjen plemenitim gasom kriptomom.

Granična vrednost za koeficijent prolaska toplote ( $U_w$ ) za prozor koji se može ugraditi u pasivnu kuću je prethodno naveden ( $\leq 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), a kod krovnog prozora prikazanog na slici 13 je značajno ispod ove granične vrednosti i iznosi  $0,58 \text{ W/m}^2\text{K}$ , dok je koeficijent prolaza toplote za staklo ( $U_g$ )  $0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Ovako visoko sofisticirana svojstva prozora pod komercijalnim nazivom “*FTT U8 Thermo*” sa pripadajućom opšivkom i izolacijom se odražavaju i na njegovu maloprodajnu cenu koja je na slovenačkom tržištu 2012. godine, bez uračunatog PDV-a, u dimenziji  $1140 \times 1400 \text{ mm}$  iznosila 1.219 EUR (FAKRO, 2012). Iz prethodno navedenog se može zaključiti da se kompozitni proizvod, kakav je lepljeno lamelirano drvo koristi i za izradu najkvalitetnijih prozorskih ramova, namenjenih ugradnji u pasivnim kućama. To je u najvećoj meri posledica odličnih izolacionih svojstava drveta, koja potiču od ćelijskih lumena ispunjenih vazduhom.

### **6.1.2.2. Drvo kao izolacioni materijal koji se koristi u izgradnji pasivnih kuća**

Spoljašnja izolacija objekta kod pasivnih kuća je urađena tako da je koeficijent prolaska toplote  $\leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$  (slika 14) (*Passivhaus Institut Dr. Wolfgang Feist, 2007*). Međutim i pored superiornih izolacionih materijala koji se koriste za oblaganje ovih objekata za njihovo oblaganje koristi se i drvo. Dobro je poznato da je drvo porozan materijal i da su kod suvog drveta, koje se inače koristi u građevinarstvu, ćelije



Slika 14. Super izolacija kod pasivnih kuća

(Izvor: [www.sustainableconstructionblog.com](http://www.sustainableconstructionblog.com))

ispunjene vazduhom koji deluje kao izolator i tako na prirodan način pruža odličnu izolaciju objekata koji se od njega prave. U prethodnom izlaganju su već pomenuta dobra izolaciona svojstva drveta u poređenju sa konvencionalnim građevinskim materijalima kao što su beton i gvožđe, a u odnosu na ciglu drvo je 6 puta bolji izolator pa u tom smislu drvo debljine 50 mm ima ista izolaciona svojstva kao i zid od cigle debljine 300 mm (Hrvatska gospodarska komora, 2008).

### **6.1.2.3. Osnovne karakteristike sistema za ventilaciju koji se koriste u pasivnim kućama**

Otvaranje prozora na pasivnoj kući je moguće ali nije preporučljivo, jer bi se u tom slučaju u kontinuitetu morali da prate parametri unutrašnje klime i prema tome reguliše otvaranje/zatvaranje prozora danju/noću, pa čak i kada korisnik nije u kući što je praktično neizvodljivo. Pri svemu tome korisnik bi morao prozore na kući da otvara/zatvara tako da klima bude ujednačena u svim prostorijama, pri čemu bi se i tada javila odstupanja, imajući u vidu da se temperatura i vlažnost vazduha sredine u kontinuitetu menjaju. Zbog svega prethodno navedenog najbolje je da se unutrašnja klima reguliše sistemom ventilacije koji je u tu svrhu napravljen i koji neprekidno 24h dnevno obavlja

tu funkciju. Na ovaj način se obezbeđuje odgovarajući kvalitet unutrašnjeg vazduha i zdrav životni prostor, što je od elementarnog značaja za čovekovo zdravlje imajući u vidu da on najveći deo vremena provede u zatvorenom prostoru, bilo na poslu ili kod kuće.

Sistem za ventilaciju ima jedinicu za izmenu (rekuperaciju) toplote koja je okosnica njegove ekonomičnosti. On funkcioniše tako što se topao vazduh koji se iz objekta odstranjuje, istovremeno koristi za zagrevanje novog, svežeg vazduha koji se



Slika 15. Ventilacija u pasivnoj kući proizvođača “Zehnder”

(Izvor: [www.greenbuildingadvisor.com](http://www.greenbuildingadvisor.com))

sistemom uvodi u objekat, bez mogućnosti da se međusobno izmešaju. Na ovaj način se štedi energija u iznosu od 75 % - 90 %, imajući u vidu da nisu potrebni dodatni izvori energije za njegovo zagrevanje na ambijentalnu temperaturu. Od značaja je napomenuti da se svež vazduh dovodi u dnevnu i spavaće sobe, a odvodi kroz kuhinju i toalet, pa se istovremeno uklanja vlažan vazduh, mirisi i drugo. Pored prethodno navedenog, sistem za ventilaciju ima i kvalitetne filtere za odstranjivanje polena i prašine što se ne može postići ukoliko se ventilacija vrši otvaranjem prozora. Zamena filtera se vrši 1 - 4 puta godišnje u zavisnosti od potrebe.

### **6.1.3. Višespratni stambeni objekti zelene gradnje kao generatori potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta**

Iako gradnja klasičnih kuća od drveta datira vekovima unazad (slika 16), kod gradnje multirezidencijalnih višespratnica od drveta to nije slučaj. Njihova intenzivna gradnja je postala moguća kada se na centralno evropskom tržištu pojavio nov proizvod, inovativnog dizajna i superiornih svojstava, velike čvrstoće i dimenzija – unakrsno



lamelirano drvo (CLT - Cross laminated timber ili KLH - Kreuzlagenholz). Njegovo pojavljivanje se vezuje za Švajcarsku i rane '90 - te godine, a ubrzo, već od 1996. godine se javlja i na tržištu Austrije, koja je danas najveći evropski proizvođač CLT-a. U prilog tome govori i podatak da učešće Austrije u proizvodnji CLT-a na evropskom tržištu iznosi čak 64 %, dok Nemačka ima udeo od 19 %, a ostatak se proizvodi u



Slika 16. Izgled klasične kuće od drveta u Austriji (Izvor: Sretenovic P., Klagenfurt, 2010)

Češkoj, Italiji, Španiji, Norveškoj i Švedskoj. Procene koje su date početkom novembra 2012. godine su bile da će se do 2015. godine dostići nivo proizvodnje od 1 miliona m<sup>3</sup> na globalnom nivou, međutim izgleda da će ta vrednost biti premašena imajući u vidu nagli porast broja fabrika za proizvodnju ovog kompozita naročito u Kanadi, Australiji i Novom Zelandu (Taylor S., et al., 2013).

#### **6.1.3.1. Primeri višespratnih objekata izgrađenih od CLT-a kao kompozitnog proizvoda od drveta**

Unakrsno lamelirano drvo (CLT) omogućava veoma brzu gradnju višespratnih objekata. Ovo je pre svega omogućeno tehnologijom velikog kapaciteta koja se



Slika 17. Visoko finalizovan CLT (Izvor: Stora Enso)

upotrebljava za njegovu izradu ali i visoko sofisticiranim CNC mašinama koje se koriste za njegovu obradu i krojenje prema definisanim oblicima i dimenzijama. Imajući u vidu da se radi o drvetu koje je znatno lakše od čelika i betona pojednostavljena je i manipulacija na samom gradilištu, pri čemu se i eventualna naknadna dorada elemenata može obaviti standardnim alatima i mašinama. Tako isporučen proizvod na gradilištu se relativno brzo ugrađuje na predviđeno

mesto u zavisnosti od pozicije, a sve zahvaljujući njegovom visokom stepenu finalizacije (slika 17). U nastavku su predstavljeni primeri zgrada izgrađenih od CLT-a.

#### **6.1.3.1.1. Primer stambene zgrade od drveta „Forte“ u Australiji**

Da je Austrija među svetskim liderima po proizvodnji unakrsno lameliranog drveta - CLT-a, potvrđuje i podatak da je jedna od najvećih fabrika za njegovu proizvodnju “KLH” izradila konstrukcione elemente za trenutno najvišu stambenu zgradu od drveta na svetu visine 32,17 m, čiji je naziv “Forte”. Objekat ima 10 spratova sa ukupno 23 stana, a nalazi se u Melburnu, u Australiji. Prefabrikovani proizvodi od CLT-a su upakovani u 25 kontejnera koji su transportovani do luke Kopar u Sloveniji, a



Slika 18. Detalj gradnje najviše zgrade od CLT-a Forte (Izvor: [www.timber-building.com](http://www.timber-building.com))

koji su potom utovareni na 2 broda kojima su prevezeni do Melburna, udaljenom više od 20.000 km. Radovi na gradilištu su otpočeli u februaru 2012. godine, a sama ugradnja CLT panela (slika 18) je trajala u periodu od juna do avgusta iste godine, pri čemu je objekat već u decembru bio kompletno završen. Vrednost investicije je iznosila 11 miliona dolara (Lend Lease 2013).

Količine ugrađenog materijala u izgradnji ovog objekta su imponantne, pa je tako utrošena količina drveta iznosila 485 tona što je ekvivalent od 759 komada CLT ploča (slika 18). Kao elementi veze za CLT ploče su korišćeni čelični ugaonici kojih je utrošeno čak 5.500, ali i vijci za drvo kojih je utrošeno 34.550 komada. Izgradnjom ovog rezidencijalnog objekta ostvarena je ušteda u emisiji ugljenika u iznosu od 1.451 tone. Još jedna važna karakteristika vezana za ovu zgradu je da ona ima lift čije je okno kroz koje se kreće kabina takođe izrađeno od ploča unakrsno lameliranog drveta (Lend Lease 2013).

Temelji zgrade i njena osnova su napravljeni od betona i to ne običnog već od betona koji ima visoki udeo letećeg pepela što ima uticaja na to da on bude lakši, da ima bolja izolaciona svojstva, a da pri svemu tome zadrži potrebnu čvrstoću. Takođe je zanimljivo napomenuti da zgrada, pored toga što je izgrađena od drveta kao ekološkog materijala (slika 19), ima i brojne druge pogodnosti u smislu ušteta u potrošnji vode,



Slika 19. Izgled završene zgrade Forte

(Izvor: [www.thomsonrealestate.com.au](http://www.thomsonrealestate.com.au))

struje za potrebe osvetljenja, grejanja i hlađenja. Tako se kao sanitarna i voda za protiv požarnu zaštitu koristi kišnica koja se dobija sakupljenjem vode sa krova i skladišti u posebnim rezervoarima namenjenim za tu svrhu. Za osvetljenje u stanovima i u zajedničkim prostorijama se koriste LED sijalice koje imaju manju potrošnju energije. Stanovi imaju i master prekidač za električnu energiju, jer u Australiji “stand by” potrošnja energije učestvuje sa 13 %, pa se na ovaj način štedi i vreme i novac. Potrošnja vode i električne energije u stanovima se meri u svakom trenutku, pa je tako korisniku omogućeno da u realnom vremenu zna koliko iznosi njihova potrošnja. Pored očiglednih ušteta i smanjenja tekućih troškova pri korišćenju stana, smanjene su i emisije CO<sub>2</sub>.

U pogledu građevinskih propisa u Australiji, gradnja zgrada od drveta većih od 3 sprata nije bila omogućena zakonskom regulativom. U tom smislu je trebalo rešiti jedan od najvažnijih zadataka kao što je osiguranje vatrootpornosti objekta, koja se najčešće stavlja u prvi plan. Zbog toga se moralo pronaći alternativno rešenje u vidu vatrootpornih gipskarton ploča kojima su se oblagali zidovi i plafoni od CLT-a i na taj način su ispunjeni zahtevi standarda AS1530 - deo 4 koji se odnosi na vatrootpornost nosećih elemenata u građevinarstvu Australije. Pored prethodno navedenog važno je istaći da su svojstva ugrađenih materijala u velikoj meri predvidiva, pa se tako zna da brzina sagorevanja CLT-a iznosi 0,7mm/min. Pored navedenog ispitivana su akustična

svojstva, otpornost na abiotičke i biotičke faktore jer je svako od prethodno navedenih svojstva od velikog značaja za samu eksploataciju zgrade (*Lend Lease, 2013*).

#### **6.1.3.1.2. Primer stambene zgrade od drveta „Stadthaus, Murray Grove“ u Londonu**

Sve dok konačno nije završena zgrada Forte u Melburnu, Stadthaus Murray Grove u Londonu je bila najviša stambena zgrada od drveta u svetu. Ona je završena 2009. godine, pa je tako pune 3 godine, sa svojih 9 spratova držala rekord u svetu u ovoj oblasti (slika 20). Ugradnja CLT panela napravljenih od drveta smrče je trajala 9 nedelja, a na ovim poslovima su radila četiri stručna radnika i jedan supervizor. Iz prethodno navedenog se može zaključiti da je vreme ugradnje panela relativno brzo ako se u obzir uzme broj radnika koji su radili na ugradnji, a tome je u velikoj meri doprinelo i to što su CLT paneli bili prefabrikovani po meri. Svi otvori na CLT pločama kao što su oni za prozore, vrata i instalacije su urađeni još u fabrici pa je i to doprinelo bržoj ugradnji CLT panela. Dobavljač CLT panela je kao i kod zgrade Forte bila



Slika 20. Izgled zgrade Stadthaus, Murray Grove

(Izvor: [www.e-architect.co.uk](http://www.e-architect.co.uk))

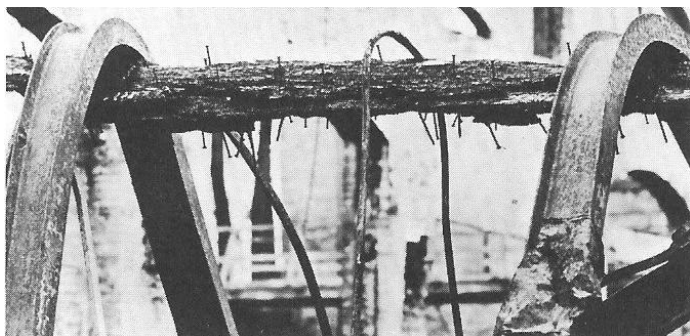
austrijska kompanija KLH koja proizvodi 3 kvalitativne grupe panela: 1. Nevizuelni kod kojih su važna mehaničko - fizička ali ne i estetska svojstva imajući u vidu da neće biti ugrađeni na vidnim pozicijama. 2. Industrijski vizuelni kod kojih je pored fizičkih i mehaničkih svojstava važna i estetska funkcija imajući u vidu da će biti pozicionirani tako da budu vidljivi i uočljivi. 3. Domaći kvalitet koji je namenjen ugradnji u životnim prostorima (*Timber Research and Development Association, 2009*).

Potrebno je napomenuti da je prilikom izgradnje ove zgrade utrošeno čak 926 m<sup>3</sup> drveta, kao i da objekat ima čak 29 stambenih jedinica od kojih su one od četvrtog do poslednjeg sprata u privatnom vlasništvu, a od prvog do trećeg

sprata u vlasništvu kompanija. U prostorijama objekta nema greda niti stubova koji bi mogli narušiti uniformnost u bilo kom smislu te reči, a koja je ostvarena upotrebom CLT materijala. U pogledu izolovanosti i zaptivenosti zgrade premašene su referentne vrednosti koje se zahtevaju u Velikoj Britaniji u tom domenu. Mehanička ventilacija u svim prostorijama uključuje sistem za izmenu (rekuparaciju) toplote koji u ovom objektu upotrebi čak 70 % toplote koja bi se inače izgubila prilikom uobičajenog provetravanja (*Timber Research and Development Association, 2009; www.klhuk.com*).

Upotreba unakrsno lameliranog drveta za izgradnju ovog objekta ga je velikoj meri učinila održivim u pogledu zaštite životne sredine. Korišćenjem CLT materijala je značajno smanjena potrošnja energije za vreme izgradnje na gradilištu, ali i energije u budućoj eksploataciji imajući u vidu da se radi o niskoenergetskom objektu. Važno je i to da se na kraju životnog ciklusa tj. na kraju ciklusa eksploatacije može relativno lako porušiti, a dobijeni materijal reciklirati. Zanimljivo je i da je pored same konstrukcije objekta i okna u kojem se nalazi lift, od drveta napravljena i fasada zgrade. Naime, u tu svrhu je upotrebljeno 5.000 komada ploča dimenzije 1200×230mm, a ekološku stranu naglašava činjenica da je za njihovu izradu upotrebljeno čak 70 % recikliranog materijala.

Stadthaus Murray Grove je nezaobilazno testiran i na otpornost od požara gde su CLT paneli pokazali superiorna svojstva. Oni u tom pogledu mogu biti izloženi sagorevanju do 60 minuta, a ukoliko su zaštićeni gips karton pločama otpornost se povećava na 90 minuta. U pogledu izolacionih svojstava zidni CLT debljine 128 mm



Slika 21. Savijene čelične grede I profila pod dejstvom požara oslonjene na drvenu gredu  
(Izvor: [www.germanglulam.com](http://www.germanglulam.com))

ima toplotnu otpornost  $U = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$  sa samo 100 mm izolacije (*Timber Research and Development Association, 2009*). Otpornost drveta na požar najbolje ilustruje slika broj 21 na kojoj se jasno mogu videti iskrivljene metalne grede pod dejstvom požara oslonjene na drvenu gredu.

Prema istraživanjima nemačkog Instituta za gradnju i životnu sredinu (IBU) za proizvodnju 1 m<sup>3</sup> unakrsno lameliranog drveta se utroši količina osnovnog i pomoćnog materijala kako je predstavljeno u tabeli 3.

Tabela 3. Utrošak pojedinih materijala za proizvodnju 1 m<sup>3</sup> unakrsno lameliranog drveta

Vrste materijala	[kg/m <sup>3</sup> ]	[%]
Drvo	430,19	87,5
Voda	51,62	10,5
Melamin urea formaldehidni lepak	6,88	1,4
Poliuretanski lepak	2,46	0,5
Emulzija polimera izocijanatnog veziva	0,49	0,1
<b>Ukupno</b>	<b>491,65</b>	<b>100</b>

Izvor: Institut Bauen und Umwelt (IBU). 2014; Original

Unakrsno lamelirano drvo tokom perioda eksploatacije u sebi zadržava ugljenika u iznosu od 216 kg/m<sup>3</sup>, što odgovara količini CO<sub>2</sub> od 789 kg/m<sup>3</sup>. U pogledu potrošnje primarnih izvora energije za proizvodnju 1 m<sup>3</sup> unakrsno lameliranog drveta se troši električna energija (116,56 kWh) ali i drugi energenti kao što su benzin (0,01 L), propan (0,09 kg + 0,69 L), lož ulje (0,45 L), prirodni gas (1,28 m<sup>3</sup>) i biomasa (9,53 kg u apsolutno suvom stanju). Od pomoćnih materijala se troše hidraulički fluidi (0,04 L), maziva (0,04 L), ambalaža za pakovanje (0,46 kg) i drugo.

#### 6.1.4. Klasteri zelene gradnje i njihova uloga u razvoju tržišta kompozitnih proizvoda od drveta

Osnovni ciljevi ovih organizacija su promovisanje, inoviranje, unapređenje i širenje svesti stanovništva o energetskej efikasnosti objekata u javnom i stambenom sektoru. To se pre svega odnosi na izgradnju pasivnih objekata i adaptaciju postojećih, ali tako da se obezbedi zdrav enterijer i udobnost življenja, što u prvi plan ističe drvo i kompozitne proizvode od drveta. Imajući u vidu da klasteri zelene gradnje kao jedan od najznačajnijih ekoloških materijala preporučuju drvo veoma je važno da proizvođači kompozitnih i drugih proizvoda od drveta uspostave dobru saradnju sa ovim

organizacijama. Tako uspostavljena saradnja se dalje prenosi na privatne i državne šumovlasnike, koji upravljaju drvnim resursima koji predstavljaju sirovinsku bazu za izradu kompozitnih proizvoda od drveta.

Klasteri u razvijenim zapadno - evropskim zemljama imaju veoma veliki značaj u pogledu intenziviranja upotrebe ekoloških materijala u građevinarstvu, a naročito višespratnih stambenih i javnih zgrada koje se grade od kompozitnih materijala na bazi drveta. Javne zgrade ovog tipa su dobra prilika da se prikažu njihove prednosti i pozitivna svojstva u energetskom i ekološkom domenu. Kao objekti koji su u svakodnevnoj službi stanovništva one imaju važnu promotivnu i marketinšku ulogu u podizanju svesti o značajnim uštedama koje pruža korišćenje inovativnih materijala u njihovoj izgradnji. Klasteri zelene gradnje imaju važnu ulogu u uspostavljanju veza između sektora privrede koji obuhvata kompanije koje posluju u oblasti građevinarstva i privrednih grana koje su direktno za nju vezane kao što je sektor prerade drveta sa naučnim institucijama kao što su fakulteti i instituti koji vrše kontinuirana istraživanja na unapređenju i inoviranju kao i zajedničke eksperimente i provere u praktičnoj eksploataciji.

Odličan primer iz prakse su aktivnosti Klastera zelene gradnje Donje Austrije koji ima veoma širok opseg delovanja. Ova organizacija investira značajna sredstva u inovacije vodećih industrijskih kompanija, ali i u obuku i usavršavanje zaposlenih u srednjim i malim preduzećima kao što su arhitekta, inženjeri građevinarstva i mašinstva, ali i specijalizovani majstori koji vrše ugradnju i održavanje sistema za grejanje i ventilaciju uključujući i sisteme za izmenu toplote koji su sastavni deo pasivnih kuća. Na ovaj način ne samo da se vrši specijalizacija i usavršavanje zaposlenih nego se stvaraju mogućnosti za otvaranje novih radnih mesta i zapošljavanje lokalnog stanovništva. Druga važna uloga klastera Zelene gradnje Donje Austrije je u kreiranju političkog i administrativnog okvira za donošenje propisa vezanih za građevinski sektor, u domenu subvencija i stimulacija kao i promovisanja i podizanja svesti stanovništva u oblasti zelene gradnje. O značaju uloge ovog klastera najbolje govori činjenica da je pri njegovom osnivanju samo mali broj objekata bio energetski efikasan, dok je danas oko 50 % kuća koje se grade pasivno, čak i u onom najtradicionalnijem sektoru gradnje kuća od drveta (*Ecoplus, 2009*).

Klaster zelene gradnje pored podizanja kvaliteta i zahteva prilikom izgradnje novih objekata, u obzir uzima adaptaciju i renoviranje ranije izgrađenih objekata koji uglavnom ne zadovoljavaju ekološke i energetske zahteve. U tom smislu su moguće uštede u energiji i do 75 % uz korišćenje novih inovativnih materijala za izolaciju kao i primenom modernih tehnologija za grejanje i ventilaciju, što kao rezultat ima smanjenje emisije CO<sub>2</sub> i duži životni ciklus svih ugrađenih proizvoda pa samim tim i renoviranog objekta.

Klaster takođe ima i odgovarajuće tarife vezane za članstvo u njemu, što sa druge strane omogućava sve benefite koje on pruža članicama od same ideje do njenog sprovođenja u praksi. Partnerima klastera je omogućen pristup relevantnim izvorima informacija i komunikacija. Primer tarifiranja je uzet za Klaster zelene gradnje Donje Austrije pa tako organizacije koje se bave istraživanjem i razvojem (fakulteti, instituti i td.) ne plaćaju članarinu, dok se kod preduzeća tarifiranje vrši u zavisnosti od broja zaposlenih sa punim radnim vremenom. Tako preduzeća koja imaju do 3 zaposlena plaćaju godišnju članarinu 250 EUR, do 9 zaposlenih 500 EUR, do 50 zaposlenih 750 EUR i više od 50 zaposlenih 1000 EUR bez uračunatog PDV-a koji iznosi 20 %.

Da se o zdravom enterijeru ne govori samo u marketinške svrhe dokazano je na primeru srednje škole u mestu Ennstal (Austrija). Naziv škole je “SOS – Schule ohne Stress“ što u prevodu znači „škola bez stresa“ i u njoj je sprovedeno jednogodišnje istraživanje u 4 odeljenja na ukupno 52 učenika. Navedeno istraživanje je obuhvatilo 2 odeljenja prvog i 2 odeljenja drugog razreda, od čega su dva odeljenja bila u učionicama od drveta, a dva u standardnim učionicama. Rezultati istraživanja su pokazali da su deca iz učionica od drveta bila odmornija, a čak su se i noću brže relaksirala. Imajući u vidu da je praćenje broja otkucaja srca vršeno u toku cele godine, kod dece iz klasičnih učionica (kontrolna odeljenja) broj otkucaja je u početku praćenja (početak školske godine) bio nizak ali se povećavao kako je vreme prolazilo (kraj školske godine), dok je kod dece iz učionica od drveta broj otkucaja srca bio manji u proseku za 10 otkucaja u minuti u odnosu na kontrolno odeljenje, što u značajnoj meri može uticati na duži životni vek. Kada se prethodno navedeno prevede na jedan dan to je ušteda u otkucajima srca od 2h dnevno. Ovo je naročito bilo izraženo kod devojčica, a u nešto manjoj meri kod dečaka (*proHolz Steiermark, 2012*). Profesor Medicinskog Fakulteta u



Gracu, Dr Maximilian Moser je izjavio da na početku istraživanja nije bio optimista, ali da je studija jasno pokazala pozitivan uticaj drveta na zdravlje dece. U tom smislu će inicijalna investicija prilikom izgradnje škola možda biti nešto veća, ali će se definitivno isplatiti, naročito ako se ima u vidu da će pored ekoloških i energetske prednosti imati i pozitivan efekat na zdravlje. Veoma značajnu ulogu u ovom istraživanju je imao i pro:Holz Štajerske pokrajine, koji predstavlja udruženje šumarstva i prerade drveta, jedne od teritorijalno najvećih austrijskih pokrajina (druge po veličini). Udruženje je sastavni deo nacionalne organizacije pro:Holz Austrija, koja pored prethodno pomenute regije obuhvata i udruženja Burgenlanda, Koruške, Donje Austrije, Gornje Austrije, Salzburga i Tirola.

Rezultati prethodno navedenih istraživanja jasno pokazuju da su za intenziviranje korišćenja inovativnih materijala u građevinarstvu, sa posebnim osvrtom na kompozitne proizvode od drveta najznačajniji energetski, ekonomski i ekološki faktori. Kako bi se svaki od ovih faktora jasnije i razumljivije predstavio široj javnosti, neophodno je kontinuirano inoviranje, promovisanje, stručno usavršavanje, unapređenje i širenje svesti stanovništva. U tom smislu, pored ostalih funkcija koje bi klaster zelene gradnje trebalo da ima su pre svega aktivnosti za obezbeđivanje finansijskih podsticaja od strane države za izgradnju pasivnih objekata, stručno usavršavanje profesionalaca i sveobuhvatni program za promovisanje i podizanje svesti stanovništva i donosilaca odluka u ovom sektoru. Objedinjenim delovanjem na tri pomenuta polja, ali i na ostalim koja su od značaja za razvoj tržišta kompozitnih proizvoda od drveta se mogu intenzivirati promene i u domenu zelene gradnje. Sa druge strane sam menadžment klastera je zadužen za međusobno umrežavanje i povezivanje zainteresovanih strana, pokretanje i nadziranje projekata i uspostavljanje i održavanje veza i komunikacije sa javnošću.

#### ***6.1.5. Sistemi za ocenjivanje objekata zelene gradnje i njihova uloga u razvoju tržišta kompozitnih proizvoda od drveta***

Širom sveta se koriste različiti sistemi za procenu ekološkog i energetskog uticaja zgrada na životnu sredinu, što je u današnje vreme od veoma velikog značaja

imajući u vidu nivo zagađenosti i pojavu efekta staklene bašte. Istorijski posmatrano prvi takav sistem je zaživeo još pre više od dve decenije u Velikoj Britaniji pod nazivom BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment). Od njegovog osnivanja 1990. godine pa do danas predstavlja jedan od najčešće korišćenih sistema za ocenjivanje zgrada u Evropi. Pored pomenutog metoda danas je u širokoj upotrebi i LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) koji je osnovan 1998. godine od strane Saveta zelene gradnje SAD, koji se u osnovi bazirao na BREEAM metodu.

#### ***6.1.5.1. Osnovne karakteristike BREEAM sistema***

Metoda ekološke procene efikasnosti zgrade (BREEAM) je prvi sistem ocenjivanja zgrada koji je pokrenut u Velikoj Britaniji. Danas je jedan od najčešće korišćenih metoda za ocenjivanje koji se koristi u preko 50 zemalja sveta, a u Evropi obuhvata čak  $\frac{3}{4}$  svih održivih zgrada koje su sertifikovane. Najveća zastupljenost ovog sistema sertifikacije je u matičnoj Velikoj Britaniji, a zatim u Holandiji, Francuskoj, Poljskoj, Belgiji i Nemačkoj, dok je sve veći broj interesenata prisutan i u skandinavskim zemljama (Švedskoj i Norveškoj) ali i u Španiji. Njegove reference su preko 200.000 objekata koji su po njemu sertifikovani što je ekvivalent od 15.000 projekata posmatrano od 1990. godine kada je i osnovan. Imajući u vidu relativno dug proces sertifikacije, naročito kada se govori o projektima čije planiranje, projektovanje i izgradnja traju duži vremenski period, vrši se prijava za sertifikaciju. U tom smislu postoji oko 40.000 projekata prijavljenih za sertifikaciju što predstavlja oko 1.000.000 objekata u periodu od kada je on osnovan. Imajući u vidu ovako veliki broj sertifikovanih objekata, nameće se pitanje ukupne sertifikovane površine. Iako ne postoje precizni podaci, imajući u vidu da se u inicijalnim fazama sertifikacije nije zahtevalo prijavljivanje površine, procenjuje se da je ukupna sertifikovana površina veća od 40.000.000 m<sup>2</sup>. On postavlja standarde najbolje prakse održivog projektovanja, izgradnje i funkcionisanja objekta u toku eksploatacije.

Iz prethodno navedenog se može zaključiti da je sistem sertifikacije po metodi ekološke procene efikasnosti zgrade veoma kompleksan. Kako bi se olakšalo

razumevanje i praktično približio ovaj sistem sertifikacije, u nastavku će biti predstavljen sažet pregled 6 osnovnih koraka koje je neophodno izvršiti kako bi se jedan objekat sertifikovao prema BREEAM UK.

1. Prema “How to obtain a BREEAM Rating “ u inicijalnoj fazi je potrebno tačno definisati o kojoj BREEAM šemi se radi imajući u vidu da postoje 4 tipa i to:
  - a. BREEAM Communities: odnosi se na socijalnu, ekološku i ekonomsku održivost, tj. njime se procenjuje ekološki uticaj i ekonomičnost prostora u kojima ljudi žive i/ili rade.
  - b. BREEAM New Construction 2011: odnosi se na šemu projektovanja i izgradnje novih objekata kao što su sudovi, obrazovni, zdravstveni, industrijski, stambeni, kancelarijski, zatvorski, prodajni i ostali objekti.
  - c. BREEAM In Use: se odnosi na objekte koji se već koriste ali se teži podizanju ekoloških svojstava na viši nivo ali i smanjenju operativnih troškova. Nezavisnim ocenjivanjem se jasno ukazuje na mogućnosti uštede i unapređenja uticaja na životnu sredinu.
  - d. BREEAM Refurbishment: odnosi se na objekte koji se obnavljaju, pa se na taj način unapređuju održivost i ekološke performanse uz ekonomsku isplativost.
2. Kontaktira se licencirani BREEAM procenitelj ili BREEAM In Use revizor. Informacije o njima su dostupne na web sajtu. Od značaja je napomenuti da je u oktobru 2013. godine u Srbiji bio samo jedan licencirani procenitelj prema šemi BREEAM International, sertifikaciono telo BRE Global.
3. Naredni korak podrazumeva sprovođenje predprocene. Ona se sprovodi i dobija se rezultat koji je približan krajnje očekivanom rezultatu. Njegov cilj je da se sagledaju i predoče mogućnosti šta se može postići. Ono što je veoma značajano istaći za predprocenu je da se zahvaljujući grafičkom prikazu jasno može uočiti nesertifikovano ocenjivanje (< 30 %).
4. U ovom koraku se vrši registracija za procenu koju može izvršiti procenitelj, ali i klijent ukoliko se radi o BREEAM In - Use šemi na web adresi [www.assetsinuse.org](http://www.assetsinuse.org), a izuzetno se može zahtevati da registraciju izvrši i BREEAM In - Use revizor.

5. Sertifikacija je jedan od poslednjih koraka i ona se može sprovesti u fazi projektovanja što se preporučuje, ali i u finalnoj/završnoj fazi kada je objekat konačno izgrađen. Procenitelj koji je vršio procenu podnosi dokaze kod BRE Global za potrebe sertifikacije i osiguranja kvaliteta. Sa druge strane ovo telo izdaje odgovarajući sertifikat za projektantsku ili fazu finalno završenog objekta. Prethodno navedeno važi za sve šeme sertifikacije osim za BREEAM In - Use kod koje je nešto drugačiji pristup. Naime kod ove šeme se zahteva izdavanje sertifikata preko licenciranog BREEAM In - Use revizora. Posle zahteva za izdavanje sertifikata telo BRE Global vrši proveru kvaliteta uzorka i ukoliko je sve valjano izdaje se sertifikat koji je validan u periodu od jedne godine uz mogućnost njegovog obnavljanja.
6. Završna faza je objavljivanje podataka o sertifikovanom objektu od strane organizacije BRE Global na sajtu [www.greenbooklive.com](http://www.greenbooklive.com)<sup>1</sup>. Podaci su dostupni za pretraživanje u vidu liste ili na Google mapi prema lokaciji, oceni, šemi i ostalim relevantnim činiocima.

Kako bi se i praktično bolje razumeo sistem ocenjivanja BREEAM International u tabeli 4 je dat njegov bliži pregled. Kada se izvrši ocenjivanje svake od pojedinačnih kategorija sabiraju se ocene dobijene u procentima, a zatim se na osnovu sledećih parametara vrši kategorizacija (može se obeležavati i zvezdicama):

- Prolazi  $\geq 30$  % (\*)
- Dobro  $\geq 45$  % (\*\*)
- Veoma dobro  $\geq 55$  % (\*\*\*)
- Odlično  $\geq 70$  % (\*\*\*)
- Izvanredno  $\geq 85$  % (\*\*\*\*\*)

---

<sup>1</sup> Od velikog je značaja istaći da je u Srbiji već izdat jedan sertifikat za zgradu Bluecenter. Ona se nalazi na Novom Beogradu u ulici Španskih boraca 3 i sertifikovana je prema šemi "In-Use Part 1" od strane operatora nacionalne šeme BRE Global, revizorske kompanije ERM koja je vršila ocenjivanje i koja je jedna od najpoznatijih sa preko 140 kancelarija u 40 zemalja sveta. Zgrada je ocenjena sa 55,76% što je u opisnom smislu predstavljeno kao "veoma dobro".

Tabela 4. Sistem vrednovanja pojedinih kategorija u sistemu ocenjivanja BREEAM International

Kategorija	Učešće
Menadžment	12,0 %
Zdravlje i blagostanje	15,0 %
Energija	19,0 %
Transport	8,0 %
Voda	6,0 %
Materijali	12,5 %
Otpad	7,5 %
Upotreba zemljišta i ekologija	10,0 %
Zagađenje	10,0 %

(Izvor: Aubree A., 2009)

#### 6.1.5.2. Osnovne karakteristike LEED sistema

Liderstvo u energiji i ekološkom dizajnu (LEED) je najvažniji sistem za ocenjivanje zelene gradnje na teritoriji SAD, pri čemu je prisutan i u mnogim drugim zemljama, pa tako i u Srbiji. On je osnovan od strane USGBC – Saveta zelene gradnje Sjedinjenih Američkih Država i primenjuje se na dobrovoljnoj bazi sa ciljem unapređenja ekoloških, ekonomskih i eksploatacionih performansi objekata. Na tržište Srbije ga je uveo Savet zelene gradnje Srbije koji je osnovan 2010. godine od strane 8 kompanija uz pomoć Svetskog saveta zelene gradnje (World GBC) (USGBC, 2007; [www.serbiagbc.org](http://www.serbiagbc.org)). Struktura LEED sistema sertifikacije se može predstaviti kroz četiri kategorije koje on koristi u procesu ocenjivanja:

#### Glavne kategorije:

<u>Održiva gradilišta (parcele)</u>	podržava postupke koji smanjuju uticaj na ekosistem i vodne resurse na mestu gradnje
<u>Potrošnja vode</u>	podržava pametno korišćenje vode kako bi se smanjila potrošnja one koja se koristi za piće
<u>Energija i zagađenje vazduha</u>	podržava unapređenje svojstava zgrade kroz

	inovativne strategije
<u>Materijali i sirovine</u>	podržava upotrebu održivih materijala i smanjenje otpada
<u>Kvalitet unutrašnjeg okruženja</u>	podržava bolji kvalitet unutrašnjeg vazduha i dostupnost dnevnog svetla i pogleda
<b>Dodatne LEED kategorije za lokalni doprinos:</b>	
<u>Pametna lokacija i povezanost</u>	Podržava prohodno susedstvo sa efikasnim opcijama transporta i otvorenog prostora.
<u>Lokalni modeli i dizajn</u>	Podržava žive, zdrave i ravnopravne zajednice koje su dobro povezane sa okolnim zajednicama
<u>Zelena infrastruktura i zgrade</u>	Smanjuje ekološke posledice pri gradnji i eksploataciji zgrada i infrastrukture
<b>Dodatne LEED kategorije za kuće:</b>	
<u>Lokacija i povezanost</u>	Podržava izgradnju na prethodno razvijenim i ispunjenim mestima i promovise takvo susedstvo koje ima dostupan prevoz i otvoren prostor
<u>Svest i obrazovanje</u>	Podržava građevince i trgovce nekretninama da stanare edukuju tako da maksimalno razumeju i iskoriste benefite njihovih zelenih kuća
<b>Dve bonus kategorije:</b>	
<u>Inovacije u dizajnu ili inovacije u eksploataciji</u>	Odnosi se na ekspertizu održivih zgrada i na projektantske mere nepokrivene nekom od pet kategorija. Dostupno je šest bonus poena.
<u>Regionalni prioritet</u>	Odnosi se na regionalne ekološke prioritete za zgrade u različitim geografskim regionima. Dostupno je četiri bonus poena.

Glavne, dodatne i bonus kategorije koje su u prethodnom izlaganju navedene se koriste za ocenjivanje u sledećim sistemima sertifikacije:

- BD+C - LEED za projektantski dizajn i gradnju koji se odnosi na nove zgrade i glavna renoviranja

- ID+C – LEED za projektovanje enterijera i gradnju koji se odnosi na kompletnu opremljenost unutrašnjosti objekta
- O+M – LEED za postojeće zgrade i održavanje koji se odnosi na manja poboljšanja i unapređenja
- ND – LEED za lokalni doprinos koji se odnosi na razvojne projekte rezidencijalnog, nerezidencijalnog i mešovitog tipa
- HOME – LEED za kuće se odnosi na projekte multi rezidencijalnog i pojedinačnog tipa

Na slici 22 je dat izgled formulara koji se koristi za ocenjivanje novogradnje i za glavna renoviranja prema LEED 2009, gde se može videti osam kategorija sa brojnim stavkama u okviru svake koje su od značaja za evaluaciju prema ovom standardu.

**LEED 2009 for New Construction and Major Renovations**  
Project Checklist

Project Name: \_\_\_\_\_  
Date: \_\_\_\_\_

Y	?	N	Points
<b>Sustainable Sites</b> Possible Points: 26			
Y			Prereq 1 Construction Activity Pollution Prevention
			Credit 1 Site Selection 1
			Credit 2 Development Density and Community Connectivity 5
			Credit 3 Brownfield Redevelopment 1
			Credit 4.1 Alternative Transportation—Public Transportation Access 6
			Credit 4.2 Alternative Transportation—Bicycle Storage and Changing Rooms 1
			Credit 4.3 Alternative Transportation—Low-Emitting and Fuel-Efficient Vehicles 3
			Credit 4.4 Alternative Transportation—Parking Capacity 2
			Credit 5.1 Site Development—Protect or Restore Habitat 1
			Credit 5.2 Site Development—Maximize Open Space 1
			Credit 6.1 Stormwater Design—Quantity Control 1
			Credit 6.2 Stormwater Design—Quality Control 1
			Credit 7.1 Heat Island Effect—Non-roof 1
			Credit 7.2 Heat Island Effect—Roof 1
			Credit 8 Light Pollution Reduction 1
<b>Water Efficiency</b> Possible Points: 10			
Y			Prereq 1 Water Use Reduction—20% Reduction
			Credit 1 Water Efficient Landscaping 2 to 4
			Credit 2 Innovative Wastewater Technologies 2
			Credit 3 Water Use Reduction 2 to 4
<b>Energy and Atmosphere</b> Possible Points: 35			
Y			Prereq 1 Fundamental Commissioning of Building Energy Systems
Y			Prereq 2 Minimum Energy Performance
Y			Prereq 3 Fundamental Refrigerant Management
			Credit 1 Optimize Energy Performance 1 to 19
			Credit 2 On-Site Renewable Energy 1 to 7
			Credit 3 Enhanced Commissioning 2
			Credit 4 Enhanced Refrigerant Management 2
			Credit 5 Measurement and Verification 3
			Credit 6 Green Power 2
<b>Materials and Resources</b> Possible Points: 14			
Y			Prereq 1 Storage and Collection of Recyclables
			Credit 1.1 Building Reuse—Maintain Existing Walls, Floors, and Roof 1 to 3
			Credit 1.2 Building Reuse—Maintain 50% of Interior Non-Structural Elements 1
			Credit 2 Construction Waste Management 1 to 2
			Credit 3 Materials Reuse 1 to 2
<b>Materials and Resources, Continued</b>			
			Credit 4 Recycled Content 1 to 2
			Credit 5 Regional Materials 1 to 2
			Credit 6 Rapidly Renewable Materials 1
			Credit 7 Certified Wood 1
<b>Indoor Environmental Quality</b> Possible Points: 15			
Y			Prereq 1 Minimum Indoor Air Quality Performance
Y			Prereq 2 Environmental Tobacco Smoke (ETS) Control
			Credit 1 Outdoor Air Delivery Monitoring 1
			Credit 2 Increased Ventilation 1
			Credit 3.1 Construction IAQ Management Plan—During Construction 1
			Credit 3.2 Construction IAQ Management Plan—Before Occupancy 1
			Credit 4.1 Low-Emitting Materials—Adhesives and Sealants 1
			Credit 4.2 Low-Emitting Materials—Paints and Coatings 1
			Credit 4.3 Low-Emitting Materials—Flooring Systems 1
			Credit 4.4 Low-Emitting Materials—Composite Wood and Agrifiber Products 1
			Credit 5 Indoor Chemical and Pollutant Source Control 1
			Credit 6.1 Controllability of Systems—Lighting 1
			Credit 6.2 Controllability of Systems—Thermal Comfort 1
			Credit 7.1 Thermal Comfort—Design 1
			Credit 7.2 Thermal Comfort—Verification 1
			Credit 8.1 Daylight and Views—Daylight 1
			Credit 8.2 Daylight and Views—Views 1
<b>Innovation and Design Process</b> Possible Points: 6			
			Credit 1.1 Innovation in Design: Specific Title 1
			Credit 1.2 Innovation in Design: Specific Title 1
			Credit 1.3 Innovation in Design: Specific Title 1
			Credit 1.4 Innovation in Design: Specific Title 1
			Credit 1.5 Innovation in Design: Specific Title 1
			Credit 2 LEED Accredited Professional 1
<b>Regional Priority Credits</b> Possible Points: 4			
			Credit 1.1 Regional Priority: Specific Credit 1
			Credit 1.2 Regional Priority: Specific Credit 1
			Credit 1.3 Regional Priority: Specific Credit 1
			Credit 1.4 Regional Priority: Specific Credit 1
<b>Total</b> Possible Points: 110			

Certified 40 to 49 points Silver 50 to 59 points Gold 60 to 79 points Platinum 80 to 110

Slika 22. Formular za ocenjivanje LEED 2009 za novogradnju i glavna renoviranja (Izvor: USGBC, 2013/a)

U inicijalnoj fazi ovog procesa je najvažnije izabrati pravi sistem ocenjivanja imajući u vidu da neki projekti jasno ukazuju na to koji će se tip sertifikacije koristiti

dok se na neke druge mogu primeniti dva ili više sistema. Ukoliko se dogodi da se dva ili više sistema sertifikacije mogu primeniti nužno je izvršiti izbor na osnovu tipa namene prostora. Ukoliko ni tada nije pouzdano izabran sistem ocenjivanja primenjuje se pravilo 40/60 koje podrazumeva da se izračuna procentualni udeo površine koji odgovara određenom sistemu sertifikacije. U tom slučaju ako je udeo između 0 – 40 % ne treba koristiti taj sistem, u rasponu 40 % - 60 % odluka je na projektantskom timu da odluči i ako je raspon od 60 % - 100 % sistem sertifikacije je valjano izabran.

Na slici 23 je prikazan način obeležavanja objekta za koji je podneta dokumentacija za dobijanje LEED Gold sertifikata.



Slika 23. Obeležavanje objekta u procesu sertifikacije

(Izvor: Sretenovic P., Prag, 2011)





Objekta i uputstva za podnošenje fotografije objekta. Ovakav objekat se takođe uključuje u LEED bazu registrovanih i sertifikovanih objekata.

Prijavlivanjem projekta započinje primena LEED sistema ocenjivanja i to online kako bi se omogućio nesmetan pristup svim neophodnim alatima. Nakon toga projektantski tim bira kategorije koje će se ocenjivati i kreće sa proračunima za svaki od njih. Kada se prethodno navedeni zadatak završi kompletna dokumentacija se postavlja na LEED online stranicu. Potom sledi proces proveravanja i kontrole koji se razlikuje u zavisnosti od objekta. Sertifikacija je poslednji korak koji se sprovodi onda kada je finalna kontrola prijave završena, pa projektantski tim može da prihvati ili uloži žalbu na donetu odluku. Kada je projekat sertifikovan prema LEED-u izdaje se zvaničan dokument (sertifikat) koji ga prepoznaje kao takvog. Pored toga daju se i smernice za promociju ovako sertifikovanog

Sertifikovanom objektu se može dodeliti jedan od 4 nivoa sertifikacije kao što je i prikazano u tabeli 5.



Tabela 5. Zahtevani broj poena u zavisnosti od sistema i nivoa LEED sertifikacije

Nivo sertifikacije	Sistemi sertifikacije i zahtevani broj poena	
	BD+C, ID+C, O+M i ND	LEED za kuće
 Sertifikovan	40 – 49	45 +
 Srebrni	50 – 59	60 +
 Zlatni	60 – 79	75 +
 Platinasti	80 +	90 +

(Izvor: USGBC. 2013/b)

Analiza rezultata istraživanja koja je data u ovom poglavlju jasno pokazuje da nema zelene gradnje bez kompozitnih proizvoda od drveta zbog čega se ona može smatrati glavnim generatorom njihove potražnje, a samim tim i potrošnje. Međutim, princip zelene gradnje je izuzetno strog i veoma zahtevan princip u pogledu kvaliteta i ostalih karakteristika koje ovi proizvodi i materijali koji se ugrađuju u objekte zelene gradnje moraju da ispunjavaju. To se odnosi i na kompozitne proizvode od drveta.

U svrhu ocenjivanja objekata koji nose epitet zelene gradnje uspostavljeni su vrlo strogi sistemi za njihovo ocenjivanje. Zbog toga su i zahtevi koji se postavljaju pred proizvođače kompozitnih proizvoda od drveta veoma visoki u pogledu njihovog kvaliteta, tačnosti dimenzija, otpornosti na različite vrste uticaja i druge karakteristike. Ti zahtevi se stalno inoviraju što pozitivno utiče i na inovativnost kompozitnih proizvoda od drveta u smislu njihovog stalnog razvoja i poboljšanja karakteristika.

Zbog svega navedenog razvijen je čitav niz standarada na evropskom i međunarodnom nivou koji su od izuzetnog značaja za proizvođače kompozitnih proizvoda od drveta, projektante, investitore u objekte zelene gradnje, izvođače radova i druge učesnike u tom procesu. Iz tog razloga u posebnom podpoglavlju u ovom radu dati su pregled i karakteristike svih najznačajnijih evropskih standarda koji se odnose na oblast zelene gradnje i stim u vezi kompozitnih proizvoda od drveta.

## 6.2. Ekonomski efekti proizvodnje kompozitnih proizvoda od drveta u izabranim zemljama Evropske unije i Srbiji

### 6.2.1. *Mogućnost korišćenja tanke oblovine i oblovine nižih klasa kvaliteta za proizvodnju kompozitnih proizvoda od drveta novije generacije*

Korišćenje trupaca manjih prečnika i/ili nižih klasa kvaliteta za izradu određenih proizvoda od drveta postaje neminovnost i u domaćoj drvnjoj industriji. Kvalitetna sirovina je sve manje dostupna, a dodatno opterećenje u vidu povećane tražnje za drvnom sirovinom od strane fabrika ploča na bazi drveta i fabrika drvnih peleta značajno zaoštravaju odnose na tržištu drvne sirovine. Prethodno navedeno samo potvrđuje da konkurencija za drvnom sirovinom postaje sve veća što prati i rast njene cene dok su sa druge strane cene najvećeg broja finalnih proizvoda u blagoj stagnaciji iz godine u godinu. Sve ovo navodi na zaljučak da se drvna sirovina bez obzira na njen kvalitet mora što racionalnije i efikasnije koristiti kako bi se održala konkurentnost na tržištu.



Slika 24: Složaj trupaca smrče manjih prečnika

*Izvor: Sretenovic P., Grasbrunn 2013 Nemačka*

tanjem kraju bili od 9 – 14 cm sa rasponom dužina 2,6 – 4,6 m su dobijeni iz prorednih seča ali i od gornjih delova velikih stabala. Rezana građa dobijena iz trupaca malih prečnika je u najvećoj meri imala srasle čvorove, a u znatno manjoj meri ispadajuće koji su odlika rezane građe dobijene iz trupaca većih dimenzija. Građa dobijena iz ovih

Mogućnosti korišćenja tanke lišćarske i četinarske oblovine (slika 24) za potrebe izrade kompozitnih proizvoda od drveta najbolje su predstavljene u radovima istraživača čiji su rezultati dati u nastavku. Jouhiaho et al. (2004) sproveli su istraživanje u domenu upotrebe tanke oblovine belog bora i breze za izradu kompozitnih proizvoda od drveta. Trupci čiji su prečnici na

trupaca je između ostalog korišćena za izradu greda od lepljenog lameliranog drveta i ploča, a empirijski testovi su pokazali povoljna svojstva čvrstoće na savijanje i statičke krutosti. Oblovina je takođe korišćena i za izradu iverja za proizvodnju kompozitnih proizvoda, a zaključak do kojeg su naučnici došli je da se oblovina malih prečnika uspešno može koristiti za izradu kompozita od drveta.

Underhill et al. (2014) su u svom istraživanju ispitivali mogućnost korišćenja oblovine tvrdih lišćara malih prečnika za izradu lamelirane furnirske građe. Pri uslojavanju furnira greške drveta se nasumično raspoređuju, a međusobno lepljenje korišćenjem fenol rezorcinol formaldehidnog lepka daje proizvode sa uniformnijim mehaničkim svojstvima. To je naročito važno ako se ima u vidu da trupci malih prečnika imaju puno grešaka drveta. Ovi naučnici smatraju da se lišćari malih prečnika sve više koriste za izradu drvnih kompozita, što predstavlja šansu za brzorastuće plantaže sa srednjim periodom ophodnje od 10-15 godina, koje mogu predstavljati dobru sirovinsku bazu. Bumgardner et al. (2003) takođe smatraju da se udeo lišćara manjih prečnika u izradi kompozitnih proizvoda povećava, što proredne seče može učiniti znatno isplativijim.

U stambenoj izgradnji su učestali zahtevi za pojedinim proizvodima od masivnog drveta u što je moguće većim dimenzijama, više iz estetskog nego iz funkcionalno mehaničkih razloga. To dodatno povećava pritisak na dostupne sirovinske resurse koje sve više karakterišu manje dimenzije tehničke sirovine i njen slabiji



Slika 25. Krovna konstrukcija od drvnih kompozita  
(Izvor: Sretenovic P., okolina Minhena, 2013)

kvalitet. Kao jedan od načina da se odgovori na ovakve zahteve tržišta su upravo inovativni kompozitni proizvodi superiornih mehaničkih svojstava i vizuelnih karakteristika (slika 25). Međutim, za izradu kvalitetnih kompozitnih proizvoda od drveta potrebno je sveobuhvatno poznavanje i razumevanje drveta kao materijala.

Sektor primarne prerade drveta u Srbiji u novije vreme znatno racionalnije koristi sporedne proizvode koji nastaju pre svega u proizvodnji rezane građe u odnosu na raniji period. Tu se pre svega misli na upotrebu drvnog ostatka koji se deli na krupan (okrajci, porubci, odsečki i odrupci) i sitan (piljevina, iverje i drveno brašno). Sitan ostatak se na pilanama svojevremeno uglavnom nepropisno odlagao, a sa početkom proizvodnje drvnih peleta i intenziviranjem proizvodnje ploča na bazi drveta stanje je u velikoj meri unapređeno. Upotreba prethodno pomenutih ostataka, kao i trupaca nižih klasa kvaliteta i manjih dimenzija različitih vrsta drveta u izradi kompozitnih proizvoda je postala neminovnost u savremenoj preradi drveta. Imajući u vidu prethodno navedeno sa jedne strane i ograničene šumske resurse sa druge strane došlo je do značajnog razvoja savremenih tehnologija za povećanje kvantitativnog i kvalitativnog iskorišćenja drveta u procesima prerade.

#### ***6.2.2. Karakteristike proizvodnje izabranih kompozitnih proizvoda od drveta u vodećim zemljama Evropske unije i Srbiji***

Analiza podataka o proizvodnji pojedinih kategorija kompozitnih proizvoda od drveta u Evropi u 2013. godini je pokazala da su lepljeno lamelirano drvo (LLD) i unakrsno lamelirano drvo (CLT) dva najzastupljenija kompozita posmatrano po broju proizvođača i po količinama u kojima se proizvode. Pri tom, proizvodnja lepljenog lameliranog drveta je nekoliko puta veća u odnosu na proizvodnju CLT. Prema FPAMR 2013-2014 proizvodnja CLT u 2013. godini u Centralnoj Evropi je iznosila oko 550.000m<sup>3</sup> dok je proizvodnja lepljenog lameliranog drveta samo u Austriji i Nemačkoj u istoj godini iznosila 2,84 miliona m<sup>3</sup>. Upravo ove dve zemlje predstavljaju vodeće zemlje u Evropi po proizvodnji LLD. Pored toga tehnologija za proizvodnju CLT je izuzetno skupa (nekoliko puta skuplja) u odnosu na tehnologiju za proizvodnju lepljenog lameliranog drveta. Prema Timber Community (2011) u Austriji je podignuta fabrika za proizvodnju CLT kapaciteta 63.500 m<sup>3</sup>/god., a vrednost investicije je iznosila 23 miliona EUR. Imajući u vidu ovako skupu tehnologiju za proizvodnju CLT nije realno očekivati da će neka slična fabrika uskoro biti izgrađena u Srbiji. To je jedan od razloga zbog koga je, za potrebe daljih analiza u ovom radu, izabrano lepljeno lamelirano drvo.

### 6.2.2.1. Karakteristike proizvodnje lepljenog lameliranog drveta u Austriji i Nemačkoj

Kada je u pitanju proizvodnja kompozitnih proizvoda od drveta u Nemačkoj i Austriji, rezultati sprovedenih terenskih istraživanja za potrebe ove disertacije pokazuju da su lepljeno lamelirano drvo i CLT – unakrsno lamelirano drvo najzastupljeniji kompozitni proizvodi posmatrano po broju proizvođača i proizvedenim količinama. Pri tom lepljeno lamelirano drvo je zastupljeno u proizvodnji kod većeg broja proizvođača zbog čega je njemu posvećena veća pažnja nego CLT. Drugi razlog zbog čega su istraživanja više usmerena na LLD nego na CLT predstavlja činjenica da trenutno u Srbiji postoji proizvodnja LLD dok to nije slučaj sa CLT, što omogućava određena poređenja sa proizvodnjom LLD u Austriji i Nemačkoj. Najzastupljenija vrsta drveta

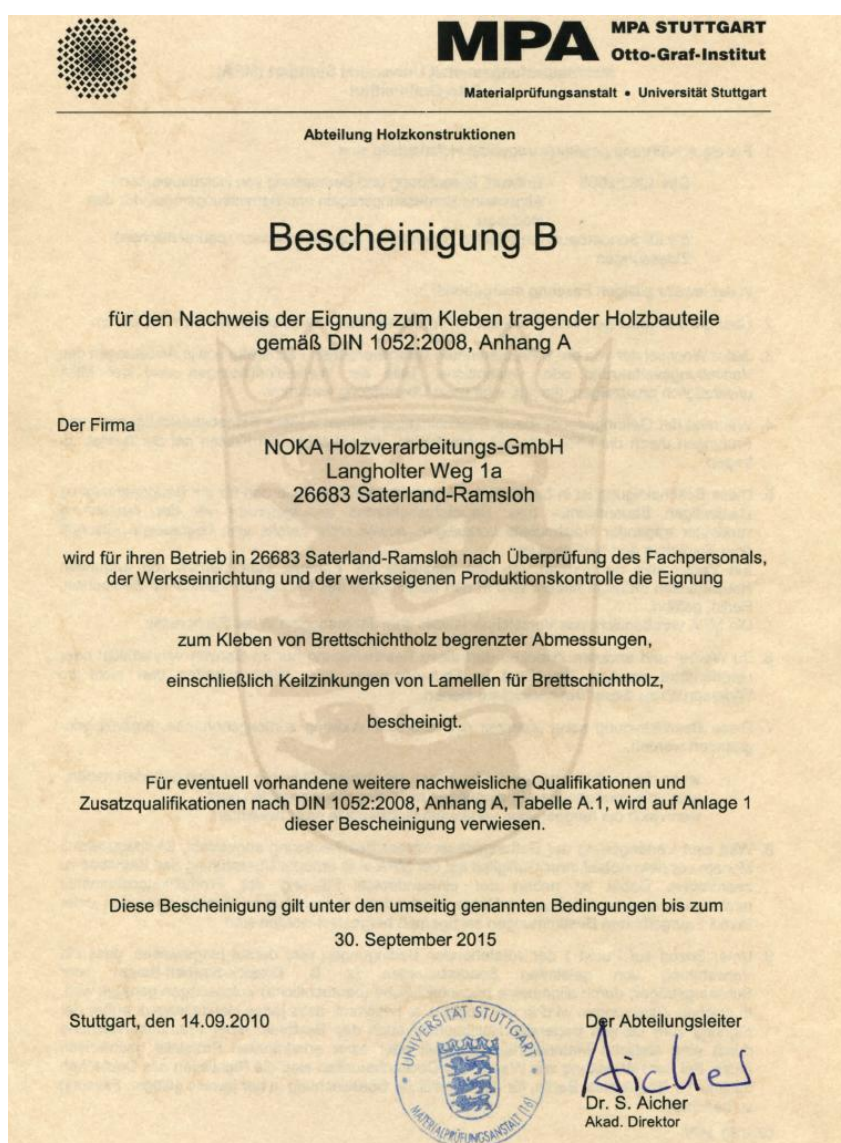


Slika 26. Lepljeno lamelirano drvo austrijskog proizvođača (Sretenovic P., Minhen, 2013)

koju austrijski i nemački proizvođači koriste za proizvodnju lepljenog lameliranog drveta je smrča, a u velikoj meri je prisutan i ariš. Ostale vrste drveta kao što su duglazija i beli bor najveći broja proizvođača proizvodi po porudžbini. U pogledu propisanih zahteva koje lepljeno lamelirano drvo u nosećim konstrukcijama mora da ispunjava, svi analizirani proizvođači primenjuju dva jedinstvena standarda - EN

14080:2005 i DIN 1052:2008. Proizvodnja, prodaja i ugradnja lepljenog lameliranog drveta koje zadovoljava zahteve standarda EN 14080:2005 je omogućena na teritoriji cele Evropske unije, izuzev Nemačke koja dozvoljava proizvodnju i prodaju ali ne i ugradnju u objektima na svojoj teritoriji. Uslov koji se mora ispuniti da bi se LLD mogao koristiti u gradnji objekata u Nemačkoj je njegova proizvodnja u skladu sa zahtevima standarda DIN 1052:2008. Imajući u vidu da je nemačko tržište najveći potrošač LLD-a u Evropi, svi proizvođači obuhvaćeni ovim istraživanjem poseduju neophodan sertifikat. Ovaj sertifikat se odnosi na kvalifikaciju i kompetentnost proizvođača da izrađuje lepljeno lamelirano drvo, što se potvrđuje od strane ovlašćenog

Instituta za testiranje materijala Otto Graf na Univerzitetu u Štutgartu koji to radi u ime nemačkog Instituta za građevinsku tehniku (DIBt). Pored ovog sertifikata kojim se proizvođač sertifikuje za izradu LLD-a, neophodno je i atestiranje postupka usaglašenosti proizvoda pa tako proizvođač mora uspostaviti i fabričku kontrolu proizvodnje za sve klase čvrstoće LLD-a koje proizvodi. Pored prethodno navedenog, za sertifikaciju po standardu DIN 1052:2008 neophodno je sprovesti kontrolu od strane ovlašćenog trećeg lica. Tokom važenja sertifikata Institut Otto Graf zadržava pravo da izvrši inspekcijsku kontrolu fabričke proizvodnje i testiranja u bilo koje vreme (slika 27).



Slika 27. Sertifikat koji potvrđuje usaglašenost sa standardom DIN 1052:2008  
Izvor: [www.noka.de](http://www.noka.de)

U pogledu standarda koji propisuje minimalne zahteve za proizvodnju, većina proizvođača primenjuje standard EN 386:2001, a za definisanje klasa čvrstoće standarde EN 1194:1999 i DIN 1052:2008. Klase čvrstoće koje se najčešće mogu naći u ponudi ovih preduzeća su GL 24h i GL 28h, a pojedina preduzeća u svojoj ponudi imaju i više klase kao što su GL 32h i GL 32c, pa čak i GL 36h i GL 36c. Najzastupljenija debljina lamela koja se koristi za izradu ravnog lepljenog lameliranog drveta iznosi 40 mm, a kod pojedinih austrijskih proizvođača do 41 mm, a u izuzetnim slučajevima čak i 45 mm. Navedene debljine se odnose na klase eksploatacije I i II, dok za klasu eksploatacije III pojedini proizvođači preporučuju debljinu do maksimalnih 35 mm. Kod zakrivljenih greda od lepljenog lameliranog drveta debljina lamela za radijus  $\geq 8$  m može da bude 40 mm, a za radijus manji od ove vrednosti izračunavanje se vrši po

*Radijus*  
formuli  $\frac{200}{R}$ . Posebni mikroklimatski uslovi mogu takođe da zahtevaju korišćenje lamela manje debljine, kao što su korišćenje LLD-a za gradnju skladišta soli, hala gde su povišene radne temperature, skladišta mineralnih đubriva i drugo.

Istraživanje koje je sprovedeno tokom posete vodećim proizvođačima u Nemačkoj i Austriji je obuhvatilo i vrste lepkova koje se koriste u proizvodnji lepljenog lameliranog drveta. Rezultati istraživanja su pokazali da pet od ukupno šest izabranih proizvođača koriste lepkove na bazi melaminskih smola, tip I prema standardu EN 301 sa svetlom linijom lepljenja. Samo jedan od analiziranih proizvođača za izradu lepljenog lameliranog drveta koristi poliuretanski lepak koji ne sadrži formaldehide, dok drugi proizvođač u svojoj ponudi opciono može ponuditi i LLD sa tamnom linijom lepljenja. U pogledu vlažnosti lepljenog lameliranog drveta donje granice vlažnosti koje proizvođači u Austriji i Nemačkoj deklariraju, su u opsegu od 8 – 10 %, a gornje granice vlažnosti se kreću u rasponu od 12 – 15 %.

Širine lepljenog lameliranog drveta izabranih proizvođača se kreću u širokom rasponu pa je tako donja granica od 60 – 80 mm, a gornja 240 – 280 mm. Takođe pojedini proizvođači nude mogućnost izrade lepljenog lameliranog drveta u bloku koji ima veću širinu od prethodno navedenih dimenzija (lepljenje LLD-a po širini). Visine lepljenog lameliranog drveta se kod najvećeg broja proizvođača izrađuju od 100 – 120 mm, pa do uobičajenih 1240 – 1280 mm. Najveće visine kod pojedinih proizvođača

koje se mogu izraditi u lepljenom lameliranom drvetu se kreću i do 2200 mm. Standardne dužine greda od LLD-a su 12 m i 13,5 m, a maksimalne dužine koje ovi proizvođači mogu da izrade su 16 – 18 m, dok drugi nude čak i 40 – 50 m. Lepljeno lamelirano drvo se slaže u pakete koji se pakuju u plastičnu foliju, a obeležavanje paketa se vrši kao što je prikazano na slici 28. Pored naziva proizvođača i standarda po kojem se LLD proizvodi, navedena je i dimenzija, vrsta drveta, klasa kvaliteta, klasa čvrstoće, broj komada, vreme i datum proizvodnje.



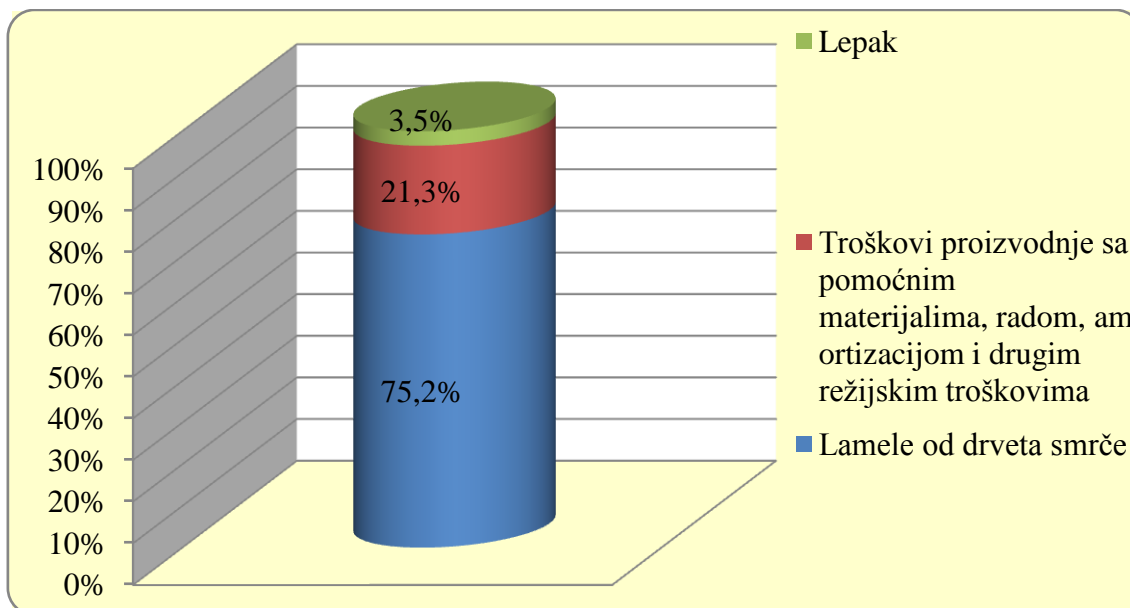
Slika 28. Obeležavanje paketa vizuelnog LLD-a austrijskog proizvođača

(Izvor: Sretenovic P., 2015)

Pored pakovanja kompletnog paketa LLD-a u foliju, skoro svi proizvođači u ponudi imaju opciju pakovanja pojedinačnih komada u zasebnu foliju po zahtevu. Klase eksploatacije koje analizirani proizvođači imaju u ponudi su I i II, dok III klasu uglavnom mogu ponuditi na konkretan upit. U pogledu klasa kvaliteta po izgledu svi proizvođači u ponudi imaju dve klase i to vizuelni i industrijski kvalitet, a takođe se može sresti i međuklasa Natur. Od ukupno šest kompanija obuhvaćenih ovim istraživanjem sve imaju sertifikat koji izdaje MPA Stuttgart, Otto Graf Institut, tako da pri označavanju lepljenog lameliranog drveta na etiketi mora stajati „Ü“ znak sa nazivom sertifikacionog tela (slika 28). Pored ovog sertifikata analizirana preduzeća poseduju i CE znak. Odobrenje za CE oznaku u Austriji je najčešće izdato od strane sertifikacionog tela Austrijskog istraživačkog udruženja za drvene proizvode (Holzforschung Austria).

Prema Ebner G. (2013) učešće pojedinih komponenti u ceni koštanja lepljenog lameliranog drveta koje se proizvodi na području Centralne Evrope je predstavljeno na grafikonu 4.





Grafikon 4. Učešće pojedinih komponenti u ceni koštanja LLD-a proizvođača u Centralnoj Evropi (Izvor: Ebner G., 2013)

Prodajne cene lepljenog lameliranog drveta proizvođači daju gotovo isključivo na konkretan upit i one zavise od velikog broja faktora kao što su vrsta drveta, klasa čvrstoće, vizuelni ili industrijski kvalitet, poručena količina i drugo. Za pun utovar lepljenog lameliranog drveta smrče u količini cca 45m<sup>3</sup>, klasi čvrstoće GL 24h i industrijskom kvalitetu prosečna cena na paritetu EXW iznosi 430 EUR/m<sup>3</sup>, dok je cena vizuelnog kvaliteta veća za 20 EUR/m<sup>3</sup> (*Kupci lepljenog lameliranog drveta*). Na osnovu rezultata sprovedenog terenskog istraživanja se može zaključiti da je proizvodnja, lepljenog lameliranog drveta u Nemačkoj i Austriji u najvećoj meri uniformna u pogledu vrsta drveta, dimenzija, kriterijuma kvaliteta i primenjenih standarda što stvara snažnu tržišnu konkurenciju između proizvođača.

#### 6.2.2.2. Karakteristike proizvodnje lepljenog lameliranog drveta u Srbiji

Polazna karakteristika proizvodnje lepljenog lameliranog drveta u Srbiji jeste da se ono trenutno proizvodi u dva preduzeća. U tom smislu terenska istraživanja u Srbiji su obuhvatila oba proizvođača. Jedan od proizvođača ravnog lepljenog lameliranog drveta poseduje najsavremeniju automatizovanu liniju za njegovu izradu čiji je kapacitet 7.000 m<sup>3</sup> finalnog proizvoda na godišnjem nivou.



Slika 29. Sirova rezana građa za LLD (Sretenovic P., 2015)



Slika 30. Sušara sa kotlarnicom (Sretenovic P., 2015)



Slika 31. Rampa za doziranje suve daske (Sretenovic P., 2015)



Slika 32. Automatski merač vlage sirovine (Sretenovic P., 2015)

Za izradu lepljenog lameliranog drveta se koriste smrča i jela, a po zahtevu se može izraditi i od ariša. Rezana građa se kupuje sirova u rastućim dužinama i debljini od 50 mm, a širine se kreću u rasponu od 75 – 265 mm (slika 29). U pogledu zahteva kvaliteta nisu dozvoljene greške kao što su pukotine, uklopljeno srce, lisičavost, ispadajući čvorovi i drugo. Proces sušenja se vrši u konvencionalnim komorama do vlažnosti od 13 – 15 % (slika 30). Proizvodna linija je postavljena tako da se na dozirnu rampu viljuškarom postavlja složaj sa suvom rezanom građom na letvicama koje se pri doziranju sirovine automatski odlažu na predviđeno mesto (slika 31). Sirovina koja se dozira sa rampe dolazi na automatizovanu liniju za dužinsko krojenje. Na ovoj liniji radnik fluorescentnom kredom označava greške drveta koje nisu dozvoljene u LLD-u, pa se iste moraju izbaciti poprečnim rezanjem. Zatim se svi komadi transporterom dopremaju na mernu stanicu koja vrši kontrolu vlažnosti sirovine (slika 32). Svaki komad koji ne zadovoljava zadati opseg vlažnosti se eliminiše iz daljeg procesa proizvodnje i vraća na dodatno sušenje. Jedinica za kontrolu vlažnosti ulazne sirovine vrši i štampanje podataka merenja tako da se oni mogu priložiti uz dokumentaciju fabričke kontrole proizvoda (slika 33).

12.7%	12.3%	12.4%	12.3%	12.8%	12.6%	12.7%	12.6%	12.7%	12.7%	12.7%
13.1%	-04.3%	12.6%	12.8%	12.4%	12.5%	12.9%	12.6%	14.5%	12.1%	
12.9%	13.3%	13.5%	13.6%	12.8%	12.5%	12.3%	12.6%	12.8%	12.9%	
16.1%	14.4%	14.6%	12.3%	12.6%	13.4%	13.6%	13.6%	12.8%	13.4%	
13.5%	14.2%	14.2%	12.8%	12.9%	-04.3%	13.6%	13.5%	14.3%	13.6%	
13.5%	14.0%	13.7%	15.2%	13.5%	14.3%	14.5%	15.2%	14.4%	14.6%	
15.1%	14.6%	14.0%	13.3%	14.2%	13.6%	13.2%	12.3%	14.1%	13.1%	
12.7%	-04.3%	13.6%	-04.3%	13.2%	13.6%	13.9%	13.8%	14.6%	12.9%	
12.9%	14.8%	14.7%	14.2%	13.6%	13.3%	14.6%	13.5%	13.3%	14.1%	
14.1%	14.6%	14.6%	13.3%	14.1%	14.3%	14.1%	14.3%	14.3%	14.2%	
13.4%	13.7%	14.5%	15.5%	14.4%	14.2%	14.5%	14.4%	13.6%	13.5%	
13.1%	14.0%	13.6%	13.8%	13.5%	13.6%	13.6%	13.2%	13.6%	13.6%	

Slika 33. Lista merenja vlažnosti sirovine (Sretenovic P., 2015)



Slika 34. Mašina za dužinsko krojenje grešaka drveta (Sretenovic P., 2015)



Slika 35. Mašina za izradu zupčaste veze (Sretenovic P., 2015)

Sirovina čija vlažnost zadovoljava zadati opseg se dalje transporterima uvodi u mašinu za poprečno krojenje gde senzori detektuju kredom označene greške i vrše njihovo izbacivanje prerezivanjem (slika 34). Posle izbacivanja grešaka transporteri vrše dopremu komada u mašinu za nastavlanje po dužini zupčastom vezom. Veličina zuba kojima se vrši nastavlanje je 20 mm, a njihova izrada, nanošenje lepka i spajanje u lamelu se vrši automatski (slika 35). Za nastavlanje lamela po dužini se koristi jednokomponentni poliuretanski lepak nemačke proizvodnje sa otvorenim vremenom od 20 min. Najveća dužina lamela je 12 m zbog dimenzija proizvodne hale, ali će se uskoro omogućiti izrada lamela u dužini do 20 m. U planu ovog proizvođača je uvođenje još jedne standardne dužine od 13,5 m kako bi se u potpunosti iskoristio tovarni prostor kamiona, naročito prilikom izvoza ovih proizvoda. Lamele se posle nastavljanja transporterom kreću ka mašini za rendisanje (slika 36). Na mašini za rendisanje obrada se vrši samo po širim stranama lamele kako bi se omogućilo nanošenje lepka u odgovarajućoj količini i dobro naleganje što su osnovni preduslovi za kvalitetno lepljenje.



Slika 36. Dužinski nastavljene lamele ( Sretenovic P., 2015)



Slika 37. Zupčasti spoj rendisanih lamela ( Sretenovic P., 2015)



Slika 38. Mašina za nanošenje lepka ( Sretenovic P., 2015)

Nadmera na debljinu sirovine za izradu lamela je 10 mm, što je dovoljno za utezanje koje nastaje prilikom sušenja, ali i za proces rendisanja kojim se postižu u potpunosti obrađene površine. Rendisane lamele čija je konačna debljina 40 mm (slika 37) se po izlasku iz mašine dalje transportuju do mašine za nanošenje lepka. Lepak koji se koristi za lepljenje slojeva lamela u lepljeno lamelirano drvo je identičan onom koji se koristi za zupčastu vezu osim što je otvoreno vreme tri puta duže i iznosi 60 minuta (slika 38). Lepak ne sadrži fenolformaldehid tako da je u tom smislu bezbedan i omogućava izradu ekoloških proizvoda u potpunosti. Količina lepka koja se nanosi se svaki put pre početka proizvodnje kontroliše metodom vaganja pločice pleksiglasa na koju se lepak nanosi mašinski, a obračun se vrši na  $1 \text{ m}^2$  površine. Potrebna količina lepka za lepljenje lamela po debljini iznosi  $225 \text{ g/m}^2$ , što je potrebno preračunati na  $1 \text{ m}^3$  lepljenog lameliranog drveta jer se svi troškovi svode na ovu meru. To se najbolje može predstaviti na primeru jedne grede LLD-a koju ovo preduzeće ima u svojoj standardnoj ponudi čija je finalna dimenzija  $60 \text{ mm} \times 400 \text{ mm} \times 12.000 \text{ mm}$ , a zapremina  $0,288 \text{ m}^3$ . Imajući u vidu da je debljina lamela 40 mm, može se zaključiti da je potrebno 10 lamela u dužini 12 m i širini 75 mm za njenu izradu.



Slika 39. LLD smrče/jele u presi  
( Sretenovic P., 2015)



Slika 40. Četvorostrano rendisanje  
LLD ( Sretenovic P., 2015)



Slika 41. LLD spakovan u foliju  
spreman za otpremu  
( Sretenovic P., 2015)

Kod ove grede postoji 9 linija lepljenja gde je površina svake  $0,9 \text{ m}^2$  što u zbiru čini  $8,1 \text{ m}^2$  lepljene površine. Na osnovu podatka o utrošku lepka po  $1 \text{ m}^2$  ( $225 \text{ g/m}^2$ ) i ukupnoj površini linija lepljenja ( $8,1 \text{ m}^2$ ) dolazi se do podatka da je za jednu gredu potrebno utrošiti  $1,8 \text{ kg}$  lepka. Imajući u vidu zapreminu grede LLD-a ( $0,288 \text{ m}^3$ ) i količinu utrošenog lepka po jednom komadu dolazi se do potrebne količine lepka za izradu  $1 \text{ m}^3$  LLD-a u iznosu od  $6,25 \text{ kg}$ . Ako se tome doda i količina lepka od  $1 \text{ kg/m}^3$  potrebnog za dužinsko nastavljanje lamela dolazi se do količine od  $7,25 \text{ kg/m}^3$ . Posle nanošenja lepka lamele se slažu jedna na drugu do predviđene visine grede u presu (slika 39). Po završetku presovanja, koje traje najmanje 75 minuta pri pritisku od 90 bara, vrši se rendisanje greda na četvorostranoj rendisaljci uz istovremenu izradu podužnih ivica (slika 40). Rendisane grede se zatim slažu u pakete i pakuju u polietilensku foliju kako bi se zaštitile od vlage i atmosferilija čime se završava proizvodni proces (slika 41).

Jedan od najvećih problema sa kojim se ovaj proizvođač lepljenog lameliranog drveta susreće je nedostatak dovoljno kvalitetne sirovine na domaćem i tržištu susednih zemalja. U prilog tome govore i slučajevi da, i pored jasno i precizno

dogovorenih kriterijuma, vrlo često od ukupno dopremljene količine rezane građe čak i do 60 % se vraća dobavljačima jer ne poštuju dogovorenu specifikaciju. Ipak uz nešto veću cenu rezane građe koju su proizvođači LLD-a spremni da plate, a koja na CPT paritetu iznosi 170 EUR/m<sup>3</sup>, može se doći do kvalitetnije sirovine. Ako se na ovu cenu dodaju troškovi sušenja rezane građe od 20 EUR/m<sup>3</sup> dolazi se do cene suve sirovine za izradu LLD-a od 190 EUR/m<sup>3</sup>. U poprečnom krojenju u kojem se vrši eliminisanje grešaka zapremina se smanji za oko 5 % što utiče na povećanje cene sirovine na 200 EUR/m<sup>3</sup>. S obzirom da je nadmera na debljinu 10 mm, a na širinu 15 mm u odnosu na finalnu dimenziju lamela, koja se kreće u rasponu od 60 – 250 mm, zaključuje se da se iskorišćenje rezane građe kreće u rasponu od 64,0 - 75,5 % respektivno posmatrano. Ako se usvoji da je prosečno iskorišćenje 70 % dolazi se do cene koštanja sirovine u gotovom proizvodu od 285 EUR/m<sup>3</sup>.

Cene konstrukcionih poliuretanskih jednokomponentnih lepkova nemačkih proizvođača namenjenih izradi LLD-a koje domaći proizvođači koriste iznose 7 EUR/kg. Uz utrošak lepka od 7,25 kg/m<sup>3</sup> dolazi se do cene koštanja lepka od 51 EUR/m<sup>3</sup>. Domaći proizvođači ravnog LLD-a navode ukupnu cenu koštanja od 450 - 480 EUR/m<sup>3</sup>, a za potrebe kalkulacija u ovom radu je usvojena prosečna vrednost od 465 EUR/m<sup>3</sup>. Učešće sirovine i lepka u prosečnim troškovima izrade lepljenog lameliranog drveta iznose 61,3 % i 11 % respektivno posmatrano. Imajući u vidu da troškovi sirovine i lepka u ceni koštanja lepljenog lameliranog drveta imaju učešće od 72,3 %, ostatak od 27,7 % ili 129 EUR/m<sup>3</sup> čine proizvodni troškovi. Postoje dve klase kvaliteta po izgledu i to vizuelni i industrijski. Industrijski kvalitet na domaćem tržištu ima prodajnu cenu od 600 EUR/m<sup>3</sup> bez PDV-a, a vizuelni kvalitet 630 EUR/m<sup>3</sup> bez PDV-a. Iz prethodno navedenog se može zaključiti da se može ostvariti profit u rasponu od čak 135 - 165 EUR/m<sup>3</sup> lepljenog lameliranog drveta ili 22,5 - 26,2 % u odnosu na prodajnu cenu.

U pogledu programa proizvodnje ravnih greda ovaj proizvođač poseduje opremu koja omogućava izradu LLD-a širine od 60 – 250 mm, visine do 1500 mm i dužine do 20 m. Sirovina za izradu LLD-a se, za sada, samo vizuelno sortira, a u razgovoru sa predstavnicima preduzeća je dat predlog za nabavku opreme za mašinsko određivanje čvrstoće lamela što će im omogućiti izradu LLD-a u višim klasama kvaliteta i prodaju

po višim cenama. Lepljeno lamelirano drvo se ne tretira protivpožarnim ili drugim premazima već se posle rendisanja pakuje za otpremu. Najveće količine lepljenog lameliranog drveta koje ovo preduzeće proizvodi se izvoze i koriste za izgradnju kuća od drveta u zemljama Evropske unije.

Drugi proizvođač lepljenog lameliranog drveta još od 2000-te godine proizvodi ravne i zakrivljene (lučne) grede, a izrada se radi namenski za konkretne projekte. Od vrsta drveta se najčešće koriste smrča i jela uglavnom za izradu LLD-a koji je namenjen upotrebi u uslovima male do umerene vlage, dok se ariš i beli bor najčešće koriste za uslove eksploatacije koji podrazumevaju povećanu vlažnost vazduha kao što su zatvoreni bazeni, konstrukcije u primorju ili izložene dejstvu atmosferilija. Pri izradi LLD-a se u jednom komadu može naći samo jedna vrsta drveta, pri čemu treba naglasiti da je jedini izuzetak od ovog pravila kombinacija jele i smrče. Rezana građa namenjena izradi LLD-a se kupuje u sirovom stanju vlažnosti i to sa područja Bajine Bašte (Tara), Bosne i Hercegovine, Slovenije i u manjoj količini iz Rumunije (slika 42). U pogledu kriterijuma kvaliteta koje rezana građa mora da zadovolji i za I i II klasu primenjuju se odredbe standarda JUS D.C1.041:1982 za jelu i smrču i JUS D.C1.040:1955 za beli bor. Prva klasa rezane građe se koristi za izradu spoljašnjih slojeva gređa koji su u najvećoj meri opterećeni na pritisak i zatezanje, dok se druga klasa kvaliteta koristi za unutrašnje slojeve LLD-a.



Slika 42. Rezana građa smrče odličnog kvaliteta uvezena iz Rumunije  
(Izvor: Sretenovic P., 2015)

Posle prosušivanja rezane građe se radi veštačko sušenje u konvencionalnoj komori kapaciteta  $70\text{m}^3$ . Širina komore je 8 m tako da je najbolji odnos dužina paketa rezane građe koji se suše 4 + 4 m ili 5 + 3 m, što utiče na ravnomernu zapunjenost komore i kvalitetnije sušenje. U komoru se slažu 2 paketa po širini, 3 po visini i 4 po dubini komore što ukupno čini 24 paketa čija je prosečna zapremina u

rasponu od 3 - 3,1 m<sup>3</sup>. Rezana građa se suši na 8 % vlažnosti i u toku procesa prerade vlažnost se poveća do 12 %. Debljina rezane građe za ravan LLD je 48 mm za smrču i jelu i 50 mm za beli bor, a za zakrivljen LLD se koristi građa debljine 38 mm. Širina rezane građe sa nadmerom koja se koristi za izradu LLD-a se kreće u rasponu od 100 – 220 mm rastući po 20 mm. Nadmera na širinu je 20 mm od čega je 5 mm za utezanje pri sušenju, a 15 mm je nadmera za obradu.

Važno je napomenuti da i ovom proizvođaču LLD-a najveći problem predstavlja nepoštovanje dogovorene specifikacije rezane građe u pogledu kvaliteta koji se pre svega ogleda u prisustvu lisičavosti, velikih rubnih čvorova, oštećenja od insekata kao i netačnosti dimenzija (slika 43). Rezana građa jele i smrče u debljini 48 mm i u belom boru 50 mm se rendiše na dimenziju 40 – 42 mm za ravni LLD. Kod zakrivljenih greda od LLD-a debljina lamela se izračunava na osnovu formule  $\frac{\text{Radijus\_luka}}{150\text{do}200}$  tako da za manje radijuse debljina može biti već od 10 – 12 mm pri čemu se kod većih greda LLD-a koristi rezana građa debljine 38 mm koja se posle sušenja rendiše na debljinu 32 mm. Nastavljanje dasaka po dužini se vrši korišćenjem zupčaste veze i dvokomponentnog melaminskog lepka nemačke proizvodnje. Sortiranje dasaka se radi samo vizuelnom metodom, bez mehaničkog soritanja prema čvrstoći. Kada sirova rezana građa stigne od



Slika 43. Nedoovoljene greške drveta u rezanoj građi namenjenoj izradi LLD-a  
(Izvor: Sretenovic P., 2015)

dobavljača ona nije na letvicama, tako da se prilikom slaganja na letvice za potrebe prosušivanja ona vizuelno pregleda i razdvaja u dve klase, od kojih se bolja I klasa koristi za izradu spoljašnjih delova LLD-a opterećenih na pritisak i zatezanje, a ostatak materijala koji pripada II klasi se koristi za izradu unutrašnjih slojeva. Za 1m<sup>3</sup> ravnog lepljenog lameliranog drveta je potrebno najmanje 1,45m<sup>3</sup> rezane građe (iskorišćenje oko 70 %), dok je



za izradu zakrivljenog LLD-a potrebno najmanje  $1,55\text{m}^3$  rezane građe (iskorišćenje oko 65 %). Kada se lepljeno lamelirano drvo izvadi iz prese vrši se njegovo rendisanje na dvostranoj rendisaljki čija je najveća radna širina 1330 mm, a radna debljina 300 mm. Ukoliko se LLD ugrađuje u enterijeru onda se posle rendisanja vrši brušenje i nakon toga premazuje lazurnim i/ili drugim dekorativnim sredstvima. LLD se ne štiti protivpožarnim sredstvima, već se protivpožarna otpornost dobija adekvatnim dimenzionisanjem. Ukoliko se LLD ugrađuje u uslovima povećane vlage kao što su objekti u primorskim zonama za impregnaciju se najčešće koristi beli bor koji se tretira transparentnim premazom na bazi biocida u jednom nanosu. Preko njega se nanosi lazurni premaz u željenoj boji u dva nanosa. Ukoliko se LLD ugrađuje u enterijeru onda se koriste smrča/jela koja se tretira dva puta samo lazurnim premazom. U novije vreme se koriste i proizvodi na vodenoj bazi uglavnom pri izradi konstrukcija sportskih balona. Konačna vlažnost lepljenog lameliranog drveta u momentu isporuke se kreće u rasponu od  $12 \pm 2 \%$ .

Najveće dimenzije ravnog i zakrivljenog lepljenog lameliranog drveta koje se mogu proizvesti su do 30 m dužine, 200 mm širine i 2000 mm visine. Postoji i mogućnost proizvodnje šireg LLD-a ali se onda dve ili više greda LLD-a lepe po širini u blok. Za lepljenje po debljini se koristi dvokomponentni melaminski lepak nemačkog



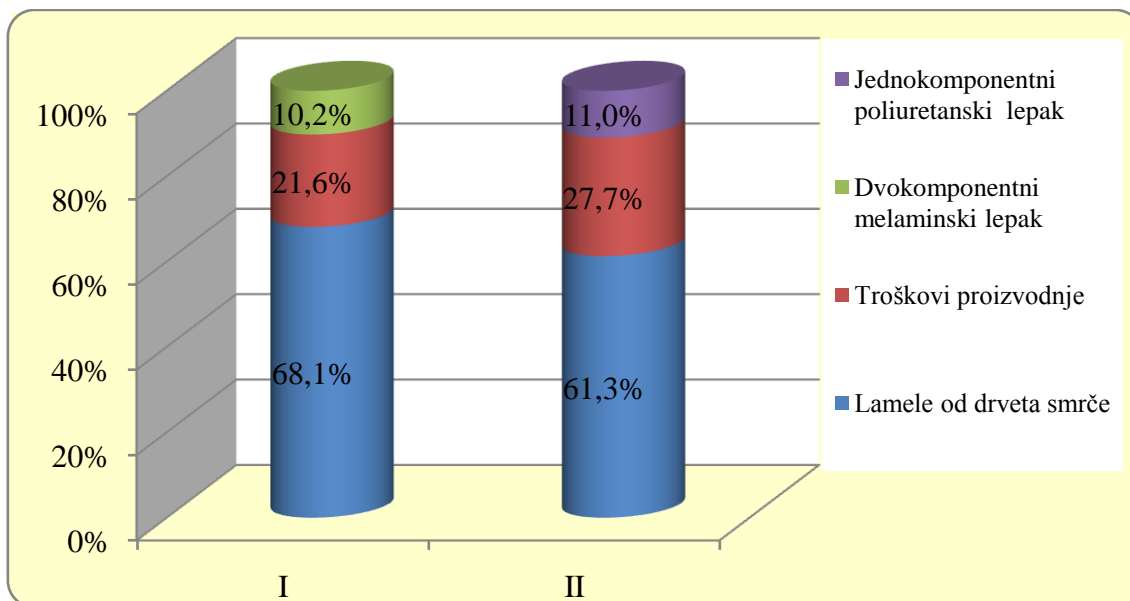
Slika 44. Rezervoari sa lepkom (smola i očvršćivač) nemačkog proizvođača  
(Izvor: Sretenovic P., 2015)

proizvođača, isto kao i prilikom dužinskog nastavljanja (slika 44). Nanošenje lepka se vrši tako što se kroz dizne odgovarajućeg promera nanosi smola, a odmah zatim kroz drugi par dizni i očvršćivač koji se međusobno mešaju pri uslojavanju. Propisani odnos smole i očvršćivača je 5 : 1, ali se u zavisnosti od potreba za brzinom očvršćavanja on može korigovati. Količina lepka koja se nanosi se kreće u rasponu od 400 – 450  $\text{g}/\text{m}^2$  što iznosi oko 12 - 13

kg/m<sup>3</sup> LLD-a, pri čemu treba imati u vidu da je kod zakrivljenog LLD-a malih radijusa potrebno koristiti lamele malih debljina što značajno utiče na povećanje utroška lepka.

Što se tiče klasa čvrstoće one nisu definisane tako da se za svaki pojedinačni objekat rade statički proračuni. Pored prodaje na domaćem tržištu lepljeno lamelirano drvo se izvozi (u konkretnom slučaju oko 20 % od ukupne proizvodnje). Bez obzira da li se LLD proizvodi za izvoz ili za domaće tržište primenjuju se isti kriterijumi kvaliteta. Kapacitet proizvodnje lepljenog lameliranog drveta ovog proizvođača iznosi 120 m<sup>3</sup> na mesečnom nivou.

Imajući u vidu da se rezana građa uvozi iz više zemalja razlikuje se i njena cena na paritetu CPT fabrika. Tako je cenovno povoljnija rezana građa iz Bosne i Hercegovine čija je cena 180 EUR/m<sup>3</sup>, dok je građa iz Slovenije skuplja za oko 30 EUR/m<sup>3</sup> u najvećoj meri zbog cene prevoza. S'obzirom da se najveće količine rezane građe kupuju iz Bosne i Hercegovine i na domaćem tržištu za prosečnu cenu koštanja se može uzeti vrednost od 180 EUR/m<sup>3</sup>. Ako se na ovu cenu doda i cena koštanja sušenja koja iznosi 25 EUR/m<sup>3</sup> dolazi se do cene suve rezane građe od 205 EUR/m<sup>3</sup>. Imajući u vidu maksimalno moguće iskorišćenje za ravni LLD od 70 % dolazi se do cene lamela od 293 EUR/m<sup>3</sup>, dok kod zakrivljenog LLD-a iskorišćenje od 65 % utiče na to da cena bude nešto preko 315 EUR/m<sup>3</sup>. Cena koštanja melaminskog lepka iznosi 3,5 EUR/kg što znači da uz utrošak od 12 – 13 kg/m<sup>3</sup> ravnog LLD-a trošak lepka iznosi prosečno 44 EUR/m<sup>3</sup>. Imajući u vidu cenu koštanja ravnog LLD-a od 430 EUR/m<sup>3</sup> može se zaključiti da je udeo sirovine u ceni koštanja 68,1 % dok je udeo lepka 10,2 %. Ostatak od 21,6 % ili 93 EUR/m<sup>3</sup> čine troškovi radne snage i mašinske obrade (električna energija, alati, amortizacija i drugo). Učešće pojedinih komponenti u ceni koštanja lepljenog lameliranog drveta koje se proizvodi u Srbiji je dato na grafikonu 5.



Grafikon 5. Učešće pojedinih komponenti u ceni koštanja LLD-a kod oba proizvođača u Srbiji (Izvor: Sretenovic P., 2015.)

Cena koštanja zakrivljenog LLD-a je 500 EUR/m<sup>3</sup> pri čemu može biti i nešto veća u zavisnosti od debljine lamela, količine utrošenog lepka, ali i broja komada koji se izrađuju imajući u vidu da se za svaki radijus i oblik presa mora ponovo podešavati (slika 45). Prodajna cena ravnog LLD-a na domaćem tržištu se kreće u rasponu od 500 – 520 EUR/m<sup>3</sup>, što uz cenu koštanja od 430 EUR/m<sup>3</sup> omogućava profit od 70 – 90



Slika 45. Zakrivljeni LLD dužine 23m, površinski zaštićen lazurnim premazom (Sretenovic P., 2015.)

EUR/m<sup>3</sup> ili 14 - 17,3 %. Kod zakrivljenog LLD-a prodajna cena na domaćem tržištu je u rasponu od 600 – 650 EUR/m<sup>3</sup> tako da kada se u obzir uzme cena koštanja od 500 EUR/m<sup>3</sup> dolazi se do profita od 100 – 150 EUR/m<sup>3</sup>. U posebnim slučajevima, kada se zahtevaju specifična zakrivljenja i forme LLD-a cena može dostići i do 1.000 EUR/m<sup>3</sup>.

U Srbiji se pored domaće proizvedenog lepljenog lameliranog drveta može naći i uvozni LLD. Najveći uvoznik LLD-a predstavlja kompanija koja se bavi projektovanjem i gradnjom objekata od drveta. Njegova prevashodna namena je za gradnju kuća od drveta u zemljama EU kao što su Francuska, Norveška i Švedska.

Upravo zato se lepljeno lamelirano drvo obrađuje na CNC mašini u domaćoj fabrici u skladu sa zahtevima projekta (slika 46). Debljina lamela od kojih je izrađen ovaj LLD je 40 mm, a može se naći u vizuelnom i industrijskom kvalitetu. Najčešće se uvoze grede LLD-a u dimenziji  $120 \times 500$  mm i  $140 \times 500$  mm u dužinama 13 m i 13,5 m.



Slika 46. Obrada LLD-a na CNC mašini (Sretenovic P., 2015)

Nabavna cena LLD-a koji se uvozi za potrebe proizvodnje kuća od drveta na paritetu CPT Beograd se kreće do 470 EUR/m<sup>3</sup> za industrijski i 490 EUR/m<sup>3</sup> za vizuelni LLD sa kamionskim isporukama. Ukoliko se zahteva vanstandardna dužina lepljenog lameliranog drveta cena se uvećava u rasponu od 30 – 70 EUR/m<sup>3</sup>. Ova fabrika takođe ima mogućnost zaštite LLD-a ekspandirajućim protiv požarnim

sredstvom domaće proizvodnje kojim se postiže vatrootpornost u trajanju do 90 minuta. U pitanju je jednokomponentni beli mat premaz na vodenoj bazi koji se može naneti četkom, valjkom ili prskanjem, a pored navedenog sredstva postoji i transparentni protiv požarni premaz. Sistem protivpožarne zaštite se postiže nanošenjem osnovnog premaza prajmera, ekspandujućeg protivpožarnog premaza i na kraju se vrši nanošenje dekorativnog premaza. Ovi premazi imaju sertifikate za 30, 60 i 90 minuta vatrootpornosti dobijene od Instituta za ispitivanje materijala Srbije. Pored zaštite od požara grede lepljenog lameliranog drveta se mogu zaštititi i fungicidnim i insekticidnim sredstvima ukoliko se za to ukaže potreba.

### **6.2.3. Analiza ekonomske isplativosti proizvodnje kompozitnih proizvoda od drveta i klasične rezane grede**

Pored postojanja tržišnih potencijala za donošenje odluke o proizvodnji nekog proizvoda od izuzetnog značaja su kalkulacije njegove isplativosti sa ekonomskog stanovišta. Ista konstatacija važi i kada su u pitanju kompozitni proizvodi od drveta. Iz tog razloga u nastavku su predstavljeni rezultati istraživanja ekonomske isplativosti

proizvodnje rezane građe četinarara i lepljenog lameliranog drveta kao kompozitnog proizvoda. Cilj analiza predstavljao je dobijanje odgovora da li postoji i ako postoji koliko iznosi ekonomska isplativost proizvodnje lepljenog lameliranog drveta kao i koliko puta se povećava koeficijent valorizacije rezane građe ako se ona ugradi u lepljeno lamelirano drvo umesto da se prodaje kao klasična rezana građa.

Za te potrebe su sprovedena terenska istraživanja u Srbiji koja su obuhvatila izabrane pilane u Moravičkom okrugu i najveće preduzeće za proizvodnju lepljenog lameliranog drveta. U cilju sprovođenja uporedne analize ekonomske isplativosti proizvodnje lepljenog lameliranog drveta u Srbiji i u drugim zemljama sprovedeno je istraživanje na primeru proizvodnje lepljenog lameliranog drveta kod izabranih proizvođača iz Centralne Evrope.

Pri tom potrebno je istaći da je analiza ekonomske isplativosti proizvodnje lepljenog lameliranog drveta najpre urađena na primeru proizvodnje kod proizvođača iz Centralne Evrope, a tek zatim na primeru proizvođača iz Srbije. Tim redosledom je dat i prikaz rezultata istraživanja u nastavku. Glavni razlog ovakvog pristupa predstavljali su problemi koji su postojali u istraživanju cene koštanja LLD kod proizvođača u Srbiji. S druge strane takvih problema nije bilo na primeru proizvodnje izabranog kompozita kod proizvođača iz Centralne Evrope. Imajući u vidu navedena ograničenja, u analizi ekonomske isplativosti proizvodnje LLD u Srbiji, usvojeni su određeni parametri iz proizvodnje proizvođača iz Centralne Evrope uz odgovarajuća objašnjenja.

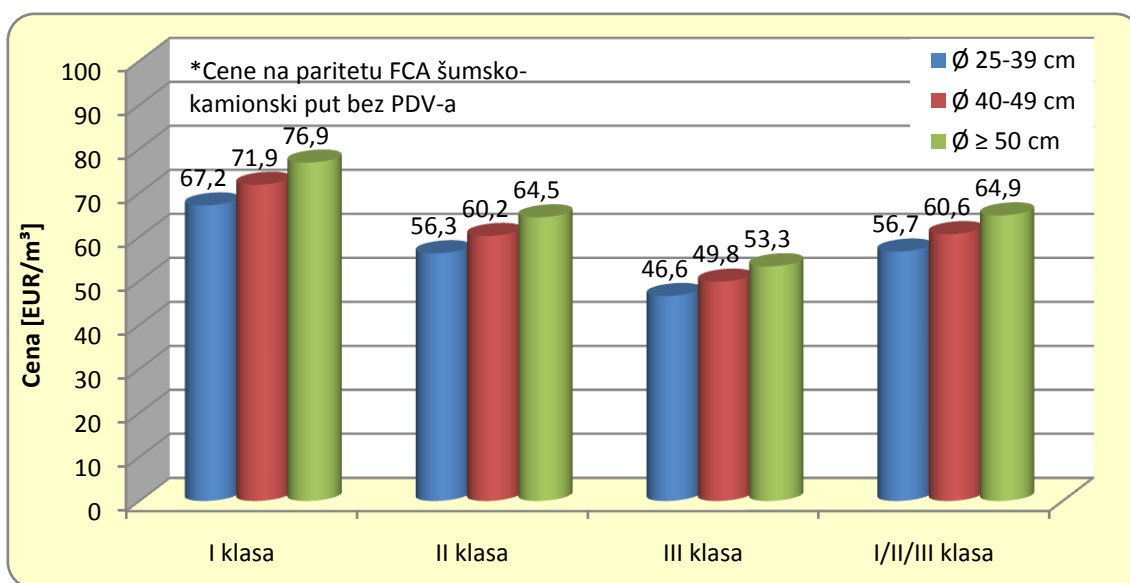
U nastavku su predstavljeni rezultati navedenih analiza sa odgovarajućim komentarima i diskusijom.

#### ***6.2.3.1. Analiza ekonomske isplativosti proizvodnje rezane građe jele/smrče u izabranim pilanama u Srbiji***

Pilane u Srbiji su u najvećoj meri orjentisane na proizvodnju proizvoda nižeg stepana finalizacije pa samim tim i manje finansijske vrednosti što bitno utiče na krajnji ekonomski rezultat njihovog poslovanja. Na ovaj način se poluproizvodi kao što su neokrajčena i okrajčena rezana građa, različite vrste elemenata, grede/gredice i letve

četinarskih i lišćarskih vrsta drveća kao takvi prodaju na domaćem i inostranom tržištu. Prema istraživanju sprovedenom na izabranim pilanama Moravičkog okruga koje režu četinarsku oblovinu jele/smrče došlo se do podataka o prodajnoj ceni rezane građe ovih drvnih vrsta. Za rezanu građu u prvoj klasi kvaliteta debljine 25 mm cene se kreću u opsegu od  $215 \pm 5$  EUR/m<sup>3</sup>, a za ostalu dasku  $125 \pm 5$  EUR/m<sup>3</sup>, sve na paritetu EXW. Cena greda na istom paritetu iznosi 140 EUR/m<sup>3</sup>, a ista cena važi i za okrajčenu rezanu građu debljine 50 mm.

Ukoliko se u ovu kalkulaciju uvrste i prosečne cene trupaca za rezanje koje važe u Srbijašumama za I, II i III klasu jele/smrče po debljinskim razredima iz cenovnika Srbijašuma broj 6/2013 - 33 (grafikon 6), koje su njihov glavni dobavljač, kao i ostali signifikantni parametri dobijaju se polazni elementi za izračunavanje prosečne cene koštanja ovih proizvoda, pa samim tim i profita koji se potencijalno može ostvariti.



Grafikon 6. Cene trupaca jele/smrče u Srbijašumama po klasama i debljinskim razredima  
(Izvor: JP "Srbijašume", 2013 (cene u EUR za visinu kursa na dan objavljivanja cenovnika))

Za potrebe izračunavanja cene koštanja rezane građe se pošlo od podataka dobijenih tokom terenskog istraživanja da jedna prosečna pilana u Moravičkom okrugu na godišnjem nivou kupuje trupce jele/smrče u srednjem debljinoskom razredu Ø 40 – 49 cm. Cena ovakvih trupaca odgovara proseku cena za I, II i III klasu kvaliteta i iznosi 60,6 EUR/m<sup>3</sup>, bez PDV-a na paritetu FCA. Na ovu cenu se dodaju troškovi utovara/istovara i prevoza trupaca do pilane, koji se u zavisnosti od transportne distance

kao i toga da li je u pitanju sopstveni ili uslužni prevoz kreću u rasponu od 5 – 15 EUR/m<sup>3</sup>. Za kalkulaciju cene koštanja je uzeta srednja vrednost od 10 EUR/m<sup>3</sup>. Ovim se dolazi se do cene koštanja trupaca na paritetu *fco* pilana od 70,6 EUR/m<sup>3</sup>. Kada se na ovu cenu dodaju prosečni troškovi rezanja trupca od 15 EUR/m<sup>3</sup>, što između ostalog zavisi i od kapaciteta same linije, dobija se da su troškovi nabavke i prerade 1 m<sup>3</sup> trupaca četinaru 85,6 EUR. Imajući u vidu da je prosečno iskorišćenje trupaca jele/smrče u rezanu građu oko 70 % (Šoškić B., et al., 2007), dobija se da je cena koštanja rezane gradje 122 EUR/m<sup>3</sup>. S obzirom da je da je prosečna prodajna cena rezane građe jele i smrče u izabranim pilanama 135 EUR/m<sup>3</sup> na paritetu EXW, bez PDV-a dolazi se do potencijalne dobiti koja bi na osnovu svih prethodnih parametara iznosila 13 EUR/m<sup>3</sup>. Na ovu dobit je potrebno dodati i dobit koja se ostvaruje prodajom drvnog ostatka – okoraka i piljevine koji nastaju u proizvodnji rezane građe. Količina okoraka koja nastane u proizvodnji 1 m<sup>3</sup> rezane građe iznosi 0,3 prm što po prodajnoj ceni od 8,5 EUR/prm daje dobit od 2,5 EUR, dok je količina nastale piljevine jednaka 1 prm po ceni od 7 EUR/prm, što zbirno daje dobit sporednih proizvoda od 9,5 EUR/m<sup>3</sup> rezane građe. Ukoliko se dobit sporednih proizvoda (9,5 EUR/m<sup>3</sup> rezane građe) doda na potencijalnu dobit (13 EUR) koja se dobija prodajom rezane građe dolazi se do dobiti od 22,5 EUR/m<sup>3</sup> rezane građe (*Izvor: izabrani proizvođači rezane građe u Moravičkom okrugu*).

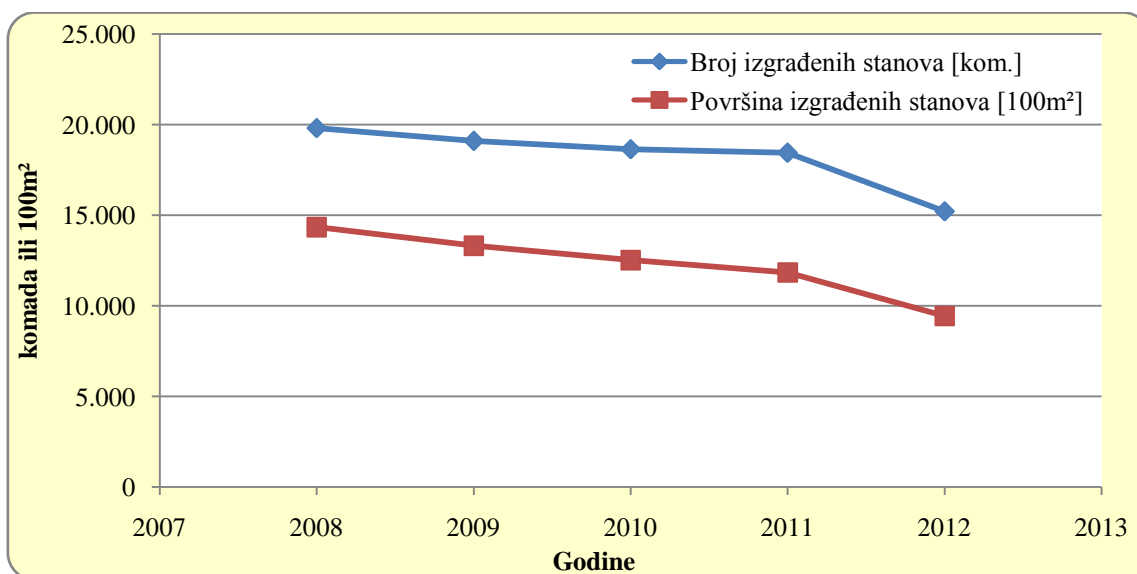
Veoma česti zahtevi sa kojima se domaći pilanari susreću je prodaja rezane građe na paritetu CPT koji podrazumeva plaćenu vozarinu do ugovorenog odredišta. Zato je od značaja da se pre davanja ponude jasno definiše količina rezane građe koja se može utovariti u kamion imajući u vidu da to značajno utiče na cenu koštanja jedinice proizvoda. Dimenzija poluprikolice kamiona je 13,62 m × 2,46 m × 2,85 m što daje zapreminu prostora od 95,5 m<sup>3</sup>, a u pogledu dozvoljene nosivosti granična vrednost iznosi 24 tone. Ukoliko se uzme da zapreminska masa prosušene rezane građe smrče pri transportnoj vlažnosti od 22 % iznosi 486 kg/m<sup>3</sup> i na tu vrednost se dodaje još 10 kg/m<sup>3</sup> za težinu ambalaže u vidu palete i plastične poli propilenske trake koja se vezuje najčešće na 2 - 3 mesta u zavisnosti od dužine rezane građe dolazi se do težine od 496 kg/m<sup>3</sup>. U praksi se utovara najviše do 45 m<sup>3</sup> ovako prosušene rezane građe u zavisnosti od njenih dimenzija i popunjenosti tovarnog prostora, što daje ukupnu masu tereta nešto manju od 22,5 tona. Imajući u vidu da je cena uslužnog prevoza kamionom sa

poluprikolicom cca 1 EUR/km, može se izračunati da bi za transportnu distancu od 200 km cena prevoza iznosila 4,4 EUR/m<sup>3</sup> što daje prosečnu prodajnu cenu rezane građe od 139,4 EUR/m<sup>3</sup> na CPT paritetu (*Izvor: preduzeća za drumski transport u Srbiji*).

Na osnovu rezultata istraživanja i analize cena trupaca jele/smrče u Republici Srpskoj i Hrvatskoj koji se klasiraju po istim klasama kvaliteta i debljinskim razredima kao i u Srbiji došlo se do sledećih zaključaka:

- U Republici Srpskoj su prosečne cene trupaca I, II i III klase jele/smrče u prva dva debljinska razreda gotovo identične, dok je cena u najvišem debljinskom razredu veća za 2,7 % u odnosu na cene u Srbiji.
- U Republici Hrvatskoj su cene trupaca niže u odnosu na cene u Srbiji i to u najnižem debljinskom razredu za čak 25,8 %, u sledećem debljinskom razredu za 13,5 %, a u najvišem debljinskom razredu ta razlika je manja i iznosi 3,2 %. Cena trupaca smrče III klase u cenovniku hrvatskih šuma je u proseku viša za 1,2 EUR/m<sup>3</sup> u odnosu na istu klasu trupaca jele, pa je za potrebe kalkulacije uzeta aritmetička vrednost cene ove dve vrste drveta.

Sve teže stanje na tržištu stambene gradnje, u smislu smanjenja broja završenih stanova (grafikon 7) znatno oteževa plasman rezane građe četinara koja je prevashodno namenjena ovom sektoru.



Grafikon 7. Broj i površina završenih stanova u Srbiji u periodu 2008 - 2012. godina  
(*Izvor: RZS, 2014*)

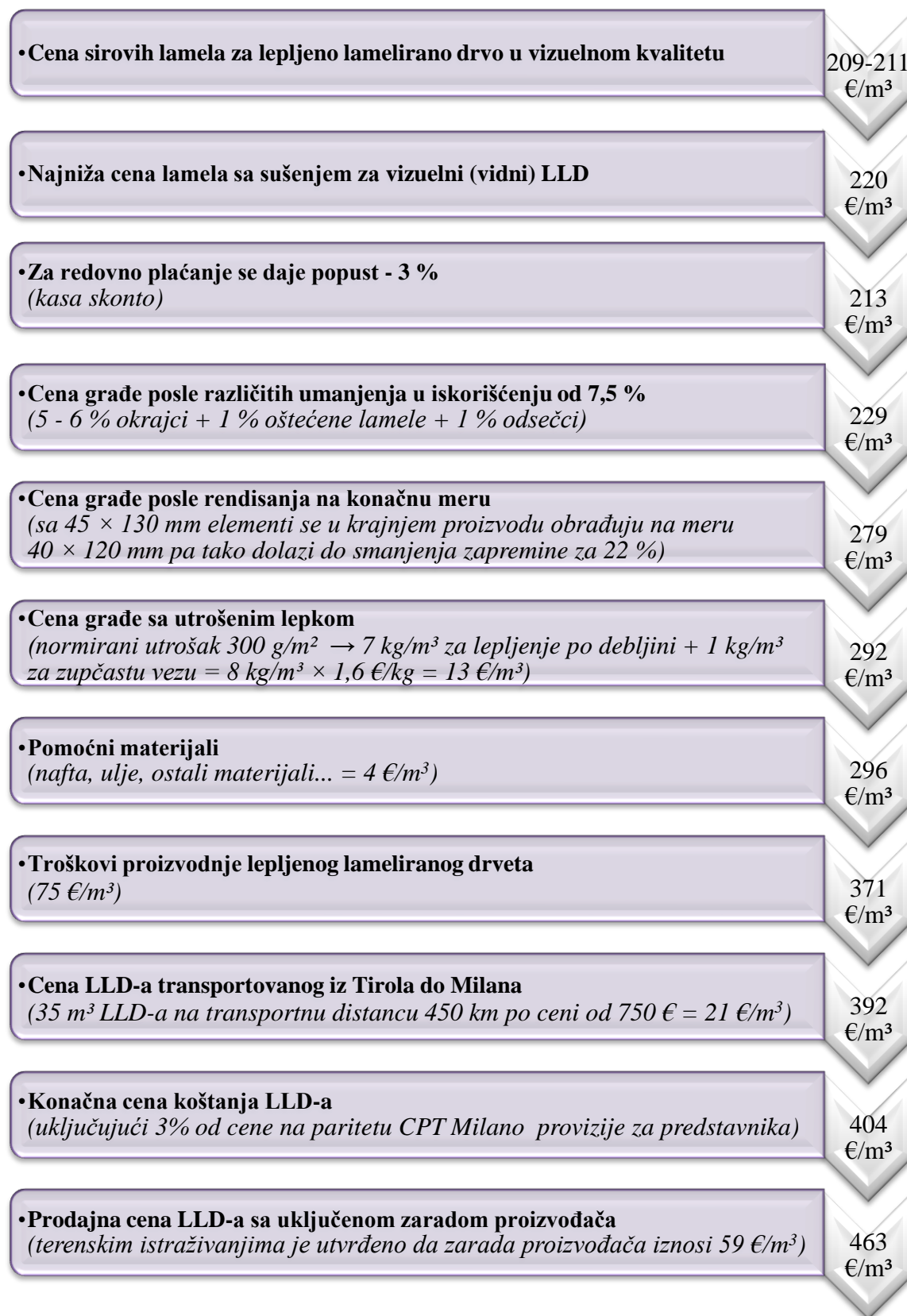


Ovu situaciju dodatno otežava i uvoz rezane četinarske građe iz Bosne i Hercegovine i Austrije koja je po ceni veoma konkurentna rezanoj građi proizvedenoj u Srbiji. U prilog tome govori i činjenica da se na pojedinim stovarištima građevinskog materijala u Sremu može naći okrajčene rezana građa jele/smrče uvezena iz Bosne i Hercegovine u debljini od 25 mm po ceni koja iznosi 125 - 130 EUR/m<sup>3</sup> bez PDV-a što je gotovo jednako ceni na paritetu EXW na domaćim pilanama. Ova činjenica je veoma zabrinjavajuća imajući u vidu da su cene trupaca gotovo identične onima u Srbiji, pa čak i nešto veće u I klasi kvaliteta (*Izvor: Stovarišta rezane građe u Srbiji*).

Sve prethodno navedeno je od velike važnosti za sagledavanje stvarnog stanja i teškoća sa kojima se suočavaju pilanari koji proizvode klasičnu rezanu četinarsku građu jele/smrče u Srbiji. Iz tog razloga orijentacija pilanara prema proizvodnji pojedinih tipova kompozitnih proizvoda od drveta predstavlja jedno od mogućih rešenja za prevazilaženje postojećeg stanja.

#### ***6.2.3.2. Analiza ekonomske isplativosti proizvodnje lepljenog lameliranog drveta od smrče u Centralnoj Evropi***

Prema istraživanju sprovedenom od strane Ebner G. (2013) cena sirovih lamela za lepljeno lamelirano drvo se u septembru 2013. godine u Centralnoj Evropi kretala u rasponu od 209 – 211 EUR/m<sup>3</sup>. Ukoliko se ova tržišna cena uporedi sa cenom okrajčene rezane građe u kvalitetu čista-polučista (ČPČ) u debljini 25 mm u Srbiji koja je iznosila 215 ± 5 EUR/m<sup>3</sup>, može se zaključiti da gotovo ne postoji značajnija razlika u ceni. Za sušenje sirovih lamela troškovi se u uvećavaju sa 209 – 211 EUR/m<sup>3</sup> na najmanje 220 EUR/m<sup>3</sup>. Međutim, ukoliko se koriste pogodnosti redovnog plaćanja može se očekivati popust na ime *kasa skonto* u iznosu od 3 %, pa se tako cena suvih lamela može kretati oko 213 EUR/m<sup>3</sup>. Detaljna struktura cene koštanja lamela i lepljenog lameliranog drveta u Centralnoj Evropi predstavljena je na grafikonu 8.



Grafikon 8. Grafički prikaz izračunavanja cene koštanja proizvodnje LLD-a od smrče u Centralnoj Evropi; (Izvor: Ebner G., 2013, Original)

Kalkulacija je urađena za proizvodnju lepljenog lameliranog drveta dužine 12 m, pri čemu su lamele imale dimenziju  $45 \times 130$  mm u koju je uračunata nadmera. Pri tom, uzeto je u obzir umanjene količine u iznosu 5 – 6 % za okrajke, 1 % za oštećene lamele i 1 % za odsečke što sve zajedno umanjuje zapreminu lamela za 7 – 8 %. Ovo umanjeno uticalo je na povećanje cene koštanja u proseku za 7,5 % tj. do nivoa od 229 EUR/m<sup>3</sup>. Svim navedenim umanjnjima dodato je i umanjeno zapremine lamela koje nastaje u procesu rendisanja i svođenja njihovih dimenzija na  $40 \times 120$  mm, što predstavlja njihovu konačnu meru sa kojom se ugrađuju u finalni proizvod. Prema iskustvima proizvođača umanjeno zapremine lamela u procesu rendisanja iznosi u proseku 21,9 % što je uticalo na povećanje njihove cene koštanja na nivo od 279 EUR/m<sup>3</sup> ( $229 \text{ EUR/m}^3 \times 1,219$ ).

Za proizvodnju LLD-a u dimenziji poprečnog preseka  $120 \times 200$  mm utrošeno je 5 lamela u finalnoj debljini od 40 mm. Ako se zna da je utrošak lepka 300 gr/m<sup>2</sup> potrebno je 7 kg/m<sup>3</sup> što zajedno sa 1 kg/m<sup>3</sup> neophodnim za dužinsko nastavljanje klinasto zupčastom vezom zahteva potrošnju od 8 kg/m<sup>3</sup>. Imajući u vidu da je cena lepka 1,6 EUR/kg može se zaključiti da je trošak lepka 13 EUR/m<sup>3</sup>. Sa poslovnim rashodima od 4 EUR/m<sup>3</sup> to uvećava cenu koštanja na nivo od 296 EUR/m<sup>3</sup>.

Na savremenoj liniji za proizvodnju LLD-a troškovi proizvodnje iznose, u proseku, 75 EUR/m<sup>3</sup> (zavisno od karakteristika linije i organizacije proizvodnje), pri čemu su ti troškovi bili veći za 20 – 30 EUR/m<sup>3</sup> do pre samo desetak godina. Uzimajući u obzir i troškove proizvodnje ukupna cena koštanja gotovog lepljenog lameliranog drveta na paritetu EXW iznosi 371 EUR/m<sup>3</sup>. Na ovu cenu potrebno je dodati i troškove prevoza. Rezultati istraživanja koje je sprovedeno kod jednog od vodećih proizvođača lepljenog lameliranog drveta u Austriji pokazuju da su prosečni troškovi transporta 21 EUR/m<sup>3</sup> na transportnoj distanci Tirol - Milano (450 km). Cena transporta na ovoj relaciji iznosi 750 EUR, pri čemu treba imati u vidu da se prosečno može utovariti 35 m<sup>3</sup> LLD-a u jedan kamion. Ako se na visinu cene koštanja na paritetu EXW dodaju troškovi transporta dobija se cena od 392 EUR/m<sup>3</sup>. Na ovu cenu treba dodati proviziju predstavnika u Italiji koja iznosi 3 % od navedene cene, što čini 12 EUR/m<sup>3</sup>, tako da konačna cena koštanja iznosi 404 EUR/m<sup>3</sup> na paritetu CPT Milano (grafikon 8).

U prethodno navedenu kalkulaciju nije uračunata zarada proizvođača, već samo troškovi koji nastaju u svakoj od navednih faza detaljno objašnjenog procesa proizvodnje, transporta i prodajne logistike. Na osnovu rezultata sprovedenog terenskog istraživanja prosečna prodajna cena LLD-a na paritetu EXW fabrika u Austriji iznosi 430 EUR/m<sup>3</sup>. Ako se ova cena umanji za cenu koštanja lepljenog lameliranog drveta koja iznosi 371 EUR/m<sup>3</sup> može se zaključiti da zarada proizvođača iznosi 59 EUR/m<sup>3</sup>. Imajući u vidu prethodno navedeno prodajna cena LLD-a na paritetu CPT Milano sa uključenom zaradom proizvođača iznosi 463 EUR/m<sup>3</sup>.

Ebner, G. (2013) navodi da za Italiju treba imati u vidu troškove finansiranja odloženog plaćanja na 90 dana. Sa druge strane Nemački kupci zahtevaju popuste i/ili bonuse kada posluju sa velikim trgovcima drvetom. Ako se ima u vidu smanjenje iskorišćenja rezane građe tj. lamela koje u ceni finalnog proizvoda učestvuje sa čak 279 EUR/m<sup>3</sup>, može se zaključiti da je njihovo učešće u ceni koštanja finalnog proizvoda značajno i da iznosi i do 70 %. Ovo je jedan od najvažnijih razloga zašto su proizvođači lepljenog lameliranog drveta veoma osetljivi na promene cene sirovine koja ima veliki udeo u ceni finalnog proizvoda.

Pored navedenih izvora Zöllig S. (2013) je u svom radu istraživao poreklo drvnog materijala koji se koristi za gradnju velikih objekata od drveta u Švajcarskoj, pa je tako izvršio komparativnu analizu cene koštanja uvoznog i domaće proizvedenog lepljenog lameliranog drveta i došao do zaključka da ako se LLD proizvodi od domaćeg drveta on košta 600 CHF/m<sup>3</sup> (487,2 EUR/m<sup>3</sup>), a ako se uvozi košta 540 CHF/m<sup>3</sup> (438,5 EUR/m<sup>3</sup>). Prema istraživanju istog autora na tržištu Švajcarske udeo troškova sirovine<sup>2</sup> u ukupnoj ceni koštanja LLD-a iznosi od 28 - 31 % u zavisnosti od toga da li se radi o domaće proizvedenom ili uvoznom LLD-u. Učešće troškova mašina i postrojenja se kreće u dijapazonu od 28 – 30 %, zarade zaposlenih od 13 – 17 % dok ostatak čine administracija, transport, lepak i pakovanje. Navedena razlika u ceni je u najvećoj meri posledica razlike u zaradama i troškovima mašinske obrade.

---

<sup>2</sup> Verovatno se radi o rezanoj gradji i njeno učešće je u rasponu od 28 – 31 %, dok je učešće obrađenih lamela normalno veće jer su one skuplje.

Kao potvrda učešća pojedinih kategorija troškova u ceni koštanja 1 m<sup>3</sup> proizvedenog LLD-a govore i istraživanja profesora Fruhwald A. (2009) koji napominje da je cena koštanja lepljenog lameliranog drveta smrče u rasponu 400 - 500 EUR/m<sup>3</sup>, što je u skladu sa cenom koju su dobili Rüter S. et al. (2012). Prema rezultatima njihovog istraživanja troškovi sušenja sirove rezane četinarske građe iznose 25 EUR/m<sup>3</sup>, a troškovi rendisanja suve rezane građe 40 EUR/m<sup>3</sup>, pa se uz sve ostale troškove koji nastaju u procesu proizvodnje LLD-a dolazi do cene koštanja u iznosu od 400 EUR/m<sup>3</sup>. U prilog navedenoj ceni koštanja lamela za izradu LLD-a govore i rezultati istraživanja Torno S. (2012) prema kojima se cena koštanja lamela smrče kretala u rasponu od 200 - 300 EUR/m<sup>3</sup>. Torno S. et al. (2013) navode da je procenat iskorišćenja prilikom rezanja trupaca smrče u rezanu građu 70 % od čega su 45 % glavni proizvodi, a 25 % sporedni proizvodi pri čemu se od prethodno navedene rezane građe dobija 40 % gotovih lamela čija je cena 250 EUR/m<sup>3</sup>. Oni takođe navode da je profesor Arno Fruhwald u svom istraživanju sprovedenom 2003. godine došao do rezultata koji pokazuje da je procenat iskorišćenja suvih lamela smrče u lepljeno lamelirano drvo 72 %. U prilog tvrdnjama profesora Fruhwalda govori i istraživanje Corradini R. et al. (1999). Iskorišćenje trupaca u rezanu građu četinara koje su oni prikazali u svom radu iznosi 61,7 %, a iskorišćenje rezane građe u lepljeno lamelirano drvo 71,4 % (za 1 m<sup>3</sup> LLD-a je potrebno 1,4 m<sup>3</sup> rezane građe). Iz prethodno navedenog se može zaključiti da iskorišćenje iz trupaca u gotov LLD iznosi 44 %. Pored navedenih istraživanja u domenu iskorišćenja drvne sirovine profesor Fruhwald A. (2005) je sprovodio i istraživanja koja se odnose na utroške primarne energije u proizvodnji lepljenog lameliranog drveta (tabela 6).

Tabela 6. Utrošci primarne energije za izradu 1 m<sup>3</sup> lepljenog lameliranog drveta

Utrošci primarne energije	[kWh/m <sup>3</sup> ]
Električna energija	391
Nafta (dizel)	273
Drvo	518
Lož ulje	36
<b>UKUPNO:</b>	<b>1.218 kWh/m<sup>3</sup></b>

(Izvor: Fruhwald A., 2005)

Sa stanovišta doprinosa LLD-a ublažavanju klimatskih promena izabran je primer utrošaka energije i emisije CO<sub>2</sub> za LLD i nekoliko drugih kompozitnih

proizvoda. Prema prof. Fruhwald A. (2005) za jednu gredu LLD dimenzija  $100 \times 300 \times 10.000$  mm utroši se  $0,7 \text{ m}^3$  drvene sirovine i  $388,9 \text{ kWh}$  energije ( $1400 \text{ MJ}$ ) od čega je  $57 \%$  fosilnog porekla, a  $43 \%$  nefosilnog porekla.

Za ovu dimenziju grede LLD-a  $\text{CO}_2$  ekvivalent<sup>3</sup> iznosi  $33 \text{ kg}$ . Profesor Fruhwald (2005) je u svom istraživanju izvršio poređenje prethodno pomenute grede od LLD-a sa gredama CSL/Parallam i LVL/OSB čije su dimenzije iznosile  $80 \times 360 \times 10.000$  mm. Tako su utrošci energije u proizvodnji LLD-a manji za oko  $36 \%$  i  $7 \%$  u odnosu na ostale dve grupe kompozita, energije iz fosilnih goriva za  $20 \%$  i  $7 \%$ , dok su  $\text{CO}_2$  ekvivalenti bili manji za oko  $48 \%$  i  $18 \%$  respektivno posmatrano. Potrebna drvna sirovina za izradu CSL/Parallam grede je manja za  $3,2$  puta, a kod LVL/OSB grede za  $2,7$  puta od potrebne sirovine za izradu LLD-a. Od značaja je navesti i činjenicu da je moment inercije kod prethodna dva proizvoda manji u odnosu na LLD samo za  $11,1 \%$  i  $22,2 \%$  respektivno posmatrano.

### ***6.2.3.3. Analiza ekonomske isplativosti proizvodnje lepljenog lameliranog drveta od smrče u Srbiji***

Analiza cene koštanja izrade LLD-a smrče u Centralnoj Evropi se u pogledu troškova proizvodnje i pomoćnih materijala može analogno primeniti i na proizvodnju lepljenog lameliranog drveta u Srbiji. Rezultati sprovedenog terenskog istraživanja pokazuju da je i u Srbiji prisutna tehnološki savremena i automatizovana oprema za serijsku proizvodnju lepljenog lameliranog drveta velikog kapaciteta, koja ne zahteva veliko učešće radne snage. I pored manjeg učešća radne snage u proizvodnom procesu njeni troškovi nisu zanemarljivi, pri čemu bi njeno učešće u troškovima moralo biti manje u preduzeću za izradu LLD-a u Srbiji nego u Centralnoj Evropi. Na osnovu prethodno navedenih činjenica se može zaključiti da bi troškovi proizvodnje lepljenog lameliranog drveta od  $75 \text{ EUR/m}^3$  koji važe za područje Centralne Evrope (Ebner G., 2013) mogli u potpunosti da zadovolje sve troškove koji nastaju u izabranom preduzeću u Srbiji. Ako se u ovu analizu uključi iskorišćenje rezane građe u LLD-u od  $70 \%$  može se izračunati dobit po jedinici zapremine rezane građe u slučaju da se ona prodaje kao

---

<sup>3</sup>  $\text{CO}_2$  ekvivalent predstavlja metričku jedinicu koja se koristi za poređenje emisije različitih gasova koji izazivaju efekat staklene bašte na bazi njihovog globalnog potencijala zagrevanja, konvertujući količine ostalih gasova na ekvivalentnu količinu  $\text{CO}_2$  sa istim globalnim potencijalom zagrevanja (GWP).

ugrađena u lepljeno lamelirano drvo. Troškovi nabavke sirove okrajčene rezane građe smrče u dimenziji 45 × 130 mm iznose 165 EUR/m<sup>3</sup>. Ukoliko se navedena cena rezane građe uveća za cenu koštanja sušenja u iznosu od 25 EUR/m<sup>3</sup>, dolazi se do cene koštanja suvih lamela u iznosu od 190 EUR/m<sup>3</sup>. Ukoliko se ima u vidu da je iskorišćenje rezane četinarske građe u lepljeno lamelirano drvo 70 %, dolazi se do cene koštanja lamela u iznosu od 271,4 EUR/m<sup>3</sup>.

Sprovedenjem terenskih istraživanja je utvrđeno da proizvođači LLD-a u Srbiji imaju znatno veće cene koštanja lepкова, pa tako jednodimenzioni poliuretanski lepak košta 51 EUR/m<sup>3</sup> lepljenog lameliranog drveta dok melaminski lepak košta 44EUR/m<sup>3</sup> (prosečno 47,5 EUR/m<sup>3</sup>). U kalkulaciju cene koštanja proizvodnje lepljenog lameliranog drveta u tehnološki savremenoj fabrici u Srbiji je potrebno uključiti i sledeće elemente:

<i>-cenu koštanja lamela smrče/jele = 271,4 EUR/m<sup>3</sup></i>	<i>-troškove proizvodnje = 75 EUR/m<sup>3</sup></i>
<i>-prosečnu cenu koštanja lepka = 47,5 EUR/m<sup>3</sup></i>	<i>-troškove pomoćnih materijala = 4 EUR/m<sup>3</sup></i>

Na osnovu navedenih podataka se može doći do cene koštanja LLD-a u Srbiji na paritetu EXW koja iznosi 397,9 EUR/m<sup>3</sup>. Osnovni razlog za uvećanu cenu koštanja LLD-a u odnosu na Centralno Evropske proizvođače predstavlja cena lepka koja je u Srbiji veća za 365,4 %. Pod pretpostavkom iste cene koštanja lepka, cena koštanja LLD-a proizvedenog u Srbiji bi iznosila 363,4 EUR/m<sup>3</sup>, što bi bilo manje za 7,6 EUR/m<sup>3</sup> u odnosu na Centralno Evropske proizvođače. Prethodno navedena cena koštanja LLD-a od 397,9 EUR/m<sup>3</sup> je rezultat sprovedene analize koja se zasniva na poznatim troškovima proizvodnje i pomoćnih materijala koje imaju Centrano Evropski proizvođači LLD-a i troškovima drvne sirovine i lepka dobijenih terenskim istraživanjima.

Na tržištu u Srbiji se mogu nabaviti lepljene lamelirane grede smrče/jele domaćih proizvođača, pri čemu se cene bez PDV-a kreću od 500 EUR/m<sup>3</sup> za dimenziju poprečnog preseka grede 120 × 320 mm i dužinu 12 m, pa do 600 EUR/m<sup>3</sup> za dimenziju poprečnog preseka 60 × 400 mm u istoj dužini. Prodajna cena lepljenog lameliranog drveta uvezenog iz Austrije iznosi 570 EUR/m<sup>3</sup> bez PDV-a u dužini 12 m, širinama u rasponu od 80 – 200 mm dok su visine u rasponu od 100 - 200 mm. Na osnovu navedenih podataka se može zaključiti da je prosečna prodajna cena LLD-a na

domaćem tržištu 556,7 EUR/m<sup>3</sup>, što ako se uporedi sa cenom koštanja njegove proizvodnje od 397,9 EUR/m<sup>3</sup> daje razliku u ceni od 158,8 EUR/m<sup>3</sup><sub>LLD-a</sub>. Kako bi se mogla napraviti komparativna analiza u pogledu dobiti koji se ostvaruje pri prodaji rezane građe kao takve i njene valorizacije kroz lepljeno lamelirano drvo potrebno je razliku u ceni prevesti na 1 m<sup>3</sup> rezane građe uzimajući u obzir njeno iskorišćenje u LLD od 70 %. Na ovaj način se dolazi do profita koji se ostvaruje ako se rezana građa ugradi u lepljeno lamelirano drvo i on iznosi 111,2 EUR/m<sup>3</sup><sub>rezane građe</sub> (158,8 EUR/m<sup>3</sup><sub>LLD-a</sub> × 70 % iskorišćenje). Prethodno navedeni rezultati istraživanja su jasno pokazali da se finalizacijom rezane građe u LLD povećava i njeno vrednosno iskorišćenje tako što se profit po 1 m<sup>3</sup> ugrađene rezane građe u LLD povećava za 88,7 EUR u odnosu na to kada bi se taj isti metar kubni prodao na tržištu u formi rezane građe (111,2 EUR/m<sup>3</sup> - 22,5 EUR/m<sup>3</sup>).

Na osnovu svega navedenog se može zaključiti da postoji ekonomska opravdanost i isplativost proizvodnje lepljenog lameliranog drveta smrče/jele kao najvažnijeg kompozitnog proizvoda od drveta u Srbiji namenjenog inovativnoj drvnjoj gradnji, čime je potvrđena polazna hipoteza H2.

#### ***6.2.3.4. Analiza ekonomske isplativosti proizvodnje lepljenog lameliranog drveta bukve na primerima iz Nemačke***

Lepljeno lamelirano drvo se može proizvesti od različitih drvnih vrsta. Ipak najzastupljenije vrste u proizvodnji su smrča i jela, a u novije vreme koriste se i neke



Slika 47. LLD bukve bez lažnog srca (I) i sa lažnim srcem (II) ([www.frankenpost.de](http://www.frankenpost.de))

lišćarske vrste drveta kao što je bukva (slika 47). Za eksperimentalna istraživanja koristi se i jasen. Otpočinjanje proizvodnje lepljenog lameliranog drveta od bukve u preduzećima u Srbiji i njegov izvoz bi mogao dodatno podstaći razvoj drvne industrije Srbije imajući u vidu da je u Nemačkoj odobreno



korišćenje LLD-a od bukve u klasi eksploatacije 1 (slika 48). Prema odobrenju Z - 9.1 - 679 dozvoljena je proizvodnja LLD-a koji se sastoji najmanje od tri bukove lamele. Odobrenje važi i za hibridni LLD koji sa obe strane mora imati najmanje po dve bukove lamele, a unutrašnje lamele su od četinarara.

The image shows a certificate of approval from the German Institute for Building Technology (DIBt). The certificate is titled 'Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung' (General technical approval) and is for 'BS-Holz aus Buche und BS-Holz Buche-Hybridträger' (BS-wood from beech and BS-wood beech-hybrid beams). The certificate number is Z-9.1-679. The applicant is the 'Studiengemeinschaft Holzleimbau e. V.' located at Elfriede-Stremmel-Straße 69, 42369 Wuppertal. The approval is valid from April 16, 2013, to October 30, 2014. The certificate is issued by the 'Zulassungsstelle für Bauprodukte und Bauarten Bautechnisches Prüfamt' (Approval office for building products and building types, Building technical examination office), which is a joint institution of the Federal Government and the States, and a member of EOTA, UEAtc, and WFTAO. The date of issue is April 16, 2013, and the business number is I 52-1.9:1-679/12. The DIBt logo is visible in the top right and bottom right corners. The bottom of the certificate features a large blue bar with the DIBt logo and contact information: DIBt | Kolonnenstraße 30 B | D-10829 Berlin | Tel.: +49 30 78730-0 | Fax: +49 30 78730-320 | E-Mail: dibt@dibt.de | www.dibt.de

**Deutsches Institut für Bautechnik**  
**DIBt**

**Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung**

**Zulassungsnummer:**  
**Z-9.1-679**

**Antragsteller:**  
**Studiengemeinschaft Holzleimbau e. V.**  
Elfriede-Stremmel-Straße 69  
42369 Wuppertal

**Zulassungsgegenstand:**  
**BS-Holz aus Buche und**  
**BS-Holz Buche-Hybridträger**

**Geltungsdauer**  
vom: **16. April 2013**  
bis: **30. Oktober 2014**

**Zulassungsstelle für Bauprodukte und Bauarten**  
**Bautechnisches Prüfamt**  
Eine vom Bund und den Ländern  
gemeinsam getragene Anstalt des öffentlichen Rechts  
Mitglied der EOTA, der UEAtc und der WFTAO

Datum: 16.04.2013      Geschäftszeichen: I 52-1.9:1-679/12

Der oben genannte Zulassungsgegenstand wird hiermit allgemein bauaufsichtlich zugelassen.  
Diese allgemeine bauaufsichtliche Zulassung umfasst elf Seiten.  
Diese allgemeine bauaufsichtliche Zulassung ersetzt die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung  
Nr. Z-9.1-679 vom 7. Juni 2011. Der Gegenstand ist erstmals am 7. Oktober 2009 allgemein  
bauaufsichtlich zugelassen worden.

**Deutsches Institut für Bautechnik**  
**DIBt**

DIBt | Kolonnenstraße 30 B | D-10829 Berlin | Tel.: +49 30 78730-0 | Fax: +49 30 78730-320 | E-Mail: dibt@dibt.de | www.dibt.de

Slika 48. Odobrenje Nemačkog Instituta za građevinsku tehniku (DIBt) za LLD od bukve  
(Izvor: [www.brettschichtholz.de](http://www.brettschichtholz.de))

U cilju jasnijeg sagledavanja problematike koja se odnosi na proizvodnju i plasman lepljenog lameliranog drveta kao inovativnog proizvoda, u nastavku je dat pregled njegove strukture kao i analiza utrošaka i iskorišćenja pojedinih materijala koji se u njega ugrađuju kroz pojedine faze proizvodnje (tabela 7).

Tabela 7. Utrošci materijala u proizvodnji 1 m<sup>3</sup> lepljenog lameliranog drveta smrče

Vrste materijala	Količina utrošenog materijala u kg u 1 m <sup>3</sup> LLD [kg/m <sup>3</sup> ]	[%]
Drvo	444,91	87,736
Voda	53,39	10,528
Melamin urea formaldehidni lepak	8,22	1,622
Fenol rezorcinolski lepak	0,29	0,058
Jednokomponentni poliuretanski lepak	0,29	0,057
Emulzija polimera izocijanatnog veziva	0,001	0,0003
<b>Ukupno</b>	<b>507,11</b>	<b>100</b>

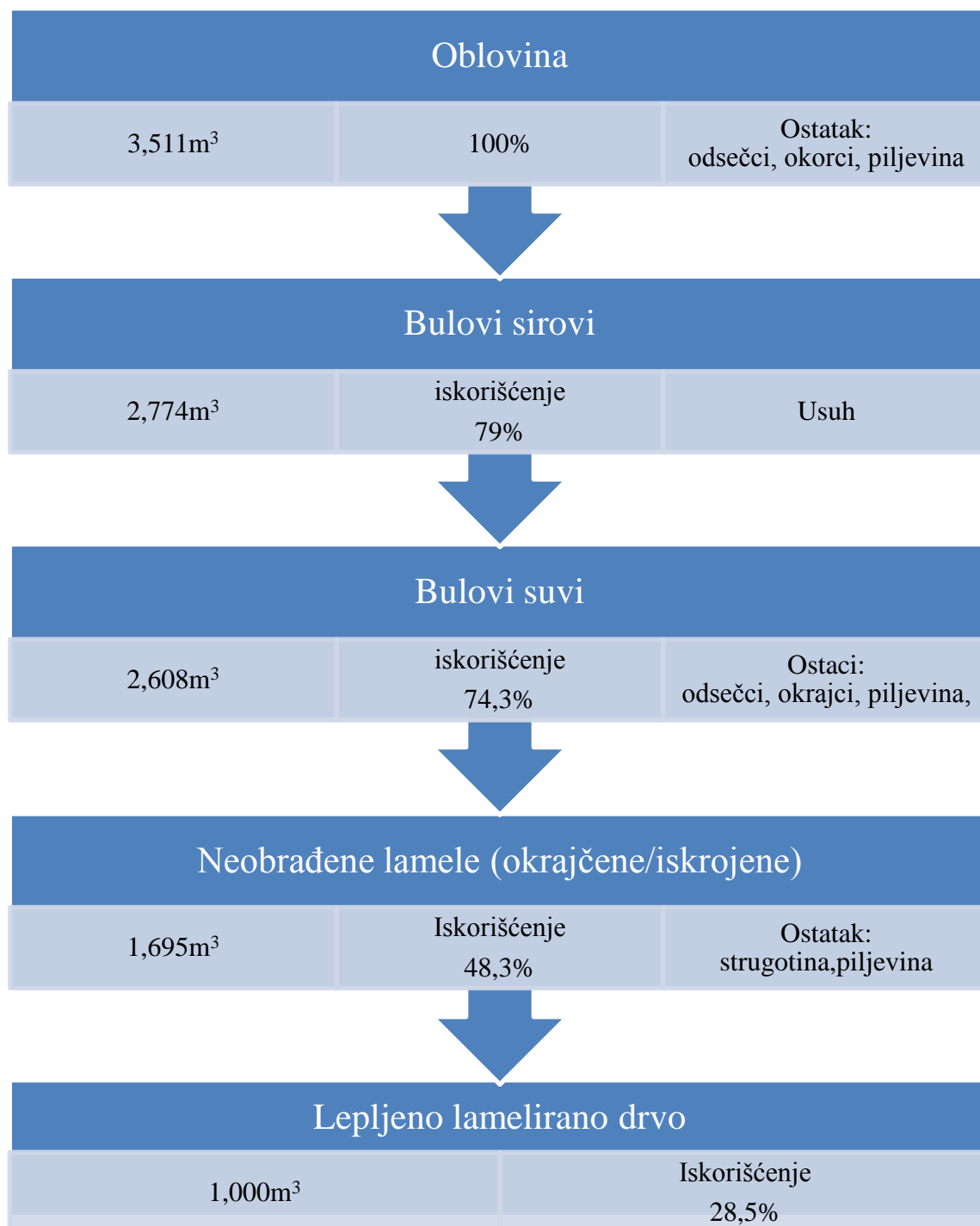
(Izvor: Rüter S., et al., 2012)

Za potrebe pakovanja lepljenog lameliranog drveta se koriste različiti materijali, pa je tako za 1m<sup>3</sup> LLD-a potrebno utrošiti: 1,876 kg masivnog drveta, 0,463 kg polietilenske folije i 0,054 kg papira i kartona (slika 49).



Slika 49. LLD upakovan u neprovidnu polietilensku foliju (Izvor: Sretenović P., 2015)

Prof. Fruhwald (2009) je sproveo istraživanje koje se odnosilo na utroške polazne drvene sirovine u proizvodnji lepljenog lameliranog drveta od bukve, a rezultati su predstavljeni na grafikonu 9.



Grafikon 9. Iskorišćenje drvene sirovine po pojedinim fazama procesa proizvodnje lepljenog lameliranog drveta bukve (Izvor: Fruhwald A., 2009)

Na osnovu rezultata sprovedenog istraživanja se može zaključiti da je iskorišćenje drvene sirovine u proizvodnji lepljenog lameliranog drveta bukve 28,5% (grafikon 9). U zavisnosti od kvaliteta trupaca bukve, razlikuju se i cene koštanja neobrađenih lamela namenjenih izradi lepljenog lameliranog drveta čija se cena kreće u opsegu od 360...420...460 EUR/m<sup>3</sup>. Daljom preradom ovih lamela i njihovim međusobnim lepljenjem se dobija finalno obrađeno lepljeno lamelirano drvo bukve čija je cena koštanja u rasponu od 770...880...970 EUR/m<sup>3</sup>. Sa druge strane i profesor Fruhwald napominje da je cena koštanja lepljenog lameliranog drveta smrče u rasponu 400 – 500 EUR/m<sup>3</sup>, što je u skladu sa cenom koju su dobili Rüter S. et al. (Fruhwald A., 2009; Rüter S., et al., 2012). Nosivost bukovog LLD-a je veća od LLD-a smrče istog poprečnog preseka. To praktično znači da se za istu namenu mogu upotrebiti grede LLD-a bukve manjeg poprečnog preseka u odnosu na smrču. Taj odnos prema profesoru Fruhwald-u je sledeći: bukva/smrča = 1,0/1,3 (Fruhwald A., 2009).

Ako se uzme prosečna cena koštanja LLD-a bukve koja iznosi 880 EUR/m<sup>3</sup> i prosečna cena koštanja LLD-a smrče od 450 EUR/m<sup>3</sup>, može se zaključiti da je cena koštanja LLD bukve skoro dva puta veća. Finansijski posmatrano znači da se za utrošena sredstva prilikom proizvodnje 1 m<sup>3</sup> bukovog LLD-a može proizvesti nešto manje od 2m<sup>3</sup> LLD-a smrče. Iz odnosa koeficijena nosivosti bukve i smrče (1,3:1,0) i prosečnih cena (2:1) se može zaključiti da je i pored manje nosivosti konačna cena koštanja proizvodnje LLD-a smrče niža. Prema prof. Fruhwald (2009) bukov LLD se smatra veoma vrednim proizvodom koji možda nema potencijala da se proširi na izvozna tržišta ali na Nemačkom tržištu svakako može naći svoje mesto. Njegova namena bi bila za ugradnju na vizuelnim, pogledu izloženim konstrukcijama, a arhitekte i planeri bi mogli da ga uključe na tržište stambene i gradnje enterijera kao ekskluzivni proizvod. Imajući u vidu značajnu cenovnu razliku, Fruhwald smatra da bi trebalo učiniti značajne napore da se na tržištu prihvati neophodnost više cene ovog proizvoda.

U prilog ovoj konstataciji govori još jedno istraživanje proizvodnje lepljenog lameliranog drveta od bukve, koje je 2013. godine proveo Torno et al. (2013), u cilju izračunavanja cene koštanja lepljenog lameliranog drveta iz trupaca lošijeg kvaliteta. Oni su sačinili 3 studije, pri čemu su u istraživanju koristili trupce bukve iz prorednih

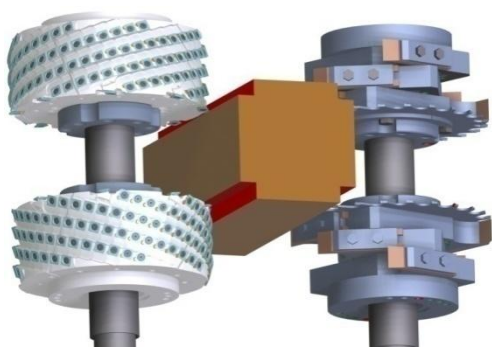
seča manjih prečnika i prezrele trupce lošijeg kvaliteta većih prečnika iz završnih seča, klasirane prema standardu EN 1316-1 koji obuhvata klase F-A, F-B, F-C i F-D.

Za potrebe Tornovog istraživanja su korišćeni bukovi trupci koji pripadaju različitim debljinskim razredima, pa su tako u studiji I i II korišćeni trupci iz debljinskih razreda  $D_{2b}$  -  $D_4$  ( $d_s = 25 - 49$  cm) u dužinama  $L = 4$  m i  $L = 3$  m, respektivno posmatrano. U studiji III su korišćeni trupci u debljinskim razredima  $D_{2b}$  -  $D_6$  ( $d_s = 25 - 69$  cm) i dužini  $L = 3 - 5$  m. U pogledu kvaliteta trupaca u pomenutim studijama odnos je bio različit pa je tako studija I (F-A = 25 %; F-B = 42 % i F-C = 33 %) obuhvatala trupce najboljeg kvaliteta, studija II (F-C = 100 %) trupce najslabijeg kvaliteta, a studija III (F-B = 57 % i C = 43 %) trupce prosečnog kvaliteta. Klasa F-C zahteva minimalni srednji prečnik na sredini dužine bez kore  $d_s = 25$  cm, pa se može zaključiti da je debljinski razred  $D_{2b}$  najniži koji zadovoljava ovaj kriterijum. Imajući u vidu da je sortiranje trupaca rađeno prema standardu DIN EN 1316-1, kao i da je klasa F-C jedina zastupljena u svakoj od pomenutih studija u nastavku je dat njen bliži opis prema navedenom standardu:

-Urasle kvрге: dozvoljene zdrave	-Jednostruka paljivost: dozvoljena
-Neurasle kvрге: dozvoljena $\Sigma$ prečnika trulih ili natrulih $\leq 120$ mm/3m	-Zvezdasta paljivost: dozvoljena
-Usukanost žice: dozvoljena	-Crvotočnost: nije dozvoljena
-Ekscentričnost srca: dozvoljena	-Bela trulež: $\leq 25$ % prečnika u srcu
-Zakrivljenost: $\leq 8$ cm/m <sup>1</sup>	-Crveno srce: dozvoljeno
-Eliptičnost (ovalnost): dozvoljena	-Zvezdasto crveno srce: $\leq 40$ % prečnika
-Žljebovitost: dozvoljena	-Obojenost: dozvoljena
	-T-bolest: dozvoljena

Iz prethodno navedenog opisa F-C klase bukovih trupaca se može zaključiti da je najveći broj grešaka dozvoljen, što u značajnoj meri može uticati na krajnje iskorišćenje u lamele za lepljeno lamelirano drvo. Opšte je poznato da trulež pored ostalih efekata ima i negativan uticaj na mehanička svojstva drveta, pa je važno napomenuti da je i ona dozvoljena u srcu do iznosa od 25 % prečnika tj. najviše do 12,3 cm za prečnik trupca do 49 cm (studije I i II) i do 17,3 cm za prečnik trupca do 69 cm.

Prorez ovih trupaca je u zavisnosti od studije rađen na različitim mašinama, počevši od studije I u kojoj je korišćena jedinica za profilisanje kojom se vrši prizmiranje trupaca i automatsko krajčenje bočnih dasaka (slika 50), zatim piljenje bočnih dasaka i konačno paranje grede na višelisnom cirkularu. U studijama II i III je korišćena vertikalna tračna pila, pri čemu je u Studiji II formiran planson čija je visina bila jednaka širini lamela sa nadmerom, dok su u studiji III korišćene dve metode i to jedna gde je posle svake izrezane daske trupac okretan za 90° i druga koja je poput



Slika 50. Deo profilera za krajčenje  
(Izvor: [www.ewd.de](http://www.ewd.de))

kružnog individualnog piljenja gde je rezanje dasaka vršeno sve dok se ne dodje do zone srca. Zatim je prerada nastavljena na višelisnom paraču gde je vršeno krajčenje. Posle krojenja lamela je obavljeno sušenje, grubo sortiranje i potom rendisanje. Vizuelno klasiranje je vršeno prema standardu DIN 4074-5, a zatim mašinsko na osnovu dinamičkog modula elastičnosti.

Prema odobrenju Z - 9.1 - 679 koje je izdao nemački Institut za građevinsku tehniku (DIBt - Deutsche Institut für Bautechnik), maksimalno dozvoljena dimenzija homogenog LLD-a bukve je  $150 \times 600$  mm, a kod hibridnih greda bukve do  $150 \times 900$  mm. Dimenzije suvih/rendisanih lamela koje su rađene u studiji I su bile  $27 \times 85 / 110 / 130 / 150$  mm, u studiji II u dimenziji  $27 \times 120$  mm dok su u studiji III bile zastupljene dve debljine sa po dve širine i to  $23 \times 85 / 105$  i  $33 \times 125 / 155$  mm. Sve lamele su imale nadmeru na širinu u opsegu  $15 - 20$  mm i  $9 - 13$  mm na debljinu, koja je neophodna imajući u vidu da pored utezanja drveta pri sušenju dolazi i do deformacija koje se pri rendisanju mogu eliminisati samo ako postoji dovoljna nadmera na debljinu/širinu. Ovo je od posebnog značaja ako se ima u vidu da je bukva vrsta drveta koja ima velike vrednosti zapreminskog utezanja  $17,9\%$  ( $14 - 21\%$ ), za razliku od jele i smrče čije se vrednosti zapreminskog utezanja kreću u rasponu od  $10,2 - 11,5\%$  i  $11,6 - 12\%$  respektivno posmatrano (Šoškić B. i Popović Z., 2002). Kompletan pregled proizvoda koji su dobijeni u svakoj fazi prerade zajedno sa iskorišćenjima u svakoj od njih su dati u tabeli 8.

Tabela 8. Pregled iskorišćenja bukovih trupaca u proizvodnji lamela za lepljeno lamelirano drvo

Sirovina	Radna operacija	I studija		II studija		III studija	
		Količina [m <sup>3</sup> ]	Iskor. [%]	Količina [m <sup>3</sup> ]	Iskor. [%]	Količina [m <sup>3</sup> ]	Iskor. [%]
Trupci	<i>rezanje</i>	23,6	100	4,8	100	66,3	100
Sirova rezana građa	<i>sušenje</i>	11,1	47	2,9	60	32,1	49
Suva rezana građa	<i>sortiranje/rendisanje</i>	9,4	40	2,4	50	28,7	43
Rendisane lamele	<i>I klasiranje</i>	5,9	25	1,3	29	20,4	31
Lamele prema DIN 4074-5	<i>II klasiranje</i>	3,3	14	0,5	10	17,3	26
Lamele LS 10 i LS 13 - E <sub>dyn</sub> (dinamički modul elastičnosti)		2.8 m <sup>3</sup>	<b>12 %</b>	0,4m <sup>3</sup>	<b>8 %</b>	14,7m <sup>3</sup>	<b>22 %</b>

(Izvor: Torno S., et al., 2013)

Na osnovu podataka iz tabele 8 se može zaključiti da se iskorišćenja iz trupaca različitih klasa kvaliteta kreću u rasponu od 8 % gde su korišćeni trupci najslabijeg kvaliteta, pa do 22 % gde su korišćeni trupci prosečnog kvaliteta ali znatno većeg raspona debljinskih razreda (do 69 cm). Treba imati u vidu da u Studiji III proces prerade nije doveden do kraja, već da je iskorišćenje u poslednje dve radne operacije procenjeno na osnovu studije I. Takođe nije poznato da li je ovako visoko iskorišćenje u odnosu na ostale dve studije rezultat većih prečnika trupaca, boljeg kvaliteta trupaca, korišćenog načina rezanja ili kombinacije prethodno navedenih faktora. Iz rezultata koji su dati u Studijama I i II može se zaključiti da su iskorišćenja u lamele za LLD relativno ujednačena (12 % i 8 %), a ovu razliku od 4 % Torno pripisuje boljem kvalitetu trupaca koji je korišćen u studiji I. Dodatni razlog za veće iskorišćenje može biti i rezanje tri širine lamela u studiji I za razliku od studije II gde je rezana samo jedna fiksna širina lamela. Torno je sa kolegama sproveo ekonomsku analizu za studije II i III, tako da su prosečne cene koštanja gotovih bukovih lamela u klasi čvrstoće LS 10 i LS 13

namenjene izradi LLD-a iznosile II = 1.200 EUR/m<sup>3</sup> i III = 740 EUR/m<sup>3</sup>. Takođe je važno napomenuti da u Tornovom istraživanju nisu obuhvaćeni sporedni proizvodi koji se dobijaju u procesu prerade.

#### ***6.2.3.5. Mogućnosti proizvodnje lepljenog lameliranog drveta od bukve u Srbiji sa ocenom ekonomske isplativosti***

Ako se u obzir uzmu prethodno navedeni rezultati kao i značajna površina izdanačkih šuma bukve u Srbiji čija je oblovina uglavnom nižih klasa kvaliteta i manjih prečnika, može se zaključiti da bi proizvodnja LLD-a bukve u Srbiji bila moguća sa



Slika 51. Utovar trupaca bukve manjih prečnika  
(Izvor: [www.altmuehl-transporte.de](http://www.altmuehl-transporte.de))

stanovišta postojanja sirovinskih potencijala. U Srbiji je, prema podacima dobijenim u nacionalnoj inventuri šuma, zastupljeno 49 drvnih vrsta, od čega je 40 lišćarskih i 9 četinarskih. Od ukupne zapremine drveta u Srbiji bukva je zastupljena sa čak 40,5 %, a u ukupnom zapreminskom prirastu sa 30,6 %. S druge strane smrča

je u zapremini zastupljenja sa 5,2 % i zapreminskom prirastu sa 6,7 %, dok je jela u zapremini zastupljena sa 2,3 % i sa 2,2 % u zapremiskom prirastu (Banković S., et al., 2009). Iz prethodno navedenih podataka može se zaključiti da u ukupnom šumskom fondu u Srbiji čak 48 % čine vrste drveta koje se mogu koristiti za proizvodnju LLD-a. Za analizu je uzeta aritmetička sredina cene bukovih trupaca u dva debljinska razreda (Ø 25 – 39; Ø 40 – 49) koji se nalaze u ponudi JP „Srbijašume“ u III klasi kvaliteta koja iznosi 33,7 EUR/m<sup>3</sup>, jer ova klasa po kvalitetu najbliže odgovara korišćenoj sirovini u studiji II istraživanja koje je sproveo Torno. Ukoliko se na nabavnu cenu trupaca dodaju prosečni troškovi utovara/istovara (slika 51) i prevoza trupaca od šume do pilane od 10 EUR/m<sup>3</sup> dobija se cena na paritetu franko pilana koja iznosi 43,7 EUR/m<sup>3</sup>. Troškovi proreza trupaca na tračnoj pili po zadatom načinu piljenja (prizmiranje) kao i krajčenje



dobijene daske na automatskom višelisnom paraču iznose oko 25 EUR/m<sup>3</sup> trupca što daje ukupnu cenu od 68,7 EUR/m<sup>3</sup>. Ukoliko se uzme da je iskorišćenje trupaca pri rezanju u sirovu rezanu građu debljine 40 mm jednako iskorišćenju koje je Torno u svom istraživanju dobio i koje iznosi 60,4 %, dolazi se do cene koštanja okrajčene rezane građe u iznosu od 113,7 EUR/m<sup>3</sup> ( $68,7 \text{ EUR/m}^3 : 60,4 \% = 113,7 \text{ EUR/m}^3$ ). Ovako iskrojeni elementi se dalje slažu u komore za sušenje drveta, a trošak ove radne operacije za elemente u debljini 40 mm iznosi 30 EUR/m<sup>3</sup>. Kada se u kalkulaciju uključi i utezanje koji je Torno utvrdio da iznosi 8 % po širini i 10 % po debljini dolazi se do zapreminskog utezanja od 17 % pa samim tim i do cene suvih elemenata od 167 EUR/m<sup>3</sup> ( $113,7 \text{ EUR/m}^3 : 83 \% = 137 \text{ EUR/m}^3 \rightarrow 137 \text{ EUR/m}^3 + 30 \text{ EUR/m}^3 = 167 \text{ EUR/m}^3$ ). Suvi bukovi elementi se po potrebi skraćuju na dužinu od najmanje 2 m gde se vrši grubo izbacivanje grešaka kako bi se eliminisale deformacije nastale usled sušenja, dok se jako zakrivljeni elementi uklanjanju u potpunosti iz daljeg procesa prerade. Elementi koji su zadovoljili minimalne kriterijume za dalji proces prerade se zatim rendišu na dimenzije 27 × 120 mm, što predstavlja finalno zadatu dimenziju lamela za lepljeno lamelirano drvo. Ukoliko se uporedi finalno zadata dimenzija lamela sa dimenzijom lamela pre rendisanja dolazi se do zaključka da se 30,1 % materijala pretvori u strugotinu pri ovoj radnoj operaciji. Da bi se došlo do podatka o količini elemenata koji su zadovoljili kriterijume za operaciju rendisanja potrebno je zapreminu rendisanih elemenata (1,3 m<sup>3</sup>) uvećati za količinu materijala koji predstavlja ostatak u vidu strugotine što daje 1,86 m<sup>3</sup>. Ukoliko se ukupna količina suvih elemenata (2,4 m<sup>3</sup>) umanji za dobijenu količinu od 1,86 m<sup>3</sup> dolazi se do količine od 0,54 m<sup>3</sup> koja predstavlja elemente za lamele koji nisu zadovoljili minimum kriterijuma za operaciju rendisanja uglavnom zbog lažnog srca i deformacija usled sušenja (22,6 %). Prema Tornovom istraživanju pri sortiranju i rendisanju procenat otpatka i škarta iznosi 46 % od čega 22,6 % čine elementi koji nisu zadovoljili kriterijume za dalju upotrebu, a 23,4 % čini strugotina dobijena rendisanjem kvalitetnih elemenata za lamele. Pod pretpostavkom da je vrednost drvnog ostatka i sporednih proizvoda nastalih u svim radnim operacijama jednaka nuli, kao i da je cena rendisanja 30 EUR/m<sup>3</sup> može se zaključiti da će cena suvih rendisanih elemenata biti 311,7 EUR/m<sup>3</sup> ( $167 \text{ EUR/m}^3 : 77,4 \% = 215,8 \text{ EUR} \rightarrow 215,8 \text{ EUR/m}^3 : 76,6 \% = 281,7 \text{ EUR/m}^3 \rightarrow 281,7 \text{ EUR/m}^3 + 30 \text{ EUR/m}^3 = 311,7 \text{ EUR/m}^3$ ).

Sledeća radna operacija je vizuelno klasiranje rendisanih lamela u skladu sa zahtevima standarda DIN EN 4074-5 gde prema Tornovom istraživanju samo 38,5 % lamela zadovoljava kriterijume za dalju preradu pa se tako cena koštanja povećava na 809,6 EUR/m<sup>3</sup>. Ukoliko se izvrši dodatno klasiranje na osnovu dinamičkog modula elastičnosti (slika 52) gde se uklanja još 20% materijala dolazi se do cene od 1.012



Slika 52. Merač modula elastičnosti drvenih lamela ( [www.brookhuis.pl](http://www.brookhuis.pl))

EUR/m<sup>3</sup>. Dobijena cena koštanja koja je izračunata na osnovu stvarnih cena koštanja bukovih trupaca i njihove prerade u rezanu građu kao i parametara iskorišćenja koje je Torno dobio u svom istraživanju je nešto niža u odnosu na cenu koštanja koju je dobio prethodno pomenuti istraživač. Razlozi za to su niža cena koštanja trupaca bukve i troškova njihove prerade u lamele.

Finalno pripremljeni elementi se dalje mogu dužinski nastavljati, a u te svrhe se koristi mašina za izradu zupčastog spoja čiji je deo sklopa prikazan na slici 53.



Slika 53. CNC mašina Eurozink/Ledinek za izradu zupčaste veze u lamelama za LLD (Izvor: Sretenovic P., Klagenfurt, 2010)

Ukoliko se u ovu kalkulaciju uključi i vrednost sporednih proizvoda koji se dobijaju u preradi kao što su sirova piljevina, okrajci, okorci, porubci, friza, suva piljevina, suvi elementi od srčevine, suvi elementi koji ne zadovoljavaju kriterijume DIN EN 4074-5 i dinamičkog modula elastičnosti, cena bukovih lamela namenjenih izradi lepljenog lameliranog drveta će zasigurno biti niža. Na osnovu podataka sa pilana koje režu bukove trupce prosečno učešće piljevine prilikom proreza trupca i daljoj preradi rezane građe je oko 15 % (0,15 m<sup>3</sup>). Ako se ima u vidu da je 1 nasipni m<sup>3</sup> sirove piljevine, čija je cena na domaćem tržištu 5 EUR, prosečno jednak 0,2 m<sup>3</sup> ekvivalentne oblovine može se zaključiti da ukupna vrednost piljevine dobijene preradom 1 m<sup>3</sup> trupca prosečno iznosi 3,8 EUR. Krupan drveni ostatak kao što su okrajci, porubci i odsecci su zastupljeni sa oko 25 % učešća (0,25 m<sup>3</sup>). Krupni ostaci se na domaćem tržištu prodaju u prostornim metrima sa koeficijentom konverzije od 0,65 (1 prm = 0,65 m<sup>3</sup>) i to po ceni od 13 EUR, pa se na osnovu koeficijenta konverzije može zaključiti da se od 1 m<sup>3</sup> trupca za krupne ostatke može dobiti 5 EUR. Sabirajući sve prethodno pomenute prihode koji se potencijalno mogu ostvariti od prodaje 40 % zapremine trupca dolazi se do relativno male vrednosti od 8,8 EUR/m<sup>3</sup> trupca.

Ostalih 60 % zapremine trupca prema Torno-u se koristi za dužinski iskrojene elemente za lamele uključujući i nadmere na utezanje prilikom sušenja kao i završnu mašinsku obradu. U procesu sušenja dolazi do smanjenja zapremine za 10 %, tako da ostaje 50 % zapremine trupca u formi suvih elemenata tj. 0,5 m<sup>3</sup>. Od prethodno navedene količine suvih elemenata čak 46 % odlazi na grubo sortiranje i rendisanje kako je to u prethodnom izlaganju i navedeno, što čini 23 % polazne zapremine trupca. Nadmera na obradu elemenata za lamele iznosi 23,4 % zapremine suvih elemenata (11,7 % polazne zapremine trupca) i ona se rendisanjem pretvara u strugotinu, dok ostatak od 22,6 % (11,3 % polazne zapremine trupca) čine lamele koje imaju lažno srce i deformacije usled sušenja. Cena suve strugotine je 6 EUR/nasipnom m<sup>3</sup> što daje vrednost od 3,5 EUR (0,117 m<sup>3</sup> : 20 %<sup>4</sup> = 0,585 nasipnih m<sup>3</sup> → 0,585 nasipnih m<sup>3</sup> × 6 EUR/nasipnom m<sup>3</sup> = 3,5 EUR). Cena okrajčene bukove građe sa lažnim srcem namenjene izradi ambalaže je 80 EUR/m<sup>3</sup>, a kada se dodaju troškovi sušenja od 30

---

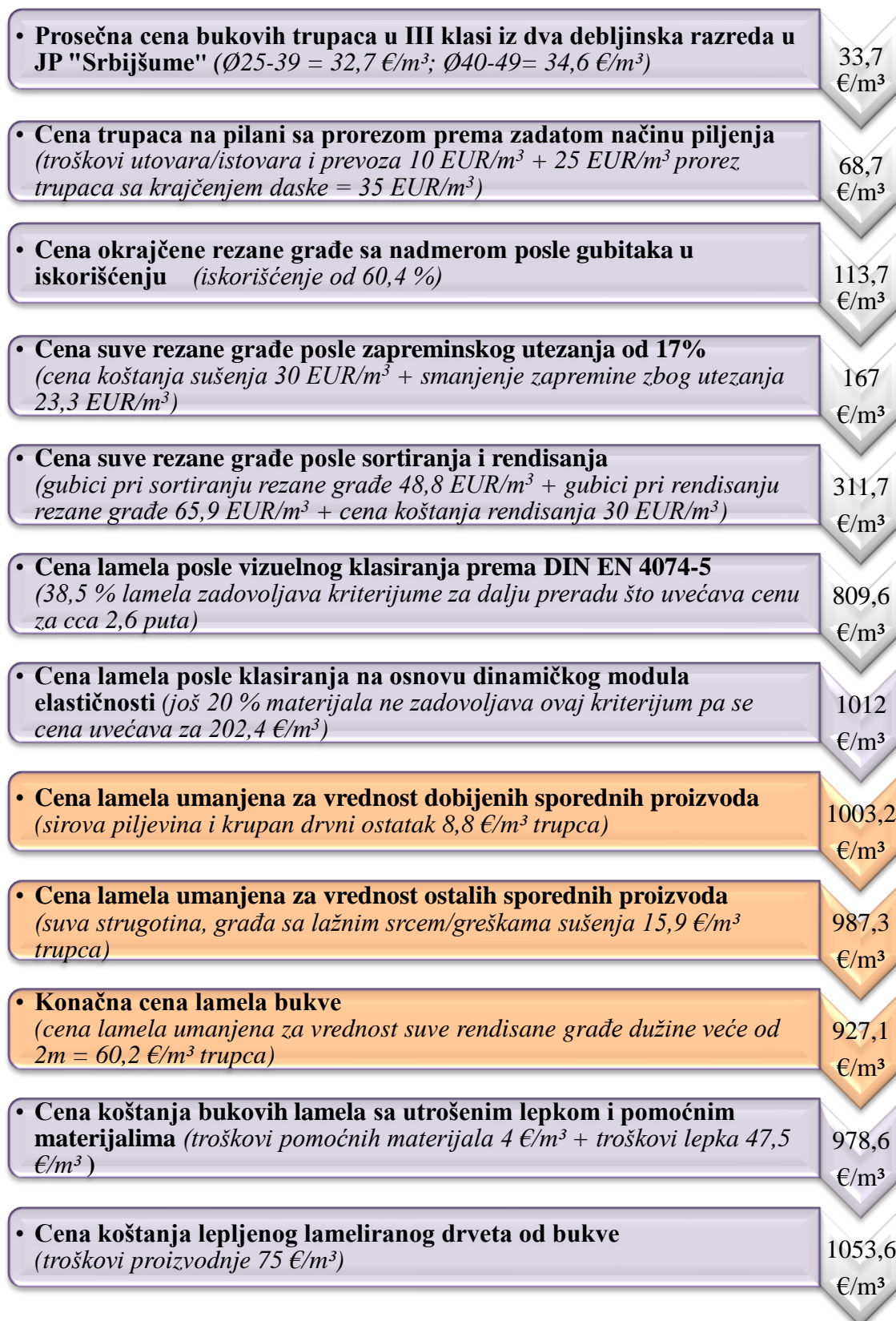
<sup>4</sup> Vrednost se uvećava za 5 puta zato što je 1 nasipni m<sup>3</sup> suve strugotine prosečno jednak 0,2 m<sup>3</sup> ekvivalentne oblovine.

EUR/m<sup>3</sup> dolazi se do cene od 110 EUR/m<sup>3</sup>. Imajući u vidu da 11,3 % polazne zapremine trupca tj. 0,113 m<sup>3</sup> čine elementi sa lažnim srcem i greškama sušenja može se zaključiti da bi vrednost elemenata bila 12,4 EUR ( $0,113 \text{ m}^3 \times 110 \text{ EUR/m}^3 = 12,4 \text{ EUR}$ ).

Poslednje dve radne operacije podrazumevaju klasiranje prema standardu DIN EN 4074-5 i dinamičkom modulu elastičnosti. To znači da za izradu LLD-a nije moguće koristiti 69,2 % količine elemenata u obliku rendisanih elemenata bez lažnog srca i deformacija čija je dužina od 2,0 m i više. To predstavlja 18,8% u odnosu na zapreminu trupca. Računanje učešća ovih elemenata u zapremini trupca je značajno sa aspekta dodatnih prihoda koji se mogu ostvariti preradom 1 m<sup>3</sup> trupaca bukve. Prodajna cena bukove okrajčene građe kvaliteta I/III u debljini 25 mm i dužini 2,1 m i više iznosi 260 EUR/m<sup>3</sup>, a ukoliko se cena uveća za troškove sušenja (30 EUR/m<sup>3</sup>) i rendisanja (30 EUR/m<sup>3</sup>) dolazi se do cene elemenata od 320 EUR/m<sup>3</sup>. Kada se u obzir uzme dobijena količina ovih elemenata i njihova prosečna cena dolazi se do vrednosti od 60,2 EUR/m<sup>3</sup> trupca ( $0,188 \text{ m}^3 \times 320 \text{ EUR/m}^3 = 60,2 \text{ EUR}$ ).

Ukoliko se saberu svi navedeni prihodi koji se potencijalno mogu ostvariti prodajom proizvoda koji se ne mogu koristiti za izradu lepljenog lameliranog drveta dolazi se do vrednosti od 84,9 EUR/m<sup>3</sup> trupca. Umanjenjem cene lamela od 1.012 EUR/m<sup>3</sup> za prethodno dobijenu vrednost dolazi se do njihove procenjene vrednosti od 927,1 EUR/m<sup>3</sup>. Umanjenje cene se vrši zato što pri izračunavanju cene lamela od 1.012 EUR/m<sup>3</sup> nije uračunat prihod koji se ostvaruje prodajom sporednih proizvoda koji se dobijaju pri proizvodnji elemenata za lepljeno lamelirano drvo. Može se zaključiti da je i ova cena, iako manja od one koju je Torno izračunao (1.200 EUR/m<sup>3</sup>), prilično visoka. Izračunata cena lepljenog lameliranog drveta od bukve iznosi 1.053,6 EUR/m<sup>3</sup>, što je u poređenju sa cenom lepljenog lameliranog drveta smrče više za 2,6 puta.

Radi lakšeg razumevanja prethodno navedenih proračuna formiran je grafikon 10 na kojem se vidi svaka pojedinačna faza prerade.



Grafikon 10. Grafički prikaz izračunavanja potencijalne cene koštanja LLD-a od bukve u Srbiji (Izvor: Original)

Najvažniji faktor koji utiče na ovako visoku cenu lepljenog lameliranog drveta bukve je malo iskorišćenje trupaca u lamele koje iznosi 8 %. Relativno malo iskorišćenje se u određenoj meri može pripisati nižoj klasi kvaliteta trupaca (klasa F-C) koji su korišćeni kao polazna sirovina, pa bi u tom smislu buduća istraživanja trebalo sprovesti sa trupcima viših klasa kvaliteta (F-A i F-B). Pored toga, nepovoljan uticaj na iskorišćenje drveta bukve u lamele se jednim delom može pripisati izradi samo jedne širine elemenata od 140 mm, kao i predloženi način rezanja prizmiranjem. Krojenjem većeg broja različitih širina elemenata za lamele, kao i korišćenjem kružnog individualnog piljenja bi se moglo poboljšati kvantitativno i kvalitativno iskorišćenje što bi imalo pozitivan uticaj na iskorišćenje. Krojenjem elemenata za lamele iz suve neokrajčene i poluokrajčene građe bi se smanjila nadmera na širinu lamela što bi uticalo na povećanje iskorišćenja. Smatra se da bi prethodno navedene mere i preporuke za povećanje iskorišćenja u određenoj meri imale pozitivan efekat na smanjenje cene koštanja lamela namenjenih proizvodnji lepljenog lameliranog drveta bukve.

U prilog prethodno navedenoj analizi govori još jedno istraživanje proizvodnje lepljenog lameliranog drveta bukve i jasena, koje je Torno sproveo 2012. godine, sa ciljem izračunavanja cene koštanja lepljenog lameliranog drveta iz trupaca nižeg kvaliteta. U istraživanju je koristio oblovinu raznovrsnog kvaliteta od one namenjene ogrevu, izradi paleta i pragova do onih u klasama kvaliteta B i C. Između ostalog on je izvršio poređenje iskorišćenja trupaca bukve i smrče u lamele namenjene proizvodnji LLD-a i došao do sledećih zaključka, vezano za cene koštanja ovog poluproizvoda, pa samim tim i cene koštanja LLD-a pomenutih vrsta drveta (tabela 9).

Tabela 9. Analiza iskorišćenja bukve i smrče u lamele za LLD sa cenom koštanja

Vrsta drveta	Iskorišćenje u lamele [%]	Cena koštanja lamela [EUR/m <sup>3</sup> ]
Smrča	50 % - 75 %	200 - 300
Bukva	10 % - 28 %	420 - 800 - 1100

(Izvor: Torno S., 2012)

Na osnovu podataka iz tabele 9 se jasno može zaključiti gotovo isto što je i profesor Fruhwald tri godine ranije zaključio (Fruhwald A., 2009). Lamele za izradu lepljenog lameliranog drveta smrče imaju nižu cenu, čemu značajno doprinosi bolje

iskorišćenje u lamele koje je nekoliko puta veće kod smrče nego kod bukve. I Torno, slično kao i profesor Fruhwald zaključuje da se benefiti koje bukva omogućava još uvek ne mogu kompenzovati kroz veću cenu koju ona ima u krajnjem proizvodu - lepljenom lameliranom drvetu. Kao još jedna od važnih razlika između LLD-a bukve i smrče su i klase čvrstoće lamela koje se za njihovu izradu koriste. Tako se kod smrče klasa čvrstoće LS 7 upotrebljava za izradu LLD-a, a kod bukve nije odobreno njihovo korišćenje.

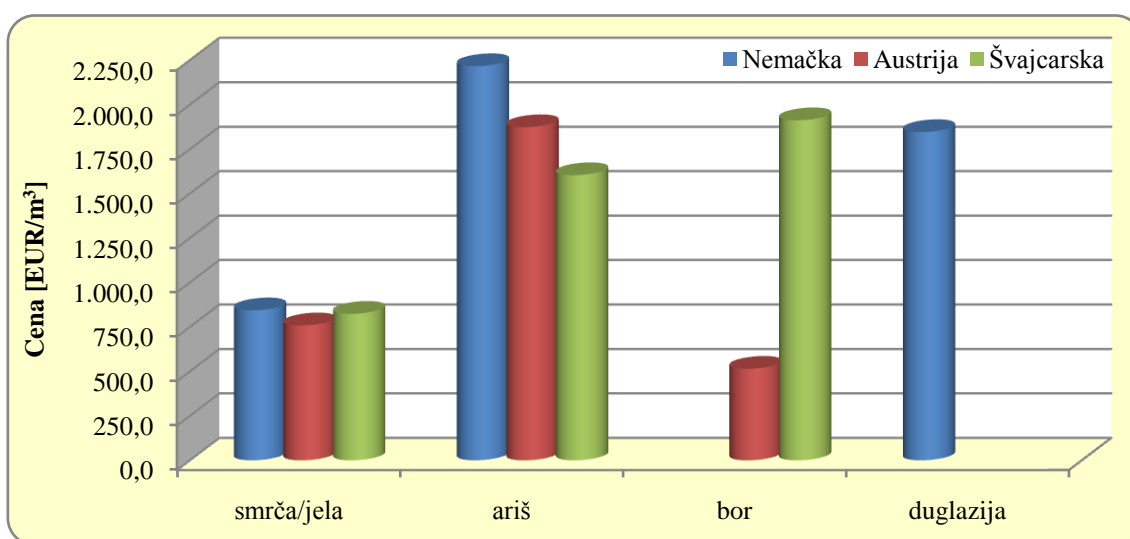
#### ***6.2.4. Analiza tržišta lepljenog lameliranog drveta u Austriji, Nemačkoj i Švajcarskoj***

Imajući u vidu činjenicu da su tržišta Nemačke, Austrije i Švajcarske u domenu kompozitnih proizvoda od drveta snažna i stabilna, čak i u uslovima izražene ekonomske krize na globalnom nivou, od velikog značaja je istraživanje segmenta lepljenog lameliranog drveta koje ima rastuće trendove potrošnje pa samim tim i proizvodnje u ovim zemljama.

Istraživanje tržišta lepljenog lameliranog drveta u izabranim zemljama obuhvatilo je 46 preduzeća, sa najvećim akcentom na tržište Nemačke gde je od pomenutog broja preduzeća anketirano nešto više od 60 %. Istraživanje je obuhvatilo trgovinske lance „uradi sam“ (DIY stores), proizvođače kao i trgovce na veliko i malo. Za pojedina preduzeća su bili dostupni cenovnici za više godina u kontinuitetu, pa se na taj način mogao analizirati trend cena lepljenog lameliranog drveta. Istraživanja su obuhvatila LLD izrađen od četinarskih vrsta drveta od kojih je bila najzastupljenija smrča/jela, ali i ariš, bor i duglazija koji se nalaze u ponudi izabranih preduzeća. Najveći broj ponuđača LLD-a na tržištu imaju dve osnovne klase kvaliteta LLD-a, bez obzira na vrstu drveta, i to:

- Vizuelni: namenjen je konstrukcijama u kojima je vizuelno vidljiv tj. na vidnim mestima ugradnje gde je od značaja estetski izgled konstrukcije i
- Industrijski: kod koga estetski izgled nije od velikog značaja. U pogledu klase čvrstoće on se ne razlikuje od vizulenog, ali je rustičniji i ima više vidljivih grešaka drveta kao što su čvorovi, smolne kesice, diskoloracija i druge karakteristike.

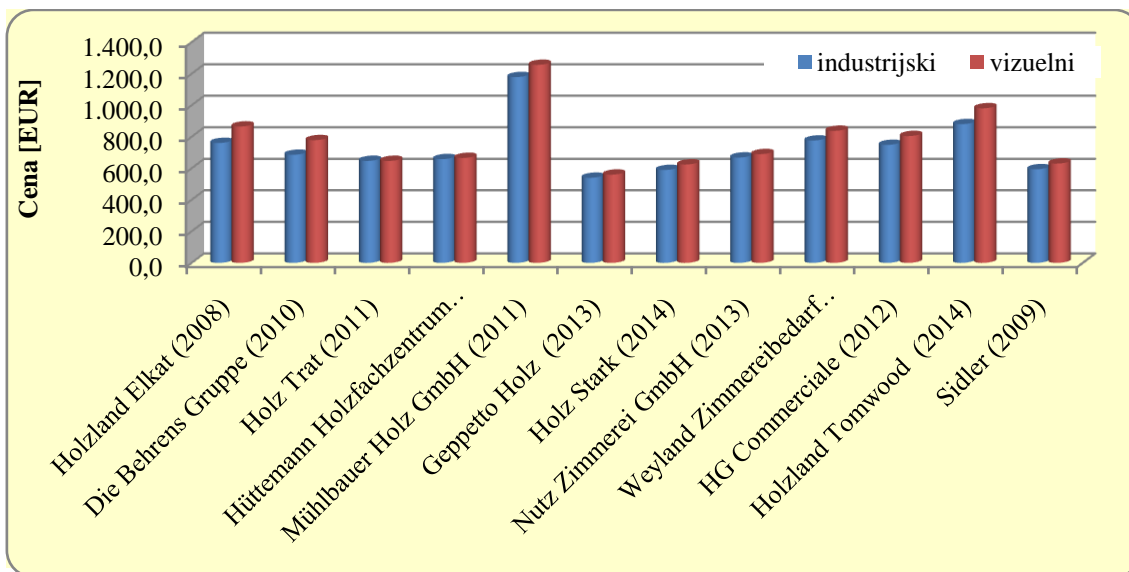
Analiza cena je obuhvatila preko 1700 jediničnih cena, što predstavlja adekvatnu osnovu za analizu ponude na posmatranim tržištima. Cene proizvoda koji se nalaze u ponudi na navedenim tržištima su date u EUR/m<sup>1</sup>, EUR/kom. ili u EUR/m<sup>3</sup> u zavisnosti od kompanije pri čemu su pomenute cene sa ili bez uračunatog PDV-a. Kako bi se cene unificirale i omogućilo njihovo međusobno poređenje i dalja analiza iste su preračunate u EUR/m<sup>3</sup> bez PDV-a, pa su tako na grafikonu 11 date prosečne cene za pojedine vrste drveta koje su dobijene preračunavanjima iz dostupnih cenovnika u periodu od 2005 - 2014. godine. Imajući u vidu da cene LLD-a pojedinačnih kompanija nisu bile dostupne u kontinuitetu za posmatrani vremenski period nije bilo moguće formirati liniju trenda.



Grafikon 11. Prosečne maloprodajne cene LLD-a u oba kvaliteta po vrstama drveta bez PDV  
*Napomena: Cena bora u Švajcarskoj važi za LLD impregnirano pod pritiskom, sredstvima koja ne sadrže jedinjenja hroma, što nije slučaj kod LLD u ostalim zemljama.*  
*(Izvor: Cenovnici proizvođača, DIY trgovaca i maloprodaja)*

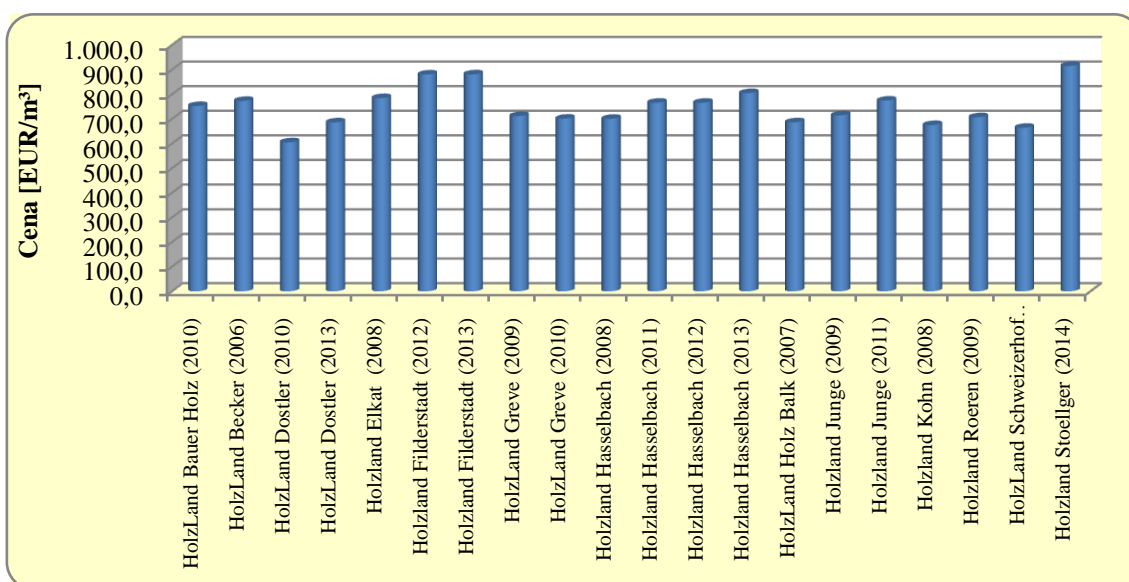
Prosečna cena lepljenog lameliranog drveta jele/smrče, koje je najviše zastupljeno na pomenutim tržištima, je najniža u Austriji i iznosi 759 EUR/m<sup>3</sup>. To je u skladu sa prisustvom većeg broja proizvođača koji poseduju savremenu tehnologiju za njihovu proizvodnju. Jedna od glavnih odlika ove tehnologije je visok proizvodni kapacitet koji uz dostupnost velikih količina četinarske oblovine omogućava niže cene finalnog proizvoda. Prosečna cena LLD-a jele/smrče u Švajcarskoj iznosi 824 EUR/m<sup>3</sup>, dok je u Nemačkoj najviša i iznosi 843 EUR/m<sup>3</sup>. Cene lepljenog lameliranog drveta u vizuelnom kvalitetu su uglavnom više nego u industrijskom kvalitetu. Te razlike u ceni se u zavisnosti od ponuđača i tržišta kreću do 14% u Nemačkoj, 8% u Austriji i do 11% u Švajcarskoj (grafikon 12).





Grafikon 12. Uporedne cene LLD-a u industrijskom i vizuelnom kvalitetu na tržištima Nemačke, Austrije i Švajcarske (Izvor: Cenovnici i katalogi navedenih preduzeća)

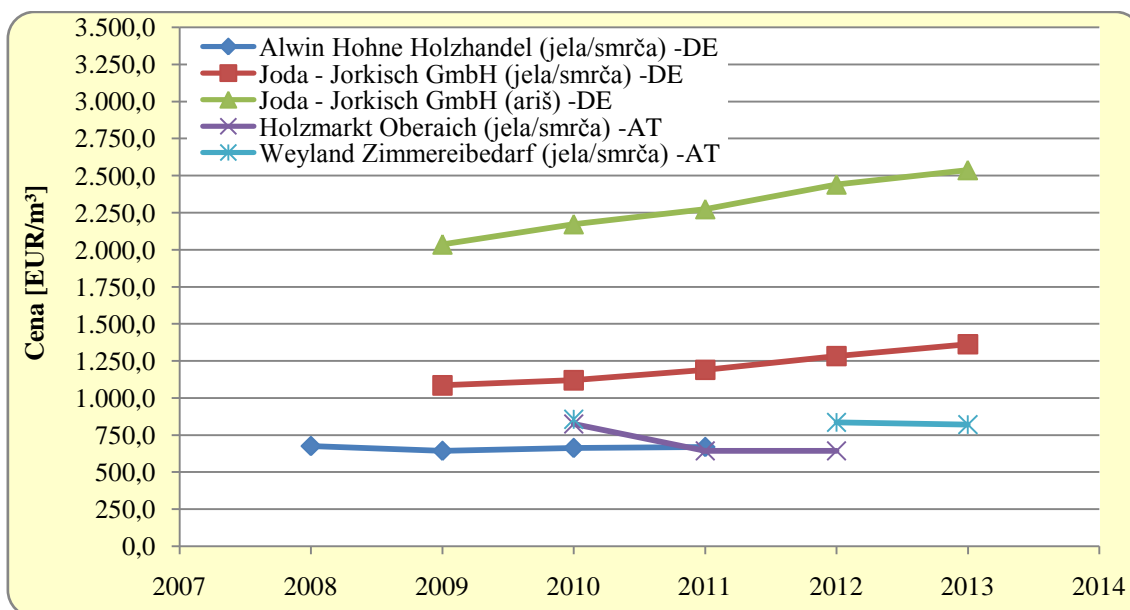
Najpovoljnije cene lepljenog lameliranog drveta na tržištu Nemačke ima trgovinski lanac „Holzland“ koji u svom sastavu ima preko 250 nezavisnih trgovinskih preduzeća koja rade pod pomenutim brendom. On predstavlja vodeći trgovinski lanac za snabdevanje proizvodima od drveta sa godišnjim obrtom od preko 760 miliona EUR. Iz tog razloga je obuhvaćeno više prodajnih jedinica ovog sistema sa ciljem istraživanja cena lepljenog lameliranog drveta. Rezultati istraživanja su prikazani na grafikonu 13.



Grafikon 13. Prosečne maloprodajne cene vizuelnog/industrijskog LLD-a trgovinskog lanca „Holzland“ bez PDV (Izvor: Katalogi sa cenama navedenih kompanija)

S obzirom da cene lepljenog lameliranog drveta nisu bile dostupne za sve godine kod navedenih prodajnih jedinica ovog trgovinskog lanca nije bilo moguće formirati liniju trenda kako bi se sagledale varijacije cena u posmatranom periodu. Međutim, grafikon 13 je značajan jer prikazuje rezultate analize preko 300 jediničnih cena različitih proizvoda ili istih proizvoda u različitim vremenskim periodima. Maloprodajne cene LLD-a u vizuelnom/industrijskom kvalitetu su se u posmatranom periodu kretale u opsegu od 605 – 915 EUR/m<sup>3</sup> u zavisnosti od godine, pri čemu je prosečna prodajna cena bez PDV-a iznosila 747 EUR/m<sup>3</sup>. Ukoliko se ima u vidu da je provizija u prodaji proizvoda od drveta koje ovaj trgovinski lanac obračunava od 3 – 9 %, može se pretpostaviti da se nabavna cena na paritetu CPT skladište kupca kreće u opsegu od 685 – 725 EUR/m<sup>3</sup>. Pod pretpostavkom da je zapunjenost poluprikolice kamiona maksimalna i da je najveća moguća količina LLD-a koja se može utovariti 45 m<sup>3</sup>, može se izračunati cena špediterskih usluga i prevoza od potencijalne fabrike za proizvodnju LLD-a u Moravičkom okrugu (npr. Ivanjica) do skladišta u Nemačkoj (npr. Dortmund) koja bi iznosila 1.600 EUR, tj. 35,5 EUR/m<sup>3</sup>. Na ovaj način se dolazi do potencijalne prodajne cene na paritetu EXW koja bi iznosila od 650 – 690 EUR/m<sup>3</sup>, a koju bi domaća preduzeća za proizvodnju lepljenog lameliranog drveta mogla da ostvare u izvozu u Nemačku.

Podaci sa grafikona 14 jasno pokazuju da su cene u datom periodu kod posmatranih kompanija bile stabilne, a kod pojedinih je došlo i do njihovog rasta, što znači da je tražnja na tržištima Nemačke i Austrije za lepljenim lameliranim drvetom bila veoma izražena. Kod jedne od navedenih kompanija koja u svojoj ponudi ima LLD jele/smrče i ariša postoji jasan rastući trend cena. Cena lepljenog lameliranog drveta ariša je oko dva puta veća od cene lepljenog lameliranog drveta smrče, a jedan od razloga za to je velika prirodna otpornost u pogledu atmosferskih uticaja, napada truležnica i insekata u odnosu na drvo smrče. U svakoj od navedenih kategorija ariš se nalazi za jednu klasu otpornosti iznad smrče, tako da se može koristiti u znatno zahtevnijim uslovima sredine (Thienel K.-Ch., 2011). Ono što je još evidentno na grafikonu 14 je velika cenovna razlika kod LLD-a jele/smrče posmatranih kompanija na tržištu Nemačke koja se kreće u opsegu od cca 440 - 520 EUR/m<sup>3</sup>, dok je na tržištu Austrije ta razlika znatno manja i kreće se u opsegu od 30 - 190 EUR/m<sup>3</sup>.



Grafikon 14. Kretanje cena vizuelnog LLD-a odabranih preduzeća u Nemačkoj i Austriji  
(Izvor: Katalogi sa cenama navedenih trgovačkih kompanija)

Od svih prodajnih jedinica koje su obuhvaćene ovim istraživanjem samo je jedna u ponudi imala proizvod zakrivljenog lepljenog lameliranog drveta. Njegova cena je iznosila preko 5000 EUR/m<sup>3</sup>, što je kada se uporedi sa cenama ravnog LLD-a iste kompanije cena viša za 7 - 8 puta, u zavisnosti od toga da li se radi o industrijskom ili vizuelnom kvalitetu respektivno posmatrano (slike 54 i 55).



Slike 54. i 55. Nadstrešnica hotela Splendid od ravnog LLD-a (levo) i zakrivljenog LLD-a (desno) na crnogorskom primorju (Izvor: Sretenovic P., 2011)

Kada je u pitanju politika prodaje i s tim u vezi postojanje odgovarajućih rabata istraživanja su pokazala da je ona različita od kompanije do kompanije i od države do države. Tako na primer jedna švajcarska kompanija daje količinske popuste za kupovinu preko 5 m<sup>3</sup> LLD-a u iznosu od 5 %, a za kupovinu preko 10 m<sup>3</sup> popust iznosi 10 %. Sa

druge strane austrijska kompanija je granicu za količinski popust podigla na nivo preko  $20 \text{ m}^3$  kada se cena umanjuje za 22 %, a za kupovinu preko  $50 \text{ m}^3$  cena može biti manja za čak 29 %.

Na osnovu prethodnih analiza može se zaključiti da cene lepljenog lameliranog drveta variraju u zavisnosti od niza faktora. Jedan od najvažnijih je klasa kvaliteta, pa tako kod iste vrste drveta postoji razlika u ceni u zavisnosti od toga da li se radi o vizuelnom ili industrijskom LLD-u. Značajna razlika u ceni se takođe zapaža i kod različitih drvnih vrsta, što se najbolje može videti na primeru LLD-a ariša koji je znatno skuplji od LLD-a smrče. U zavisnosti od toga da li se radi o ravnom ili zakrivljenom lepljenom lameliranom drvetu, značajno se razlikuje i njegova jedinična cena. Jedan od važnih razloga za to je tehnologija njegove izrade u kojoj se koriste prese koje se prethodno podešavaju prema željenom luku grede dok je kod ravnog LLD-a taj proces znatno brži zahvaljujući automatizovanim rotopresama čija je produktivnost nekoliko puta veća (slike 56 i 57).



Slika 56. Roto presa za ravan LLD  
(Izvor: [www.ledinek.com](http://www.ledinek.com))



Slika 57. Presa za zakrivljen LLD  
(Izvor: [www.minda.de](http://www.minda.de))

Takođe se u zavisnosti od visine strelice luka grede, ponekad mora smanjivati i debljina lamela kako bi se omogućilo efikasno savijanje i lepljenje. Istraživanje zavisnosti dimenzija poprečnog preseka ravnih LLD greda, dužine greda i koeficijenta koji predstavlja odnos visine/širine grede sa njihovom jediničnom cenom izraženom u  $\text{m}^3$  pokazalo je da ne postoji značajnija korelacija između posmatranih pojava. Ovo se može objasniti time da se od ulazne sirovine istih dimenzija i kvaliteta može proizvesti željena dimenzija grede zahvaljujući dužinskom nastavljanju i debljinskom lepljenju, bilo da je ona duža ili kraća sa većom ili manjom visinom poprečnog preseka, pa se zato obračun svodi na jedinicu zapremine ( $\text{m}^3$ ).

Cena takođe zavisi i od klase čvrstoće, pa samim tim prema zahtevanoj čvrstoći formira se i cena proizvoda.

Standardne dužine greda koje se mogu naći na tržištima Nemačke, Austrije i Švajcarske se kreću u rasponu od 6 m do 12 m (6 m, 7 m, 9 m, 10 m i 12 m), a u ponudi jednog broja preduzeća se kao standardan proizvod mogu naći i duže grede i to do 18m (13,5 m, 14 m, 16 m i 18 m). Najčešća dužina grede koja se može naći u ponudi je 12 m. Najveći broj kompanija nudi i mogućnost skraćivanja dužih greda na željenu meru, pa se cena skraćene grede po jedinici mere najčešće uvećava u rasponu od 10 % do preko 20 % u zavisnosti od ponuđača. Kod pojedinih preduzeća sam proces skraćivanja je besplatan, kod drugih se prvi rez na svakoj gredi ne naplaćuje, a svaki sledeći košta 3 EUR/rezu. U pogledu pravouglosti i tačnosti dužine pri kraćenju greda na željenu dužinu ponuda je raznovrsna, od onih koji imaju mogućnost rezanja pod pravim uglom i milimetarsku preciznost do onih koji skraćivanje vrše motornom testerom uz odstupanje do  $\pm 5$  mm. Kod obračuna dužine skraćene grede pojedine kompanije dužinu zaokružuju na cele decimetre naviše. Ukoliko je potrebna veća količina greda LLD-a nestandardnih dimenzija pomenute kompanije nude opciju posebnog poručivanja greda prema željenim dimenzijama, radije nego skraćivanju LLD-a sa svog lagera, jer se postavlja pitanje koliko se efikasno mogu prodati ostaci greda u nestandardnim dužinama. Zbog prethodno navedenog pojedine kompanije dozvoljavaju kupovinu najviše 3 grede nestandardne dužine dobijene skraćivanjem, a ukoliko je potrebno više komada onda se na poručene grede čeka kod pojedinih kompanija od 3 – 5 dana, a kod nekih su ti rokovi duži.

U pogledu debljine lamela koje se koriste za izradu LLD-a, a koji se može naći u redovnoj prodaji na navedenim tržištima, dimenzije se kreću u rasponu od 30 – 40 mm. Najviše zastupljene su debljine od 40 mm. Najčešće vrste vodootpornih lepkova koje se koriste za lepljenje pomenutih lamela su melaminski koji imaju bezbojnu liniju lepljenja, što se naročito naglašava kod proizvoda u vizuelnom kvalitetu. Grede lepljenog lameliranog drveta su četvorostrano rendisane, najčešće sa blago oborenim ivicama na podužnim stranama. U ponudi pojedinih kompanija se mogu naći i impregnirane grede lepljenog lameliranog drveta, uz napomenu da se impregnacija vrši pod pritiskom, sredstvima koja ne sadrže jedinjenja hroma. Pojedine kompanije navode

specifičnosti svojih proizvoda kao atribute koji daju posebnu, dodatnu vrednost lepljenom lameliranom drvetu, pa tako jedna kompanija kao prednost proizvoda koji ima u ponudi navodi brzinu gorenja koja iznosi 0,7 mm/min. Pakovanje je takođe jedna od važnih specifičnosti LLD-a, pa pojedine kompanije navode da su proizvodi upakovani u termoskupljajuću foliju, što u značajnoj meri sprečava apsorpciju vlage i promenu dimenzija, naročito kod proizvoda namenjenih upotrebi u klasi eksploatacije jedan gde nije obavezno korišćenje vodootpornih lepkova. U pogledu klasa čvrstoće gotovo sve kompanije u standardnoj, redovnoj ponudi nude lepljeno lamelirano drvo pod oznakom GL 24 tj. BS 11. Pojedina preduzeća daju mogućnost da se više klase čvrstoće kao što su GL 28 (BS 14), GL 32 (BS 16) i GL 36 (BS 18) mogu poručiti, a cena se naknadno formira pri davanju ponude. Što se tiče rokova isporuke oni variraju u širokom dijapazonu i to od direktne isporuke sa lagera do poručivanja i čekanja na isporuku od nekoliko dana pa čak do 6 nedelja za ariš u vizuelnom kvalitetu.

Rezultati sprovedene analize su od značaja za mogući izvoz LLD-a iz Srbije na tržišta navedenih zemalja.

### **6.3. Doprinos stambene izgradnje i ekonometrijsko modeliranje uticaja odabranih faktora razvoju potrošnje drvnih kompozita u Evropskoj uniji**

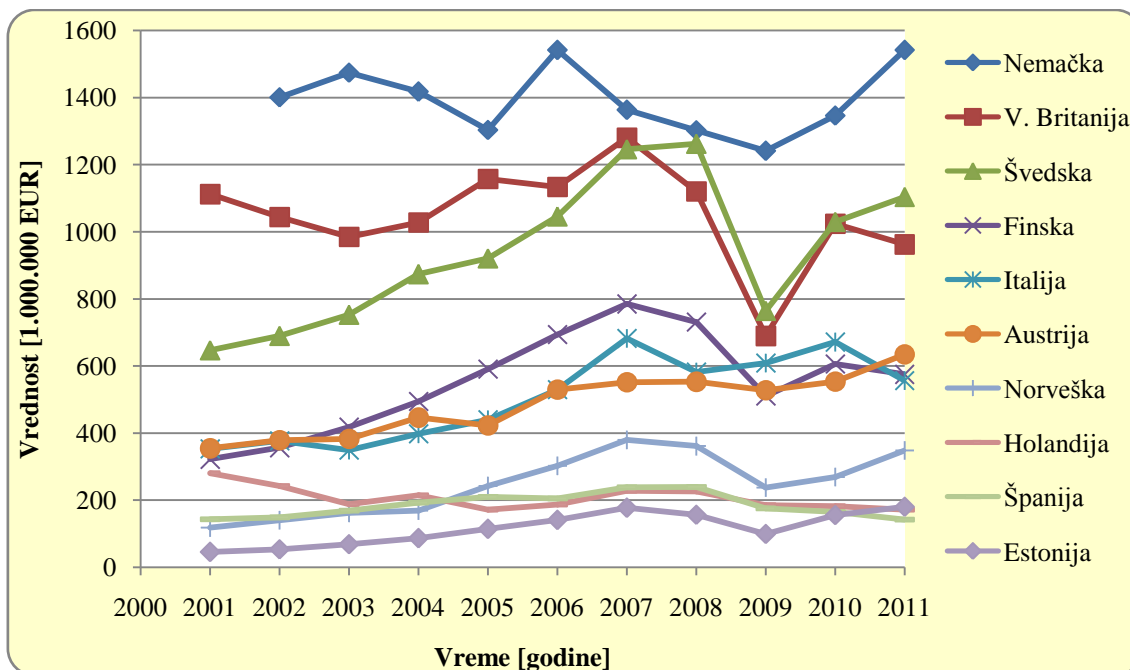
S obzirom na činjenicu da građevinski sektor, a naročito njegov segment koji se odnosi na gradnju kuća od drveta, predstavlja najvećeg potrošača kompozitnih proizvoda od drveta u nastavku su predstavljeni rezultati istraživanja njegovog doprinosa razvoju proizvodnje, potrošnje i spoljnotrgovinskim tokovima ovih drvnih proizvoda.

#### ***6.3.1. Pregled kretanja u građevinskom sektoru i u segmentu proizvodnje proizvoda od drveta namenjenih građevinarstvu od značaja za potrošnju i spoljnotrgovinske tokove kompozitnih proizvoda od drveta u Evropskoj uniji***

Za sagledavanje i kvantifikovanje doprinosa koji sektor građevinarstva daje razvoju proizvodnje i potrošnje proizvoda od drveta namenjenih ugradnji u različite vrste građevinskih objekata izabrane su Austrija i Nemačka kao dve vodeće zemlje u Evropskoj uniji po proizvodnji, potrošnji, uvozu i izvozu ovih drvnih proizvoda.

Glavni razlog za izbor ovih zemalja za sprovođenje istraživanja predstavljala je potreba da se sagleda aktuelno stanje na tržištu ovih proizvoda, uticaj pojedinih faktora na razvoj njihove potrošnje i budući trendovi kako bi se izveli odgovarajući zaključci koji bi mogli biti od koristi za budući razvoj proizvodnje određenih kompozitnih proizvoda od drveta u Srbiji.

U skladu sa prethodno navedenim, na grafikonu 15 prikazani su rezultati proizvodnje kuća od drveta u deset vodećih zemalja u Evropi. Vodeću poziciju u proizvodnji kuća od drveta ima Nemačka sa prosečnom proizvodnjom od 1,4 milijarde evra godišnje. Pored Nemačke, u prvih pet zemalja, nalaze se još i Velika Britanija, Švedska, Finska i Italija.



Grafikon 15. Deset vodećih zemalja po proizvodnji kuća od drveta u Evropi

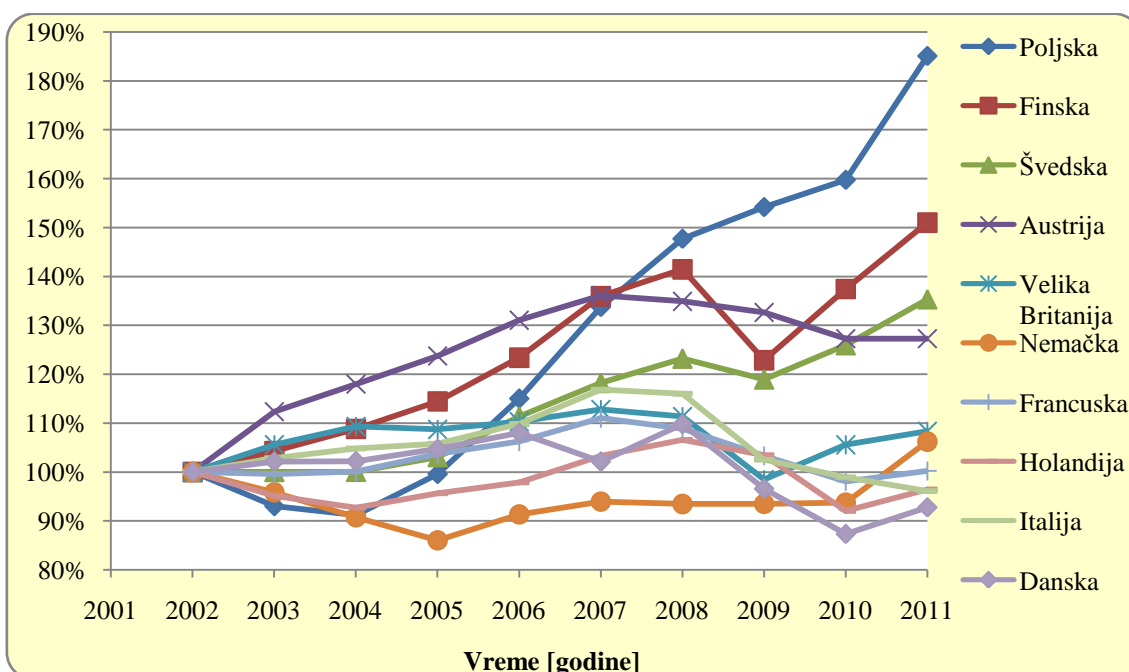
*Napomena: Podaci za Nemačku u 2001. godini nisu bili dostupni*

*(Izvor: EuroStat database)*

Skoro kod svih zemalja se može zapaziti da je najveća vrednost proizvodnje dostignuta u 2007. godini, a da je već naredne godine globalna ekonomska kriza snažno uticala na smanjenje proizvodnje (u proseku za 5,7 % za sve posmatrane zemlje). U 2009. godini je taj uticaj bio još izraženiji, pa je zabeleženo smanjenje vrednosti proizvodnje za čak 27,3 % u odnosu na 2007. godinu. Kada je u pitanju Nemačka još 2006. godine proizvodnja je dostigla svoj maksimum sa vrednošću od 1,54 milijarde evra, a 2009. godine kada je nastupila kulminacija globalne ekonomske krize ona je opala za 19,5 %. U 2010. godini je primetan porast proizvodnje u skoro svim posmatranim zemljama, pri čemu je on bio najizraženiji u Velikoj Britaniji i Švedskoj koje su u odnosu na prethodnu godinu imale prosečno povećanje za 48,5 % i 34,6 % respektivno posmatrano. Porast vrednosti proizvodnje u 2011. godini u odnosu na prethodnu godinu je bio nešto manje izražen, pa su tako Norveška i Estonija imale najveće povećanje u iznosu od 29,3 % i 16,2 % respektivno posmatrano. Austrija je takođe jedana od zemalja koja je u ovom periodu imala značajan rast vrednosti proizvodnje kuća od drveta (izuzetak su 2005 i 2009. godina).



Kada je u pitanju građevinska proizvodnja za potrebe dalje analize izabrani su bazni indeksi za deset zemalja Evropske unije (grafikon 16). Kao bazna godina je uzeta 2002. godina. Najizraženiji rast građevinske proizvodnje imala je Poljska. Od njenog ulaska u EU 2004. godine ona u kontinuitetu ima rast u proseku od 93,9 %. U samom vrhu po rastu građevinske proizvodnje su nordijske zemlje Finska i Švedska, a sledi ih Austrija. Pozitivni trendovi baznih indeksa u sektoru građevinarstva pomenutih nordijskih zemalja znače intenzivniju gradnju objekata, što utiče i na veću potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta. Razlog za to je činjenica da je više od 90 % porodičnih kuća u nordijskim zemljama izgrađeno od drveta (Thelandersson S., et al., 2006).

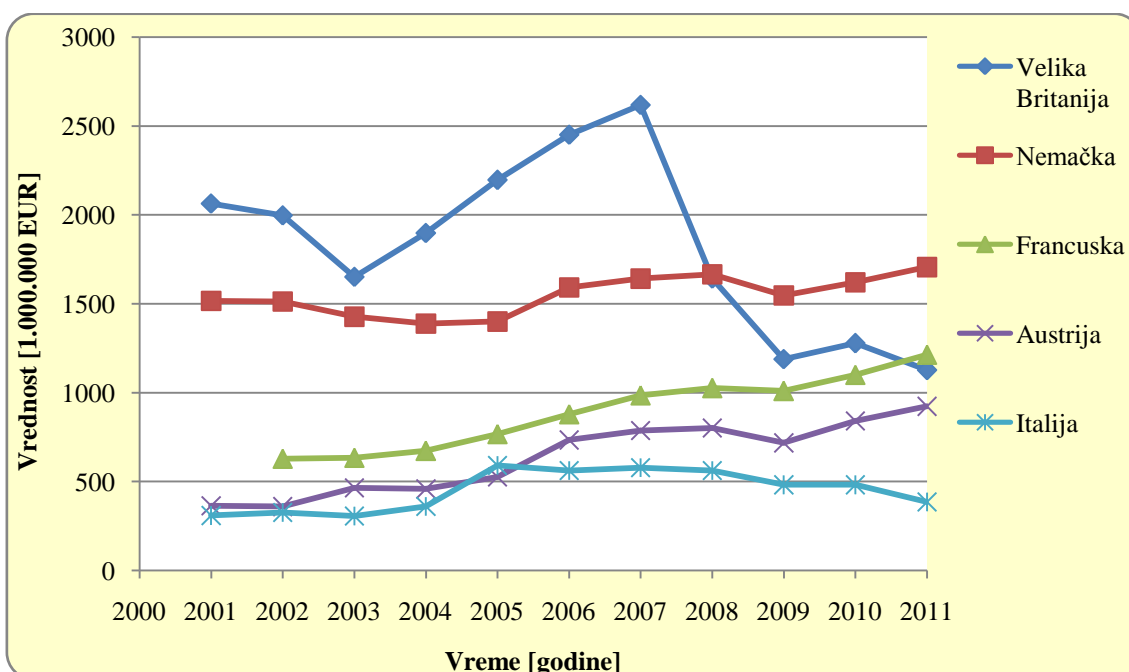


Grafikon 16. Bazni indeksi građevinske proizvodnje u Evropskoj uniji (2002= 100%)

(Izvor: EuroStat database)

Vrednost proizvodnje građevinske stolarije i ostalih građevinskih proizvoda od lepljenog lameliranog drveta, stolarskih ploča, greda i podupirača je dostigla svoj maksimum 2007. godine u iznosu od 9,19 milijardi evra na nivou EU-27. Već naredne godine je došlo do smanjenja za 8,4 %, a 2009. godine je to smanjenje iznosilo 22,9 % u odnosu na 2007. godinu. Prethodno navedeno potvrđuju i podaci o proizvodnji prikazani na grafikonu 17 na kome se jasno mogu videti zemlje koje predstavljaju

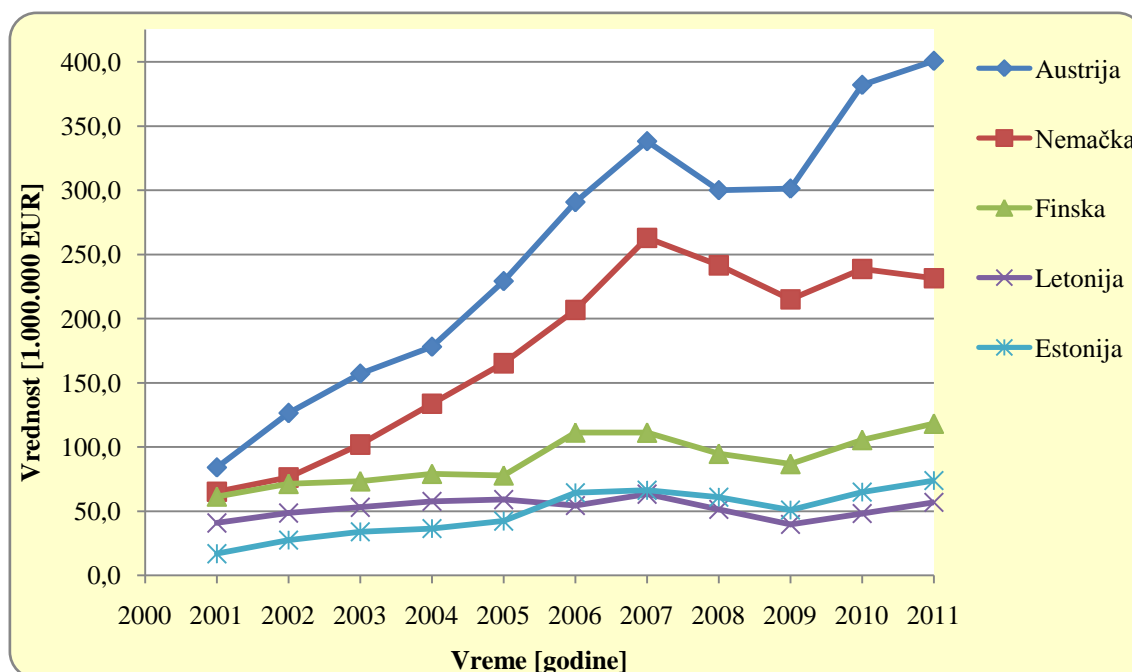
najveće proizvođače pomenutih kompozita, kao i tokovi kretanja proizvodnje u zemljama koje dominiraju na tržištu Evropske unije. Do 2007. godine dominantnu ulogu na tržištu je imala Velika Britanija koja je u kratkom periodu od 2007 - 2009. godine imala smanjenje proizvodnje za čak 1,4 milijarde evra. Ostale zemlje koje su značajni proizvođači su Nemačka koja je imala ustaljenu prosečnu vrednost proizvodnje od 1,54 milijarde EUR u posmatranom periodu, a slede je Francuska, Austrija i Italija. Na grafikonima 15, 16 i 17 su predstavljeni rezultati kretanja proizvodnje za različite kategorije proizvoda koje su od značaja za posmatrane kompozite na bazi drveta. Može se zaključiti da se tržište oporavlja, a da će od brojnih faktora koji na tržištu deluju zavisiti intenzitet i brzina daljeg rasta proizvodnje u posmatranim kategorijama.



Grafikon 17. Proizvodnja građevinske stolarije i ostalih građevinskih proizvoda od lepljenog lameliranog drveta (Izvor: EuroStat database)

Pored uticaja proizvodnje, na potrošnju kompozitnih proizvoda utiču izvoz i uvoz ovih proizvoda. Na grafikonu 18 su predstavljeni podaci za zemlje koje predstavljaju najveće izvoznike lepljenog lameliranog drveta u Evropskoj uniji. Vodeću poziciju zauzima Austrija koja je u kontinuitetu najveći izvoznik, a čija je vrednost 2011. godine dostigla 400,7 miliona evra. Austrija najviše izvozi u Italiju, a u posmatranom periodu od 2001 - 2011. godine vrednost izvoza se povećala za 4,7 puta,

pa je tako 2011. godine iznosila 195,9 miliona evra. Međutim na povećanje izvoza u periodu 2009 - 2011. godina za 99,5 miliona evra najveći uticaj je imao izvoz u Japan koji je u prethodno pomenutoj vrednosti imao učešće 42,5 %. Ostale zemlje koje su uticale na povećanje vrednosti izvoza iz Austrije su Nemačka, Španija i Švajcarska, a učešće prethodno pomenutih zemalja je zbirno iznosilo 26,7 % u odnosu na vrednost od 99,5 miliona evra.



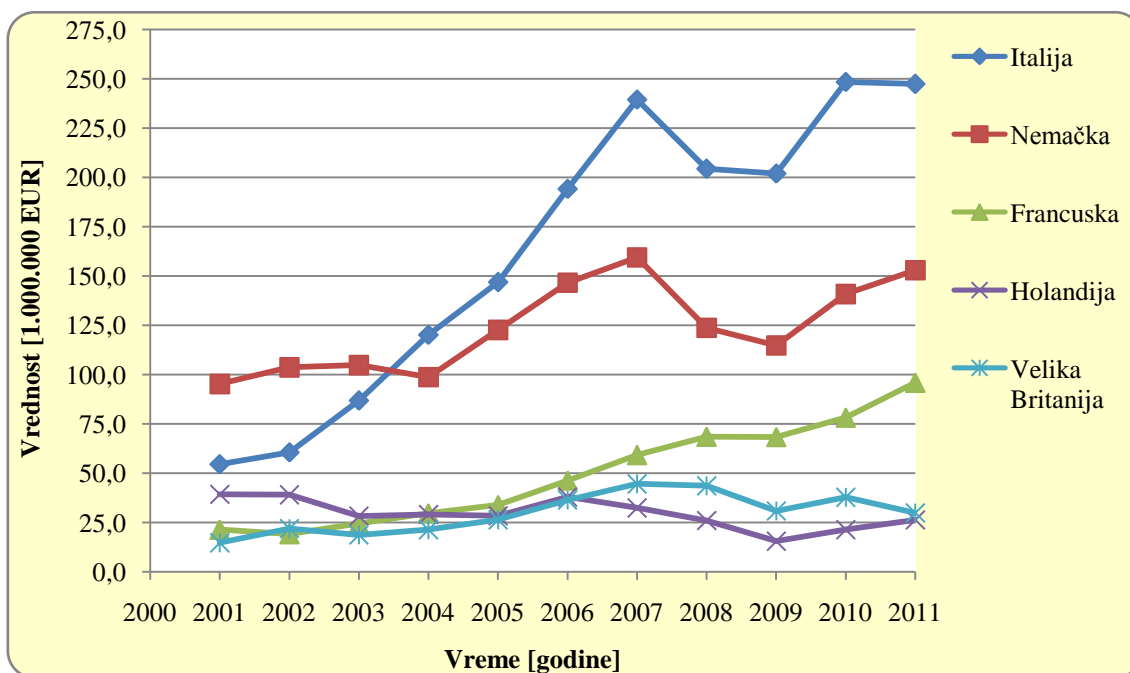
Grafikon 18. Najveći izvoznici lepljenog lameliranog drveta u Evropskoj uniji

(Izvor: EuroStat database)

Drugi po značaju izvoznik LLD-a je Nemačka koja još uvek nije dostigla nivo izvoza iz 2007. godine koji je iznosio 262,9 miliona evra. Najvažniji trgovinski partner Nemačke je bila Italija sve do 2010. godine, a kulminaciju izvoza od 93,1 milion evra je dostigla u 2007. godini. U periodu od 2007 - 2011. godine vrednost izvoza u Italiju je smanjena za 2,15 puta. Već u 2011. godini najvažniji trgovinski partner Nemačke je postala Švajcarska sa 55,5 miliona evra izvoza, a sledile su Italija, Francuska, Austrija i Španija. Finska je treći po veličini izvoznik lepljenog lameliranog drveta u Evropskoj uniji sa vrednošću izvoza od 118,1 milion evra u 2011. godini, od čega je izvoz u Japan činio 78,5 %. U posmatranom periodu od 2001 - 2011. godine Japan je kontinuirano najvažniji uvoznik lepljenog lameliranog drveta iz Finske, a povećanje je u pomenutom

periodu iznosilo 2,67 puta. U pet najvažnijih trgovinskih partnera koji iz Finske uvoze LLD ubrajaju se Velika Britanija, Norveška, Italija i Francuska koje su svaka pojedinačno u posmatranom periodu imale prosečne vrednosti uvoza u rasponu od 3,5 - 4,8 miliona evra. Baltičke zemlje Letonija i Estonija su različito izvozno orjentisane i to pre svega što je izvoz poslednje u najvećoj meri usmeren prema Japanu. Japan je imao udeo od 38,4 % u vrednosti izvoza Estonije u 2011. godini i njen je najveći kupac od 2006. godine kada je na tom mestu zamenio Nemačku. Sa druge strane Letonija je u izvozu dominantno orjentisana ka evropskim zemljama kao što su Nemačka, Norveška, Švedska, Poljska i Danska.

Najveći uvoznici lepljenog lameliranog drveta u EU su prikazani na grafikonu 19. Italija, sa 247,3 miliona evra uvoza u 2011. godini je najznačajniji uvoznik ovog proizvoda. Njeni najvažniji partneri su Austrija i Nemačka, koje su zbirno učestvovala sa 79,2 % u vrednosti uvoza u 2011. godini. Od ostalih zemalja od značaja za uvoz LLD-a u Italiju izdvajaju se Poljska, Rumunija i Finska.



Grafikon 19. Najveći uvoznici lepljenog lameliranog drveta u Evropskoj uniji

(Izvor: EuroStat database)

Nemačka je drugi po veličini izvoznik, ali i uvoznik lepljenog lameliranog drveta. Vrednost uvoza u 2011. godini je bila 152,9 miliona evra, od čega je Austrija

najvažniji trgovinski partner sa vrednošću od 40,7 miliona evra. U prvih 5 najvažnijih trgovinskih partnera ubrajaju se još i Poljska, Indonezija, Letonija i Holandija koje su zbirno činile 31 % od vrednosti uvoza u 2011. godini. Francuska najviše uvozi iz Nemačke i taj trend kontinuirano raste. U 2005. godini uvoz Francuske iz Nemačke je iznosio 8,1 milion evra, da bi u 2011. godini dostigao 27,7 miliona evra, što je povećanje od 3,4 puta. Povećanje uvoza Francuske iz Belgije, Italije i Austrije ima rastući trend, dok se uvoz iz Finske još od 2008. godine postepeno smanjuje.

Holandija je 2001. godine uvozila lepljeno lamelirano drvo najviše iz Indonezije u vrednosti od 26 miliona evra, a 2011. godine taj uvoz je smanjen za 3,2 puta. Sa druge strane dolazi do povećanja uvoza iz Malezije, a prisutan je i uvoz iz Nemačke, Švedske i Belgije. Uvoz LLD-a u Velikoj Britaniji je u posmatranom periodu bio u proseku nešto manji od 30 miliona evra godišnje. Tokovi uvoza LLD-a su u posmatranom periodu bili vrlo dinamični, pa je tako 2005. godine najviše uvozila iz Danske, 2006. godine iz Finske, a 2011. godine najviše iz Kine. Pored navedenih zemalja Velika Britanija uvozi iz Austrije i Švedske.

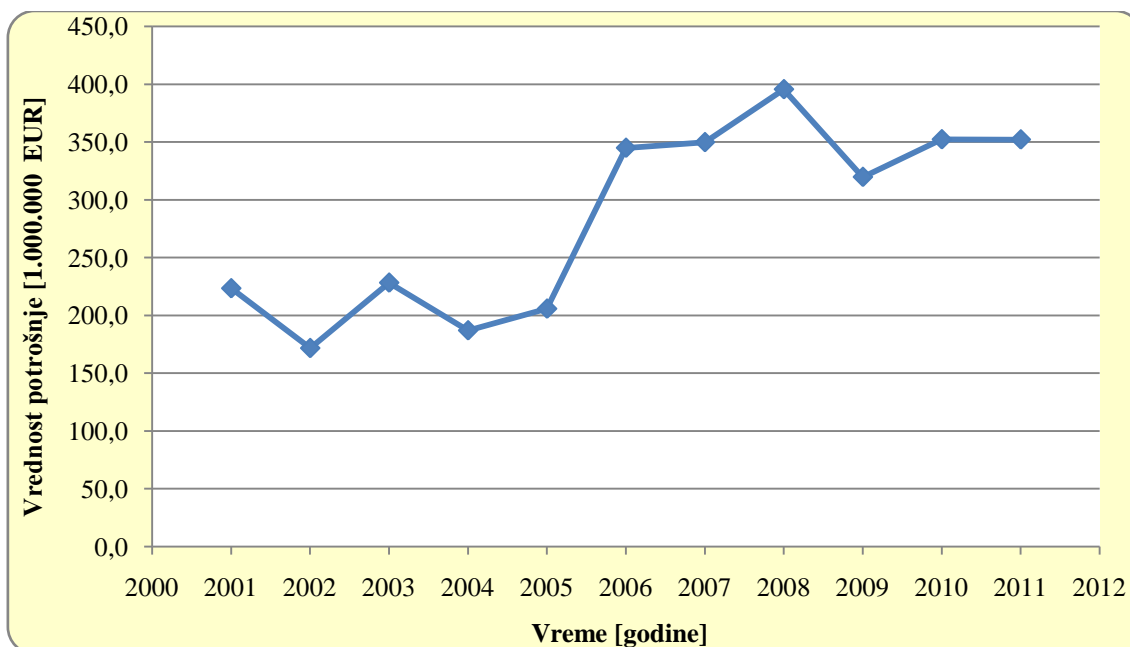
Na osnovu predstavljenih analiza se može zaključiti da je tržište proizvoda od drveta namenjenih sektoru izgradnje kuća od drveta u izabranim zemljama Evropske unije vrlo dinamično i da se ubrzano razvija što je od velikog značaja za proizvođače ovih proizvoda u Srbiji. U cilju sagledavanja kakav uticaj imaju pojedini faktori na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta koji sve više predstavljaju najznačajniju kategoriju proizvoda od drveta namenjenih građevinarstvu, u nastavku su predstavljeni rezultati istraživanja ekonometrijskog modeliranja uticaja izabranih faktora na primeru Austrije.

### ***6.3.2. Ekonometrijsko modeliranje uticaja odabranih faktora na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta na primeru Austrije***

Austrija predstavlja treću zemlju u Evropi po šumovitosti sa nešto više od 47 % površine pod šumama. Ukupna površina pod šumama iznosi oko 3.970.000 ha, a prosečna drvna zapremina na panju 325 m<sup>3</sup>/ha. Godišnji etat je određen na nivou od 19 miliona m<sup>3</sup>, što čini 61,3 % godišnjeg prirasta. U privatnom vlasništvu je 82 % površine

pod šumom, pri čemu 50 % sačinjavaju šume do 200 ha površine, 32 % šume čija je površina veća od 200 ha. U državnom vlasništvu se nalazi 18 % površina pod šumama. Potrošnja drveta po glavi stanovnika je u samom svetskom vrhu, odmah posle Finske, a gotovo jednako kao u Švedskoj i iznosi 0,68 m<sup>3</sup>/godišnje. Šumarstvo i drvna industrija su veoma važne privredne grane imajući u vidu da od ukupnog broja stanovnika (cca 8,38 miliona) čak 280.000 radi u ovim privrednim granama, pri čemu tu nisu uračunati zaposleni koji rade u oblasti trgovine drvetom (Rüdiger L., 2010; Jurnjak V., 2010).

Austrija je jedan od evropskih lidera u proizvodnji kompozitnih proizvoda od drveta. To potvrđuje činjenica da se po proizvodnji nalazila na četvrtom mestu u Evropi za posmatrani period od 2006. do 2011. godine. Najznačajniji proizvod u okviru kategorije kompozita je lepljeno lamelirano drvo (LLD), čiji je Austrija najveći izvoznik u Evropi. Ona je takođe u periodu od 2006. godine, kada je došlo do značajnog povećanja potrošnje, pa do kraja posmatranog perioda na nivou Evrope bila na petom mestu po vrednosti potrošnje pomenutih proizvoda (grafikon 20) (Izvor: EuroStat database; Original). Posmatrano sumarno Austrija je najveći izvoznik LLD-a u Evropi, na četvrtom mestu po proizvodnji kompozita i peta po vrednosti potrošnje kompozita od drveta.



Grafikon 20. Potrošnja kompozitnih proizvoda od drveta u Austriji

(Izvor: EuroStat database; Original)

Na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta u Austriji utiče veliki broj faktora. Ipak, za potrebe istraživanja u ovoj disertaciji izabrani su sledeći faktori:

- *Uticaj gradnje kuća od drveta*
- *Uticaj proizvodnje rezane građe četinarara*
- *Uticaj proizvodnje kompozitnih proizvoda od drveta*
- *Uticaj uvoza kompozitnih proizvoda od drveta*
- *Uticaj izvoza kompozitnih proizvoda od drveta*

Izbor navedenih faktora rezultat je činjenice da je njihov uticaj na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta najizraženiji. Drugi razlog je predstavljala činjenica da se određene zakonitosti o uticaju ovih faktora na potrošnju kompozita na primeru Austrije mogu prihvatiti i koristiti u procesu razvoja tržišta i kreiranju politike kompozitnih proizvoda u Srbiji.

#### ***6.3.2.1. Uticaj gradnje kuća od drveta na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta***

Austrija, kao tipična alpska zemlja, je tradicionalno okrenuta gradnji kuća od drveta još od davnina, naročito u njenim ruralnim oblastima. Međutim, danas se i u urbanim delovima zemlje sve intenzivnije grade čak i višespratni objekti uz upotrebu ekoloških kompozitnih materijala od drveta. Značajne su i površine pod šumama i to pre svega četinarskim, gde su dominantne vrste smrča i jela čije se drvo uglavnom koristi u gradnji ovih objekata. Drvna industrija je takođe visoko razvijena, a u preduzećima koja proizvode kompozitne proizvode od drveta su prisutne i najsavremenije tehnologije. U skladu sa prethodno navedenim istraživan je uticaj gradnje kuća od drveta na potrošnju kompozitnih proizvoda, a rezultati istraživanja su predstavljeni u nastavku.

Uticaj gradnje kuća od drveta na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta je predstavljen prostim regresionim modelom linearnog oblika (grafikon 21).

$$Y = f(X_1)$$

$$a = -91,461$$

$$b = 0,775$$

$$S_{(a)} = 70,189$$

$$S_{(b)} = 0,142$$

$$t_{(a)} = -1,303$$

$$t_{(b)} = 5,445$$

$$|t_{(a)}| < t_{(0.05)}$$

$$|t_{(b)}| > t_{(0.05)}$$

$$R = 87,59 \%$$

$$R^2 = 76,71 \%$$

$$R^2_{\text{cor}} = 74,12 \%$$

$$S_e = 41,282$$

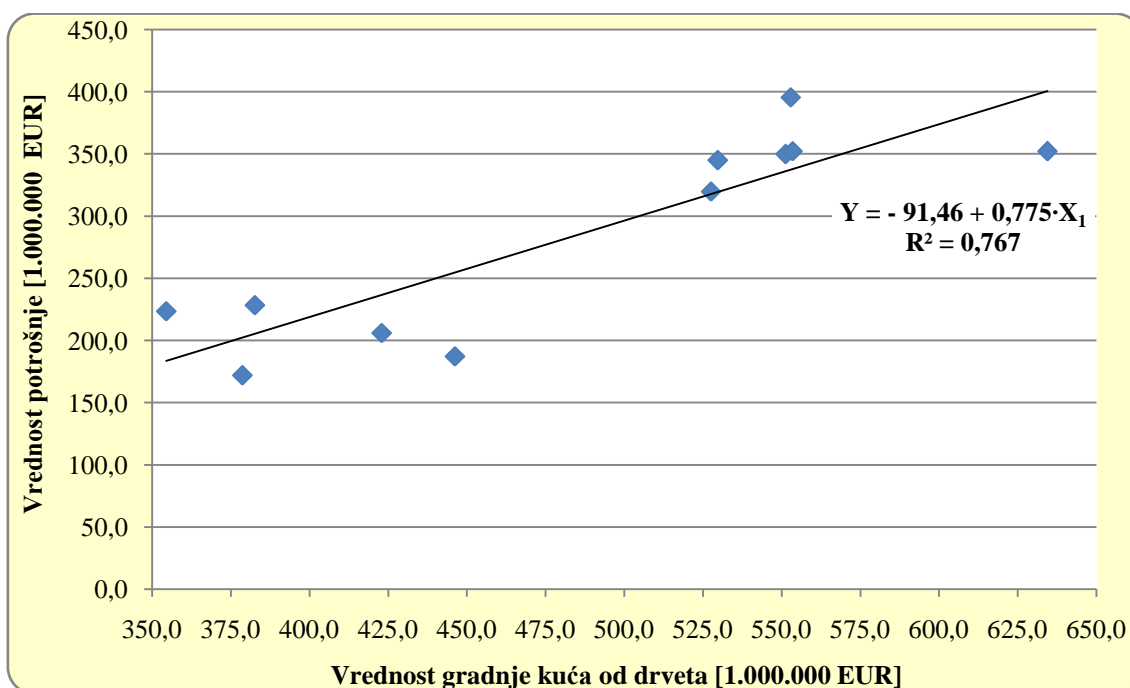
$$F_{(1, 9)} = 29,647$$

$$F_{(1, 9)} > F_{(0.05)}$$

$$D = 1,95$$

$$DW_{(0.05)}: \text{ ne postoji +}$$

Ovaj linearni model je pokazao najveći koeficijent determinacije ( $R^2 = 0,767$ ), pa je iz tog razloga uzet kao najreprezentativniji za dalju analizu.



Grafikon 21. Uticaj gradnje kuća od drveta na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta u Austriji (Izvori: Eurostat database, Original)

Uticaj gradnje kuća od drveta na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta najbolje reprezentuje sledeća jednačina:

$$Y = a + b \cdot X_1$$

$$Y = -91,46 + 0,775 \cdot X_1 \quad (1)$$



Imajući u vidu dobijene parametre u ovom modelu, može se tvrditi da postoji jasan uticaj gradnje kuća od drveta na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta u Austriji. To pre svega potvrđuje dovoljno visok i signifikantan koeficijent korelacije, ali i precizno određena vrednost parametra  $b$ , dok parametar  $a$  nije signifikantan. Modelom je objašnjeno 76,7 % varijacija potrošnje ( $R^2$ ), a u istom ne postoji autokorelacija, koja kada je prisutna u regresiji ima nepovoljno dejstvo na model.

Na osnovu prethodno navedenog se može zaključiti da faktor gradnje kuća od drveta u Austriji ima uticaj na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta. U konkretnom slučaju se može očekivati da će pri svakom povećanju izgradnje kuća od drveta za 1.000.000 evra doći do povećanja potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta za 775.000 evra.

#### ***6.3.2.2. Uticaj proizvodnje rezane građe četinarara na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta***

Drvena industrija u Austriji je jedna od važnih grana privrede i u najvećoj meri je bazirana na malim i srednjim preduzećima. Od 1.498 preduzeća koja aktivno posluju u oblasti drvne industrije, čak 80 % su pilane tako da je primarna prerada drveta najzastupljeniji vid proizvodnje. Pilanska industrija zapošljava blizu 10.000 ljudi što čini 35 % ukupno zaposlenih u sektoru drvne industrije. To upućuje na zaključak da se radi o veoma značajnoj privrednoj grani. Pilane u Austriji su najveći potrošači drveta jer prerađuju 83 % ukupne količine drveta koja se u zemlji prerađuje. Zbog toga se Austrija nalazi na šestom mestu u svetu po proizvodnji rezane građe četinarara. Ukoliko se posmatraju sve drvne vrste, četinarska građa ima jaku sirovinsku bazu koja se ogleda u dominantnom učešću smrče sa 53,6 %, belog bora 5,6 %, ariša sa 4,6 % i jele sa 2,3 %. Tako četinarska građa smrče, belog bora, ariša i jele u šumskom fondu Austrije ima učešće od 66,1 %. Osam najvećih kompanija proizvodi 53 % ukupne proizvodnje rezane građe po količini, a 40 najvećih same proizvedu 83 % od količine proizvedenih pilanskih proizvoda. Austrija je peti po veličini izvoznik rezane četinarske građe, tako da 2/3 proizvedenih pilanskih proizvoda izvozi. U 2010. godini izvezeno je oko

5.600.000 m<sup>3</sup> rezane građe što je po količini za 6 % manje u odnosu na prethodnu godinu. U vrednosnom smislu izvoz rezane građe je iznosio približno 1,1 milijardu evra, što je gotovo jednako vrednosti ostvarenoj u prethodnoj godini. Najznačajniji uvoznik rezane građe iz Austrije je Italija sa učešćem od preko 60 % (Yerit D., 2012; Jurnjak V., 2010).

U skladu sa prethodno navedenim u nastavku su predstavljeni rezultati istraživanja uticaja proizvodnje rezane četinarske građe na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta u Austriji.

Uticaj proizvodnje rezane četinarske građe na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta u Austriji je predstavljen prostim linearnim regresionim modelom, koji je imao najveći koeficijent determinacije (grafikon 22).

Osnovni parametri ovog modela su:

$$Y = f(X_2)$$

$$a = -9,842$$

$$b = 0,251$$

$$S_{(a)} = 207,319$$

$$S_{(b)} = 0,176$$

$$t_{(a)} = -0,047$$

$$t_{(b)} = 1,430$$

$$|t_{(a)}| > t_{(0.05)}$$

$$|t_{(b)}| < t_{(0.05)}$$

$$R = 43,02 \%$$

$$R^2 = 18,50 \%$$

$$R^2_{\text{cor}} = 9,45 \%$$

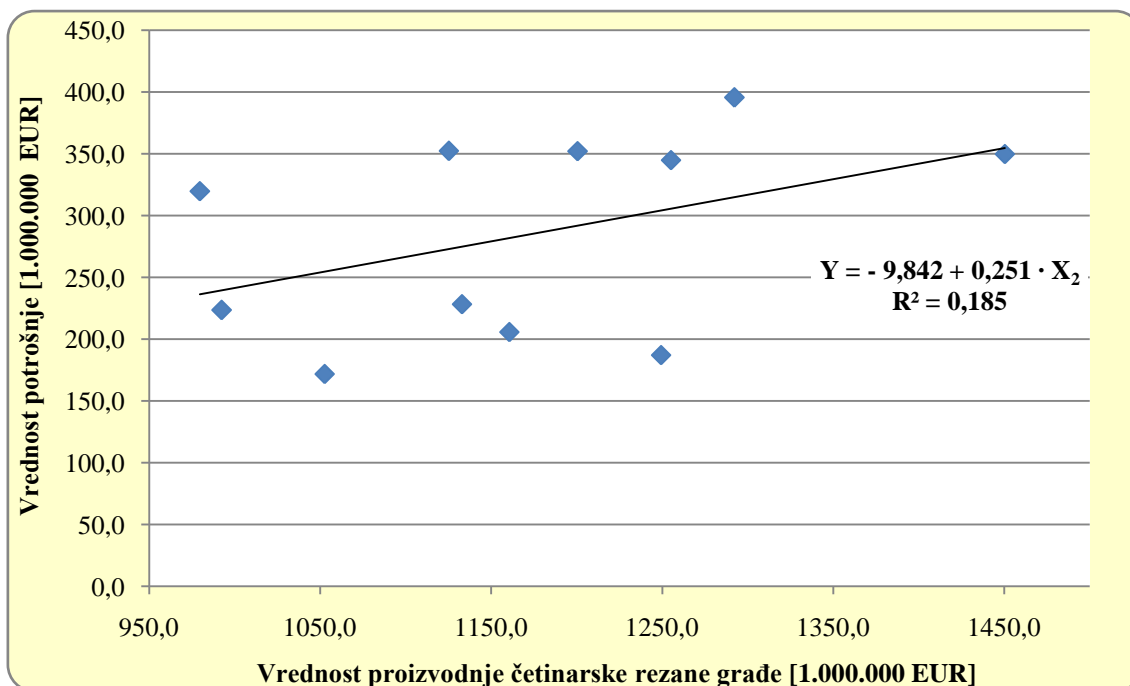
$$S_e = 77,225$$

$$F_{(1, 9)} = 2,044$$

$$F_{(1, 9)} < F_{(0.05)}$$

$$D = 0,66$$

$$DW_{(0.05)}: \text{ postoji +}$$



Grafikon 22. Uticaj proizvodnje rezane četinarske građe na potrošnju kompozita od drveta u Austriji (Izvori: EuroStat database; Original)

Ovaj uticaj je predstavljen sledećim regresionim modelom:

$$Y = a + b \cdot X_2$$

$$Y = -9,842 + 0,251 \cdot X_2 \text{ ----- (2)}$$

Ukoliko se posmatra koeficijent determinacije ( $R^2$ ), zaključuje se da je tek 18,5 % varijacija potrošnje objašnjeno promenama u proizvodnji rezane četinarske građe. Koeficijent korelacije, kao mera uticaja rezane četinarske građe na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta, iznosi 43 %. U modelu je parametar  $b$  nesigifikantan što je pokazala izračunata  $t$  statistika, dok je paramater  $a$  sigifikantan. Model dodatno opterećuje prisustvo pozitivne autokorelacije, pa je zbog svega prethodno navedenog uvedena dodatna nezavisno promenljiva  $X_t$  (vreme) sa ciljem da se obuhvati uticaj ostalih faktora koji deluju na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta u Austriji.

Analiza formiranih multiplih modela koji su urađeni sa ciljem utvrđivanja uticaja ostalih poznatih i nepoznatih promenljivih je pokazala da je najveći koeficijent

determinacije ( $R^2$ ) imao linearni oblik (od sva 3 koja su posmatrana) što je prikazano na grafikonu 23. Osnovni parametri multiplog linearnog modela su:

$$Y = f(X_2, X_t)$$

$$a = 19,289$$

$$b = 0,132$$

$$c = 18,501$$

$$S_{(a)} = 130,295$$

$$S_{(b)} = 0,115$$

$$S_{(c)} = 4,799$$

$$t_{(a)} = 0,148$$

$$t_{(b)} = 1,150$$

$$t_{(c)} = 3,855$$

$$|t_{(a)}| < t_{(0.05)}$$

$$|t_{(b)}| < t_{(0.05)}$$

$$|t_{(c)}| > t_{(0.05)}$$

$$R = 84,55 \%$$

$$R^2 = 71,48 \%$$

$$R^2_{cor} = 64,35 \%$$

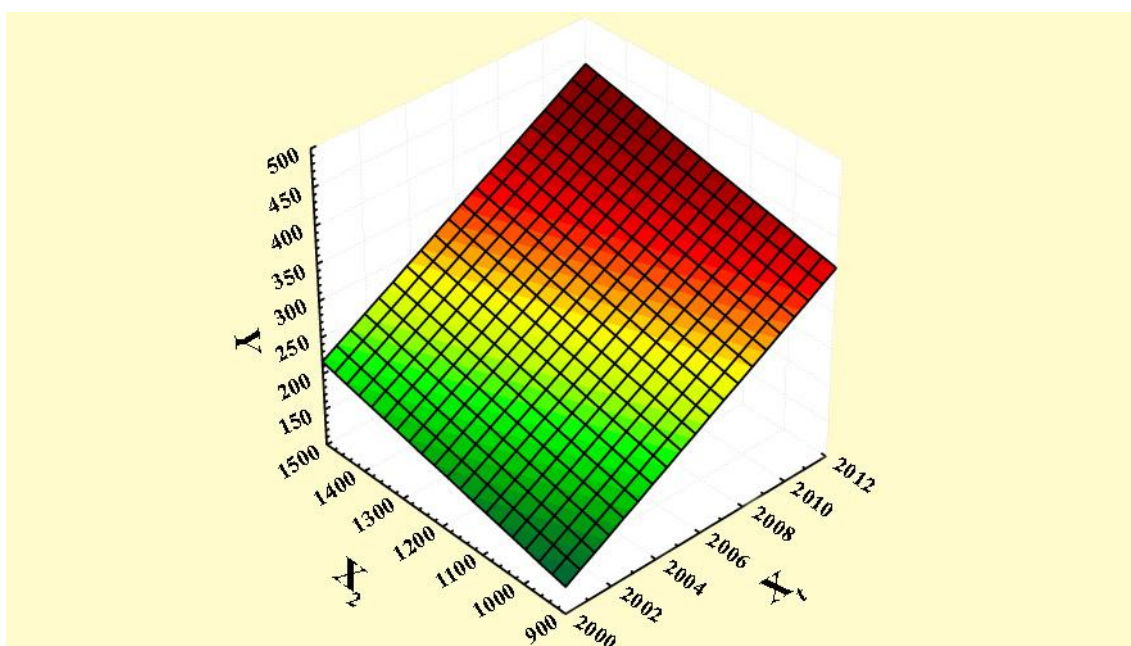
$$S_e = 48,452$$

$$F_{(2, 8)} = 10,027$$

$$F_{(2, 8)} > F_{(0.05)}$$

$$Y = 19,289 + 0,132 \cdot X_2 + 18,501 \cdot X_t$$

$$R^2 = 0,71$$



Grafikon 23. Uticaj proizvodnje rezane četinarske građe ( $X_2$ ) i vremena ( $X_t$ ) na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta ( $Y$ )

(Izvori: EuroStat database; Original)

Funkcionalna zavisnost potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta u Austriji od proizvodnje rezane četinarske građe je predstavljena sledećom linearnom jednačinom:

$$Y = a + b \cdot X_2 + c \cdot X_t$$

$$Y = 19,289 + 0,132 \cdot X_2 + 18,501 \cdot X_t \text{ ----- (3)}$$

Koeficijent determinacije pokazuje da je u datoj regresiji učešće objašnjenih u ukupnim varijacijama 71 %. Statistički signifikantan i vrlo jak koeficijent korelacije (84,5 %) govori da je stepen povezanosti zavisno i nezavisno promenljivih visok. Pozitivan predznak parametra  $b$  pokazuje da će pri povećanju vrednosti proizvodnje rezane četinarske građe za 1.000.000 evra doći do povećanja vrednosti potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta za 132.000 evra. Na osnovu prethodno navedenog se može tvrditi da faktor proizvodnje rezane četinarske građe u Austriji ima uticaj na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta.

### ***6.3.2.3. Uticaj proizvodnje kompozitnih proizvoda od drveta na njihovu potrošnju***

Proizvodnja građevinske stolarije i ostalih građevinskih proizvoda od lepljenog lameliranog drveta, stolarskih ploča, greda i podupirača koji su u ovom radu obuhvaćeni nazivom kompozitni proizvodi od drveta je dostigla svoj maksimum još u 2007. godini sa vrednošću od 9,19 milijardi evra na nivou EU-27 (videti 6.3.1). Austrija zauzima četvrto mesto u Evropi po vrednosti proizvodnje kompozita od drveta koja je 2011. godine iznosila 923,3 miliona evra što je predstavljalo povećanje za 9,8 % u odnosu na prethodnu godinu. Rezultati obrade podataka i tumačenje modela su predstavljeni u nastavku.

Ispitivanje uticaja i međusobne zavisnosti potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta od njihove proizvodnje je predstavljeno prostom linearnom regresijom (grafikon 24) koja je od svih funkcija imala najveći koeficijent determinacije ( $R^2$ ). U skladu sa prethodno navedenim dati su i parametri ovog modela:

$$Y = f(X_3)$$

$$a = 49,172$$

$$b = 0,371$$

$$S_{(a)} = 32,491$$

$$S_{(b)} = 0,049$$

$$t_{(a)} = 1,513$$

$$t_{(b)} = 7,578$$

$$|t_{(a)}| < t_{(0,05)}$$

$$|t_{(b)}| > t_{(0,05)}$$

$$R = 92,98 \%$$

$$R^2 = 86,45 \%$$

$$R^2_{\text{cor}} = 84,95 \%$$

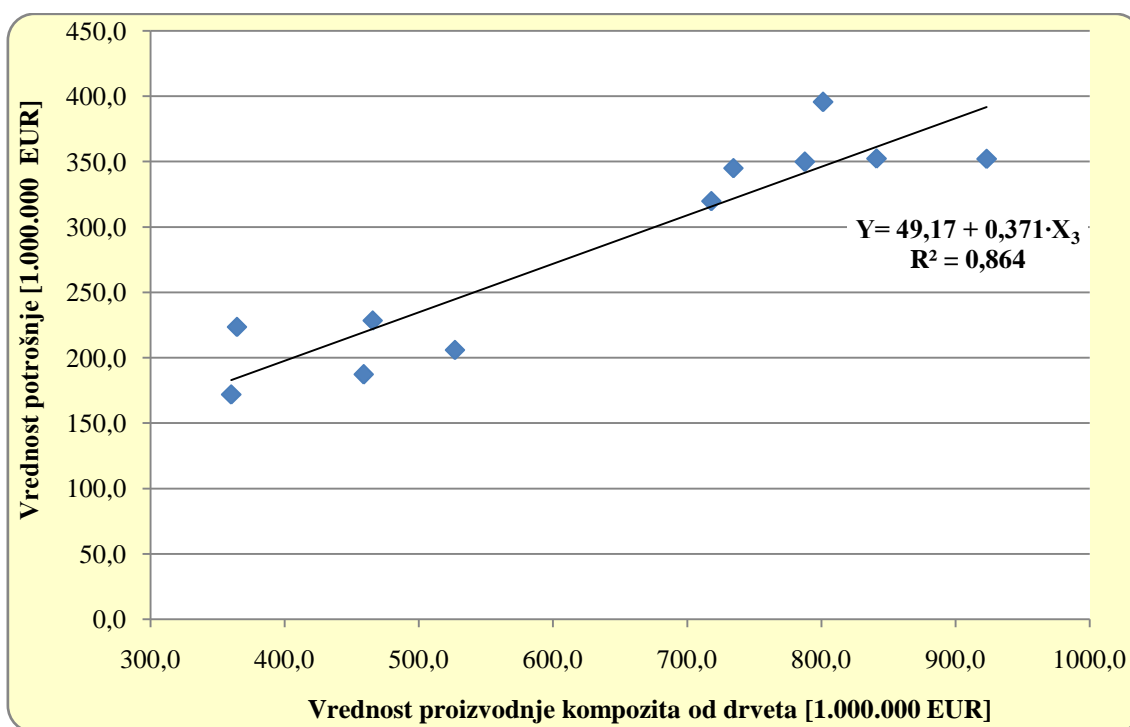
$$S_e = 31,487$$

$$F_{(1, 9)} = 57,430$$

$$F_{(1, 9)} > F_{(0,05)}$$

$$D = 1,48$$

$$DW_{(0,05)}: \text{ ne postoji +}$$



Grafikon 24. Uticaj proizvodnje na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta u Austriji (Izvori: EuroStat database; Original)

Međusobna zavisnost potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta od njihove proizvodnje je predstavljena sledećom linearnom jednačinom:

$$Y = a + b \cdot X_3$$

$$Y = 49,17 + 0,371 \cdot X_3 \text{ ----- (4)}$$

Na osnovu dobijenog modela se jasno vidi da proizvodnja kompozitnih proizvoda od drveta ima jak uticaj na njihovu potrošnju. Tome u prilog govori veoma visok i statistički signifikantan koeficijent korelacije (R), ali i tačno i pouzdano određen parametar *b*. Učešće objašnjenih u ukupnim varijacijama u posmatranom modelu je takođe veliko i iznosi 86 %, što govori o velikoj važnosti posmatranih faktora na zavisno promenljivu. Na osnovu prethodno navedenog se može tvrditi da faktor proizvodnje kompozitnih proizvoda od drveta utiče na povećanje njihove potrošnje. U konkretnom slučaju će pri svakom povećanju proizvodnje za 1.000.000 evra doći do povećanja potrošnje za 371.000 evra.

#### ***6.3.2.4. Uticaj uvoza kompozitnih proizvoda od drveta na njihovu potrošnju***

Iako je Austrija jedan od velikih izvoznika kompozitnih proizvoda od drveta i najveći evropski izvoznik lepljenog lameliranog drveta (LLD), ona je i značajan uvoznik ovih proizvoda. Po uvozu kompozitnih proizvoda koji su obuhvaćeni ovom analizom (lepljeno lamelirano drvo, stolarske ploče, grede i podupirači) Austrija se nalazi na petom mestu u Evropi, odmah posle Nemačke, Italije, Francuske i Velike Britanije. Njen uvoz u 2011. godini imao je vrednost od 96,4 miliona evra što je u odnosu na 2010. godinu povećanje od 13,3 %. Imajući u vidu trend rasta uvoza kompozitnih proizvoda od drveta, pretpostavljeno je da on ima direktan uticaj na porast potrošnje. U skladu sa prethodno navedenim formiran je ekonometrijski model uticaja uvoza kompozita od drveta na njihovu potrošnju. Rezultati obrade podataka i tumačenje modela predstavljeni su u nastavku.

Stepeni ekonometrijski model je imao najveći koeficijent determinacije ( $R^2$ ) i samim tim najbolje prikazuje uticaj uvoza na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta (grafikon 25). Najvažniji parametri ovog modela su sledeći:

$$Y = f(X_4)$$

$$\ln a = -0,496$$

$$b = 1,437$$

$$S_{(\ln a)} = 1,010$$

$$S_{(b)} = 0,237$$

$$t_{(\ln a)} = -0,491$$

$$t_{(b)} = 6,052$$

$$|t_{(\ln a)}| < t_{(0,05)}$$

$$|t_{(b)}| > t_{(0,05)}$$

$$R = 89,59 \%$$

$$R^2 = 80,27 \%$$

$$R^2_{\text{cor}} = 78,08 \%$$

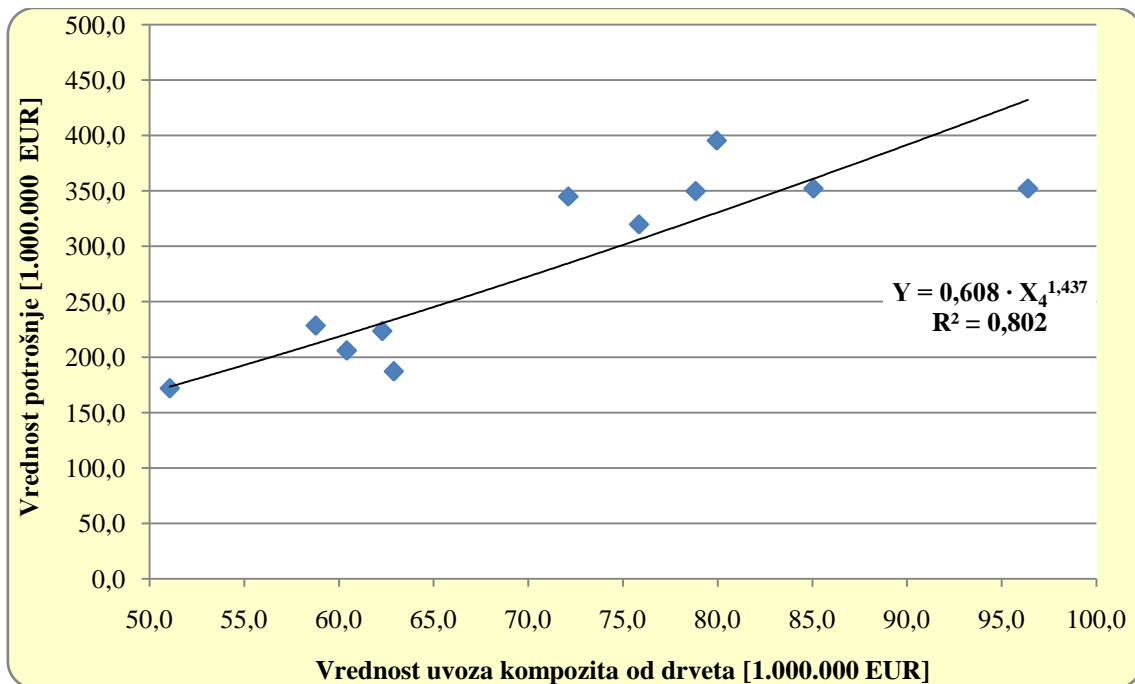
$$S_e = 0,142$$

$$F_{(1, 9)} = 36,622$$

$$F_{(1, 9)} > F_{(0,05)}$$

$$D = 1,47$$

$$DW_{(0,05)}: \text{ ne postoji +}$$



Grafikon 25. Uticaj uvoza na potrošnju kompozita od drveta u Austriji

(Izvor: EuroStat database; Original)

Zavisnost potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta od njihovog uvoza, predstavljena je sledećom jednačinom:

$$Y = a \cdot X_4^b$$

$$Y = 0,608 \cdot X_4^{1,437} \quad \text{----- (5)}$$



Statistički signifikantan (značajan) i visok koeficijent korelacije ( $R$ ), kao i statistički signifikantan parametar  $b$  potvrđuju da postoji veliki uticaj uvoza na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta. Koeficijent determinacije ( $R^2$ ) je takođe visok, pa se može zaključiti da je učešće objašnjenih u ukupnim varijacijama čak 80,4 %, a kao dodatan pozitivan faktor u modelu je odsustvo autokorelacije. Može se tvrditi da će pri svakom povećanju uvoza kompozitnih proizvoda od drveta za 1 % doći do povećanja potrošnje za 1,44 %.

#### **6.3.2.5. Uticaj izvoza kompozitnih proizvoda od drveta na njihovu potrošnju**

Austrija je jedan od najvećih izvoznika kompozitnih proizvoda od drveta i najveći evropski izvoznik lepljenog lameliranog drveta. U periodu od 2001 - 2011. godine rast izvoza je bio veoma izražen, a prosečna godišnja stopa rasta je iznosila 12,6 %. Ukoliko se prethodno navedeno izrazi u apsolutnim jedinicama mere prosečno povećanje izvoza je iznosilo 42,1 miliona evra na godišnjem nivou. U posmatranom periodu Austrija je u kontinuitetu bila na prvom mestu po izvozu LLD-a u Evropi, a u 2011. godini je imala za 169,3 miliona evra veći izvoz u odnosu na Nemačku koja je bila drugi najveći evropski izvoznik ovih proizvoda. Najvažnije izvozno tržište Austrije je Italija sa učešćem od 48,9 %. U Italiju se najviše izvozi lepljeno lamelirano drvo. Ova količina uvezenog LLD-a je činila 79,2 % ukupnog uvoza ovog proizvoda u Italiji, pa se može zaključiti da Austrija u najvećoj meri podmiruje potrebe italijanskog tržišta. Ostali važni partneri i veliki uvoznici LLD-a iz Austrije su Japan, Nemačka, Španija i Švajcarska (*Izvori: EuroStat database; Original*).

Ukoliko se uzme u obzir prethodno navedeno može se zaključiti da izvoz kompozitnih proizvoda od drveta ima značajnog uticaja na njihovu potrošnju u Austriji. Pretpostavlja se da će pri svakom povećanju izvoza doći do smanjenja potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta. Rezultati obrade podataka i tumačenje modela dati su u nastavku.

Uticaj izvoza kompozitnih proizvoda od drveta, kao nezavisno promenljive, na njihovu potrošnju je predstavljen prostim regresionim modelom linearnog oblika (grafikon 26) čiji su parametri sledeći:

$$Y = f(X_5)$$

$$a = 87,204$$

$$b = 0,468$$

$$S_{(a)} = 46,288$$

$$S_{(b)} = 0,104$$

$$t_{(a)} = 1,884$$

$$t_{(b)} = 4,486$$

$$|t_{(a)}| < t_{(0.05)}$$

$$|t_{(b)}| > t_{(0.05)}$$

$$R = 83,13 \%$$

$$R^2 = 69,10 \%$$

$$R^2_{\text{cor}} = 65,67 \%$$

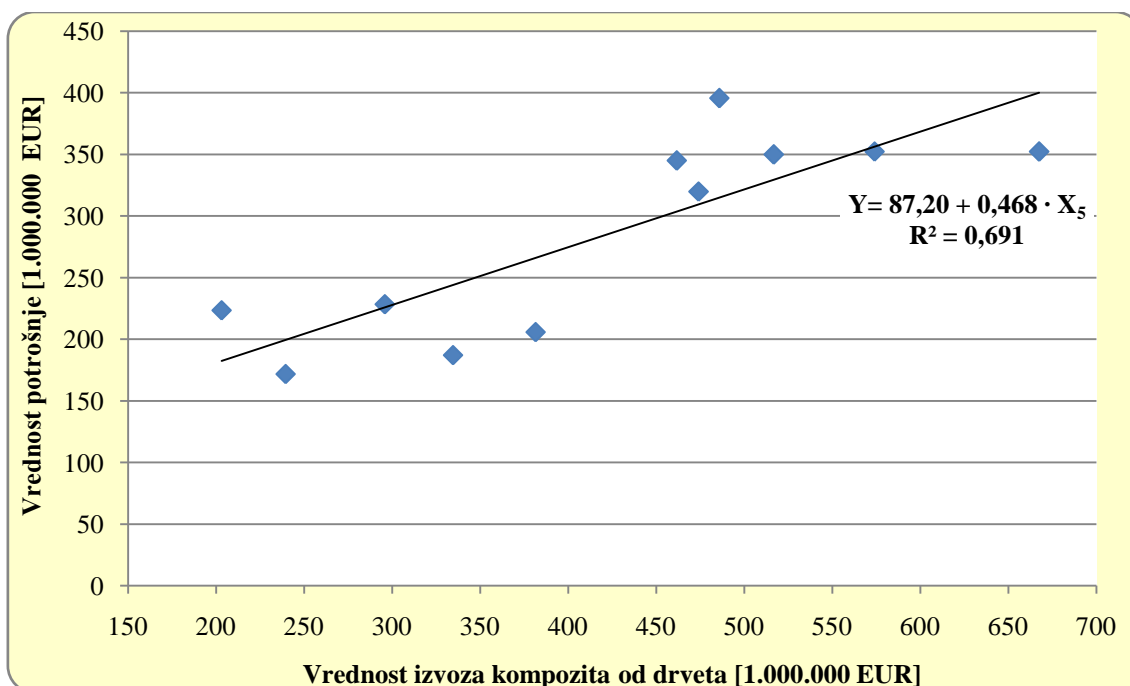
$$S_e = 47,552$$

$$F_{(1, 9)} = 20,127$$

$$F_{(1, 9)} > F_{(0.05)}$$

$$D = 1,50$$

$$DW_{(0.05)}: \text{ ne postoji } +$$



Grafikon 26. Uticaj izvoza na potrošnju kompozita od drveta u Austriji

(Izvori: EuroStat database; Original)

Funkcionalna zavisnost potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta od njihovog izvoza je predstavljena sledećom linearnom jednačinom:

$$Y = a + b \cdot X_5$$

$$Y = 87,20 + 0,468 \cdot X_5 \text{ ----- (6)}$$

Posmatrajući koeficijent determinacije ( $R^2$ ) zaključuje se da je modelom objašnjeno 69,1 % ukupnih varijacija, kao i da model nije opterećen autokorelacijom. Značajno visok i statistički signifikantan koeficijent korelacije ( $R = 83,1$  %), kao i precizno izračunat parametar  $b$  pokazuju da izvoz ima uticaj na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta. Prema modelu svako povećanje izvoza se odražava na povećanje potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta. To nije u skladu sa uobičajenom trgovačkom praksom po kojoj izvoz uglavnom utiče na smanjenje potrošnje. U konkretnom slučaju za svako povećanje izvoza za 1.000.000 evra će doći do povećanja potrošnje za 468.000 evra.

Ovo je veoma specifična pojava, a jedan od važnih razloga kojim se to može objasniti su jake podsticajne mere koje se sprovode na državnom i pokrajinskom nivou, kako bi se drvo i njegovi kompozitni proizvodi još više i intenzivnije koristili u gradnji ekoloških i energetski efikasnih objekata. Izgradnja energetski efikasnih kuća za čiju gradnju se koriste kompozitni materijali od drveta je subvencionisana od strane republičkih i pokrajinskih organa vlasti što potvrđuju primeri iz Štajerske pokrajine koja za ove objekte daje subvencije u rasponu od 10.000 - 25.000 EUR (*Pauritsch G., 2010*). Podsticanje novogradnje u Austriji je u 2010. godini od strane države subvencionisano sa 1,95 milijardi evra čime je 60 % ukupno izgrađenih stanova obuhvaćeno ovom inicijativom. To predstavlja 3,3 stana na 1.000 stanovnika što nadmašuje čak i Skandinavske zemlje (*IBW, 2015*). Važno je istaći činjenicu da i pored izvoza Austrija raspolaže sa dovoljnim količinama kompozita od drveta iz sopstvene proizvodnje i iz uvoza tako da i pored izvoza ostaju dovoljne količine da se podmire potrebe domaćeg tržišta.

Prema navodima prof. Dr Treberspurg M. et al. (2006) intenzivna gradnja energetski efikasnih objekata u Austriji funkioniše na visokom nivou zahvaljujući visokim porezima na primanja zaposlenih kojima se obezbeđuju sredstva za subvencionisanje gradnje. Iznos koji se izdvaja za subvencionisanje ovog načina gradnje je u visini 1,3 % domaćeg bruto proizvoda Austrije, što se smatra njegovim

važnim pokretačem. Ako se prosečno izdvajanje na platu zaposlenog (bruto - neto) od 982 EUR/mesečno koliko je iznosilo u 2011. godini pomnoži sa 280.000 zaposlenih u šumarstvu i drvnjoj industriji dolazi se do vrednosti od 274,96 miliona evra mesečno koji predstavljaju značajan resurs za subvencionisanje gradnje i intenziviranje potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta (*Wirtschaftskammern Österreichs, 2014; Rüdiger L., 2010*). Ovako veliki broj zaposlenih u šumarstvu i drvnjoj industriji na čije zarade država obračunava visoke poreze poslodavci mogu uspešno servisirati zahvaljujući leaderskoj poziciji na svetskom tržištu i visokim prihodima koje ostvaruju pri izvozu. Prethodno navedenom treba dodati i to da je u posmatranom periodu od 2001 - 2011. godine prosečna godišnja stopa rasta bruto plate u Austriji iznosila 1,9 % (*Statistik Austria, 2014*).

Implementacija i sprovođenje mera kojima se snažno podstiče rast domaće tražnje za kompozitnim proizvodima od drveta, uz istovremeni razvoj, istraživanje i ulaganja u nove proizvodne kapacitete kojima se zadovoljava narastajuća tražnja na globalnom nivou, predstavljaju jasan znak da se paralelno sa rastom izvoza podstiče i rast domaće tražnje.

### ***6.3.2.6. Višefaktorski ekonometrijski model i prognoza budućih vrednosti potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta u Austriji***

Višefaktorski regresioni model koji predstavlja potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta dat je sledećom stepenom jednačinom:

$$\text{Ln}Y = -0,890 + 0,091 \cdot \text{Ln}X_1 + 0,040 \cdot \text{Ln}X_2 + 2,269 \cdot \text{Ln}X_3 + 0,047 \cdot X_4 - 1,522 \cdot \text{Ln}X_5 + 0,007 \cdot X_t$$

(-2,597)	(0,929)	(0,501)	(36,069)	(0,706)	(-16,203)	(0,747)
ne	ne	ne	da	ne	da	ne

Transformisanjem prethodne jednačine dobija se pojednostavljen oblik:

$$Y = 0,411 \cdot X_1^{0,091} \cdot X_2^{0,040} \cdot X_3^{2,269} \cdot X_4^{0,047} \cdot X_5^{-1,522} \cdot e^{0,007 \cdot X_t}$$

$$Y = 0,411 \cdot X_1^{0,091} \cdot X_2^{0,040} \cdot X_3^{2,269} \cdot X_4^{0,047} \cdot X_5^{-1,522} \cdot 1,007^{X_t} \quad \text{----- (7)}$$

R= 99,97 %	R <sup>2</sup> = 99,95 %	R <sup>2</sup> <sub>cor</sub> = 99,86 %
F <sub>(6, 4)</sub> = 1220,461	F <sub>(6, 4)</sub> > F <sub>(0.05)</sub>	S <sub>e</sub> = 0,0112

Kako bi se potvrdio uticaj izabranih faktora na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta urađena je analiza višefaktorskog modela. Koeficijent korelacije ( $R$ ) je vrlo visok i statistički signifikantan, kao i koeficijent korigovane determinacije ( $R^2_{cor}$ ) koji jasno ukazuje da je učešće objašnjenih u ukupnim varijacijama 99,95 %. To potvrđuje da su izabrani faktori koji utiču na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta ispravno odabrani.

Na osnovu prethodno navedenog može se zaključiti da se u model može imati poverenja, pa su u skladu sa tim u nastavku data tumačenja parametara višefaktorskog modela:

- Parametar uz gradnju kuća od drveta ( $X_1$ ) upućuje na zaključak da će povećanje vrednosti gradnje kuća od drveta za 1 % dovesti do povećanja potrošnje za 0,1 %. Na osnovu rezultata  $t$  testa parametar koji stoji uz ovu nezavisno promenljivu je nesignifikantan, pa se mogu javiti odstupanja od navedene vrednosti. Ono što je veoma značajno za ovaj parametar u okviru višestepenog modela je pozitivan uticaj gradnje kuća od drveta na potrošnju kompozitnih proizvoda, što je u saglasnosti sa prostim regresionim modelom.
- Parametar uz proizvodnju rezane četinarske građe ( $X_2$ ) je pozitivan i navodi na zaključak da će se sa povećanjem prethodno navedene nezavisne promenljive za 1 %, potrošnja kompozitnih proizvoda od drveta povećati za 0,04 %. Ukoliko se uporedi ovaj zaključak sa onim u multiplom regresionom modelu može se videti da su međusobno komplementarni, tj. oba modela ukazuju na istosmerni uticaj nezavisne na zavisno promenljivu. Imajući u vidu da parametri uz  $X_2$  u višefaktorskom i multiplom modelu nisu signifikantni, moguća su odstupanja od navedenih vrednosti.
- Sa povećanjem proizvodnje kompozitnih proizvoda od drveta za 1 %, raste i njihova potrošnja i to za 2,3 %. Parametar uz nezavisno promenljivu ( $X_3$ ) je statistički signifikantan, tako da su odstupanja od ove vrednosti moguća u veoma maloj meri. Imajući u vidu vrednost dobijenog parametra može se zaključiti da je uticaj ove nezavisno promenljive u modelu veoma značajan i uticajan na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta.
- Sa povećanjem uvoza kompozitnih proizvoda od drveta ( $X_4$ ) za 1% doći će do povećanja njihove potrošnje za 0,05 %. Imajući u vidu da je parametar koji stoji uz

ovu nezavisno promenljivu nesignifikantan postoji verovatnoća da odstupanja mogu biti veća od navedene vrednosti. Imajući u vidu vrednost dobijenog parametra može se zaključiti da je uticaj uvoza na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta znatno manji od uticaja koji ima proizvodnja.

- Parametar uz izvoz koji u višefaktornom modelu stoji uz  $X_5$  je negativan i zaključuje se da će pri svakom povećanju izvoza za 1 % doći do značajnog smanjenja potrošnje kompozitnih proizvoda za 1,52 %. Visoka vrednost ovog parametra govori o značaju koji on ima na potrošnju, pa je tako ovo drugi po važnosti faktor u višefaktorskom modelu, uz proizvodnju kompozitnih proizvoda od drveta. Zbog signifikantnosti parametra koji stoji uz ovu nezavisno promenljivu može doći samo do malih i neznatnih odstupanja od navedene vrednosti. Prethodno navedeno je u saglasnosti sa uobičajenim tvrdnjama da će pri svakom povećanju izvoza doći do smanjenja potrošnje, ali je u suprotnosti sa prostim regresionim modelom.
- Parametar koji stoji uz vreme obuhvata sve one faktore, poznate i nepoznate, koji utiču na promene potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta, a koji nisu obuhvaćeni nekim od uključenih faktora. Imajući u vidu pozitivan predznak parametra uz vreme može se zaključiti da ostali faktori utiču na blago povećanje potrošnje i to za samo 0,007 % na godišnjem nivou u periodu obuhvaćenim istraživanjem. Iz relativno male vrednosti ovog parametra se može zaključiti da je model kvalitetno specifikovan i da su izabrani relevantni faktori koji imaju direktan uticaj na promene u potrošnji, a prethodno navedeno se naročito odnosi na proizvodnju i izvoz kompozitnih proizvoda od drveta.

U svakom slučaju treba imati u vidu da su vrednosti parametara u višefaktorskom i prostim regresionim modelima za neke faktore različiti, tako da prednost u prihvatanju činjenica o njihovom uticaju treba dati višefaktorskom modelu i njegovim parametrima. Najvažniji razlog za to je što se u višefaktorskom modelu najbolje vidi sinergija i međusobno preplitanje uticaja različitih faktora

Imajući u vidu sve prethodno navedeno može se zaključiti da postoji jaka veza između izabranih faktora i potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta. U skladu sa tim multipli višefaktorski model (7) je upotrebljen za prognozu vrednosti potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta do 2020. godine (tabela 10).

Tabela 10. Prognoza potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta u Austriji

Godine	Gradnja kuća od drveta [mil.EUR]	Proizvodnja rezane četinarske građe [mil.EUR]	Proizvodnja kompozita od drveta [mil.EUR]	Vrednost uvoza kompozita od drveta [mil.EUR]	Vrednost izvoza kompozita [mil.EUR]	Potrošnja kompozita od drveta [mil.EUR]	
$X_t$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	Y trend	Y multipli
2012	665,35	1238,55	984,96	93,62	613,84	404,48	470,02
2013	703,28	1245,41	1043,34	97,35	638,29	424,47	511,86
2014	743,37	1251,80	1101,72	101,08	661,79	444,46	555,87
2015	785,74	1257,77	1160,10	104,81	684,46	464,45	602,06
2016	830,53	1263,38	1218,48	108,54	706,36	484,44	650,46
2020	1036,70	1282,99	1452,00	123,46	787,62	564,40	866,56

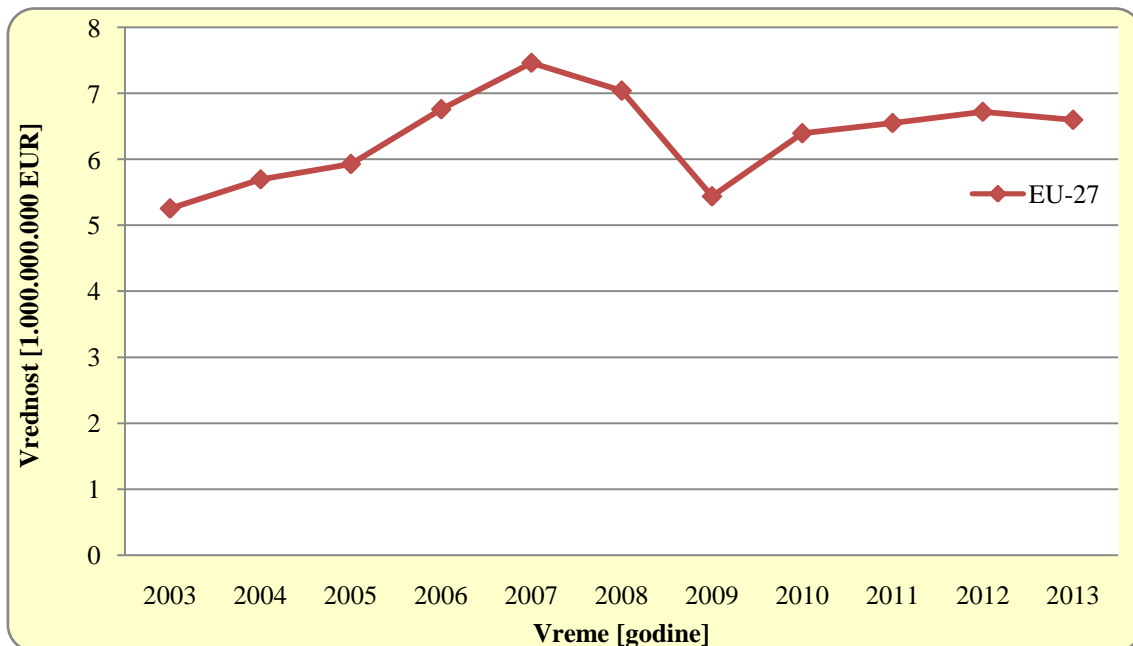
Izvor: Original

Potrošnja kompozitnih proizvoda od drveta u Austriji je u posmatranom periodu od 2001 - 2011. godine rasla po prosečnoj godišnjoj stopi od 4,6 %. Vrednost potrošnje u 2011. godini iznosila je 352,1 milion evra, što kada se uporedi sa prognoziranom vrednošću po multiplom modelu (7) za 2016. godinu navodi na zaključak da će doći do značajnog rasta potrošnje. Prema prognoziranim vrednostima potrošnje u periodu od 2012 - 2020. godine sa rastom će se nastaviti i to po prosečnoj godišnjoj stopi od 7,9 %. U tabeli 10 se jasno vidi da je po multiplom modelu prognozirana vrednost potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta u Austriji za 2016. godinu 650,46 miliona evra, a da će uvoz biti 108,54 miliona evra. U poređenju sa uvozom iz 2011. godine koji je iznosio 96,4 miliona evra, to bi bilo povećanje za 12,6 %.

Značaj sprovedenog ekonometrijskog modelovanja uticaja odabranih faktora na potrošnju izabranih kompozitnih proizvoda od drveta u Austriji se ogleda u mogućnosti primene dobijenih rezultata i na njima zasnovanih saznanja i zaključaka u kreiranju razvoja tržišta ovih proizvoda u Srbiji. Ovo je posebno važno ako se ima u vidu da je tržište izabranih kompozitnih proizvoda od drveta u Srbiji u inicijalnoj fazi svoga razvoja koju odlikuju brojne slabosti i nedostaci.

#### 6.4. Uticaj potražnje kompozitnih proizvoda od drveta u Evropi na njihovu proizvodnju i izvoz iz Srbije

Inovativna drvena gradnja u EU-27 je od velikog značaja za drvenu industriju koja je snabdeva svim potrebnim proizvodima. Kako bi se bolje razumeo uticaj gradnje drvetom na razvoj drvene industrije potrebno je istaći činjenicu da se on meri milijardama evra na godišnjem nivou (grafikon 27).



Grafikon 27. Kretanje proizvodnje kuća od drveta u EU-27

(Izvor: EuroStat database)

Proizvodnja kuća od drveta u EU-27 se kretala u opsegu od 5,3 do 7,5 milijardi evra u poslednjih jedanaest godina. Najveća vrednost proizvodnje kuća od drveta je dostignuta 2007. godine, a do 2013. godine je uz veće i manje oscilacije ostala relativno stabilna na nivou od 6,6 milijardi evra.

Od inovativnih kompozitnih proizvoda u Srbiji se, za sada, proizvodi i koristi najviše lepljeno lamelirano drvo. Ono se izrađuje kao ravno ili sa lukovima (slika 58) u zavisnosti od mogućnosti da se ispune konstrukcioni zahtevi i potrebe kupaca. Lepljeno lamelirano drvo se u Srbiji koristi za izgradnju krovnih konstrukcija sportskih dvorana i proizvodnih hala, zatvorenih bazena, prodajnih centara, izložbenih salona, nadstrešnica, restorana, hotelskih dvorana, arheoloških nalazišta, farmi i pešačkih mostova (slika 58). Iz prethodno navedenog se može zaključiti da je mogućnost njegove primene veoma



široka i da je ono već dugi niz godina zastupljeno na tržištu u Srbiji (Sretenović P., et al., 2014).



Slika 58. Pešački most od LLD-a u Indiji (Izvor: Sretenović P., 2013)

Pored domaćeg tržišta ovaj inovativni drveni proizvod se izvozi iz Srbije i na druga tržišta, a pre svih u Sloveniju, Nemačku i Slovačku, a od zemalja u okruženju u Crnu Goru i u Bosnu i Hercegovinu. Ukupna vrednost izvoza u 2013. godini iznosila je 3,2 miliona USD i bila je za 0,4 miliona USD manja u odnosu na vrednost izvoza u 2011. godini. Izvoz u Sloveniju iznosio je 1,6 miliona USD ili 50,3 % od ukupnog izvoza što ovo tržište svrstava u grupu najznačajnijih izvoznih tržišta za lepljeno lamelirano drvo iz Srbije. Pored ovog tržišta veliki značaj ima i tržište Nemačke gde je izvoz u periodu od 2008 - 2011. godine rastao po prosečnoj godišnjoj stopi od 323,2 % (RZS, 2014). Upravo zato se smatra da će tražnja za kompozitnim proizvodima od drveta u Nemačkoj imati jak uticaj na njihov izvoz, pa samim tim i na njihovu proizvodnju u Srbiji. U skladu sa tim nametnula se potreba kvantifikacije tog uticaja. Za te potrebe izvršeno je ekonometrijsko modeliranje uticaja proizvodnje kuća od drveta u Nemačkoj na izvoz lepljenog lameliranog drveta iz Srbije. Izbor Nemačke za potrebe ekonometrijskog modeliranja rezultat je činjenice da se najveće količine lepljenog lameliranog drveta koje se iz Srbije izvoze u Sloveniju dalje reeksportuju od čega

određene količine i u Nemačkoj. Drugi razlog je činjenica da je Nemačka lider u Evropi po proizvodnji kuća od drveta.

Rezultati obrade podataka i tumačenje modela predstavljeni su u nastavku.

$$Y = f(X_6)$$

$$\ln a = -14,127$$

$$b = 2,0698$$

$$S_{(\ln a)} = 4,109$$

$$S_{(b)} = 0,563$$

$$t_{(\ln a)} = -3,438$$

$$t_{(b)} = 3,674$$

$$|t_{(\ln a)}| > t_{(0.05)}$$

$$|t_{(b)}| > t_{(0.05)}$$

$$R = 87,83\%$$

$$R^2 = 77,14\%$$

$$R^2_{\text{cor}} = 71,42\%$$

$$S_e = 0,1834$$

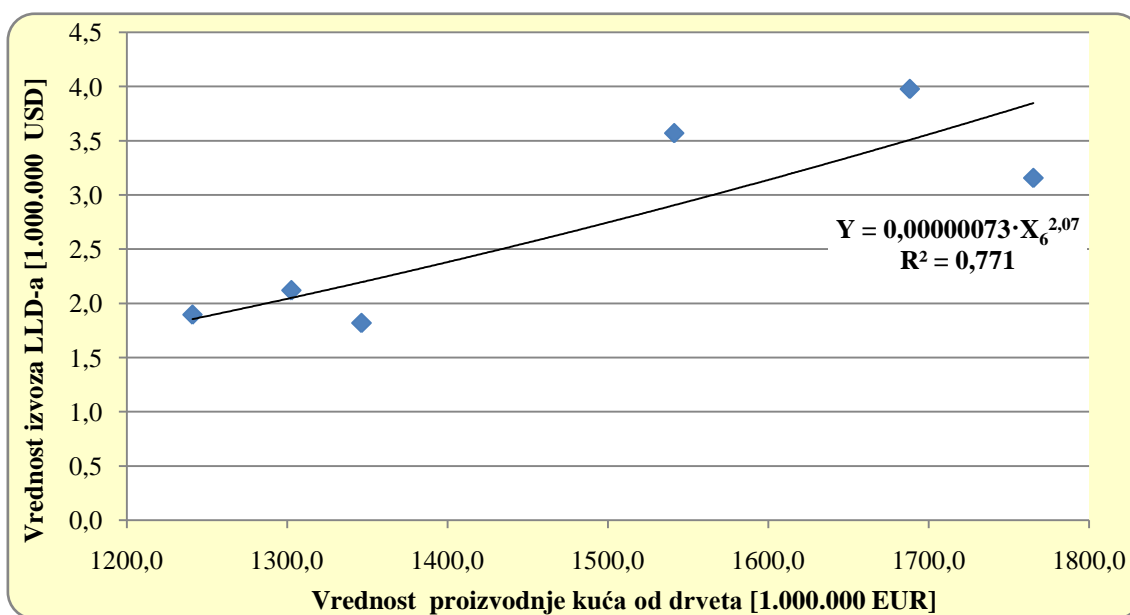
$$F_{(1, 4)} = 13,496$$

$$F_{(1, 4)} > F_{(0.05)}$$

$$D = 1,69$$

$$DW_{(0.05)}: \text{ ne postoji -}$$

Stepeni ekonometrijski model je imao najveći koeficijent determinacije ( $R^2$ ) i samim tim najbolje prikazuje uticaj gradnje kuća od drveta u Nemačkoj na izvoz lepljenog lameliranog drveta iz Srbije (grafikon 28). Najvažniji parametri ovog modela su sledeći:



Grafikon 28. Uticaj proizvodnje kuća od drveta u Nemačkoj na izvoz LLD-a iz Srbije  
(Izvori: EuroStat database; Republički Zavod za Statistiku, 2014)

Zavisnost izvoza lepljenog lameliranog drveta iz Srbije od proizvodnje kuća od drveta u Nemačkoj, predstavljena je sledećom jednačinom:

$$Y = a \cdot X_6^b$$

$$Y = 0,00000073 \cdot X_6^{2,07} \text{ ----- (8)}$$

Statistički signifikantan (značajan) i visok koeficijent korelacije (R), kao i statistički signifikantni parametri  $a$  i  $b$  potvrđuju da postoji veliki uticaj proizvodnje kuća od drveta u Nemačkoj na izvoz lepljenog lameliranog drveta iz Srbije. Koeficijent determinacije ( $R^2$ ) je takođe visok, pa se može zaključiti da je učešće objašnjenih u ukupnim varijacijama čak 77,14 %, a kao dodatan pozitivan faktor u modelu je odsustvo autokorelacije. Iz prethodno navedenog se može zaključiti da će pri svakom povećanju proizvodnje kuća od drveta u Nemačkoj za 1 % doći do povećanja izvoza lepljenog lameliranog drveta iz Srbije za 2,07 %. Ovo se može objasniti vodećom pozicijom Nemačke u proizvodnji kuća od drveta u Evropskoj uniji čija je prosečna vrednost na godišnjem nivou u periodu od 2008 - 2013. godine iznosila 1,48 milijardi evra.

Iz svega prethodno navedenog se može zaključiti da do povećanja izvoza lepljenog lameliranog drveta iz Srbije dolazi zahvaljujući povećanju tražnje na glavnim izvoznim tržištima, što potvrđuju rezultati formiranog ekonometrijskog modela. U prilog tome govori i podatak da je u 2012. godini došlo do povećanja proizvodnje kuća od drveta u EU-27 za 1,1% što je u apsolutnoj vrednosti iznosilo 70 miliona evra. To povećanje je uticalo i na rast izvoza lepljenog lameliranog drveta iz Srbije. Sve značajnije promene na tržištu kuća od drveta u Evropskoj uniji se odražavaju i na izvoz, a samim tim i na proizvodnju kompozitnih proizvoda od drveta u Srbiji. U tom smislu je potvrđena polazna hipoteza H1 da inovativna gradnja drvetom u Evropi ima direktan uticaj na proizvodnju lepljenog lameliranog drveta u Srbiji prevashodno namenjenog izvoznim tržištima.

U prilog tvrdnjama dobijenim ekonometrijskim modelovanjem govore i podaci terenskih istraživanja iz Srbije. U 2014. godini je investirano u prvu fabriku sa savremenom opremom za proizvodnju lepljenog lameliranog drveta u Srbiji namenjenog gradnji kuća od drveta u zemljama Evropske unije. Imajući u vidu da se čak 90 – 95 % LLD-a izvozi na tržište Evropske unije domaći proizvođači su u obavezi

da se u potpunosti pridržavaju svih zahteva i normi propisanih standardom EN 14080:2005.

Rezultati terenskih istraživanja u Srbiji takođe pokazuju da gradnja kuća od drveta i u drugim zemljama Evropske unije, a pre svih u Francuskoj i skandinavskim zemljama utiče na potražnju za dužinski nastavljenim i lepljenim lameliranim drvenim gredama u Srbiji. Domaća arhitektonsko građevinska kompanija koja 80% kuća od drveta izvozi na tržište Francuske, a ostalih 20% na tržište Norveške i Švedske ima mesečne potrebe za 75 – 85 m<sup>3</sup> navedenih kompozitnih proizvoda. Prethodno navedeno dodatno potvrđuje činjenicu da postoji uticaj potražnje kompozitnih proizvoda od drveta u Evropi na njihovu proizvodnju i izvoz iz Srbije.

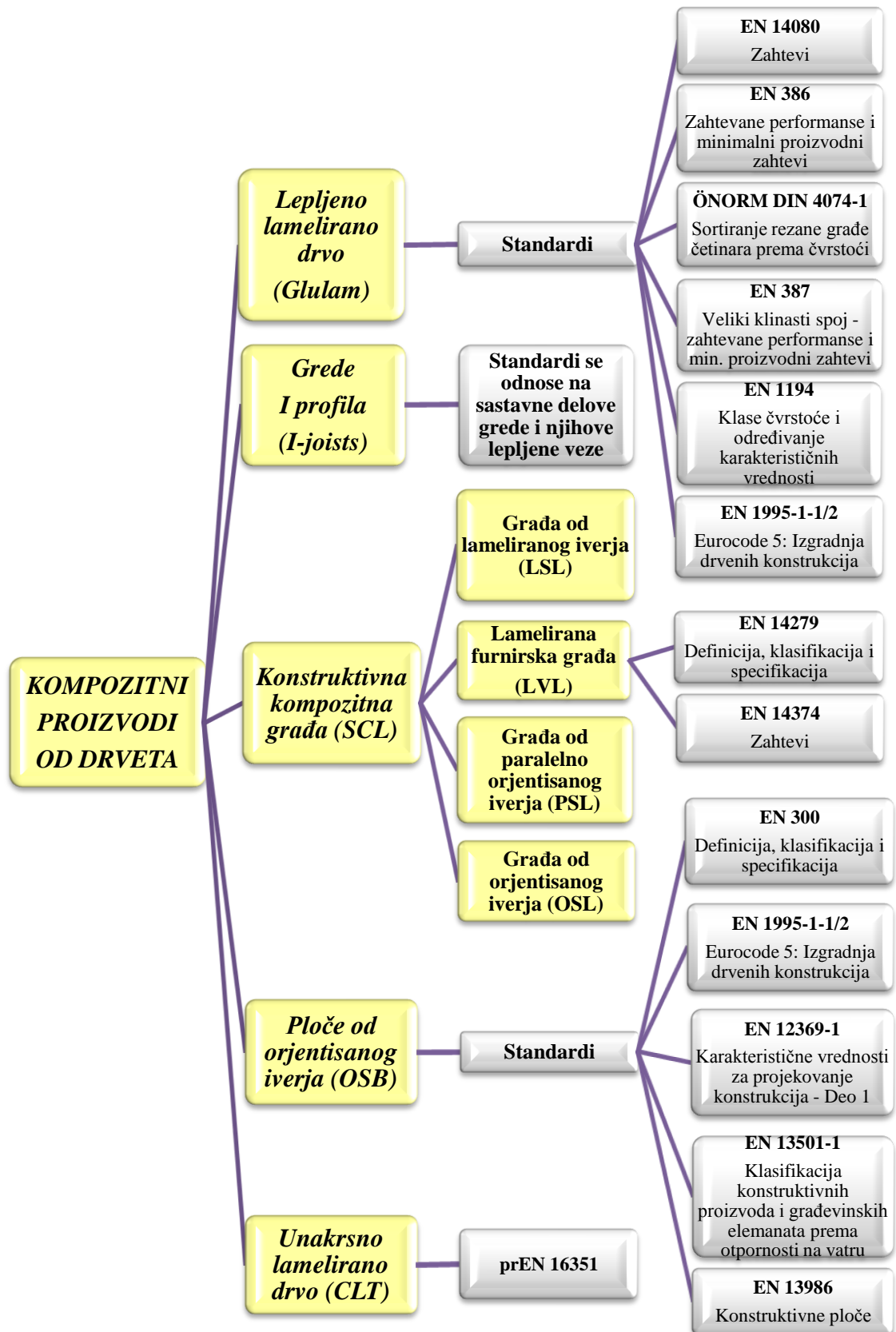
Jedan od važnih i potencijalno ograničavajućih faktora za izvoz kompozitnih proizvoda od drveta na tržište Nemačke, ali i ostalih zemalja EU je taj što je od marta 2013. godine na snagu stupila direktiva po kojoj je onemogućen uvoz proizvoda od drveta u EU ako ne postoje dokazi da drvo potiče iz legalnih izvora. Direktiva obuhvata sve proizvode od drveta, osim recikliranih proizvoda, ratana, bambusa i štampanog papira (knjige, novine, magazini). Ovo predstavlja dodatnu obavezu domaćih proizvođača da inostranim partnerima dostavljaju dokumentaciju kojom se ispunjavaju navedeni zahtevi.

Uzimajući u obzir stanje na tržištu EU kao i to da se radi o relativno novim kategorijama proizvoda na domaćem tržištu, njihova proizvodnja, a samim tim i izvoz iz Srbije bi u budućnosti trebalo da predstavljaju perspektivu za drvenu industriju koja se sve teže bori sa konkurencijom i plasmanom svojih tradicionalnih proizvoda, a pre svega rezane građe.

## **6.5. Značaj evropskih standarda (EN) za razvoj proizvodnje kompozitnih proizvoda od drveta**

Na tržištima razvijenih zapadno-evropskih zemalja se već dugi niz godina trguje kompozitnim proizvodima od drveta čija svojstva moraju biti u skladu sa odgovarajućim direktivama i tehničkim propisima. Može se reći da je poštovanje EN normi u proizvodnji kompozitnih proizvoda od drveta ključni uslov za njihovo prisustvo na tržištima zemalja EU. Na ovaj način se osigurava poštovanje minimuma kvaliteta i tehničkih karakteristika proizvoda koje oni moraju imati, a takođe se na efikasan način štite i krajnji potrošači. U skladu sa prethodno navedenim od velikog značaja je bliže upoznavanje sa tehničkim normama koje se primenjuju za kompozitne proizvode od drveta u zemljama EU, kao obavezan uslov za potencijalnu domaću proizvodnju namenjenu izvozu.

Na grafikonu 29 je dat pregled standarda koji važe u Austriji, po vrstama kompozitnih proizvoda na koje se odnose. U navedenom pregledu se jasno vidi da nisu svi proizvodi obuhvaćeni EN standardima. Karakteristično je da se kod LLD-a, lamelirane furnirske građe (LVL), unakrsno lameliranog drveta (CLT) i ploča od orjentisanog iverja (OSB) primenjuju navedeni standardi sa jasno propisanim performansama, kriterijumima i zahtevima. Za ostale proizvode se u pogledu fizičkih svojstava, otpornosti na vatru, područja primene i mehaničkih svojstava uglavnom koriste uputstva i smernice koje daju proizvođači ovih proizvoda. Za unakrsno lamelirano drvo (CLT), koje je jedan od najznačajnijih proizvoda u domenu gradnje višespratnica od drveta je urađen nacrt standarda koji je prošao fazu javne rasprave i tehničkog prijema i nalazi se u fazi odobravanja pa zato još uvek nosi oznaku prEN 16351. Međutim, imajući u vidu da navedeni nacrt standarda nije obavezujući proizvođači čiji je CLT namenjen npr. nemačkom tržištu su u obavezi da poseduju odobrenje za njegovu proizvodnju koje izdaje Nemački institut za građevinsku tehniku (DIBt) ili Evropska organizacija za tehnička odobrenja (EOTA). Ostali kompoziti kao što su LSL, PSL i OSB su tipično američki proizvodi, čemu u prilog govori i FAO izveštaj „Forest Products Annual Market Review 2011 - 2012” koji ih kao takve navodi samo u poglavlju koje se odnosi na Severnu Ameriku.



Grafikon 29. Standardi koji se primenjuju za određene kompozitne proizvode od drveta u Austriji

Imajući u vidu da standardi nemaju važnu ulogu samo za proizvođače kompozitnih proizvoda od drveta već i za područje njihove ugradnje u različite građevinske objekte to je donošenje odgovarajućih tehničkih propisa postala neminovnost u Srbiji. U tom smislu poznavanje odredbi najznačajnijih evropskih standarda za pojedine kategorije kompozitnih proizvoda od drveta je od posebnog značaja u procesu izrade i donošenja jednog takvog propisa. Ovo tim pre što bi samo formalnim proglašenjem nekog evropskog standarda kao nacionalnog standarda moglo doći do toga da pojedine odredbe tog evropskog standarda predstavljaju nepremostivu barijeru za domaće proizvođače koji žele da plasiraju svoje proizvode u sektor gradnje kuća i objekata od drveta u Srbiji. Zbog toga je neophodno da se u procesu donošenja budućeg tehničkog propisa u Srbiji u obzir uzmu i domaće specifičnosti u segmentu u kojem to ne bi ugrozilo bezbednost objekata. Ovo tim pre što se vrlo često u donošenju evropskih standarda nameću od strane vodećih proizvođača nepotrebno visoke vrednosti pojedinih parametara čime oni dodatno štite svoje pozicije na tržištu.

#### ***6.5.1. Evropski standardi koji se odnose na lepljeno lamelirano drvo (LLD)***

U nastavku su predstavljeni najvažniji zahtevi evropskih standarda za lepljeno lamelirano drvo koji su od značaja za proizvođače i trgovce ovim kompozitnim proizvodom.

##### ***6.5.1.1. Najvažniji zahtevi standarda EN 14080:2005 - Drvene konstrukcije - Lepljeno lamelirano drvo - Zahtevi***

Standard EN 14080:2005 - Timber structures / Glued laminated timber / Requirements (Holzbauwerke / Brettschichtholz / Anforderungen) se odnosi na zahteve koje lepljeno lamelirano drvo treba da ispunjava da bi bilo ugrađeno u nosećim konstrukcijama. Pored prethodno navedenog ovim standardom se definišu i veliki klinasto-zupčasti spojevi i njihove veze u LLD-u, ali i zahtevi za LLD-om koje se izrađuje od netretiranog drveta i od drveta koje je zaštićeno od negativnog dejstva biotičkih faktora.

Pored prethodno navedenog standarda, LLD mora da zadovolji kriterijume koje propisuje standard EN 386:2001, a koji se tiču zahtevanih svojstava i minimalnih

proizvodnih performansi koje ono mora posedovati. Veliki klinasto-zupčasti spojevi su određeni zahtevima koje propisuje standard EN 387:2001. Imajući u vidu da se radi o drvetu, koje je anizotropan materijal dozvoljena je i odgovarajuća tolerancija, koja opet mora biti u okviru odgovarajućih graničnih odstupanja regulisanih standardom EN 390 mereno pri referentnoj vlažnosti od 12 %. Ovaj standard pored dozvoljenih odstupanja definiše i dimenzije lepljenog lameliranog drveta pravougaonog poprečnog preseka čija širina može biti od 50 mm – 300 mm, a visina 100 mm - 2500 mm. Odstupanje od pravouglosti u poprečnom preseku ne sme biti veće od 1:50. U tabeli 11 je dat pregled odstupanja dimenzija u odnosu na nominalne.

Tabela 11. Dozvoljena odstupanja dimenzija kod LLD-a

Širina		Visina		Dužina	
mm	odstupanje	mm	odstupanje	m	odstupanje
50 mm do 300 mm	± 2 mm	≤ 400 mm	+4 mm	≤ 2,0 m	± 2 mm
			-2 mm	2,0 m do 20 m	± 0,1 %
		> 400 mm	+1,0 %	> 20 m	± 20 mm
			-0,5 %		

Izvor: EN 390. 1994. *Glued laminated timber — Sizes — Permissible deviations.*

Imajući u vidu prethodno navedena dozvoljena odstupanja kod LLD-a sa jedne strane i mogućnosti numeričkih mašina koje se u novije vreme koriste za obradu dužinski nastavljenih elemenata može se zaključiti da su kriterijumi umereno zahtevni. Ukoliko se ima u vidu da je tačnost numeričkih mašina na kojima se vrši rendisanje elemenata ± 0,1 mm, nanetu količinu lepka pa samim tim i debljinu linije lepljenja može se reći da je sa velikom tačnošću moguće proizvesti lepljeno lamelirano drvo koje će biti u okviru propisanih zahteva. Međutim, imajući u vidu da se radi o higroskopnom materijalu prostor u kojem se vrši proizvodnja mora imati adekvatne uslove sredine, što je još jedan od važnih parametara za postizanje tačnih dimenzija. Takođe se preporučuje da se odmah po rendisanju izvrši lepljenje, kako bi se koliko je to moguće, eliminisale greške koje mogu nastati usled dejstva temperature niže od 15°C i relativne vlažnosti vazduha izvan opsega 40 % - 75 %. Prilikom očvršćavanja lepka je prihvatljivo i 30 % prema zahtevu standarda EN 386.

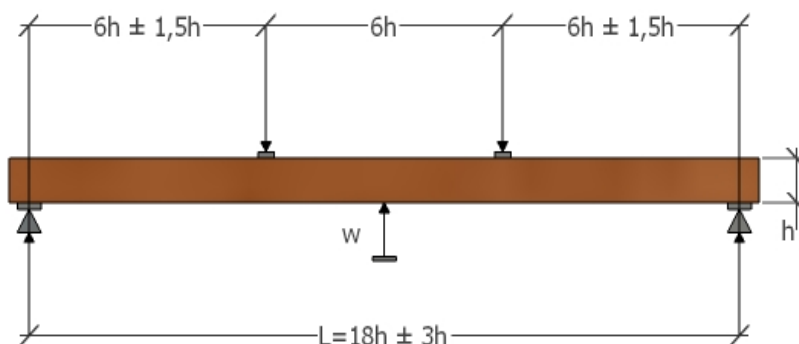
Determinisanje karakterističnih vrednosti kao što su čvrstoća na savijanje, čvrstoća na zatezanje paralelno sa vlakancima, čvrstoća na pritisak paralelno sa



vlakancima, smicajna čvrstoća kao i modul elastičnosti pri savijanju se određuju na sledeće načine:

1. Testiranjem lepljenog lameliranog drveta u skladu sa EN 1194:1999
2. Dokumentovanjem i proračunavanjem svojstava lamela
3. Klasifikovanjem na osnovu svojstava lamela koje su prethodno razvrstane po klasama čvrstoće

U pogledu čvrstoće lepljenja klinasto-zupčaste veze kod pravih greda testiranje se sprovodi ispitivanjem čvrstoće spojeva na savijanje u skladu sa standardom EN 408 gde su data detaljna uputstva i smernice u pogledu uzoraka, procedure rada i prikazivanja rezultata. Broj uzoraka ne sme biti manji od 20, pri čemu oni trebaju biti izabrani iz najmanje 4 serije. Dužina komada koji se koriste za testiranje treba biti minimum 19 puta veća od visine grede, dok kod onih koje su dužinski nastavljene ona mora biti najmanje 12 puta veća, a gde prethodno navedeno nije moguće raspon grede treba prijaviti. Pritisak na gredu se vrši simetrično u odnosu na raspon od 18 visina grede na dva mesta (grafikon 30). Ukoliko komad ili instrumenti za testiranje ne omogućavaju prethodno navedeno, raspon između oslonaca i dužina uzorka se ne sme smanjiti za više od 3 visine grede, a rastojanje između tačaka opterećenja i oslonih tačaka za više od 1,5 visina grede, pri čemu se mora zadržati simetrija opterećenja.



Grafikon 30. Pozicioniranje komada za merenje opšteg modula elastičnosti na savijanje (Izvor: EN 408:2010)

Oprema koja se upotrebljava mora biti takva da omogućava merenje do tačnosti od 1 % opterećenja koje se koristi, a ako se radi o dejstvu sile koja je manja od 10 % primenjenog maksimalnog opterećenja tačnost mora biti na nivou od 0,1 %. Opterećenje mora biti konstantno i sa pomakom sile ne većim od  $0,003 h$  mereno u mm/sek.

Potrebno je za svaki komad evidentirati način pucanja i kako se dalje on ponaša do konačnog loma materijala čija se čvrstoća ispituje.

Otpornost lepljenog lameliranog drveta na biološke faktore može biti dvojaka. Prirodna otpornost drveta je opšte poznata tj. neke vrste su manje, a neke više podložne napadu od strane pojedinih biotičkih faktora kakvi su ksilofagni insekti i gljive truležnice. Pored vrste drveta, od značaja je i prisustvo beljike u proizvodu, imajući u vidu da je ona veoma podložna napadu biotičkih faktora. Ova procena po vrstama drveta se vrši u skladu sa propisanim normativima standarada EN 350-1 i EN 350-2. Drugi način postizanja otpornosti je kroz korišćenje zaštitnih sredstava čiji je bliži opis dat standardom EN 15228. Vrste zaštitnih sredstava koja ne utiču na promenu čvrstoće i krutosti, a koje se navode u standardu EN 15228 su sledeća:

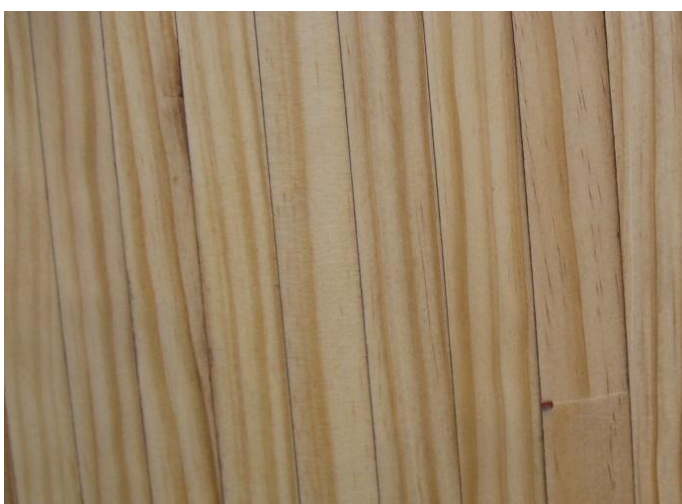
- I. Formulacije jedinjenja amina na vodenoj bazi i rastvorljivog bakra II koji opciono sadrže borat i dodatnu organsku komponentu u formi:
  1. azola,
  2. kvaternernih amonijum jedinjenja
    - a. benzil - C12 – 16 – alkildimetil amonijum hlorida
    - b. didecil diamonijum hlorida
    - c. N – Didecil – N – dipolietoksiamonijum - borata
    - d. Didecil - poliooksetilamonijum-borata
- II. Amini na vodenoj bazi i bakar(II) bis (N-cikloheksildiazonijumdioksi) tj. bakar - HDO koji sadrži borat.
- III. Formulacije bakar hromata na vodenoj bazi koje opciono sadrže fluorid, borat, fosfat ili arsenat.
- IV. Formulacije kvaternernog amonijuma na vodenoj bazi koje opciono sadrže IPBC (jodopropinil butilkarbamat), borate, 2 - etil heksansku kiselinu, azole i organske insekticide
- V. Formulacije azola na vodenoj bazi koje opciono sadrže IPBC, borate i organske insekticide
- VI. N-Didecil-N-dipolietoksiamonijum borat i didecil-poliooksetilamonijum-borat formulacije koje opciono sadrže organske insekticide
- VII. Formulacije borata na vodenoj bazi
- VIII. Formulacije borata na vodenoj bazi i guanilurea fosfata

## IX. Formulacije na bazi rastvarača

### X. Kreozot

Potrebna čvrstoća lepljenog spoja se postiže korišćenjem polikondenzacionih lepкова tipa fenola i/ili aminoplasta kako je već definisano standardom EN 301, ali i poliuretanskim lepkom koji se testira i procenjuje u skladu sa normativima propisanim u Aneksu C standarda EN 14080:2005 (slika 59). Tako se kod LLD-a javljaju različite klase čvrstoće kao što su GL 24c, GL 24h, GL 28c, GL 28h, GL 32c, GL 32h, GL 36c i GL 36h.

Prethodno pomenuti tipovi lepкова su namenjeni korišćenju u nosećim drvenim



Slika 59. Karakteristična tamno crvena boja fenol formaldehidnog lepka kod LLD-a  
(Izvor: Sretenovic P., Nemačka. 2013)

konstrukcijama, pa oni u tom smislu moraju obezbediti kvalitetne spojeve koji će biti trajni koliko i sama konstrukcija (građevina) u koju su ugrađeni. Lepkovi su podeljeni u dve grupe u zavisnosti od klimatskih uslova u kojima će se LLD eksploatisati, pa se tako lepکovi koji pripadaju *grupi I* mogu koristiti za konstrukcije koje su u potpunosti izložene atmosferilijama i *grupi II* gde se

LLD nalazi u objektima koji se greju i provetravaju ili u spoljašnjim konstrukcijama koje nisu direktno izložene atmosferilijama ili su izložene ali u kratkom periodu.

Izbegavanje upotrebe drveta u gradnji objekata je u ranijem periodu jednim delom pravdano time što su podložni požarima. U tom smislu je važno definisanje reakcije na vatru, ali i u slučajevima gde se to zahteva određenim zakonskim procedurama. U tom smislu lepljeno lamelirano drvo se može klasifikovati na jedan od dva moguća načina:

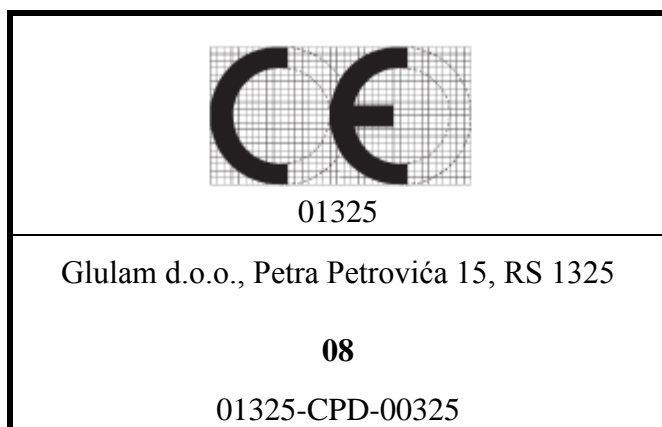
1. Klasifikovano bez testiranja u skladu sa Aneksom E standarda EN 14080:2005 u kojem se za LLD čija je minimalna srednja gustina  $380 \text{ kg/m}^3$  i najmanja sveukupna debljina 40 mm svrstava u klasu D-s2, d0.

2. Testiranjem i klasifikovanjem u skladu sa zahtevima standarda EN 13501-1:2007+A1

Označavanje klase reakcije na vatru se sastoji iz tri dela, pri čemu je najvažniji deo oznake prvo slovo koje može biti A1, A2, B, C, D, E i F gde "A1" predstavlja najviši, a "F" najniži nivo performansi. Druga oznaka se sastoji iz malog slova i broja koji stoji uz njega i ona označava nivo dima u rasponu s1, s2 i s3, pri čemu prva oznaka predstavlja najviši, a poslednja najniži nivo performansi. Treća oznaka se odnosi na užarene čestice koje se obeležavaju sa d0, d1 i d2, pri čemu se sa d0 označava najviši a sa d2 najniži nivo performansi.

Imajući u vidu da se za potrebe lepljenja LLD-a koriste i lepкови koji sadrže formaldehid njegova emisija se može odrediti u skladu sa propisima standarda EN 717-1, pri čemu je važna i vrsta drveta koja se pri testiranju koristi. LLD se može klasifikovati i direktno u klasu E2 čija je emisija formaldehida  $> 0,13 \text{ mg/m}^3$  vazduha, bez prethodnog merenja emisije. Međutim, da bi se LLD svrstao u klasu emisije formaldehida E1 neophodno je izvršiti njegovo merenje i tek po dobijanju rezultata, koji mora biti  $< 0,13 \text{ mg/m}^3$  vazduha izvršiti svrstavanje u pomenutu klasu.

Jedna od veoma važnih stavki svakog proizvoda od drveta koji se prodaje na tržištu EU je posedovanje CE oznake koju proizvod mora na sebi da ima kao potvrdu o usaglašenosti sa regulativama koje propisuje EU. U skladu sa tim i LLD je jedan od proizvoda gde proizvođač ili njegov ovlašćeni zastupnik sa područja EU ima obavezu da označi proizvod CE oznakom ukoliko je on usaglašen sa Direktivom 93/68/EC. U nastavku su predstavljena tri karakteristična načina obeležavanja lepljenog lameliranog drveta (slika 60, slika 61 i slika 62).



*„CE“ oznaka koja potvrđuje usklađenost proizvoda sa legislativom Evropske unije*

*Identifikacioni broj sertifikacionog tela naziv ili identifikaciona oznaka i adresa proizvođača poslednje 2 cifre godine u kojoj je izvršeno označavanje broj sertifikata*


<b>EN 14080</b>	
Lepljeno lamelirano drvo, Klasa čvrstoće GL 32	
Tip lepka I prema EN 301	
Smrča: Picea Abies	
<b>Čvrstoća na savijanje</b>	<b>35 MPa</b>
<b>Čvrstoća na pritisak</b>	<b>31 MPa</b>
<b>Čvrstoća na zatezanje</b>	<b>24 MPa</b>
<b>Smicajna čvrstoća</b>	<b>4,8 MPa</b>
<b>Modul elastičnosti</b>	<b>13 500 MPa</b>
<b>Formaldehidna klasa: Klasa E1</b>	
<b>Reakcija na vatru: Klasa D-s2,d0</b>	
<b>Klasa otpornosti: 4</b>	

*broj evropskog standarda*

*opis proizvoda i informacije o datim karakteristikama*

Slika 60. Primer „CE“ označavanja LLD-a korišćenjem profila posebne čvrstoće

*Izvor: EN 14080:2005, Timber structures/Glued laminated timber/Requirements*

 01325
Glulam d.o.o., Petra Petrovića 15, RS 1325  <b>08</b> 01325-CPD-00325
<b>EN 14080</b>
Lepljeno lamelirano drvo, Klasa čvrstoće GL 32 Tip lepka I prema EN 301 Smrča: Picea Abies <b>Formaldehidna klasa: Klasa E1</b> <b>Reakcija na vatru: Klasa D-s2,d0</b> <b>Klasa otpornosti: 4</b>

*„CE“ oznaka koja potvrđuje usklađenost proizvoda sa legislativom Evropske unije*

*Identifikacioni broj sertifikacionog tela naziv ili identifikaciona oznaka i adresa proizvođača*


*poslednje 2 cifre godine u kojoj je izvršeno označavanje broj sertifikata*

*broj evropskog standarda*

*opis proizvoda i informacije o datim karakteristikama*

Slika 61. Primer „CE“ označavanja LLD-a korišćenjem klase čvrstoće

*Izvor: EN 14080:2005, Timber structures/Glued laminated timber/Requirements*

	<i>„CE“ oznaka koja potvrđuje usklađenost proizvoda sa legislativom Evropske unije</i>
Glulam d.o.o., Petra Petrovića 15, RS 1325 01325-CPD-00325	<i>naziv ili identifikaciona oznaka i adresa proizvođača          broj sertifikata</i>
<b>EN 14080</b> Lepljeno lamelirano drvo, Klasa čvrstoće GL 32 Tip lepka I prema EN 301 Smrča: Picea Abies	<i>broj evropskog standarda          opis proizvoda i informacije o datim karakteristikama</i>

Slika 62. Primer „CE“ označavanja LLD-a i informacije koje treba prikazati

*Izvor: EN 14080:2005, Timber structures/Glued laminated timber/Requirements*

Pored svih podataka koji su prethodno navedeni od velikog praktičnog značaja za postojeće, ali i nove proizvođače lepljenog lameliranog drveta je potvrda da je njihov proizvod usaglašen sa zahtevima ovog standarda. U tom smislu je potrebno vršiti inicijalno testiranje tipa i fabričku kontrolu proizvodnje kao neophodne uslove kojima se potvrđuje usaglašenost lepljenog lameliranog drveta sa zahtevima standarda EN 14080:2005. Tako kompleksan proces mogu raditi samo sertifikaciona tela koje za to imaju ovlašćenje, kao što je i prikazano na primeru datom na slici 63 gde je sertifikaciono telo bilo HolzCert Austria.

Kod inicijalnog testiranja tipa čvrstoća lepljenja čeonih nastavaka lamela, linija lepljenja i veliki klinasto-zupčasti spojevi se verifikuju testiranjem i ocenjivanjem reprezentativnog uzorka uzetog iz proizvodnog pogona proizvođača i to sa svake proizvodne linije po jedan komad. Svojstva čvrstoće na savijanje, smicanje, pritisak i zatezanje se mogu vršiti na uzorcima dobijenim iz pogona proizvođača ili na uzorcima koji su napravljeni od iste vrste i klasa drveta i uz korišćenje istih lepкова. Prethodno navedeno važi i za klinasto-zupčastu vezu i njeno testiranje, gde i klinovi moraju biti istih svojstava kao kod fabričkih uzoraka. Ukoliko dođe do promene nekog od deklariranih svojstava u proizvodnji, testiranje tipa se mora ponovo vršiti ali samo za novonastalu promenu.

## EC-CERTIFICATE OF CONFORMITY

1359 - CPD – 0356

In compliance with the Directive 89/106/EEC of the Council of European Communities of 21 December 1988 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to the construction products (Construction Products Directive - CPD), amended by the Directive 93/68/EEC of the Council of European Communities of 22 July 1993, it has been stated that the construction product

### Glued laminated timber

corresponding to the product specification listed on the back side

placed on the market by

**Herbert Handlos Ges.m.b.H.**  
**Schulstraße 20**  
**AT-4284 Tragwein**

and produced in the factory

**AT-4284 Tragwein, Schulstraße 20**

is submitted by the manufacturer to a factory production control and to the further testing of samples taken at the factory in accordance with a prescribed test plan and that the notified body 1359 - HOLZCERT AUSTRIA - has performed the initial type-testing for the relevant characteristics of the product, the initial inspection of the factory and of the factory production control and performs the continuous surveillance, assessment and approval of the factory production control.

This certificate attests that all provisions concerning the attestation of conformity and the performances described in the Annex ZA of the standard


**EN 14080:2005**

were applied and that the product fulfils all the prescribed requirements.

This certificate was first issued on 22.09.2011 and remains valid as long as the conditions laid down in the harmonised technical specification in reference or the manufacturing conditions in the factory or the FPC itself are not modified significantly.

Vienna, 19.09.2012

HOLZCERT AUSTRIA

  
Dr. Michael Golser  
Authorised Signatory



  
Dr. Manfred Brandstätter  
Head of Certification Body

Slika 63.

Primer izdatog sertifikata o usaglašenosti lepljenog lameliranog drveta sa standardom EN 14080:2005 jednog austrijskog proizvođača  
(Izvor: [www.handlos.at](http://www.handlos.at))

Kod fabričke kontrole proizvodnje najvažnije je da se ona uspostavi tako da sve bude dokumentovano i da se ona prati i održava, tako da proizvodi koji se nađu na tržištu u potpunosti odgovaraju naznačenim karakteristikama. Dokumentacija mora sadržati procedure po kojima se vrši kontrola svojstava, kako je to i navedeno u inicijalnom testiranju tipa. Fabrička kontrola proizvodnje je kontinuelan proces i kao takva se deli na:

- ispitivanje, proveru i testiranje kontrolnih instrumenata, sirovine, ulaznih materijala i proizvodnog procesa
- ispitivanje, proveru i testiranje uzoraka gotovih proizvoda ili njihovih delova

Fabrička kontrola kvaliteta velikog klinasto-zupčastog spoja u lepljenom lameliranom drvetu se vrši prema smernicama datim u poglavlju 7 u okviru standarda EN 387:2001, a kontrola zahtevanih i minimalnih proizvodnih svojstava se vrši prema instrukcijama datim u standardu EN 386:2001 takođe u okviru poglavlja 7 o čemu će više informacija biti predstavljeno u okviru samih poglavlja pomenutih standarda.

#### ***6.5.1.2. Najvažniji zahtevi standarda EN 386:2001 - Lepljeno lamelirano drvo - Zahtevi za performanse i minimalni zahtevi za proizvodnju***

Ovim standardom se definiše pouzdanost i dugotrajnost spojeva kod LLD-a. On je primenjiv za lepljeno lamelirano drvo koje je građeno od pojedinačnih lamela čija finalna debljina ne prelazi 45 mm. Lamele iz kojih se lepljeno lamelirano drvo sastoji prethodno se klasiraju prema čvrstoći, pa se u tom smislu primenjuju sledeći standardi:

1. EN 14081-1:2005+A1:2011 - Drvene konstrukcije – Klasiranje prema čvrstoći konstrukcijskog drveta pravougaonog poprečnog preseka - Deo 1: Opšti zahtevi.
2. EN 14081-2:2010+A1:2012 - Drvene konstrukcije - Klasiranje prema čvrstoći konstrukcijskog drveta pravougaonog poprečnog preseka - Deo 2: Mašinsko klasiranje; dodatni zahtevi za početno ispitivanje tipa.



3. EN 14081-3:2012 - Drvene konstrukcije - Klasiranje prema čvrstoći konstrukcijskog drveta pravougaonog poprečnog preseka - Deo 3: Mašinsko klasiranje; dodatni zahtevi za fabričku kontrolu proizvodnje
4. EN 14081-4:2009 - Drvene konstrukcije - Klasiranje prema čvrstoći konstrukcijskog drveta pravougaonog poprečnog preseka - Deo 4: Mašinsko klasiranje - Podešavanje mašina za klasiranje u mašinski kontrolisanim sistemima

Lepkovi koji se koriste za lepljenje lamela u LLD-u će odrediti njegovo mesto eksploatacije bilo u unutrašnjim ili spoljašnjim konstrukcijama. Međutim i u jednom i u drugom slučaju se mora obezbediti trajnost i odgovarajuća čvrstoća lepljenog lameliranog drveta u celom periodu eksploatacije objekta koji je građen od LLD-a. Kod klasa eksploatacije 1, 2 i 3 prema EN 1995-1-1 dozvoljeno je korišćenje lepкова iz grupe I koji mogu u dužem periodu izdržati temperature veće od 50°C, ali i one koji su otporni na atmosferilije u uslovima relativne vlažnosti vazduha > 85 % pri temperaturi od 20° C i maksimalnom temperaturom do 50° C. Za klase eksploatacije 1 i 2 mogu se koristiti lepکovi iz grupe II.

Čvrstoća lepljenih čeonih spojeva tj. dužinski nastavljenih lamela koje grade lepljeno lamelirano drvo mora zadovoljiti zahteve koje propisuje standard EN 385 (slika 64). To znači da karakteristična čvrstoća na savijanje čeonih spojeva lamela koja je



Slika 64. Klinasto-zupčasta veza lamela u LLD-u  
(Izvor: Sretenovic P., Minhen, 2013)

dobijena pri testiranju mora biti veća ili jednaka propisanoj karakterističnoj čvrstoći na savijanje. Čvrstoća i postojanost linija lepljenja kod LLD-a su takođe od velikog značaja. U tom smislu se kod konstrukcija koje pripadaju klasi eksploatacije 3 test delaminacije vrši prema metodi A standarda EN 391, a kod klasa eksploatacije 1 i 2 ili

prema prethodno navedenom standardu ili metodom testiranja na smicanje po liniji lepljenja u skladu sa EN 392. Za sve metode ispitivanja destrukcije linije lepljenja tj. delaminacije najveće dozvoljeno učešće je do 40 %. Čvrstoća linije lepljenja na smicanje mora biti  $\geq 6,0 \text{ N/mm}^2$ , ali se kod četinara i topola može prihvatiti i  $4,0 \text{ N/mm}^2$  u slučaju da je učešće smicanja u drvetu 100 %.

Kontrola proizvodnje prema ovom standardu je veoma važna, imajući u vidu da se radi o međusobnom nastavljanju lamela koje potom utiče na kvalitet samog finalnog proizvoda, pa i na konstrukciju u koju se takav proizvod ugrađuje. Ona se može podeliti na:

- Fabričku kontrolu proizvodnje
  - Klinasto zupčasti spoj lamela
  - Zapisnik lepljenja
  - Postojanost linije lepljenja
- Organizaciju fabričke kontrole proizvodnje
- Dokumentaciju sistema kontrole kvaliteta
- Inspekciju i testiranje

Fabrička kontrola proizvodnje prema ovom standardu obuhvata sledeće procedure i merenja:

- *Klinasto zupčasti spoj lamela:*

U svakoj proizvodnoj smeni, sa svih proizvodnih linija je potrebno uzeti uzorak na kojem se meri čvrstoća na savijanje klinasto zupčastog spoja po širini komada u skladu sa EN 385. Kaže se da uzorak ima prihvatljivu čvrstoću na savijanje ako je ispunjen jedan od dva sledeća uslova:

1. Da je karakteristična savojna čvrstoća lepljenog spoja kod 15 poslednje izmerenih uzoraka veća/jednaka karakterističnoj savojnoj čvrstoći koja je prijavljena od strane proizvođača.
2. Vrednosti savojne čvrstoće mereno po širini proizvoda kod svakog pojedinačnog spoja od 100 poslednje testiranih moraju odgovarati graničnoj vrednosti deklarisanе savojne čvrstoće.

Takođe ne sme biti više od 5 komada onih koji su ispod granične vrednosti, ali ni jedna vrednost ne sme biti manja od 90 % granične vrednosti.

- *Zapisnik lepljenja:*

On mora da sadrži stavke kao što su datum i proizvodni broj, vrstu drveta, klasu kvaliteta ili klasu čvrstoće, dimenzije i vlažnost drveta, vreme za aplikaciju lepka, vreme početka i kraja kao i pritisak presovanja, lepak, nanos lepka u  $\text{g/m}^2$ , kalibraciju vlagomera. Ovaj dokument mora biti potpisan od strane odgovornog lica, a pored navedenih stavki on još sadrži i podatke o temperaturi i relativnoj vlažnosti vazduha u objektima u kojima se proizvodni ciklus odvija.

- *Postojanost linije lepljenja:*

Ovo testiranje treba izvršiti na uzorku punog poprečnog preseka koji se uzima iz već finalno završenog LLD-a iz svake smene u kojoj se vrši lepljenje. Uzima se jedan uzorak na svakih 20  $\text{m}^3$  proizvoda iz svake smene u kojoj se vrši lepljenje. Ako su u periodu od 3 meseca zadovoljeni svi propisani kriterijumi, broj uzoraka za testiranje se može smanjiti najmanje na  $\frac{1}{2}$  od prethodno naznačenog broja.

Organizacija fabričke kontrole proizvodnje podrazumeva jasno i precizno definisanje odgovornosti, obaveza i samostalnosti osoblja koje je nadležno za kontrolu kako bi se sprečila pojava LLD-a koji nije usaglašen sa zahtevanim svojstvima ali i da se identifikuju i evidentiraju svi nedostaci i problemi vezani za lepljeno lamelirano drvo. U svakoj fabrici za proizvodnju LLD-a mora postojati osoba koja je nadležna za kontrolu proizvodnje i koja pored odgovarajuće autonomije u radu mora imati i dovoljno praktičnog iskustva i znanja kako bi mogla adekvatno da odgovori na svakodnevne zahteve koji se pred nju postavljaju.

Dokumentacija sistema kontrole kvaliteta je podjednako važna kao i samo sprovođenje kontrole u praktičnom smislu. Ona je predstavljena kroz proizvođačko uputstvo sa instrukcijama i pravilima koja obuhvataju podatke kao što su kvalitet materijala koji se koriste (drvo i lepak), postavljene ciljeve kvaliteta i organizacione

strukture, kontrolu i testiranje koja se sprovodi pre, u toku i posle proizvodnje LLD-a. Ova dokumentacija se mora čuvati najmanje 10 godina, pri čemu se mora omogućiti i sledljivost svakog pojedinačnog komada LLD-a u domenu korišćenih sirovina i proizvodnih uslova sa tačnošću od najmanje jedne nedelje u kojoj je proizveden u okviru godine.

Inspekcija i testiranje se vrši sa instrumentima koji su baždareni i kalibrisani od strane osoblja koje je u potpunosti za to osposobljeno bilo da se radi o zaposlenima u okviru preduzeća ili nekog od podizvođača koji je za te potrebe angažovan. U slučaju da postoji sumnja u postojeću kontrolu ona se treba intenzivirati kako bi se otkrio problem. U slučaju da postoji problem u proizvodnji LLD-a, takav proizvod se mora izdvojiti na stranu i propisno obeležiti. Ukoliko se otprema LLD-a vrši pre nego se dobiju rezultati testova, onda se kupcu to mora naznačiti kako bi se izbegli eventualni problemi koji iz toga mogu proizaći. Kao potvrda da je problem otklonjen vrši se ponovno testiranje na kojem rezultati moraju biti u skladu sa zahtevima standarda kako bi se proces proizvodnje mogao nesmetano nastaviti.

### ***6.5.1.3. Najvažniji zahtevi standarda ONORM DIN 4074-1:2004 - Klasifikacija drveta prema čvrstoći - Deo 1: Rezana građa četinarska***

Ovaj standard važi za područje Austrije (DIN 4074-1 u Nemačkoj) i ima za cilj razvrstavanje rezane četinarske građe prema klasama čvrstoće uzimajući u obzir greške i svojstva drveta kao što su: čvorovi, zakrivljenost vlakanaca, srce, širina prstenova prirasta, raspukline, lisičavost, vitoperenost, diskoloracije, trulež, prisustvo reakcionog drveta, napad insekata ali i ostale kriterijume kao što su urasla kora, površinske pukotine, mehanička oštećenja, oštećenja od imele i drugo.

ONORM DIN 4074-1 obuhvata četiri proizvoda rezane četinarske građe koji se razlikuju prema dimenzijama u poprečnom preseku tj. debljini “*d*” (visini “*h*”) i širini “*b*” i to:

- Letve (Latte):  $d \leq 40 \text{ mm} / b < 80 \text{ mm}$
- Daske (Brett):  $d \leq 40 \text{ mm}^* / b \geq 80 \text{ mm}$  (\*ograničenje širine ne važi za daske koje se koriste u izradi LLD-a)

- Talpe (Bohle):  $d > 40 \text{ mm} / b > 3d$
- Grede (Kantholz):  $b \leq h \leq 3b / b > 40 \text{ mm}$

Vrste drveta koje su obuhvaćene ovim standardom su:

- Smrča (*Picea abies*)
- Jela (*Abies alba*)
- Beli bor (*Pinus sylvestris*)
- Duglazija (*Pseudotsuga menziesii*)
- Ariš (*Larix decidua*)

Pomenuti proizvodi, izrađeni od navedenih vrsta drveta se u skladu sa zahtevima ovog standarda mogu klasirati vizuelno i mašinski. Vizuelno klasiranje obuhvata 3 klase čvrstoće S7, S10 i S13 koje se kod određenih proizvoda može vršiti po široj strani ili po užoj strani (kant) u zavisnosti od površine na koju će se vršiti opterećenje posle ugradnje. Ukoliko se klasiranje vrši po užoj strani onda su oznake klasa S7K, S10K i S13K, a ako se radi o sušenoj pa zatim klasiranoj rezanoj građi ( $V_a \leq 20 \%$ ) označavanje se vrši sa S7 KTS, S10 KTS i S13 KTS (TS od Trockensortiert). Za kvalitetno sortiranje rezane četinarske građe, naročito u pogledu deformacija, poželjno je da vlažnost bude  $\leq 20 \%$ . Dozvoljeno odstupanje za definisanu klasu čvrstoće je do 10 % u 10 % količine. Takođe je važno naglasiti da se klase čvrstoće LLD-a određene ovim standardom mogu uporediti sa određenim klasama čvrstoće datim u standardu EN 338 - Konstrukcijsko drvo - Klase čvrstoće, čemu u prilog govori standard EN 1912 - Drvene konstrukcije - Klase čvrstoća – Pridruživanje klasama čvrstoće vizuelno klasiranih razreda i vrsta (tabela 12).

Tabela 12. Poređenje klasa čvrstoće prema standardima ONORM DIN 4074-1 i EN 338

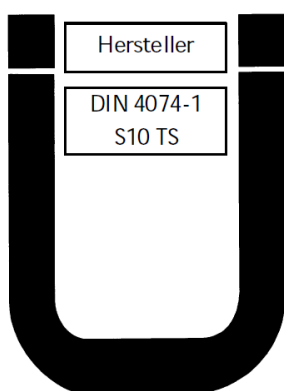
Država	Vrsta drveta	ONORM DIN 4074-1	EN 338
Nemačka	Duglazija	S 13	C 35
Nemačka i Austrija	Smrča, Bor, Jela, Ariš	S 13	C 30
Nemačka	Duglazija	S 10	C 24
Nemačka i Austrija	Smrča, Bor, Jela, Ariš	S 10	C 24
Nemačka	Duglazija	S 7	C 16
Nemačka i Austrija	Smrča, Bor, Jela, Ariš	S 7	C 16

Izvor: *DIN EN 1912 - Bauholz für tragende Zwecke - Festigkeitsklassen - Zuordnung von visuellen Sortierklassen und Holzarten (enthält Änderung A1:2007)*

Uređaji koji se koriste za mašinsko klasiranje rezane četinarske građe su posebno obuhvaćeni standardom ONORM DIN 4074-3 - Klasiranje građe prema čvrstoći – Deo 3: Uređaji za podršku vizuelnom klasiranju rezane građe; Zahtevi i klasiranje. Ukoliko rezana četinarska građa pokaže superiorna svojstva u odnosu na zahteve date vizuelnim klasiranjem, koji su provereni vizuelno i mašinski, ona se može svrstati u sledeću klasu čvrstoće S15 koja je veća od svih prethodno pomenutih. Rezana četinarska građa mašinski klasirana prema čvrstoći se dalje može obrađivati tako da zadrži već definisanu klasu ali ako se ispune sledeći uslovi:

- Da se obradom ne smanje dimenzije poprečnog preseka za više od 5 mm kod proizvoda čije su dimenzije u poprečnom preseku do 100 mm i
- Da se obradom ne smanje dimenzije poprečnog preseka za više od 10 mm kod proizvoda čije su dimenzije u poprečnom preseku veće od 100 mm.
- Ukoliko se ne zadovolje prethodno navedeni uslovi, posle obrade se ponovo mora izvršiti testiranje klase čvrstoće.

Kontrola fabričkog klasiranja rezane četinarske građe prema čvrstoći u skladu sa standardom DIN 4074-1 mora biti kontinuiran proces, što se potvrđuje stavljanjem oznake o usaglašenosti  $\ddot{U}$  koja na sebi nosi važne informacije koje su prikazane na slici 65.



Vizuelno klasiranje

*Naziv proizvođača*

*Standard po kojem se vrši klasiranje  
Klasa čvrstoće za suhu rezanu građu*

*Oznaka sertifikacionog tela*



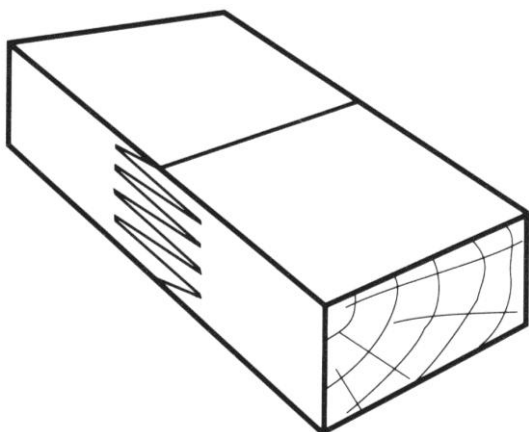
Mašinsko klasiranje

Slika 65.  $\ddot{U}$  oznaka o usaglašenosti

(Izvor: [www.holzbau-deutschland.de](http://www.holzbau-deutschland.de))

#### **6.5.1.4. Najvažniji zahtevi standarda EN 387:2001 - Lepljeno lamelirano drvo - Veliki zupčasti spojevi - Zahtevi za performanse i minimalni zahtevi za proizvodnju**

Veliki klinasto-zupčasti spojevi se izrađuju kroz ceo poprečni presek lepljenog lameliranog drveta na njegovim krajevima na kojima se želi izvršiti spajanje (slika 66). Standard EN 387 propisuje zahteve za pomenutu vrstu veze i minimalne zahteve za njihovu proizvodnju. Imajući u vidu da se pri čeonom profilisanju elemenata veze radi o glodanju upravno na vlakanca, mora se voditi računa da obrada bude sa što manjim



Slika 66. Veliki zupčasti spoj  
(Izvor: [www.trada.co.uk](http://www.trada.co.uk))

oštećenjima drveta. U skladu sa tim je dopušteno da najviše 5 % površine poprečnog preseka bude sa oštećenim klinovima u spoju koji se ne smeju nalaziti u zoni zatezanja. Ovaj vid veze zahteva izradu jakih klinova koji se pri manipulaciji neće lako oštetiti, a to se dodatno osigurava njihovim dimenzionisanjem (min. dužina 45 mm). Širina LLD-a koje se spaja mora biti najmanje pet puta veća od koraka zuba koji se izrađuje.

Vrste lepka koje se koriste u ovu svrhu su detaljno predstavljene u standardu EN 301. Kvalitet lepljenog spoja treba biti takav da osigura postojanu i pouzdanu čvrstoću veze u toku celog perioda eksploatacije konstrukcije. Površine na koje se lepak nanosi moraju biti očišćene od piljevine, a sama linija lepljenja ne sme biti deblja od 0,5 mm. Pri izboru vrste lepka uvek treba uzeti u obzir klimatske uslove u kojima će se proizvod eksploatirati i vrstu drveta koja se upotrebljava. Pošto je drvo anizotropan materijal, podložan utezanju i bubrenju, onda se profilisanje i lepljenje moraju odvijati u adekvatnim radnim uslovima. I pored toga vremenski period između izrade klinova i njihovog lepljenja ne bi trebalo da bude duži od 24h, dok je taj period skraćen na 8h kod vrsta drveta koje imaju smolu ili su impregnirane što dodatno otežava njihovo lepljenje. Prethodno pomenuta vremena se respektivno mogu uvećati na 75 h i 24 h, ali samo u slučaju da se testiranjem može dokumentovati nepromenjena čvrstoća lepljenog spoja.

Lepljeno lamelirano drvo koje se čeonno spaja mora biti odgovarajućeg sadržaja vlage (< 15 %), a ukoliko se radi o LLD-u koji će se koristiti u klasi eksploatacije 3, koja podrazumeva vlažnije uslove spoljašnje sredine, onda vlažnost mora biti manja od 18 %. Bez obzira o kojoj klasi eksploatacije LLD-a je reč, veoma je važno da razlika vlage dva susedna komada koji se međusobno lepe ne sme biti veća od 2 %. Po završenom lepljenju LLD se ne sme izlagati opterećenju dok ne prođe vremenski period od 72 h.

Fabrička kontrola proizvodnje velikih klinasto-zupčastih spojeva se u najvećoj meri podudara sa kontrolom datoj u okviru standarda EN 386, koji se odnosio na klinasto-zupčastu vezu lamela pri dužinskom nastavljanju. Ono na šta ovde treba posebno obratiti pažnju je kontrola geometrije klina koja se mora sprovoditi svaki put kada dođe do neke promene u proizvodnji. Pored toga, debljinu linije lepljenja i veličinu zazora među klinovima treba kontrolisati na svakom spoju. Za unutrašnju kontrolu ove veze se vadi čep prečnika 25 mm koji mora sadržati zazore. Uzimanje ovog uzorka se radi na svakom desetom spoju za isti tip veze, a kod fabrika koje u kontinuitetu izrađuju klinasto zupčastu vezu kontrola se može raditi na svakom tridesetom komadu.

Testiranje tipa i inicijalno testiranje čvrstoće spoja na savijanje (EN 408) se radi kod novih proizvodnih pogona ili kod postojećih u kojima je došlo do većih promena. Dužinsko nastavljanje greda velikom klinasto zupčastom vezom se radi tako da ona u novoj gredi bude na sredini dužine. Dimenzije greda koje se na ovaj način mogu nastavljati se kreću u opsegu od 400 – 450 mm visine i od 120 – 160 mm širine. Izračunavanje čvrstoće spoja na savijanje se radi prema formuli:

$$f_m = \frac{6M}{bh^2} \text{ ----- (9)}$$

gde je  $M$  najveći moment savijanja u sredini spoja,  $h$  je visina spoja u poprečnom preseku, a  $b$  je širina spoja u poprečnom preseku.

U fabrikama koje izrađuju klinasto zupčaste spojeve u lepljenom lameliranom drvetu se vrše najmanje dve nenajavljene kontrole godišnje od strane trećeg, nezavisnog tela. Inspekcija mora imati pristup svim proizvodnim i skladišnim objektima proizvođača, a tehničko osoblje mora dati odgovor na svako pitanje koje je od značaja



za kontrolu. Sa druge strane inspekcija je u obavezi da sve tehničke podatke smatra strogo poverljivim. Inspektori vrše kontrolu sirovine, proizvodnje u skladu sa zahtevima standarda, velike klinasto-zupčaste spojeve u toku proizvodnje i na kraju proizvodnje. Uzimanje uzoraka za eksterno testiranje kojih mora biti najmanje 6 vrši inspekcija. Kontrolu i testiranje lepka vrše isključivo organizacije koje su nadlažne i dovoljno kompetentne u domenu konstrukcionih lepкова. O izvršenoj inspekciji i eksternoj kontroli se mora sačiniti izveštaj.

#### **6.5.1.5. Najvažniji zahtevi standarda EN 1194:1999 - Drvene konstrukcije - Lepljeno lamelirano drvo - Klase čvrstoće i određivanje karakterističnih vrednosti**

Standardom EN 1194 se definišu karakteristične vrednosti klasa čvrstoće kod lepljenog lameliranog drveta što omogućava poređenje i grupisanje različitih vrsta drveta u okviru istih kategorija čvrstoće. On važi za homogeno i kombinovano horizontalno lamelirano drvo sa četiri i više slojeva lamela. Karakteristične vrednosti čvrstoće koje se po klasama definišu ovim standardom su:

- čvrstoća na savijanje
- čvrstoća na pritisak
- čvrstoća na zatezanje
- čvrstoća na smicanje

Sve navedene karakteristične vrednosti čvrstoće kod lepljenog lameliranog drveta se određuju za četiri klase i to:

- Za homogeni LLD:
  - GL 24h
  - GL 28h
  - GL 32h
  - GL 36h
- Za kombinovani LLD:
  - GL 24c
  - GL 28c
  - GL 32c
  - GL 36c

Brojčane oznake u okviru klasa odgovaraju vrednostima čvrstoće na savijanje izraženo u  $N/mm^2$ , a slova koja ih slede simbolizuju homogen („h“=homogenous) ili kombinovani („c“=combined) LLD. Homogeni LLD je onaj koji se sastoji samo iz lamela jedne klase čvrstoće, a kombinovani je građen iz lamela različitih klasa čvrstoće. Važno je napomenuti da kod elemenata primarno izloženih dejstvu sile na zatezanje

mora se koristiti homogeni LLD. Kod kombinovanog LLD-a se na strani zatezanja postavljaju lamele viših klasa čvrstoće, a u srednjem delu i delu izloženom na kompresiju za jednu klasu čvrstoće niže.

Pored ovih vrednosti u standardu se navode i moduli elastičnosti i smicanja, kao i specifična zapreminska masa LLD-a po klasama čvrstoće. Ukoliko se pri testiranju ovih parametara zadovolje svi propisani kriterijumi tj. rezultati testova ne budu manji od datih vrednosti za određenu klasu čvrstoće onda se proizvod može svrstati u tu klasu. Najvažnije karakteristike koje se određuju testiranjem su čvrstoća na savijanje i modul elastičnosti na savijanje, dok se ostale vrednosti mogu očitati iz tabela koje su date ovim standardom.

Dodatna mogućnost razvrstavanja LLD-a po klasama čvrstoće je na osnovu svojstava lamela od kojih se izrađuje uz korišćenje formula namenjenih u te svrhe. Za gredu od lepljenog lameliranog drveta odgovarajuće klase čvrstoće su potrebne lamele odgovarajućih svojstava, a sve u skladu sa zahtevima standarda EN 384 - Konstrukcijsko drvo - Određivanje karakterističnih vrednosti mehaničkih svojstava i zapreminske mase i EN 408 - Drvene konstrukcije - Konstrukcijsko drvo i lepljeno lamelirano drvo - Određivanje fizičkih i mehaničkih svojstava. Pri računskom određivanju klasa čvrstoće LLD-a mogu se dobiti vrednosti koje odgovaraju razredima datim u tabeli 1 i 2 ovog standarda, ali i veće i manje vrednosti imajući u vidu da klase čvrstoće za četinare i topolu imaju raspon od C 14 do C 50 i lišćarske vrste od D 30 do D 70.

***6.5.1.6. Najvažniji zahtevi standarda EN 1995-1-1:2004+A1:2008+AC:2006 - Evrokod 5 - Projektovanje drvenih konstrukcija - Deo 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade i EN 1995-1-2:2004/AC:2009 - Evrokod 5 - Projektovanje drvenih konstrukcija - Deo 1-2: Opšte - Projektovanje konstrukcija na dejstvo požara***

Standard EN 1995-1-1:2004+A1:2008+AC:2006 se odnosi na projektovanje konstrukcija od masivnih i kompozitnih proizvoda od drveta. Obuhvata opšte pojmove, ali i one znatno kompleksnije kao što su osnove za projektovanje, svojstva materijala,

otpornost na biotičke i abiotičke faktore (trajnost), granično stanje nosivosti, osnovne analize konstrukcije, granično stanje upotrebljivosti, metalne elemente veze, komponente i sklopove, konstrukcijsko oblikovanje i kontrolu. Između ostalog, u opštim pojmovima se navodi veliki broj EN standarda kojima se definišu različiti zahtevi u oblasti drvnih proizvoda koji se mogu koristiti u gradnji objekata i na koje se Evrokod 5 poziva. U pogledu projektovanja važe relevantni delovi standarda EN 1991 (Evrokod 1) u koje spadaju:

- Gustine (zapreminske mase),
- Uticaji toplote
- sopstvena težina i korisna opterećenja
- Uticaj snega
- Uticaji u toku izvođenja
- Uticaj vetra
- Nepredviđeni uticaji

Iz navedenih stavki se može zaključiti da je jedan od najvažnijih zahteva u pogledu projektovanja konstrukcija od drveta upravo opterećenje kojem se one izlažu. Zato je izvršena kategorizacija opterećenja koja je predstavljena u tabeli 13.

Tabela 13. Podela opterećenja po klasama prema trajanju sa odgovarajućim primerima

Klasa opterećenja	Trajanje opterećenja	Primer
Permanentno	> 10 god.	Sopstvena težina
Dugotrajno	6 mes. – 10 god.	Korisno opterećenje za skladištenje
Srednje trajno	1 ned. – 6 mes.	Korisno opterećenje međuspratne konstrukcije, sneg
Kratkotrajno	< 1 ned.	Sneg, vetar
Trenutno		Vetar, slučajna (neočekivana) opterećenja

(Izvor: EN 1995-1-1:2004+A1:2008+AC:2006)

Klasa eksploatacije definiše potrebna svojstva nekog proizvoda u određenim uslovima spoljašnje sredine. Tu se pre svega misli na njegova mehanička svojstva kao što je čvrstoća koju proizvod mora imati kako bi omogućio nesmetanu upotrebu objekta u predviđenom životnom ciklusu. Konstrukcije koje se prave od drveta i njegovih

kompozita se moraju svrstati u jednu od tri postojeće kategorije eksploatacionih klasa što je bliže predstavljeno u tabeli 14.

Tabela 14. Klase eksploatacije objekata od drveta

Klasa eksploatacije	Vlažnost četinarskog drveta	Uslovi sredine	
		Temperatura	Relativna vlažnost vazduha
I	$\leq 12 \%$	20° C	> 65 % samo nekoliko nedelja godišnje
II	$\leq 20 \%$	20° C	> 85 % samo nekoliko nedelja godišnje
III	> 20 %	ekstremniji uslovi nego u klasi eksploatacije II	

(Izvor: EN 1995-1-1:2004+AI:2008+AC:2006)

U pogledu svojstava materijala dat je detaljan pregled korekcionih koeficijenata za trajanje opterećenja i sadržaj vlage ( $k_{mod}$ ) po klasama opterećenja i eksploatacije za proizvode od drveta kao što su masivno drvo, LLD, lamelirana furnirska građa, furnirske ploče, OSB, iverice, HDF i MDF. Za prethodno navedene proizvode od drveta su dati i faktori deformacije ( $k_{def}$ ) po klasama eksploatacije.

Trajnost tj. otpornost drveta prema biološkim faktorima kao što su insekti, gljive i drugi ili je prirodnog karaktera što je odlika same vrste drveta ili se postiže odgovarajućim zaštitnim tretmanima, na primer impregnacijom odgovarajućim sredstvima. I prirodna i veštačka otpornost su bliže objašnjene u EN standardima koji se odnose na ova svojstva drveta (EN 350-2 za prirodnu i EN 351-1 i EN 460 za veštačku). Takođe je važno napomenuti da posle veštačkih tretmana za povećanje otpornosti može doći do promene čvrstoće i svojstava krutosti, pa su tehnički uslovi zaštitnih tretmana propisani standardima EN 350-2 i EN 335. Otpornost na koroziju se odnosi na metalne elemente veze koji se koriste za međusobno povezivanje drvenih elemenata u konstrukciju, a u nastavku su dati minimalni zahtevi. U zavisnosti od uslova eksploatacije pojedini elementi mogu biti neotporni i oni se primenjuju u I klasi, u II klasi eksploatacije se koriste uglavnom pocinkovani elementi, dok III klasa eksploatacije zahteva pocinkovane i elemente veze od nerđajućeg čelika kako bi se osigurala trajnost i postojanost veze u toku celog veka trajanja objekta.

Osnovne analize konstrukcije od drveta su takođe predviđene ovim standardom i to drvenih elemenata, veza i sklopova kao što su rešetkasti krovni nosači, ravni i zakrivljeni nosači. Granično stanje nosivosti obuhvata projektovanje poprečnih preseka kod masivnog drveta, LLD-a i drugih kompozitnih proizvoda konstantnog poprečnog preseka čija se vlakanca dominantno prostiru paralelno dužoj strani elementa, a koji su izloženi naponima u:

- Jednom pravcu i to:
  - na zatezanje i pritisak paralelno i upravno na vlakanca
  - na savijanje
  - na smicanje
  - na torziju (uvrtanje)
- Više pravaca i to:
  - Pod određenim uglom u odnosu na vlakanca
  - Kombinovanim savijanjem i zatezanjem
  - Kombinovanim savijanjem i pritiskom

U nastavku ovog standarda se daju formule za izračunavanje stabilnosti stubova i greda izloženih različitim vrstama napona na savijanje i pritisak, kao i projektovanje poprečnih preseka sa promenljivim dimenzijama ili zakrivljenih oblika. Granično stanje upotrebljivosti se odnosi na kontrolu naprezanja i proračune deformacija i pukotina, tako da metoda graničnih stanja posmatra stanje deformacija i naprezanja neposredno pre loma. Ispituje se pomerljivost spojeva, granična vrednost ugibanja greda i vibracije. Spojevi koji se ostvarju uz korišćenje metalnih elemenata veze kod drvenih konstrukcija moraju zadovoljiti odgovarajuće kriterijume koji su propisani standardom EN 1995-1-1.

Standard EN 1995-1-2 se nastavlja na EN 1995-1-1 kao njegova dopuna, a odnosi se na projektovanje konstrukcija od drveta na dejstvo požara. Ovo je od veoma velike važnosti imajući u vidu da je drvo materijal koji je podložan gorenju, što je ranije često bilo opravdanje za izbegavanje intenzivnije gradnje kuća od drveta. On se odnosi na pasivni metod zaštite od požara i očekuje se da objekti ispune određene zahteve u smislu sprečavanja prevremenog rušenja usled dejstva požara, kao i da se širenje vatre ograniči. Bezbedonosni zahtevi, procedura i pomoć pri projektovanju su sastavni delovi ovog standarda, a sve radi zadovoljenja propisanih kriterijuma.

### **6.5.2. Standardi koji se odnose na lameliranu furnirsku građu (LVL)**

U nastavku će biti predstavljeni standardi kojima se uređuje oblast ove vrste kompozitnih proizvoda od drveta.

#### **6.5.2.1. Najvažniji zahtevi standarda EN 14279:2004+A1:2009 - Laminirana građa od furnira (LVL) - Definicije, klasifikacija i specifikacije**

Prema ovom standardu LVL se klasifikuje u zavisnosti od uslova spoljašnje sredine u kojoj se će se vršiti njegova eksploatacija, pa tako postoji:

- LVL/1 za upotrebu u suvim uslovima
- LVL/2 za upotrebu u vlažnim uslovima
- LVL/3 za upotrebu u spoljašnjim uslovima

Bez obzira o kojem tipu LVL-a je reč, moraju biti zadovoljeni određeni kriterijumi u pogledu:

- Odstupanja dimenzija debljine, širine i dužine su propisana standardom EN 315 – Furnirske ploče (šperploče) - Tolerancije dimenzija (Plywood - Tolerances for dimensions). Dozvoljeno odstupanje dužine i širine od nominalne vrednosti iznosi  $\pm 3,5$  mm, a vrednost odstupanja za debljinu je nešto kompleksnija. Ona se menja sa debljinom LVL-a, a u okviru toga vrednost dozvoljenog odstupanja se razlikuje za brušene i nebrušene proizvode, pri čemu je neophodno razlikovati odstupanje po debljini mereno na jednom proizvodu i odstupanje od nominalne vrednosti. Dozvoljeno odstupanje kod pravouglosti mora biti  $\leq 2$  mm/m<sup>1</sup>, a odstupanje od pravosti ivice mora biti  $\leq 1,5$  mm/m<sup>1</sup>.
- Vlažnost LVL-a mora biti u granicama od 6 % - 12 %, opet u zavisnosti od tipa i njegove krajnje namene. Određivanje vlažnosti se vrši u skladu sa standardom EN 322 - Ploče na bazi drveta - Određivanje sadržaja vlage (Wood-based panels - Determination of moisture content). Za upotrebu u vlažnijim uslovima vlažnost drveta treba da bude veća i obrnuto, kako bi drvo uz što manje promene dimenzija uspostavilo ravnotežnu vlagu sa sredinom u kojoj se vrši eksploatacija.

- Tolerancija gustine se izražava srednjom vrednošću čije odstupanje treba da bude u okviru  $\pm 10 \%$ . Merenje se vrši prema odredbama standarda EN 323 – Ploče na bazi drveta - Određivanje gustine (Wood-based panels: Determination of density) koji zahteva da svi uzorci trebaju biti oblika pravilne četvorostrane prizme čija osnova ima stranice  $50 \times 50$  mm, ujednačene vlage i konstantne mase što se postiže njihovim kondicioniranjem pri relativnoj vlažnosti vazduha  $65 \pm 5 \%$  i temperaturi  $20 \pm 2^\circ$  C. Smatra se da je uzorak postigao konstantnu masu kada u dva uzastopna merenja izvršena u periodu od 24 h ne pokazuje veću razliku od 0,1 %.
- Čvrstoća na savijanje i modul elastičnosti pri savijanju po glavnoj i sporednoj osi se testiraju prema standardu EN 310 (Wood-based panels - Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength). Zahtev je da se odredi petoprocentna vrednost pri inicijalnom testiranju proizvoda imajući u vidu način uslojavanja, gustinu, debljinu i klasu furnira.
- Kvalitet lepljenog spoja tj. linije lepljenja mora biti zadovoljena i to prema zahtevima standarda EN 314-2 - Furnirske ploče (šperploče) - Kvalitet lepljenja - Deo 2: Zahtevi (Plywood - Bonding quality - Part 2: Requirements). Prema ovom standardu postoje 3 klase kvaliteta lepljenja, a one su i bile osnov za podelu LVL-a na klase u zavisnosti od uslova eksploatacije, pa tako postoji klasa 1 (suvi uslovi – unutrašnja upotreba), klasa 2 (vlažni uslovi – pokrivena spoljašnje konstrukcije) i klasa 3 (spoljašnji uslovi – nepokrivene spoljašnje konstrukcije).
- Klasiranje furnira lišćarskih vrsta drveta koje se koriste za izradu LVL-a se vrši u skladu sa zahtevima standarda EN 635-2 (Plywood - Classification by surface appearance - Part 2: Hardwood) i za četinare EN 635-3 (Plywood - Classification by surface appearance - Part 3: Softwood). Klase kvaliteta koje važe za lišćare i za četinare su E, I, II, III i IV, a kriterijumi za razvrstavanje po ovim klasama su dvojaki. Prva grupa obuhvata klasiranje na osnovu svojstava i grešaka samog drveta kao što su:

- Kvržice

- Urasla kora

- Zdravi srasli čvorovi

- Greške strukture drveta

- Pukotine: otvorene i zatvorene
- Oštećenja drveta od insekata i parazitskih biljaka
- Nesrasli čvorovi i rupe
- Smolne kesice (četinari)
- Trulež drveta
- Diskoloracije koje ne umanjuju mehanička svojstva drveta
- Ostale greške drveta

Druga grupa se odnosi na greške obrade LVL-a kao što su otvoreni spojevi, hrapavost, rupe i ulegnuća, penetracija lepka, strana tela, rubne greške koje nastaju pri rezanju i/ili brušenju i td.

Pitanje prisustva formaldehida je karakteristično i za LVL, kao što je to bio slučaj kod LLD-a, pa se podela na klasu E<sub>1</sub> i E<sub>2</sub> primenjuje i kod ovog proizvoda (tabela 15).

Tabela 15. Određivanje formaldehidnih klasa

<b>E<sub>1</sub></b>	Početno ispitivanje tipa	metod testiranja	EN 717 – 1	
		zahtev	oslobađa ≤ 0,124 mg/m <sup>3</sup> vazduha	
	Kontrola fabričke proizvodnje	metod testiranja	EN 717 – 2	
		zahtev	oslobađa ≤ 3,5 mg/m <sup>2</sup> h ili ≤ 5 mg/m <sup>2</sup> h u periodu od 3 dana posle proizvodnje	
<b>E<sub>2</sub></b>	Početno ispitivanje tipa	ili	metod testiranja	EN 717 – 1
			zahtev	oslobađa > 0,124 mg/m <sup>3</sup> vazduha
		i	metod testiranja	EN 717 – 2
			zahtev	oslobađa > 3,5 mg/m <sup>2</sup> h do ≤ 8mg/m <sup>2</sup> h ili > 5 mg/m <sup>2</sup> h do ≤ 12 mg/m <sup>2</sup> h u periodu od 3 dana posle proizvodnje
	Kontrola fabričke proizvodnje	metod testiranja	EN 717 – 2	
		zahtev	oslobađa > 3,5 mg/m <sup>2</sup> h do ≤ 8 mg/m <sup>2</sup> h ili > 5 mg/m <sup>2</sup> h do ≤ 12 mg/m <sup>2</sup> h u periodu od 3 dana posle proizvodnje	

Izvor: EN 14279:2004+A1:2009 - Laminated Veneer Lumber (LVL) - Definitions, classification and specifications



Za sve proizvode koji se žele svrstati u klasu E<sub>1</sub>, a kojima su u toku bilo kog dela proizvodnog procesa dodate supstance koje sadrže formaldehid neophodno je izvršiti testiranje i proveriti da li zadovoljavaju date kriterijume. Svi LVL proizvodi kod kojih nisu korišćene materije koje sadrže formaldehid mogu se direktno, bez testiranja svrstati u klasu E<sub>1</sub>. Bez testiranja u klasu E<sub>2</sub> se mogu svrstati proizvodi koji sadrže formadehid.

Fabrička kontrola proizvodnje LVL-a se vrši prema standardu EN 326-2 koji je u potpunosti posvećen inicijalnom testiranju tipa i fabričkoj kontroli proizvodnje ploča na bazi drveta. Na svakoj proizvodnoj liniji za proizvodnju LVL-a se moraju vršiti testiranja svojstava u propisanim intervalima kako je dato u tabeli 16.

Tabela 16. Fabrička kontrola svojstava lamelirane furnirske građe

Svojstvo	Metod testiranja	Učestalost testiranja
Gustina	EN 323	Jednom na 8h ili 1 ploča na 1000 proizvedenih
Odstapanje dimenzija	EN 324-1 EN 324-2	Jedna LVL ploča na 8h
Svojna čvrstoća	EN 310	Jednom na 8h ili 1 ploča na 1000 proizvedenih
Modul elastičnosti		
Kvalitet lepljenja	Aneks A	LVL/1: jedna LVL ploča na 8h ili jedan par linija lepljenja na 10000 linija nezavisno od uslojavanja LVL/2: jedna LVL ploča na 8h ili jedan par linija lepljenja na 5000 linija nezavisno od uslojavanja LVL/3: jedna LVL ploča na 8h ili jedan par linija lepljenja na 2000 linija nezavisno od uslojavanja
Formaldehidna klasa	EN 717-2	Jedna LVL ploča nedeljno
Klasa E1		
Klasa E2		

Izvor: EN 14279:2004+A1. 2009 Laminated Veneer Lumber (LVL) - Definitions, classification and specifications

### **6.5.2.2. Najvažniji zahtevi standarda EN 14374:2004 - Drvene konstrukcije - Konstrukcijsko lamelirano furnirsko drvo - Zahtevi**

Osnovna definicija LVL-a je da on mora biti građen od najmanje 5 slojeva furnira koji su dominantno orjentisani u jednom pravcu, pri čemu njihova pojedinačna debljina ne sme biti veća od 6 mm. U poprečnom preseku se razlikuju nominalna debljina ( $t$ ) i širina, pri čemu se debljina uvek određuje kao veličina koja se meri upravno u odnosu na ravan furnira. Odstupanje debljine od nominalne vrednosti je dozvoljeno u odgovarajućim granicama tolerancije i to od  $+ (0,8 + 0,03 t)$  mm do  $- (0,4 + 0,03 t)$ , pri čemu su odstupanja debljine nastala usled nesraslih čvorova i spojeva furnira dozvoljena. Odstupanje od naznačenih vrednosti širine može biti do  $\pm 2$  mm za širine manje od 400 mm i  $\pm 0,5$  % za širine veće od navedene vrednosti. U pogledu odstupanja dužine može se tolerisati vrednost do čak  $\pm 5$  mm.

Ovaj standard takođe obuhvata i propise koji se odnose na čvrstoću elemenata LVL-a pri čemu je proizvođač u obavezi da naznači karakterističnu petoprocentnu vrednost. Zahteva se ispitivanje čvrstoće na savijanje i smicanje po užoj i široj strani elementa, kao i čvrstoće na zatezanje i pritisak paralelno i upravno na vlakanca. Od mehaničkih svojstava se još zahteva kontrola modula elastičnosti paralelno i upravno na vlakanca ali i smicajni modul po užoj i široj strani elementa LVL-a. Provera gustine i vlažnosti LVL-a se vrši u skladu sa metodama datim u standardima EN 323 i EN 322 respektivno posmatrano.

Takođe je važno napomenuti da je proizvođač LVL-a u obavezi da naznači klasu emisije formaldehida, čija su granična odstupanja i referentne vrednosti date u tabeli 15, u okviru standarda EN 14279.

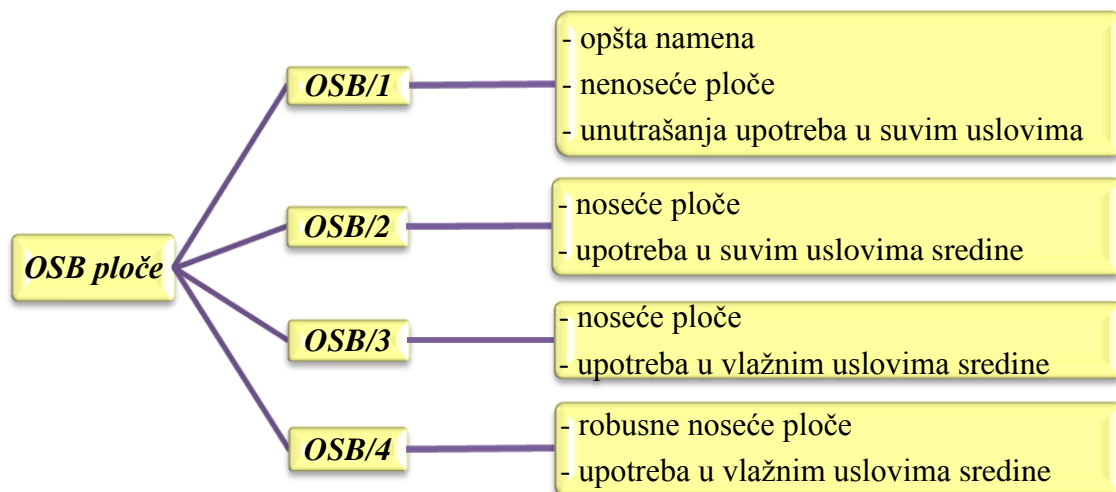
Fabrička kontrola proizvodnje je i prema ovom standardu obavezan proces kako bi se potvrdila sva ona svojstva koja su deklarirana u proizvođačkoj specifikaciji. Dokumentacija, koja je njen sastavni deo, obuhvata kompletnu proceduru kontrole i praćenja ulazne sirovine i materijala, finalnog proizvoda, ali i onih proizvoda koji nisu usklađeni sa zahtevanim svojstvima. Direktno testiranje finalnog proizvoda se vrši u domenu modula elastičnosti paralelno sa vlakancima, kvaliteta lepljenja, dimenzija, čvrstoće na savijanje po užoj/široj strani i gustine, od čega se poslednja četiri parametra

testiraju najmanje 3 puta u toku radnog dana za svaku vrstu ili kombinaciju vrsta, proizvodnu liniju i kvalitetni razred. Ukoliko se radi u smenama onda kontrolu treba sprovesti tako da ubuhvati proizvode iz svake pojedinačne smene. Kao i kod svih ostalih vidova fabričke kontrole proizvodnje ona se mora raditi i pri svakoj izmeni koja se vrši u proizvodnom procesu, a koja utiče na promenu nekog od deklariranih svojstava.

### 6.5.3. Standardi koji se odnose na ploče od orjentisanog iverja (OSB)

#### 6.5.3.1. Najvažniji zahtevi standarda EN 300:2006 - Ploče od orijentisanog "strand" iverja (OSB) - Definicije, klasifikacija i specifikacije

Ovim standardom se definišu različiti termini koji se primenjuju za OSB ploče, vrši se njihova klasifikacija u zavisnosti od namene tj. uslova eksploatacije (grafikon 31) i propisuju zahtevi koji moraju biti ispunjeni kako bi se omogućila njihova upotreba prema propisanim uslovima. OSB ploče se koriste za izradu raznih delova objekata od drveta, a najčešće plafona, zidova, krovova i u novije vreme za proizvodnju greda I profila kao srednjica.



Grafikon 31. Klasifikacija OSB ploča prema uslovima eksploatacije i nameni

Bez obzira o kom tipu OSB ploča je reč, one moraju zadovoljiti određene kriterijume koji važe za sve tipove. Jedno od važnih zajedničkih svojstava je dozvoljeno

odstupanje dimenzija od nominalnih vrednosti. Tako je u pogledu debljine OSB ploča koje nisu obrušene dozvoljeno odstupanje od  $\pm 0,8$  mm, a kod obrušenih je ono nešto manje i iznosi  $\pm 0,3$  mm. Dozvoljeno odstupanje dužine i širine od nominalne vrednosti iznosi  $\pm 3,0$  mm, dok je kod ravnosti ivice ono  $1,5$  mm/m<sup>1</sup>.

Kod pravouglosti, kao jednoj od ne manje značajnih stavki, dozvoljava se odstupanje od  $2,0$  mm/m<sup>1</sup>. Sve prethodno navedene tolerancije nominalnih dimenzija važe za vlažnost OSB-a koja se ostvaruje u uslovima sredine od 65 % relativne vlage i temperaturi od 20° C. Inače vlažnost OSB ploča se kreće u širokom rasponu od 2 % – 12 %, u zavisnosti od njihove krajnje namene, pri čemu određeni korisnici mogu zahtevati i druge nivoe vlažnosti. Varijacije gustine u okviru ploče su takođe dozvoljene u rasponu  $\pm 15$  % od njene srednje vrednosti.

Imajući u vidu da se u proizvodnji OSB ploča koriste lepkovi koji u sebi sadrže formaldehid (HCHO), zahteva se merenje njegove emisije i svrstavanje u klase E<sub>1</sub> ili E<sub>2</sub>. Referentna metoda je ona koju propisuje standard EN 717-1 i prema njemu granična vrednost oslobođenog formadehida iznosi  $0,124$  mg/m<sup>3</sup> vazduha (slika 67).



Slika 67. Komora za određivanje emisije formaldehida prema standardu EN 717-1



Slika 68. Aparatura za određivanje sadržaja formaldehida prema standardu EN 120

(Izvor: Schwab H., Marutzky R. i Meyer B., 2007)

Druga metoda određivanja sadržaja formadehida je perforatorska koju propisuje standard EN 120 prema kojoj je granična vrednost  $8,0$  mg/100g apsolutno suve ploče (slika 68). Prvo se treba odlučiti po kojoj metodi će se vršiti određivanje količine

formaldehida, a potom za svaku izmerenu vrednost koja je veća od granične vrednosti proizvod svrstati u klasu E<sub>2</sub>, a za manje/jednaku izmerenu vrednost proizvod svrstati u klasu E<sub>1</sub>. Važno je napomenuti da je kod metode koju propisuje standard EN 120 gornja granica za klasu E<sub>2</sub> 30 mg/100g apsolutno suve ploče.

Fabrička kontrola proizvodnje OSB ploča se vrši prema procedurama koje su date u standardu EN 326-2. Zahtevi u pogledu dimenzija, ravnosti žice, pravouglosti i gustine se ispituju najmanje na 8 h i to za svaki tip i debljinu ploče. Merenje emisije formaldehida se mora vršiti najmanje na svakih 24 h kod ploča tipa E<sub>1</sub> i jednom nedeljno kod tipa E<sub>2</sub>, dok se vlažnost mora kontrolisati najmanje na svakih 8 h kod svakog tipa ploče posebno. Ukoliko zahtevi za određenim svojstvima nisu ispunjeni učestalost kontrole treba pojačati, što je već propisano internim dokumentima fabričke kontrole prema kojima se ona vrši.

#### ***6.5.3.2. Najvažniji zahtevi standarda EN 12369-1:2001 - Ploče na bazi drveta - Karakteristične vrednosti za projekovanje konstrukcija - Deo 1: OSB, ploče iverice i ploče vlaknatice***

Ovaj standard se odnosi na karakteristične vrednosti koje su neophodne za projektovanje konstrukcija u koje se ugrađuju ploče od drveta kao što su OSB, iverice i vlaknatice. U ovom delu poseban akcenat je dat segmentu standarda koji se tiče OSB ploča i njihovih karakterističnih vrednosti koje se odnose na mehanička svojstva (čvrstoću i krutost) i gustinu. Pomenuti standard se u velikoj meri oslanja na EN 1995-1-1, čemu u prilog govori da se on u domenu klasa eksploatacije i podeli opterećenja prema trajanju poziva na njega. Kod OSB ploča su uspostavljene tri kategorije debljina 6 – 10 mm, 10 – 18 mm i 18 – 25 mm za koje se propisuju različite karakteristične vrednosti gustine, čvrstoće i srednje vrednosti krutosti na savijanje, čvrstoće i srednje vrednosti krutosti na zatezanje, čvrstoće i srednje vrednosti krutosti na pritisak, čvrstoće i srednje vrednosti krutosti na smicanje ploče, čvrstoće i srednje vrednosti krutosti na smicanje u ravni ploče. Sve ove vrednosti su date u odgovarajućim tabelama za noseće OSB ploče tipa OSB/2, OSB/3 i OSB/4, pri čemu su vrednosti koje se odnose na savijanje, zatezanje i pritisak date za dejstvo sila pod uglovima od 0° i 90°.

### **6.5.3.3. Najvažniji zahtevi standarda EN 13501-1:2007+A1:2009 - Požarna klasifikacija građevinskih proizvoda i građevinskih elemenata - Deo 1: Klasifikacija na osnovu rezultata ispitivanja reakcije na požar**

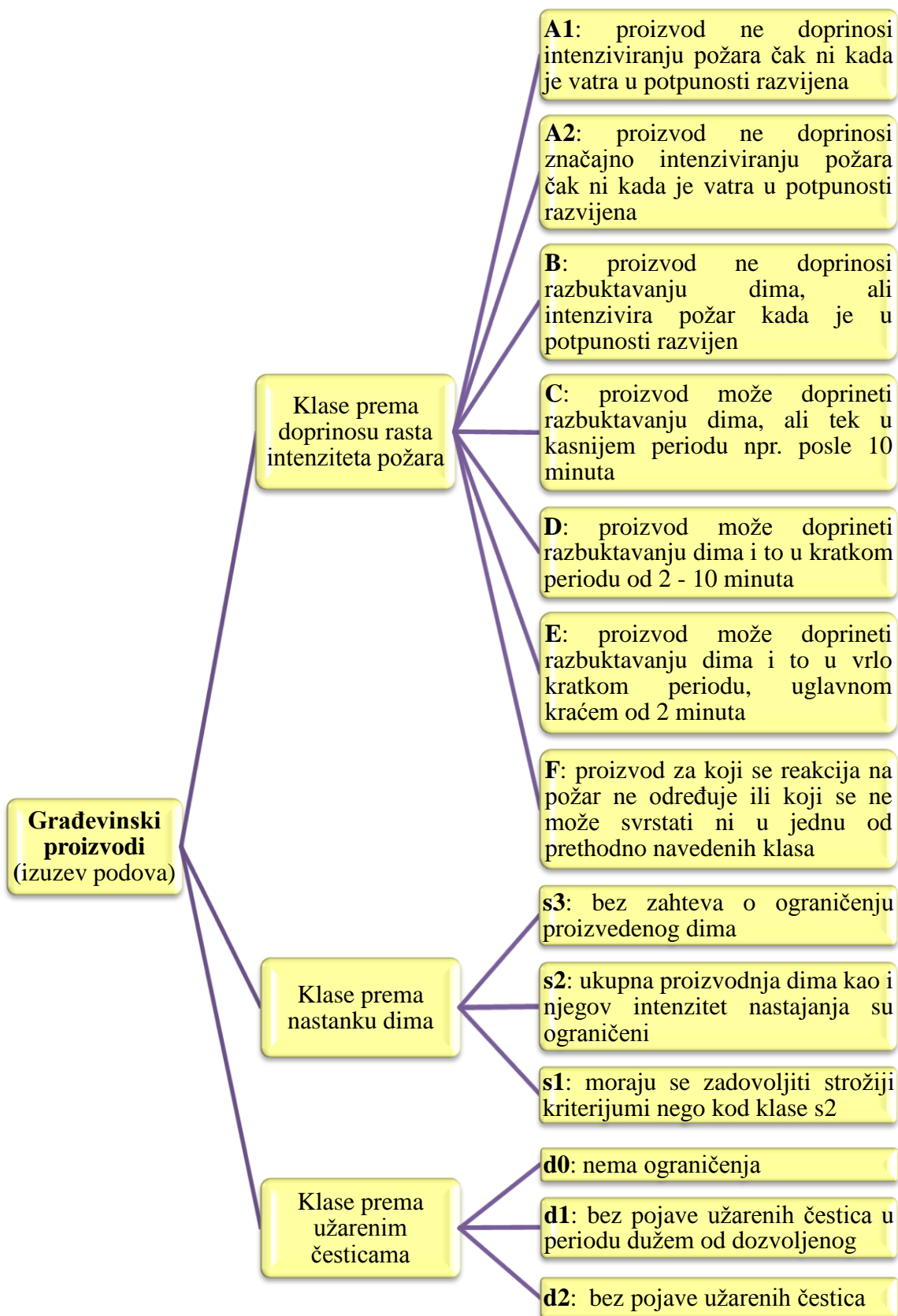
Ovim standardom je obuhvaćena reakcija na požar proizvoda koji se koriste u građevinarstvu, kako to uostalom i zahteva evropska Direktiva za građevinske proizvode 89/106/EEC. Pod reakcijom na požar podrazumeva se ponašanje proizvoda kojom on doprinosi sopstvenoj degradaciji pod dejstvom vatre kojoj je izložen u specifičnim uslovima. Postoje dve grupe građevinskih proizvoda koji su predmet ovog standarda, a koje on posmatra odvojeno, kao dve klase. To su građevinski proizvodi koji ne obuhvataju podove (grafikon 32) i druga grupa je ona koja obuhvata podove.

Različita svojstva konstrukcionih proizvoda se u zavisnosti od njihove vrste mogu naznačiti, ali neizostavna i čak šta više obavezna stavka je reakcija na požar. Prema Odluci komisije objavljenoj u Službenom Glasniku Evropske Zajednice u januaru 2003. godine najveći broj ploča na bazi drveta u pogledu reakcije na požar pripada klasi D-s2,d0, pa tako i OSB ploče sa minimalnom gustinom tj. zapreminskom masom od  $600 \text{ kg/m}^3$  i minimalnom debljinom od 9 mm. Postoje proizvodi koji se moraju testirati prema odgovarajućem standardu u odnosu na požar, pa se potom



Slika 69. Vatrootporni OSB SF-B  
(Izvor: [www.kronopol.pl](http://www.kronopol.pl))

svrstavaju u neku od klasa koje su date na grafikonu 32. Sa druge strane postoje proizvodi koji se mogu grupisati ukoliko imaju dovoljno zajedničkih svojstava i ako je njihova reakcija na požar predvidiva, pa se zatim direktno svrstavaju u neku od klasa otpornosti. Takva mogućnost postoji za većinu konstrukcionih proizvoda od drveta imajući u vidu da su njihova svojstva u značajnoj meri predvidiva. Na slici 69 je prikazana vatrootporna ploča svetski poznatog proizvođača ploča “Krono” izložena dejstvu požara. Njena klasifikacija je, imajući u vidu propisana svojstva, B-s2,d0.



Grafikon 32. Klasifikacija građevinskih proizvoda (izuzev podova) pri reakciji na požar

**6.5.3.4. Najvažniji zahtevi standarda EN 13986:2004 - Ploče na bazi drveta za korišćenje u građevinarstvu - Karakteristike, ocena usaglašenosti i označavanje**

Definisanje svojstava konstrukcionih ploča na bazi drveta kao i metoda za njihovo ocenjivanje je od velikog značaja za razumevanje mogućnosti i načina njihove primene u građevinarstvu. Brojna su svojstva koja se ispituju, pri čemu su neka od njih obavezna, a neka se vrše samo ako se to naročito zahteva. Sveukupan pregled svojstava koja se određuju (×) i koja se ne određuju ili koja nisu primenljiva (-) su data u tabeli 17. Od mehaničkih svojstava drveta najvažnija su čvrstoća na savijanje i modul elastičnosti i to naročito za konstrukcije kompozitne proizvode od drveta koji se koriste u unutrašnjim i u spoljašnjim uslovima eksploatacije. Izuzetak je LVL kod kojeg se ovi parametri ispituju bez obzira da li se radi o konstrukcionim ili nekonstrukcionim proizvodima. Identičan slučaj je kod kategorije koja se tiče kvaliteta lepljenja gde je pored LVL-a ono veoma važno i za ploče od masivnog drveta.

Standard poznaje i dve vrste otpornosti pomenutih kompozitnih proizvoda od drveta, a u domenu OSB ploča od značaja je bubrenje po debljini, dok kod proizvoda koji su namenjeni upotrebi u vlažnim uslovima i oblaganju podnih, krovnih i zidnih konstrukcija važna je otpornost na vlagu. U domenu ekoloških karakteristika ispituje se oslobađanje formaldehida i vrši se klasifikacija proizvoda na već pomenute kategorije E<sub>1</sub> i E<sub>2</sub>, kao i sadržaj pentahlorfenola kod sve tri vrste proizvoda u gotovo svim klasama namene i uslova eksploatacije.

Tabela 17: Određivanje karakterističnih svojstava ploča od masivnog drveta, LVL-a i OSB-a

№	Svojstvo	Namena i uslovi eksploatacije							Vrsta proizvoda
		A	B	C	D	E	F	G	
1.	Čvrstoća na savijanje	×	×	×	-	-	-	×	Ploče od masivnog drveta
		×	×	×	×	×	×	×	LVL
		×	×	-	×	×	-	×	OSB
2.	Modul elastičnosti	×	×	×	-	-	-	×	Ploče od masivnog drveta
		×	×	×	-	-	-	×	LVL
		×	×	-	-	-	-	×	OSB
3.	Kvalitet lepljenja	×	×	×	×	×	×	×	Ploče od



								masivnog drveta
		×	×	×	×	×	×	LVL
		-	-	-	-	-	-	OSB
4.	Čvrstoća na zatezanje	-	-	-	-	-	-	Ploče od masivnog drveta
		-	-	-	-	-	-	LVL
		×	×	-	×	×	-	OSB
5.	Otpornost na bubrenje po debljini	-	-	-	-	-	-	Ploče od masivnog drveta
		-	-	-	-	-	-	LVL
		×	×	-	-	×	-	OSB
6.	Otpornost na vlagu	-	×	×	-	×	×	Ploče od masivnog drveta
		-	×	×	-	×	×	LVL
		-	×	-	-	×	-	OSB
7.	Oslobađanje formaldehida	×	×	×	×	×	×	Ploče od masivnog drveta
		×	×	×	×	×	×	LVL
		×	×	-	×	×	-	OSB
8.	Reakcija na vatru	×	×	×	×	×	×	Ploče od masivnog drveta
		×	×	×	×	×	×	LVL
		×	×	-	×	×	×	OSB
9.	Paropropusnost	×	×	×	×	×	×	Ploče od masivnog drveta
		×	×	×	×	×	×	LVL
		×	×	-	×	×	×	OSB
10.	Zvučna izolacija	×	×	×	×	×	×	Ploče od masivnog drveta
		×	×	×	×	×	×	LVL
		×	×	-	×	×	-	OSB
11.	Apsorpcija zvuka	×	×	-	×	×	-	Ploče od masivnog drveta
		×	×	-	×	×	-	LVL
		×	×	-	×	×	-	OSB
12.	Toplotna provodljivost	×	×	×	×	×	×	Ploče od masivnog drveta
		×	×	×	×	×	×	LVL
		×	×	-	×	×	-	OSB
13.	Čvrstoća i krutost za konstrukcionu upotrebu	×	×	×	-	-	-	Ploče od masivnog drveta
		×	×	×	-	-	-	LVL
		×	×	-	-	-	-	OSB
14.	Mehanička otpornost	×	×	×	-	-	-	Ploče od masivnog drveta
		×	×	×	-	-	-	LVL
		×	×	-	-	-	-	OSB

15.	Biološka otpornost	×	×	×	×	×	×	×	Ploče od masivnog drveta
		×	×	×	×	×	×	×	LVL
		×	×	-	×	×	-	×	OSB
16.	Sadržaj pentahlorfenola	×	×	×	×	×	×	×	Ploče od masivnog drveta
		×	×	×	×	×	×	×	LVL
		×	×	-	×	×	-	×	OSB

A – Konstrukcione ploče, unutrašnja upotreba, suvi uslovi

B – Konstrukcione ploče, unutrašnja upotreba, vlažni uslovi

C – Konstrukcione ploče, spoljašnja upotreba

D – Nekonstrukcione ploče, unutrašnja upotreba, suvi uslovi

E – Nekonstrukcione ploče, unutrašnja upotreba, vlažni uslovi

F – Nekonstrukcione ploče, spoljašnja upotreba

G – Ploče koje se koriste za podne i krovne obloge kao i konstrukcione zidne obloge

(Izvor: EN 13986.2004. Wood-based panels for use in construction. Characteristics, evaluation of conformity and marking)

Kako je već objašnjeno u poglavlju koje se odnosilo na standard EN 13501-1, velika pažnja se poklanja i reakciji navedenih proizvoda na požar (slika 70).



Slika 70. Ugljenisani zaštitni površinski sloj na LLD-u koji se formira u slučaju požara

(Izvor: [www.rosboro.com](http://www.rosboro.com))

Paropropusnost se ispituje gotovo kod svih proizvoda i klasa namene i uslova eksploatacije, a slično je i sa zvučnom izolacijom imajući u vidu da se ovi proizvodi u razvijenim zemljama EU koriste i za izgradnju višespratnih stambenih zgrada, pa tako ova svojstva imaju značajnu ulogu na izbor materijala koji će se upotrebiti.

Kada se uporede mehanička i biološka otpornost datih proizvoda po kategorijama namene i uslovima eksploatacije može se zaključiti da je poslednje pomenuta od veće važnosti, imajući u vidu da se mehanička otpornost uglavnom zahteva kod konstrukcionih proizvoda. Biološka trajnost se odnosi na otpornost drveta

na dejstvo biotičkih faktora koji dovode do destrukcije drvnog materijala, a ona može biti odlika same vrste drveta (npr. ariš) ili dobijena veštačkim tretmanima.

Učestalost fabričke kontrole proizvodnje zavisi pre svega od svojstava koja se ispituju. Tako se testiranje čvrstoće na savijanje i modula elastičnosti kod masivnih ploča od drveta i LVL-a vrši na svakih 1.000 proizvedenih komada tako što se ispituje po jedna ploča, dok se kod onih namenjenih konstrukcionoj upotrebi testira najviše jedan komad na 8 h. Kod ispitivanja kvaliteta lepljenja LVL-a testiranje se vrši na svakih 8 h, a kod ploča od masivnog drveta kontrola se radi jednom na 24 h. U apsolutnom smislu kontrola jednog para linije lepljenja LVL-a namenjenih suvim uslovima eksploatacije se vrši na svakih 10.000 komada, namenjenih vlažnim uslovima na svakih 5.000 komada i namenjenih spoljašnjoj upotrebi na svakih 2.000 komada bez obzira na način uslojavanja. Čvrstoća na zatezanje koja se tiče kvaliteta unutrašnjeg lepljenja i otpornost na bubrenje po debljini se testiraju jednom na 8 h, međutim ukoliko se u jednoj smeni proizvedu ploče različitih debljina kontrola treba da bude organizovana tako da se izvrši provera svake debljine kod najmanje jedne ploče na nivou jednonedeljne produkcije. U pogledu sadržaja pentahlorfenola kontrola se vrši najmanje jednom u tri meseca. Ukoliko je proizvodnja sertifikovana po sistemu kvaliteta ISO 9001, može se smatrati da su navedeni uslovi ovog standarda ispoštovani.

#### ***6.5.4. Standardi koji se odnose na unakrsno lamelirano drvo (CLT)***

##### ***6.5.4.1. Najvažniji zahtevi standarda prEN 16351:2011 - Konstrukcije od drveta - Unakrsno lamelirano drvo - Zahtevi***

Standard koji se odnosi na svojstva unakrsno lameliranog drveta je dat u vidu nacрта, jer finalna verzija standarda još uvek nije dostupna imajući u vidu da se nalazi u fazi usvajanja. To znači da je on podložan određenim izmenama i dopunama sve do usvajanja konačne verzije kada će imati oznaku EN 16351. Ipak, imajući u vidu značaj unakrsno lameliranog drveta kao i činjenicu da se ono već nekoliko godina intenzivno koristi za gradnju višespratnih objekata od drveta biće dato bliže tumačenje ovog privremenog standarda.

Ovim standardom se definišu svojstva proizvoda i minimum zahteva koji se u proizvodnji moraju ispuniti uz poštovanje propisanih odstupanja. On se odnosi na unakrsno lamelirano drvo (X - Lam) i unakrsno lamelirano drvo sa velikim zupčastim spojevima. Pod unakrsno lameliranim drvetom se podrazumevaju najmanje tri ortogonalno postavljena sloja lamela prethodno klasiranih po čvrstoći prema standardu EN 14081-1. Standard se odnosi na unakrsno lamelirano drvo izrađeno od četinarskih vrsta drveta kao što su smrča (slika 71), jela, duglazija, ariš, crni bor i druge vrste (*Tsuga heterophylla*, *Pinus pinaster*, *Pinus radiata*, *Picea sitchensis*, *Pinus palustris*, *Thuja plicata* i *Chamaecyparis nootkatensis*).



Slika 71. Petoslojni CLT smrče sa utorima za smanjenje naprezanja u drvetu  
(Izvor: Sretenović P.2014. Nemačka)

Samo proizvodi koji zadovoljavaju klase eksploatacije 1 i 2, kako je to i definisano standardom EN 1995-1-1, se mogu koristiti za gradnju objekata pri čemu trebaju zadovoljiti i zahteve u pogledu koncentracije formaldehida koju predviđa klasa E<sub>1</sub>. Kako bi se osigurala trajnost i postojanost lepljene veze propisane su i vrste lepkova koje se za njegovu izradu mogu koristiti kao što su fenolni i aminoplastični, jednokomponentni poliuretanski lepkovi i emulzije polimer izocijanata. Spojevi za koje se koriste navedene vrste lepkova, a koji se mogu javiti kod unakrsno

lameliranog drveta su: zupčasti spoj pri dužinskom nastavljanju lamela, lepljenje lamela po širini u okviru jednog sloja, lepljenje između susednih slojeva i veliki zupčasti spoj (tabela 18). Standardom se dalje propisuju zahtevi koji se moraju ispuniti u pogledu zupčastih spojeva pri nastavljanju lamela po dužini i to:

- čvrstoća lepljenog spoja;
- odsustvo lisičavosti i ivičnih oštećenja kod rendisanih lamela u zoni izrade veze;

- geometrija elemenata zupčaste veze;
- čvorovi i nepravilan tok vlaknaca drveta;
- vlažnost drveta pri lepljenju netretiranih lamela (6 – 15 %) i zaštitnim sredstvom tretiranih lamela (11 – 18 %) pri čemu se vlažnost susednih lamela koje se direktno nastavljaju ne sme razlikovati za više od 5 %;
- linija lepljenja i nanošenje lepka;
- vreme između profilisanja veze i lepljenja ne sme biti duže od 6 h;
- pritisak koji se primenjuje pri lepljenju je u direktonoj vezi sa dimenzijom elemenata veze (što je manja dužina elemenata veze pritisak mora biti veći) i
- očvršćavanje lepka zahteva temperaturu drveta ne manju od 18° C

Tabela 18. Upotreba lepka u zavisnosti od vrste lepljenog spoja

Spoj	Fenolni i aminoplastični	Jednokomponentni poliuretanski	Emulzija polimer izocijanata
Zupčaste veze u lamelama	5.3.2.1 i 5.3.2.2	5.3.3	5.3.4
Između lamela po širini	5.3.2.1	5.3.3	5.3.4
Između slojeva lamela	5.3.2.1	5.3.3	5.3.4
Veliki zupčasti	za liniju lepljenja debljine 1 mm prema 5.3.2.1	5.3.3	nije primenljivo

Izvor: prEN 16351. 2011. Timber structures - Cross laminated timber – Requirements

Napomene:

5.3.2.1 Moraju ispuniti zahteve EN301 i izvršiti dodatno testiranje prema EN302-6

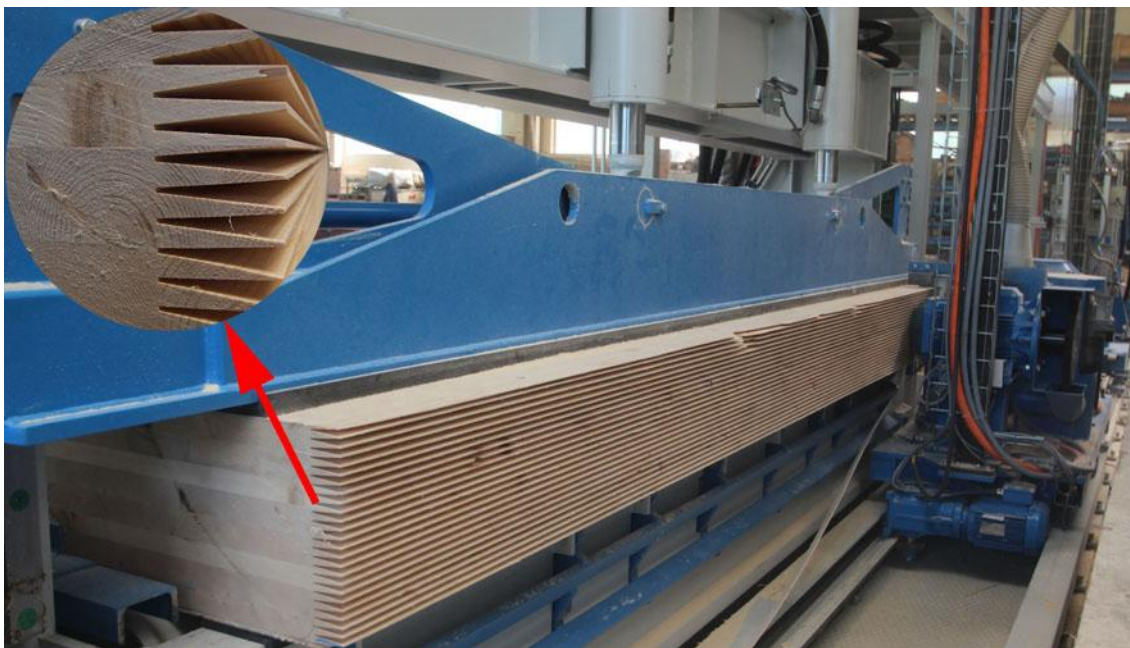
5.3.2.2 Dodatni zahtevi za lepkove za odvojenu primenu smole i očvršćivača u proizvodnji zupčastog spoja pri dužinskom nastavljanju lamela

5.3.3 i 5.3.4 Moraju ispuniti zahteve EN15425 i dugotrajnog neprekidnog testa opterećenja u cikličnim klimatskim uslovima sa uzorkom opterećenim upravno na liniju lepljenja. Uticaj klime na konvencionalno vreme presovanja treba verifikovati u skladu sa EN15416-5.

Bočno lepljenje lamela u sloju i međusobno lepljenje slojeva je definisano opštim zahtevima i čvrstoćom lepljenog spoja. Poslednje navedena je definisana sa dva faktora od kojih je prvi integritet linije lepljenja slojeva. U skladu sa tim maksimalno dozvoljena delaminacija jedne linije lepljenja može biti do 40 % dužine, pri čemu u ukupnom zbiru dužina svih linija lepljenja ona ne sme biti veća do 10 %. Drugi faktor se odnosi na smicajnu čvrstoću bočnih linija lepljenja lamela u sloju koja treba da bude

najmanje 6 N/mm<sup>2</sup>. Prihvatljivo je i 4 N/mm<sup>2</sup> ako pri testiranju u 100 % slučajeva dolazi do loma u drvetu, a ne do razdvajanja po liniji lepljenja.

Veliki zupčasti spoj takođe ima propisane zahteve koji se moraju ispuniti kako bi se osigurala postojanost lepljene veze (slika 72). U skladu sa tim čvrstoća spoja na savijanje kod ravnih proizvoda mora biti veća ili jednaka deklariranoj čvrstoći na savijanje što se verifikuje odgovarajućim testiranjem. Ovaj spoj se mora uraditi u fabrici pri čemu je potrebno da bude u ravni CLT-a i dozvoljeno je isključivo spajanje ploča unakrsno lameliranog drveta koje ima identičan način uslojavanja. U pogledu dozvoljene vlage komponenata koje se spajaju ovom vezom zahtev je da ona bude niža od 15 %, a prosečna razlika sadržaja vlage komponenata koje se lepe treba da bude manja od 2 %.



Slika 72. Fabrička izrada velikog zupčastog spoja na unakrsno lameliranom drvetu  
(Izvor: [www.kalfass-online.com](http://www.kalfass-online.com))

Dužina elementa veze (zupca) mora biti najmanje 45 mm, a širina poprečnog preseka komponente treba da bude jednaka najmanje petostrukoj dimenziji koraka veze. Uobičajeni profil velike zupčaste veze ima nominalnu dužinu zupca 50 mm, korak od 12 mm i vrh zupca 2 mm. Veza na obe komponente treba da bude urađena istim setom glodala i to ne pre 24h do početka lepljenja. Oštećenja zupčaste veze na obe komponente su dozvoljena u iznosu do 5 % površine. U trenutku nanošenja lepka

površina mora biti čista, a lepak nanet ujednačeno i u propisanoj količini, pri čemu nije dozvoljeno odvojeno nanošenje smole i očvršćivača. Oprema za stezanje mora omogućiti ravnomeran pritisak duž celog velikog zupčastog spoja u trajanju od najmanje jednog minuta od trenutka kada prestane istiskivanje lepka iz spoja. Pritisak treba da bude u skladu sa preporukom proizvođača lepka, a u svakom slučaju ne manji od  $0,3 \text{ N/mm}^2$ . Debljina linije lepljenja kod fenolnih i aminoplastičnih lepkova se proverava lupom koja omogućava merenje debljine sa tačnošću do 10 %, pri čemu linija ne sme biti veća od 0,5 mm. Kod jednokomponentnih poliuretanskih lepkova debljina linije lepljenja treba da bude manja ili jednaka 0,3 mm. Važno je napomenuti da kod svih navedenih vrsta lepkova merenja debljine linije lepljenja na čvorovima treba zanemariti, imajući u vidu da ona mogu odstupati od propisanih zahteva kao posledica greške građe drveta. Pomeranje unakrsno lameliranog drveta sa neočvrslom linijom lepljenja se mora vršiti sa velikom pažnjom kako ne bi došlo do pomeranja u samoj zupčastoj vezi. Očvršćavanje lepka i dalju obradu unakrsno lameliranog drveta treba vršiti u skladu sa preporukama proizvođača lepka.

Mehanička otpornost unakrsno lameliranog drveta je takođe propisana ovim standardom i ona treba da bude verifikovana sprovođenjem detaljnih testova ili proračunima i dokumentovanim svojstvima slojeva drveta. Ovim delom standarda su obuhvaćene karakteristike CLT-a kao što su modul elastičnosti, čvrstoća na savijanje, zatezanje, pritisak, smicanje i lepljenje. Vrednosti čvrstoće na savijanje, zatezanje i pritisak u ravni CLT-a koje ima manju širinu od 300 mm treba smanjiti za 25 %, osim ako te vrednosti nisu određene njihovim testiranjem. Unakrsno lamelirano drvo čija je širina manja ili jednaka 80 mm ne treba koristiti u nosećim konstrukcijama.

Otpornost CLT-a u pogledu bioloških faktora je definisana otpornošću vrste drveta koja se koristi za njegovu izradu. U slučaju da je unakrsno lamelirano drvo napravljeno od različitih vrsta drveta ili tretiranih i netretiranih slojeva, otpornost najslabijeg člana samo treba prijaviti. Drvo koje se koristi bez zaštitnog tretmana treba da ima odgovarajuću prirodnu otpornost u skladu sa EN 350-2 za određenu klasu eksploatacije koja je definisana standardima EN 335-1 i EN 335-2. U slučaju da se za izradu CLT-a koristi drvo zaštićeno tretiranjem ili je sam CLT kao finalni proizvod tretiran neophodno je prijaviti klasu otpornosti, vrstu zaštitnog sredstva, kritičnu vrednost zadržavanja i klasu penetracije u skladu sa EN 15228.

Tabela 19. Klase reakcije na požar kod unakrsno lameliranog drveta

Proizvod	Najmanja prosečna gustina <sup>c</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	Najmanja ukupna debljina (mm)	Klasa <sup>b</sup>
Unakrsno lamelirano drvo	380	40	D-s2, d0
Unakrsno lamelirano drvo za pod	390	20	D <sub>FI</sub> -s1

Izvor: prEN 16351. 2011. Timber structures - Cross laminated timber – Requirements

Napomene: - Proizvodi unakrsno lameliranog drveta isključivo napravljeni od slojeva drveta u skladu sa ovim standardom.

- Odnosi se na sve vrste drveta i lepkova obuhvaćene ovim evropskim standardom

- Klase kako je prikazano u Tabeli 1 Aneksa u odluci 2000/147/EC

- Uslovljeno prema EN 13238

U tabeli 19 je dat pregled klasa reakcije na požar kod unakrsno lameliranog drveta svih namena. Sa druge strane otpornost ovog proizvoda na požar je definisana standardom EN 13501-2 i nju treba deklarirati odgovarajućom klasom R na jedan od dva načina:

- odgovarajućim metodom testiranja propisanim standardom EN 13501-2 i
- proračunima npr. prema EN 1995-1-2.

U pogledu klase koja se odnosi na koncentraciju formaldehida unakrsno lamelirano drvo se može svrstati u jednu od dve postojeće klase: E<sub>1</sub> ili E<sub>2</sub>. Dimenzionalna stabilnost proizvoda je vezana za utezanje i bubrenje drveta od kojeg je izrađen, pri čemu ne postoji obaveza isticanja ove vrednosti imajući u vidu da je ona konstatna upravno i paralelno vlakancima drveta. Odstupanje debljine CLT-a od nominalne vrednosti ne treba biti veće od ± 2 mm ili 2 %, zavisno koja vrednost je veća. Stvarna debljina pojedinačnih slojeva ne bi trebalo da odstupa više od ± 1 mm.

Minimum proizvodnih zahteva se svodi na dobro obučenu radnu snagu koja poznaje procese lepljenja i planiranja u proizvodnji unakrsno lameliranog drveta. Postrojenja za sušenje i skladištenje materijala treba da budu odgovarajućeg kapaciteta sa mogućnošću održavanja potrebnog nivoa vlage u drvetu. Postrojenja za pripremu i skladištenje lepkova, kao i za proizvodnju i očvršćavanje lepka moraju da ispunjavaju određene zahteve. Temperatura u proizvodnom postrojenju mora biti najmanje 15° C, a temperatura pri procesu presovanja i konačnog očvršćavanja najmanje 18° C. U slučaju da se linija lepljenja zagreva direktno npr. odgovarajućim zračenjem putem talasa, dozvoljena temperatura mora da bude najmanje 15° C. U toku procesa proizvodnje



relativna vlažnost vazduha treba da bude u opsegu od 40 – 75 %, a u toku očvrćavanja lepka najmanje 30 %.

Kako je inicijalno objašnjeno CLT se sastoji od najmanje tri sloja lamela, pri čemu slojevi mogu biti sastavljeni od različitih vrsta drveta. Važno je napomenuti i to da se za isti sloj mogu upotrebiti različite vrste drveta pri čemu treba voditi računa da imaju male razlike u pogledu utezanja i bubrenja. Ukupno dozvoljena debljina unakrsno lameliranog drveta ne treba da bude veća od 500 mm.


Slojevi lamela kod unakrsno lameliranog drveta se uvek postavljaju međusobno upravno, pri čemu može postojati izuzetak kod proizvoda koji imaju najmanje 5 slojeva lamela. Kod njih je moguće uslojavanje najviše 3 susedna sloja paralelno sa vlakancima ako njihova ukupna debljina nije veća od 90 mm. Orijentacija navedenih slojeva može biti u pravcu jedne od glavnih osa unakrsno lameliranog drveta. Razmak između susednih lamela u jednom sloju ne sme biti veći od 6 mm. Kako bi se smanjila naprezanja u drvetu tj. pojava koritavosti i nastanak pukotina, na široj strani svake lamele se mogu izraditi utori širine 4 mm čija dubina može biti najviše do 90 % debljine. Finalna debljina bilo koje lamele mora biti u rasponu od 12 – 45 mm, a širina svake lamele, osim onih krajnjih, kao i razmak između susednih utora i utora i ivice lamele mora biti veći ili jednak 40 mm. Najveća dozvoljena širina lamela namenjena izradi CLT-a može biti 300 mm. Odnos širine i debljine lamela koje nisu ivične treba da bude manji od četiri osim ako nisu testirane na smicanje upravno na vlakanca drveta.

Ocenjivanje usaglašenosti proizvoda sa datim odredbama standarda se vrši:

- inicijalnim testiranjem tipa koje podrazumeva proveru svih najvažnijih svojstava proizvoda koje proizvođač deklarise što zahteva odgovarajuće uzorke za testiranje. Sprovođenjem ovog testiranja se dokazuje usaglašenost sa ovim standardom.
- kontrolom fabričke proizvodnje od strane proizvođača što obuhvata proveru:
  - o zahteva u pogledu opreme i mašina, sirovine i komponenata, sledljivosti i označavanja, procesa projektovanja proizvoda, kontrole tokom proizvodnog procesa, testiranja i vrednovanja proizvoda, neusaglašenih proizvoda i korektivnih mera u tom smislu, manipulacije, skladištenja i pakovanja;
  - o proverom specifičnih zahteva proizvoda što podrazumeva pozivanje na ovaj standard i sigurnost da su proizvodi koji se plasiraju na tržištu usaglašeni sa deklarisanim svojstvima;

- inicijalnom proverom preduzeća i kontrole fabričke proizvodnje koju treba sprovesti u toku i na kraju proizvodnog procesa;
- kontinuelnog nadzora fabričke kontrole proizvodnje dva puta godišnje i
- procedura za sprovođenje izmena i modifikacija koje utiču na promenu nekog svojstva proizvoda što automatski zahteva inicijalno testiranje tipa.

Završna faza podrazumeva označavanje unakrsno lameliranog drveta kao na slici 73.

 01234	
<b>AnyCo Ltd</b> <b>11</b> 01234-CPD-00234	
<b>prEN 16351</b> Cross laminated timber Spruce: Picea Abies	
<b>Modulus of elasticity and bending-, compressive-, tension- and shear strengths, bonding strength, all covered jointly by Mechanical resistance and Fire resistance, as:</b>	
- member size / x w x d	16 000 x 2 450 x 211
- Layup (mm/orientation)	42l – 42w – 43l – 42w – 42l
- strength class of layers	C30 – C24 – C24 – C24 – C30
- phenolic adhesive	Type I
<b>Reaction to fire</b>	D-s2, d0
<b>Release of formaldehyde</b>	E1
<b>Release of other dangerous substances</b>	NPD
<b>Durability, as:</b>	
- wood destroying fungi	Class 4
- insects	NPD
- termites	NPD
- marine borers	NPD

Slika 73. Označavanje unakrsno lameliranog drveta (Izvor: prEN 16351:2011)

Oznaka treba da sadrži sledeće:

- broj ovog standarda;
- identitet proizvođača, logo ili naziv;
- mehaničku otpornost u smislu geometrijskih podataka, svojstava komponenata i svojstava testiranih materijala, projektovanih opterećenja, momenata i ugiba za dati način uslojavanja, statički sistem i raspored opterećenja;
- nedelju i godinu proizvodnje ili kod koji omogućava sledljivost;
- vrstu korišćenog lepka prema EN 301 ili EN 15425;
- zaštitni tretman protiv štetnih bioloških faktora;

Kod unakrsno lameliranog drveta sa velikom zupčastom vezom se pored navedenih oznaka mora istaći i karakteristična čvrstoća na savijanje navedenog spoja u drvetu.

Kvalitativna analiza standarda koja je urađena u ovom poglavlju je od značaja za svakog proizvođača kompozitnih proizvoda od drveta ali i za projektante objekata od drveta i donosiće odluka u procesu izrade tehničkih propisa od značaja za njihovu ugradnju.

## 6.6. PEST i SWOT analiza tržišta kompozitnih proizvoda od drveta u Srbiji

Sprovedenjem PEST analize bliže je sagledan uticaj političkih, ekonomskih, društvenih i tehnoloških faktora koji deluju na tržištu Srbije, dok je SWOT analiza korišćena za sagledavanje snaga, slabosti, šansi i pretnji vezanih za upotrebu drveta bukve za izradu kompozitnih proizvoda.

### 6.6.1. Analiza političkih, ekonomskih, društvenih i tehnoloških faktora koji utiču na tržište kompozitnih proizvoda od drveta u Srbiji (PEST analiza)

Metoda analize poslovnog okruženja na jednom tržištu vezano za određeni proizvod se najbolje može sagledati korišćenjem PEST analize. Rezultati koji se dobiju korišćenjem PEST analize se mogu višestruko koristiti, a najčešća namena im je za marketinško planiranje, razvoj strategija i proizvoda, poslovno odlučivanje i kao polazna osnova za brojna druga istraživanja. Prednost ove analize je njena jednostavnost i to što ona pruža mogućnost za razumevanje ispitivane pojave u širem kontekstu. Četiri faktora koji su od najvećeg značaja za razvoj tržišta kompozitnih proizvoda od drveta su političke, ekonomske, društvene i tehnološke prirode. Najvažniji faktori koji deluju na tržištu kompozitnih proizvoda od drveta u Srbiji u okviru svake od četiri navedene grupe su predstavljeni u tabeli 20. Za navedene faktore se može reći da su relevantni i da imaju direktan uticaj na tržište kompozitnih proizvoda od drveta, imajući u vidu da su izabrani na osnovu sprovedenih terenskih istraživanja kod proizvođača lepljenog lameliranog drveta, proizvođača kuća od drveta (koji su njihov značajan potrošač), protivpožarne policije i stručnjaka iz oblasti građevinske i arhitektonske struke.

Tabela 20. Faktori koji deluju na tržištu kompozitnih proizvoda od drveta u Srbiji

POLITIČKI	EKONOMSKI
<ul style="list-style-type: none"><li>- Ekološka i pitanja životne sredine</li><li>- Važeći propisi i zakonska regulativa u oblasti građevinarstva</li><li>- Važeći propisi i zakonska regulativa u oblasti protivpožarne zaštite</li><li>- Nedostatak namenskih subvencija i</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Kuće od drveta:<ul style="list-style-type: none"><li>○ Korišćenje subvencionisanih kredita</li><li>○ Povoljnija cena i unapred poznati troškovi gradnje u odnosu na zidane</li><li>○ Brzina gradnje i veća neto površina u odnosu na zidane</li></ul></li></ul>

podsticaja za gradnju pasivnih objekata koji pored ostalih materijala koriste i drvene kompozite	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Više finansijskih sredstva je potrebno odmah u poređenju sa zidanim</li> <li>- Cena LLD-a je veća za 4 puta u odnosu na cenu rezane građe</li> </ul>
<b>DRUŠTVENI</b>	<b>TEHNOLOŠKI</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Starost i veličina porodice (demografija)</li> <li>- Rekreativne i sportske aktivnosti</li> <li>- Mišljenje stručne javnosti i njen uticaj na javno mnjenje</li> <li>- Uticaj oglašavanja i reklame na povećanje tražnje za drvnim kompozitima</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dugo trajanje proizvodnog procesa</li> <li>- Nedovoljna zastupljenost novih tehnologija</li> <li>- Adekvatnost mikroklimatskih uslova za izradu LLD-a</li> <li>- Nedostatak kvalitetne sirovine</li> <li>- Nepoštovanje dogovorenih dimenzija pri izradi rezane građe na pilanama</li> </ul>

Izvor: *Original*

#### **6.6.1.1. Politički faktori od značaja za razvoj tržišta kompozitnih proizvoda od drveta u Srbiji**

U okviru političkih faktora danas su u Srbiji najaktuelnija pitanja ekologije i s tim u vezi uticaja i doprinosa kompozitnih proizvoda od drveta očuvanju životne sredine. U prethodnom izlaganju su već navedene brojne prednosti i pozitivna svojstva ovih proizvoda kao što su akumuliranje CO<sub>2</sub>, mogućnost višestruke reciklaže u različite proizvode, supstitucija ugljeno intenzivnih materijala i dodatno smanjenje efekta staklene bašte. Čak je i najjednostavnija upotreba drveta u energetske svrhe CO<sub>2</sub> neutralna. Sve ove prednosti kompozitne proizvode od drveta ističu u prvi plan i favorizuju ih u odnosu na druge proizvode iste namene koji su izrađeni iz drugih materijala kada se posmatraju sa ekološkog stanovišta. Da je Srbija poslednjih godina strateški opredeljena za rešavanje ekoloških pitanja potvrđuje podatak da je na predlog Ministarstva životne sredine i prostornog planiranja 2009. godine, Narodna Skupština Republike Srbije usvojila “Zeleni paket” koji sadrži 16 zakona iz oblasti zaštite životne sredine. Zakoni koji imaju značaj za kompozitne proizvode od drveta, a koji se odnose na životnu sredinu su predstavljeni u nastavku.

*Zakonom o zaštiti životne sredine*<sup>5</sup> se uređuje navedena oblast i obezbeđuje se ostvarivanje prava čoveka na život i razvoj u zdravoj životnoj sredini. On u pojedinim članovima ukazuje na značaj prirodnih resursa, jačanje svesti o zaštiti životne sredine, zaštiti vazduha od emisije zagađujućih materija, upotrebi ekološkog znaka, dodeli priznanja i nagrada iz ove oblasti, ali i utvrđivanja podsticajnih mera. U skladu sa navedenim u nastavku su date bliže odrednice ovog zakona koje se mogu odnositi na kompozite od drveta. Tako se u članu 3, stav 3 ovog zakona definišu prirodne vrednosti kao prirodno bogatstvo među kojima se nalaze i šume, koje predstavljaju osnovni resurs za izradu sirovine koja se koristi za proizvodnju drvnih kompozita. Jačanje svesti o zaštiti životne sredine koja se sprovodi kroz brojne sisteme kao što su obrazovanje i vaspitanje, naučno-istraživački i tehnološki razvoj, javno informisanje i drugo su predmet člana 6 navedenog Zakona. U tom smislu na navedenom članu se mogu temeljiti polazne osnove za edukaciju i upoznavanje šire javnosti sa benefitima koje drvo i njegovi kompoziti mogu pružiti. Kompozitni proizvodi od drveta utiču i na smanjenje emisije CO<sub>2</sub> u atmosferu, a Član 24 ovog zakona se upravo odnosi na zaštitu vazduha od zagađujućih materija koja mora biti ispod propisanih vrednosti. U skladu sa navedenim se može zaključiti da doprinos drvnih kompozita u tom smislu može biti od velikog značaja naročito ako se ima u vidu supstitucija ugljeno intenzivnih materijala u građevinarstvu. Član 53 ovog Zakona se tiče ekološkog znaka koji se može dodeliti proizvodima namenjenim opštoj potrošnji. Pravo na dobijanje ovog znaka se može ostvariti ako se njihovom proizvodnjom smanjuje potrošnja energetske resursa, emisija štetnih i opasnih materija, proizvodnja otpada, potrošnja prirodnih resursa, tako da se prethodno navedeno može primeniti na drvene kompozite imajući u vidu sve prednosti po navedenim kriterijumima u poređenju sa drugim građevinskim materijalima. Bliže uslove, kriterijume i postupak za dobijanje prava na korišćenje ekološkog znaka, elemente, izgled i način upotrebe ekološkog znaka propisuje Ministar.

Članom 65 ovog zakona se propisuju priznanja i nagrade koje se mogu dodeliti za doprinos zaštiti životne sredine, a intenzivnije korišćenje LLD-a i CLT-a u našoj zemlji pri gradnji objekata od drveta bi u tom smislu moglo biti promovisano na ovaj način. Zakonom o zaštiti životne sredine je definisana i mogućnost utvrđivanja

---

<sup>5</sup> "Sl. glasnik RS", br. 135/2004, 36/2009, 36/2009 - dr. zakon, 72/2009 - dr. zakon i 43/2011 - odluka US

podsticajnih mera za pravna i fizička lica koja primenjuju tehnologije, proizvode i stavljaju u promet proizvode čiji je uticaj povoljniji od drugih sličnih, gde se upravo ubrajaju drvni kompoziti. Prethodno navedeno je definisano Članom 101 po kojem se mogu utvrditi poreske, carinske i druge olakšice ili oslobađanja od obaveze plaćanja, pod uslovima i na način utvrđen posebnim zakonom. Terenskim istraživanjima je utvrđeno da proizvođači lepljenog lameliranog drveta i preduzeća za gradnju kuća od drveta u Srbiji nemaju subvencije niti druge podsticajne mere imajući u vidu da su proizvodi koje proizvode i/ili ugrađuju ekološki sa manjim uticajem na životnu sredinu u poređenju sa klasičnim građevinskim materijalima kao što su beton i čelik.

*Zakon o potvrđivanju Amandmana na Aneks B Kjoto protokola uz Okvirnu konvenciju Ujedinjenih nacija o promeni klime*<sup>6</sup> je takođe usvojen 2009. godine u pomenutom setu zakona. Ratifikacijom ovog amandmana na Kjoto protokol, Republika Srbija daje doprinos njegovom stupanju na snagu, odnosno pristupanju Belorusije zemljama Aneksa B Kjoto protokola i utvrđivanju njene obaveze kvantifikovanog smanjenja emisija gasova sa efektom staklene bašte. Srbija je još 2007. godine prihvatila Kjoto protokol, što potvrđuje usvajanje *Zakona o potvrđivanju Kjoto protokola uz okvirnu konvenciju Ujedinjenih Nacija o promeni klime*<sup>7</sup>. Osnova Kjoto protokola se zasniva na smanjenju emisije gasova koji izazivaju efekat staklene bašte izražene preko CO<sub>2</sub> kao ekvivalenta. Potpisnice sporazuma su se obavezale na smanjenje emisije ovih gasova za najmanje 5 % u periodu od 2008 - 2012. godine u odnosu na bazni period 1990. godine. Ugljendioksid je jedan od šest gasova koji izazivaju efekat staklene bašte, kako je i definisano Aneksom A ovog protokola, pri čemu se među prvim pobrojanim sektorima koji predstavljaju njegov izvor navodi građevinarstvo. Upravo ovaj segment Kjoto protokola i usvojenog Zakona je od značaja za kompozitne proizvode od drveta kojima se smanjuje emisija CO<sub>2</sub> za 2,0 tone/m<sup>3</sup> utrošenog drvnog materijala u procesu gradnje objekata od drveta (*European Wood Factsheets, 2004*).

---

<sup>6</sup> „Službeni glasnik R. Srbije“ - Međunarodni ugovori, br. 38/09 od 25.5.2009.

<sup>7</sup> „Službeni glasnik Republike Srbije“ – Međunarodni ugovori, br.88/07

Pored aktuelnih pitanja vezanih za životnu sredinu, od velikog značaja za razvoj tržišta kompozitnih proizvoda od drveta su i pitanja zakonodavstva u oblasti građevinarstva, ali i drugih oblasti koje se direktno preklapaju. U pogledu zakonskih propisa se može reći da ne postoji posebna regulativa koja uređuje gradnju drvetom, koja je inače najvažniji potrošač ovih proizvoda. U važećem Zakonu o planiranju i izgradnji<sup>8</sup> se uopšte ne pominje gradnja objekata od drveta, tako da je to jedan od važnih nedostataka koji već u inicijalnoj fazi ograničava intenzivniju upotrebu kompozitnih proizvoda u građevinarstvu. Ipak, i pored nedostataka u navedenom Zakonu gradnja kuća od drveta u Srbiji je sve više zastupljena. U skladu sa tim je sprovedeno terensko istraživanje izabranih proizvođača kuća od drveta na osnovu kojeg se došlo do važnih rezultata koji su u nastavku predstavljeni.

Oblast visokogradnje, koja obuhvata i individualne kuće od drveta je regulisana “Pravilnikom o sadržini i načinu izrade tehničke dokumentacije za objekte visokogradnje”<sup>9</sup>. Precizna definicija ovih objekata je data u Članu 2 ovog pravilnika: *“Objekti visokogradnje, u smislu ovog pravilnika jesu prizemni ili spratni objekti sa ili bez podzemnih etaža, kao što su: stambene i poslovne zgrade, objekti za javne namene (škole, obdaništa, bolnice, hoteli, pozorišta, bioskopi, garaže, izložbene i sportske dvorane i sl.), stanice za snabdevanje gorivom motornih vozila, kao i drugi slični objekti (u daljem tekstu: objekti visokogradnje)”*.


Kao prvi korak u gradnji objekta od kompozitnih proizvoda od drveta je dobijanje *lokacijske dozvole*. Ona se dobija na osnovu kopije plana predmetne parcele na kojoj se gradi, dokaza o pravu svojine za predmetnu parcelu i skice objekta sa naznakom spratnosti i gabarita objekta. Na osnovu ovih dokumenata se vrše neophodne provere i izdaje se lokacijska dozvola. Sledeći korak je izrada Elaborata o energetske efikasnosti koja je definisana Pravilnikom o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetskim svojstvima zgrada<sup>10</sup> iz 2011. godine (slika 74).

---

<sup>8</sup> "Sl. glasnik RS", br. 72/2009, 81/2009 - ispr., 64/2010 - odluka US, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - odluka US, 50/2013 - odluka US, 98/2013 - odluka US, 132/2014 i 145/2014

<sup>9</sup> Na osnovu člana 106. Zakona o planiranju i izgradnji („Službeni glasnik RS” br. 47/03 i 34/06)

<sup>10</sup> "Sl. glasnik RS", br. 61/2011

фотографија зграде (једна могућност)	<b>ЗГРАДА</b>		<input checked="" type="checkbox"/> нова	<input type="checkbox"/> постојећа
	Категорија зграде		1. Зграда са једним станом 2. Зграда са више станова	
	Место, адреса:		Цвијићева бб	
	Катастарска парцела:			
	Власник/инвеститор/правни и заступник:		Петар Петровић	
	Извођач:		Извођач ДОО	
	Година изградње:		2012	
	Година реконструкције/ енергетске санације:		-	
	Нето површина $A_N$ [m <sup>2</sup> ]:		1364	
<b>Енергетски пасош за стамбене зграде</b>	Прорачун		$Q_{H,nd,rel}$ [%]	$Q_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
			56	33
	<b>A+</b>		≤ 15	
	<b>A</b>		≤ 25	
	<b>B</b>		≤ 50	
	<b>C</b>		≤ 100	
	<b>D</b>		≤ 150	
	<b>E</b>		≤ 200	
	<b>F</b>		≤ 250	
	<b>G</b>		> 250	
<b>Подаци о лицу које је издало енергетски пасош</b>				
Овашћена организација:				
Потпис овлашћеног лица и печат организације:				
_____			МП	
(потпис)				
Одговорни инжењер:				
Потпис и печат одговорног инжењера ЕЕ :				
_____			МП	
(потпис)				
Број пасоша:				
Датум издавања/рок важења:				

Слика 74. Изглед издатог енергетског пасоша за стамбену зграду у Београду

Извор: Инженјерска комора Србије, 2012.



Upravo u ovom segmentu do izražaja dolaze izolaciona svojstva drveta koja se kao i kod drugih materijala izračunavaju korišćenjem odgovarajućeg softverskog paketa za termičke proračune. Jedan od važnih parametara koji utiče na debljinu zidova od kompozitnih drvenih elemenata koji će se koristiti za gradnju stambenog objekta su klimatski podaci (lokacija, broj stepen dana grejanja, broj dana grejne sezone, srednja temperatura grejnog perioda, unutrašnja projektna temperatura za zimski period) i uticaj vetra (položaj - izloženost vetru, broj fasada izloženih vetru). Može se zaključiti da ovaj elaborat obuhvata proračune, tekst i crteže koji su izrađeni u skladu sa navedenim pravilnikom, a na osnovu kojeg se izdaje energetske pasoš za stambeni objekat.

Prema terenskim istraživanjima odstupanja od deklariranih energetske svojstava stambenog objekta su moguća ukoliko ne postoji adekvatna kontrola od strane nadzornih organa koji će vršiti kontrolu procesa gradnje, kako bi se osigurala upotreba isključivo propisanih građevinskih materijala. Istraživanja su takođe pokazala da je za gradnju individualnih objekata od kompozitnih proizvoda od drveta, pored energetske efikasnosti važno dokazati njihovu statiku, što se radi u Glavnom projektu (arhitektonsko građevinski projekat sa pripadajućim instalacijama) koji nadležna opštinska uprava overava ako je u skladu sa lokacijskom dozvolom. Za dobijanje *građevinske dozvole* za objekat od drveta pored Glavnog projekta potrebno je ispuniti još 6 - 7 akata propisanih navedenim Pravilnikom. Procedure koji slede posle izdavanja građevinske dozvole su *prijava početka izvođenja pripremnih radova, prijava početka izvođenja radova, potvrda da su temelji izgrađeni i izdavanje upotrebne dozvole*. Ovim se završava gradnja individualnog stambenog objekta izgrađenog od kompozitnih elemenata od drveta, što jasno pokazuje da je u pogledu zakonskih regulativa moguća gradnja navedenih objekata od drveta.

Za gradnju prethodno navedenih individualnih stambenih objekata od kompozitnih proizvoda od drveta nije potreban *Glavni projekat zaštite od požara*. Međutim, prema Pravilniku o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetske svojstvima zgrada (Član 33.) *Glavni projekat zaštite od požara* se izrađuje za objekte javne namene (bioskopi, škole, hoteli, stanice za snabdevanje gorivom motornih vozila, sportske hale, galerije, muzeje i sl.) kao i za stambene i stambeno-poslovne objekte čija je visina veća od 22m, objekte blokovskog tipa, proizvodne i skladišne objekte. Prethodno navedeno je dodatno potvrđeno u *Zakonu o zaštiti od*

požara,<sup>11</sup> Član 33 u kojem područne jedinice organa državne uprave u čijoj je nadležnosti zaštita od požara daju saglasnost na tehničku dokumentaciju u pogledu mera zaštite od požara, za izgradnju, rekonstrukciju i dogradnju objekata sa svim pripadajućim instalacijama, opremom i uređajima i to: stambenih, stambeno-poslovnih i poslovnih objekata površine veće od 2.000 m<sup>2</sup> ili spratnosti P + 4 + Pk (PS) i preko, zgrada za stanovanje zajednica, hotela, motela i zgrada za trgovinu na veliko i malo površine veće od 400 m<sup>2</sup> ili spratnosti preko P + 2, kao i restorana, barova i sličnih ugostiteljskih objekata, ali i objekata javne namene na drugom mestu nepomenutih. Pored pobrojanih kategorija objekata Član 33 navednog zakona takođe sadrži još 20 stavova kojima su definisane ostale kategorije objekata. Upravo ove zakonske regulative u velikoj meri otežavaju gradnju višespratnih objekata od kompozitnih elemenata od drveta kakve su CLT ploče, imajući u vidu da veoma teško mogu proći tehnički prijem koji vrši Protivpožarna policija.

Prema sprovedenim terenskim istraživanjima u Protivpožarnoj policiji ispitivanje protivpožarnosti objekata u građevinarstvu, pa i objekata od kompozitnih elemenata od drveta se vrši u skladu sa odredbama standarda SRPS U.J1.240:1995- Zaštita od požara u građevinarstvu - Stepenn otpornosti zgrade prema požaru. Istraživanje je pokazalo da nadležni organi imaju više nego pozitivan stav o gradnji prizemnih i jednospratnih individualnih stambenih objekata od kompozitnih proizvoda od drveta, a u velikoj meri su upoznati i sa prirodnom otpornošću lepljenog lameliranog drveta velikih poprečnih preseka u požaru, čak i bez vatrootpornih premaza. Takođe poseduju detaljne informacije vezano za vrste sredstava koja se koriste za postizanje vatrootpornosti kompozitnih proizvoda od drveta, kao i debljine nanosa u kojima se ova sredstva primenjuju. Upoznati su i sa najnovijim premazima za postizanje vatrootpornosti koji su transparentni i savetuju njihovu upotrebu na vidnim drvenim konstrukcijama, dok se standardni beli premazi mogu koristiti za ostale konstrukcije.

Pri tehničkom prijemu objekata od kompozitnih elemenata od drveta Protivpožarna policija zahteva da se priloži:

---

<sup>11</sup> Sl. glasnik RS", br. 111/2009 i 20/2015.

- Sertifikat o izvršenom ispitivanju vatrootpornosti boje koji izdaje IMS Institut iz Beograda, u kojem je navedena debljina premaza koja se mora naneti za postizanje propisane vatrootpornosti koja može biti 30, 60 i 90 minuta. Sprovođenje samog ispitivanja se različito sprovodi za grede, stubove i rešetkaste konstrukcije od drveta.
- Izjava odgovornog izvođača da je protipožarni premaz nanet prema uputstvu proizvođača.

Zatim treća nezavisna institucija vrši merenje debljine nanetog sloja komparaterom na samom objektu od kompozitnih elemenata od drveta metodom slučajnog uzorka. Po završetku merenja se pravi zapisnik koji se prilaže uz ostalu dokumentaciju, a izmerena vrednost se upoređuje sa onom koja je navedena u sertifikatu o izvršenom ispitivanju koji izdaje IMS Institut u Beogradu. Vrednosti debljine premaza se mere mikronima ( $\mu\text{m}$ ) i najčešće se kreću od 300 – 500  $\mu\text{m}$  u zavisnosti od vrste premaza i vremena vatrootpornosti koja se mora postići.

U Protivpožarnoj policiji naglašavaju da ako zakonom nije propisano davanje njihove saglasnosti za neki građevinski projekat (tehnički prijem), to projektanta ne oslobađa obaveze da primeni važeće tehničke propise iz oblasti zaštite od požara. Dobar primer za prethodno navedeno je da se za skladišta do 1.500 m<sup>2</sup> u buduće neće davati saglasnost Protivpožarne policije, što projektanta ne oslobađa obaveze da se obezbedi unutrašnja i spoljašnja hidrantska mreža kao i sve ostalo što je propisano odgovarajućim Zakonima, Pravilnicima i Uredbama.

Za razliku od pozitivnog stava o gradnji individualnih stambenih objekata od kompozitnih elemenata od drveta, odgovor na pitanje vezano za gradnju višespratnih stambenih objekata od drveta je bio da se ona ne preporučuje. Kao jedan od najvažnijih argumenata za prethodno navedeno je taj što po Pravilniku o tehničkim normativima za zaštitu visokih objekata od požara<sup>12</sup> nije dozvoljeno da putevi evakuacije (stepenice) budu izgrađeni od gorivih materijala (drveta), što bi pri korišćenju CLT-a bio slučaj.

---

<sup>12</sup> "Sl. list SFRJ", br. 7/84

Iz svega prethodno navedenog se može zaključiti da je u pogledu važećih zakonskih propisa gradnja individualnih stambenih objekata od kompozitnih proizvoda od drveta moguća, a izgradnja višespratnih stambenih i objekata od javnog značaja veoma teško izvodljiva imajući u vidu ograničenja u postojećim zakonskim i podzakonskim aktima kojih se nadležni republički organi dosledno i u potpunosti pridržavaju.

Dobar primer i potvrda prethodno navedenih rezultata istraživanja za objekte od javnog značaja se može ilustrovati primerom restauracije i dogradnje jedne škole u Zemunu. Protivpožarna policija inicijalno nije dozvolila ugradnju drvenih greda, koje su na insistiranje arhitekata ipak ugrađene, što je dovelo do toga da je za tehnički prijem objekta svaka greda morala biti obložena gipskarton pločom<sup>13</sup>.

Da je situacija u Austriji sasvim drugačija u domenu gradnje javnih objekata od drveta najbolje ilustruje primer gradnje škole od kompozitnih proizvoda od drveta čiji je naziv “SOS – Schule ohne Stress“ što u prevodu znači škola bez stresa (više u 6.1.4.). U ovom slučaju predmet istraživanja je bio vezan za pozitivan uticaj drveta na zdravlje dece, a dovođenje u pitanje protivpožarnosti objekta je očigledno nešto što je prevaziđeno odgovarajućim regulativama. Tu se pre svega misli na usvajanje<sup>14</sup> *Eurokoda 5* koji obuhvata tri standarda vezana za gradnju objekata od drveta koji se dosledno primenjuje za razliku od Srbije u kojoj su standardi usvojeni 2012. godine ali se još uvek ne primenjuju (tabela 21). Od značaja za gradnju objekata od kompozitnih proizvoda od drveta su značajni standardi EN 1995-1-1 i EN 1995-1-2, dok se EN 1995-2 odnosi na mostove koji nisu predmet ovog istraživanja. Više o standardima koji su od značaja za ovo istraživanje je navedeno u poglavlju vezanom za standarde (videti 6.5.1.6.).

---

<sup>13</sup> Kako navodi Mr Dejan Vasović, dipl.inž.arh. i glavni arhitekta grada Beograda u Srbiji nema hrabrosti da se krene u intenzivniju gradnju objekata od drveta, sve dok se postojeći problemi ne reše na višem nivou. Akademik prof. Dr Vojislav Kujundžić, dipl.inž.arh. sa druge strane ističe da se u svetu retko koriste protivpožarni premazi za lepljeno lamelirano drvo koje se koristi za gradnju objekata velikih raspona jer je ono u takvim konstrukcijama samogasivo - drvo gori kada je u tandemu (*Gradnja drvetom u Srbiji, 2013*)

<sup>14</sup> CEN/TC 250/SC 5

Tabela 21. Komparativna analiza usvojenih standarda i njihova zvanična upotreba u gradnji objekata od drveta u Austriji i Srbiji

Naziv standarda	Austrija		Srbija	
	usvojen	zvanična upotreba	usvojen	zvanična upotreba
ONORM EN 1995-1-1; Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau SRPS EN 1995-1-1:2012; Projektovanje drvenih konstrukcija - Deo 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade	DA	DA	DA	NE
ONORM EN 1995-1-2; Allgemeine Regeln - Bemessung für den Brandfall SRPS EN 1995-1-2:2012; Projektovanje drvenih konstrukcija -- Deo 1-2: Opšte -- Projektovanje konstrukcija na dejstvo požara	DA	DA	DA	NE
ONORM EN 1995-2; Brücken SRPS EN 1995-2:2012; Projektovanje drvenih konstrukcija -- Deo 2: Mostovi	DA	DA	DA	NE

Izvor: Austrian Standards, 1995.; [www.proholz.at](http://www.proholz.at); Institut za standardizaciju Srbije, 2012; Građevinski fakultet u Beogradu, 2015.

Terenskim istraživanjima kojima su obuhvaćeni izabrani proizvođači kuća od drveta je utvrđeno da se u Srbiji pri gradnji ovih stambenih objekata koristi masivno drvo, a od drvnih kompozita OSB ploče i grede od lepljenog lameliranog drveta. Najbolji primer uštede u emisiji CO<sub>2</sub> koji se kroz gradnju kuće od drveta u Srbiji može ostvariti je prikazan za površinu objekta od 100m<sup>2</sup>. Za njegovu gradnju je potrebno utrošiti sledeće proizvode od drveta:

- Masivno drvo:
  - grede za izradu zidnih panela u količini od 8 – 9 m<sup>3</sup> (dimenzija poprečnog preseka grede je 60 × 120 mm)

- grede za izradu krovne konstrukcije u količini od 3 – 4 m<sup>3</sup> (dimenzije poprečnog preseka grede su 60 × 80 mm, 60 × 100 mm i 60 × 120 mm)
- daske u debljini 25 mm za izradu rešetkastih krovnih nosača sa konektor pločama u količini 5,5 m<sup>3</sup>, a alternativno se mogu koristiti drveni kompoziti u vidu OSB ploča debljine 18 mm u količini 4 m<sup>3</sup>
- letve za izradu plafonske podkonstrukcije u količini 2 m<sup>3</sup> (dimenzija poprečnog preseka 50 × 40 mm)
- lamperije debljine 10 mm za oblaganje nadstrešnice i prepusta krovne konstrukcije u količini od 0,7 m<sup>3</sup>
- Kompozitni proizvodi od drveta:
  - OSB ploče debljine 10 mm za izradu zidnih panela u količini od 3 m<sup>3</sup>
  - LLD grede za izradu nadstrešnica ili nosećih greda u objektu u zavisnosti od njegove konstrukcije u količini od 1 m<sup>3</sup>

Na osnovu prethodno navedenog se može zaključiti da se u Srbiji izgradnjom svake kuće od drveta površine 100 m<sup>2</sup> utroši od 21,7 - 25,2 m<sup>3</sup> rezane građe i kompozitnih proizvoda od drveta. Poznato je da svaki 1 m<sup>3</sup> rezane građe i drvnih kompozita u sebi uskladišti 0,25 tona ugljenika odnosno 0,9 tona CO<sub>2</sub>, a ukoliko se tome doda i količina CO<sub>2</sub> od 1,1 tone koja se uštedi substitucijom ugljeno - intenzivnih materijala kao što su beton, čelik i aluminijum dolazi se do količine od 2,0 tone CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> drveta (*European Wood Factsheets, 2004; Australian Government, Forest and Wood Products Research and Development Corporation, 2004*). Na osnovu svih prethodno navedenih činjenica se može zaključiti da se u Srbiji pri gradnji svake kuće od drveta površine 100 m<sup>2</sup> uštedi u rasponu od 43,4 - 50,4 tone CO<sub>2</sub>. Prema Kadović R. (2015) cena jedne tone CO<sub>2</sub> iznosi 29 EUR, što znači da količina CO<sub>2</sub> koja se uskladišti u kući od drveta navedene površine iznosi od 1.258,6 – 1.461,6 EUR. Prethodno navedenoj

vrednosti treba dodati i nematerijalnu korist u vidu oslobođenog kiseonika u količini od 727 kg/m<sup>3</sup> prirasta drvne mase (*European Wood Factsheets, 2004*).

Ako se sa prethodno navedenim primerom gradnje kuće od drveta u Srbiji upoređi gradnja kompleksa<sup>15</sup> pasivnih kuća od unakrsno lameliranog drveta (CLT) u pokrajini Donja Austrija u mestu Gneixendorf može se zaključiti da utrošak CLT-a za površinu kuće od 100 m<sup>2</sup> iznosi 31,14 m<sup>3</sup>. To znači da je količina utrošenog drveta pri gradnji kuće od drveta površine 100 m<sup>2</sup> veća u Austriji nego u Srbiji za 5,94 - 9,44 m<sup>3</sup>. Ušteda u emisiji CO<sub>2</sub> u ovom slučaju iznosi 62,28 tona (2 tone/m<sup>3</sup> × 31,14 m<sup>3</sup>), što je za 23,6 - 43,5 % više u odnosu na gradnju kuće od drveta u Srbiji.

U pogledu energetske efikasnosti ovih objekata kuća koja se gradi u Srbiji pripada energetskom razredu "A" sa potrošnjom energije za potrebe grejanja ≤ 25 kWh/m<sup>2</sup> godišnje, dok pasivna kuća u Donjoj Austriji pripada energetskom razredu "A++" sa potrošnjom energije za potrebe grejanja ≤ 9,8 kWh/m<sup>2</sup> godišnje, što je za 2,55 puta manje. Terenska istraživanja su pokazala da proizvođači i kupci kuća od drveta u Srbiji nemaju subvencije niti podsticaje bez obzira na nivo energetske efikasnosti objekta koji se gradi (*Proizvođači kuća od drveta u Srbiji*).

Najbolji primer funkcionisanja sistema podsticajnih mera se može predstaviti na primeru pokrajine Donja Austrija. Ova pokrajina daje mogućnost kreditiranja gradnje energetski efikasnih i održivih stambenih objekata sa kamatom od 1 % na period do 27,5 godina, a uslovi i visine iznosa kredita su definisani u tabeli 22.

---

<sup>15</sup> Obuhvata petdupleks kuća čija je ukupna površina 1.208,7m<sup>2</sup> i šest pojedinačnih kuća ukupne površine 878,88m<sup>2</sup> (*Gneixendorf - Krems an Der Donau, 2014.*). Ukupna površina svih navedenih objekata iznosi 2.087,58m<sup>2</sup> za šta je utrošeno 650m<sup>3</sup> CLT-a (*Stora Enso, 2014*). To znači da je na svakih 100m<sup>2</sup> površine kuće utrošeno 31,14m<sup>3</sup> CLT-a.

Tabela 22 Podsticanje gradnje novih objekata koji zadovoljavaju standarde niskoenergetskih kuća u pokrajini Donja Austrija

Kategorija	Iznos [EUR]
<b><sup>16</sup>Podsticanje porodica</b>	
<i>(obavezna energetska efikasnost)</i>	
Porodice u kojima su roditelji starosti do 35 godina sa najmanje jednim detetom	4.000
Za prvo dete	8.000
Za drugo dete	10.000
Za treće dete i svako sledeće	12.000
Za svako dete sa posebnim potrebama	10.000
Za člana porodice koji ima najmanje 55 % invaliditeta	7.500
Zaposleni koji imaju stalno prebivalište u Donjoj Austriji najmanje 3 godine	2.500
<b>Sistem bodovanja na osnovu energetske efikasnosti i održivosti</b>	do 30.000
<p>Najviše 100 bodova se može dobiti za energetski efikasnu i održivu gradnju, a vrednost svakog boda je 300 EUR.</p> <p>Za izračunavanje bodova za <i>energetsku efikasnost</i> je potrebno izračunati koeficijent <math>A/V^{17}</math> koji se kreće u rasponu od 0,2 do <math>\geq 0,8</math> na osnovu koga se vrši očitavanje iz tabele. Broj bodova koji nosi ova kategorija je 60 ili 80.</p> <p>Za izračunavanje bodova za <i>održivu</i> gradnju se vrednuje sistem grejanja (20) u kombinaciji sa fotonaponskim</p>	

<sup>16</sup> samo uz potrošnju energije za potrebe zagrevanja  $\leq 36 \text{ kWh/m}^2$  godišnje ili  $\leq 40 \text{ kWh/m}^2$  godišnje uz obaveznu instalaciju fotonaponskih ćelija snage 2 kW ili ugradnju solarnih panela površine 12 m<sup>2</sup> za zagrevanje vode povezanih sa sistemom grejanja.

<sup>17</sup> Predstavlja količnik površine spoljašnjeg omotača objekta i grejane zapremine, a što je vrednost manja to je veći broj bodova koji se dobija.



ćelijama (20), solarnim ćelijama (10 ili 15), ventilacijom (10) i toplotnom pumpom (10).	
Moguće je dobijanje <i>dodatnih bodova</i> (1, 3, 5, 10, 15) npr. upotrebom <b><i>ekoloških materijala</i></b> se dobija 15 bodova	
<b>Bonus na poziciju objekta</b>	do 4.500
Gradnja objekata u bloku, zatvorena gradnja, gradnja u centru grada i unutrašnjosti pokrajine	do 4.500
Gradnja dupleks kuća	do 1.500
<b>Kuća sa dve stambene jedinice</b>	
Povećanje iznosa odobrenog kredita za 40 %	
<sup>18</sup> <b>Gradnja pasivnih objekata</b>	
Kredit sa kamatnom stopom od 1 % na 27,5 godina	40.000
Ugradnja fotonaponskih ćelija minimalne snage 2 kW	6.000
Pozicija objekta, infrastruktura i način gradnje	do 4.500
Za objekat sa dve stambene jedinice povećanje iznosa odobrenog kredita za 40 %	

Izvor: Informationsbroschüre Wohnbauförderung Eigenheim, 2015.

Analizom podataka iz tabele 22 se može zaključiti da pokrajina Donja Austrija sprovodi značajne podsticajne mere na unapređenju energetske efikasnosti i gradnji ekoloških i održivih stambenih objekata, a u navedenim proračunima se dodatno vrednuje i korišćenje ekoloških materijala pri gradnji kao što su kompozitni proizvodi od drveta. U konkretnom slučaju iznos kredita se može uvećati za 4.500 EUR ako se u gradnji koriste kompozitni materijali od drveta (15 bodova × 300 EUR/bod).

#### ***6.6.1.2. Ekonomski faktori od značaja za razvoj tržišta kompozitnih proizvoda od drveta u Srbiji***

Svetski trendovi su takvi da inovativni kompoziti od drveta zauzimaju sve veći udeo na tržištu građevinarstva naročito u Severnoj Americi, Skandinaviji, Nemačkoj i

<sup>18</sup> Zahtev je da potrošnja energije bude  $\leq 10 \text{ kWh/m}^2$  godišnje

Austriji gde imaju višedecenijsku upotrebu. Njihova proizvodnja i potrošnja na globalnom nivou su u stalnom porastu, a u prilog tome govore sledeći podaci (UNECE/FAO, 2014):

- godišnja stopa rasta potrošnje CLT-a u Evropi se procenjuje na preko 10 %
- porast proizvodnje i potrošnje LVL-a u S. Americi po 14,4 % u 2012/2013
- porast proizvodnje greda I profila u SAD za 17,5 % i potrošnje za 18,8 % u 2012/2013

Trend rasta proizvodnje i potrošnje kompozitnih proizvoda u svetu će svakako uticati na povećanje proizvodnje i potrošnje ovih proizvoda u Srbiji. Pri tom je neophodno da se u Srbiji promeni zakonska regulativa kojom će se stvoriti preduslovi za intenziviranje inovativne gradnje drvetom.

Imajući u vidu da je potrošnja kompozitnih proizvoda od drveta direktno vezana za gradnju kuća od drveta u Srbiji, ekonomski faktori su u najvećoj meri za nju i vezani. Sprovedena terenska istraživanja kod izabranih proizvođača kuća od drveta pokazuju da jedan od najvažnijih faktora koji utiče na gradnju ovih objekata u našoj zemlji predstavlja mogućnost kreditiranja od strane poslovnih banaka, ali i korišćenja subvencionisanih kredita od strane države. Država pored ostalih stambenih objekata subvencioniša i gradnju kuća od drveta sa učešćem koje iznosi 20 % od vrednosti nekretnine sa kamatnom stopom 0,1 % i grejs periodom do 25 godina. Ovim načinom subvencionisanja je obavezno učeće klijenta od namanje 5 % vrednosti kuće od drveta koja je predmet kupovine, a ostalih 75 % finansiraju poslovne banke čije visine kamatnih stopa uglavnom iznose od 4,5 % + 6M Euribor<sup>19</sup>. Pored toga postoji i mogućnost osiguranja stambenog kredita namenjenog gradnji kuće od drveta kod Nacionalne korporacije za osiguranje stambenih kredita, pri čemu je osnovni uslov uspostavljanje hitoteke kao obezbeđenja kredita. Ovaj vid osiguranja kredita u određenoj meri utiče na smanjenje kamatne stope po kojoj se kredit podiže kod poslovne banke imajući u vidu da su na ovaj način kreditni rizici banke smanjeni.

---

<sup>19</sup> Evropska međubankarska kamatna stopa na šetomesečnom nivou predstavlja referentnu kamatnu stopu po kojoj prvorazredne banke međusobno pozajmljuju novac.

Terenska istraživanja koja su sprovedena kod proizvođača kuća od drveta su takođe pokazala da na prodaju ovih stambenih objekata utiče i povoljnija cena gradnje u poređenju sa zidanim objektima istog kvaliteta i energetske svojstava. Ova razlika u ceni se kreće u rasponu od 20 – 30 % (prosečno 25 %), što predstavlja značajnu uštedu koja se može ostvariti pri gradnji. Cena gradnje kuće od drveta površine 100 m<sup>2</sup> sa potrošnjom energije za potrebe grejanja  $\leq 25$  kWh/m<sup>2</sup> godišnje iznosi 481,6 EUR/m<sup>2</sup> sa PDV. Cena gradnje zidane kuće iste površine i ekvivalentnih energetske svojstava prosečno iznosi 602 EUR/m<sup>2</sup> sa PDV. Još jedan od faktora koji proizvođači kuća od drveta naglašavaju da utiče na izbor kupca je unapred poznat trošak gradnje, u poređenju sa zidanim objektima koji se u Srbiji grade, a čiji su troškovi najčešće poznati tek po završetku radova.

Značajan ekonomski faktor koji deluje na povećanje potrošnje drvnih kompozita kroz gradnju kuća od drveta je brzina izvođenja radova. Prema navodima proizvođača ovih stambenih objekata grubi radovi se završavaju u roku od 7 dana, a za kompletan završetak objekta je potrebno mesec dana. Ovaj vremenski period je tri puta kraći u odnosu na gradnju zidanog objekta iste bruto površine. Važan ekonomski faktor je i veća neto (korisna) površina objekta od drveta u poređenju sa zidanim iste bruto površine (spoljašnje dimenzije oba objekta su ista). Ova razlika može biti i do 10 %, a razlog za to su tanji zidovi kod objekata od drveta u poređenju sa zidanim istih energetske performansi.

Jedan od potencijalno ograničavajućih faktora za povećanje potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta koji se ugrađuju u kuće od drveta je taj što je za njihovu gradnju potrebno inicijalno više finansijskih sredstava u odnosu na zidane objekte. Prethodno navedeno se odnosi na individualnu gradnju iz sopstvenih finansijskih resursa klijenta koji pre početka gradnje proizvođaču kuća od drveta uplaćuje avans od 50 %, a ostatak do 40 dana od dana predaje objekta na upotrebu. Za razliku od prethodno navedenog gradnja zidanih stambenih objekata individualne gradnje u našoj zemlji traje po nekoliko godina (npr. zidanje i pokrivanje u I godini, izrada stolarije i unutrašnje malterisanje u II godini, izrada izolacije u III godini), pa je tako na nivou svake faze potrebno manje finansijskih sredstava iako to na kraju bude skuplje za 20 – 30 % kako je i navedeno prethodnom izlaganju (*Izabrani proizvođači kuća od drveta*).

Na osnovu sprovedenih terenskih istraživanja prosečna prodajna cena lepljenog lameliranog drveta smrče na tržištu Srbije iznosi 556,7 EUR/m<sup>3</sup> (videti 6.2.2.4.), dok je prodajna cena greda rezane građe smrče 140 EUR/m<sup>3</sup> (videti 6.2.2.1.). Iz prethodno navedenog se može zaključiti da je cena lepljenog lameliranog drveta veća za 4 puta u odnosu na cenu klasičnih greda rezane građe. Prema rezultatima sprovedenog terenskog istraživanja izabranih proizvođača LLD-a u Srbiji pojedini kupci prethodno navedeno uglavnom navode kao razlog za izbor klasičnih greda rezane građe umesto lepljenog lameliranog drveta, ukoliko njihov projekat omogućava upotrebu bilo kojeg od ova dva proizvoda (*Izabrani proizvođači rezane građe i lepljenog lameliranog drveta*).

### ***6.6.1.3. Društveni faktori od značaja za razvoj tržišta kompozitnih proizvoda od drveta u Srbiji***

Sprovedenim terenskim istraživanjima kod izabranih proizvođača kuća od drveta je utvrđeno da demografski faktori kao što su starost populacije i veličina porodice u velikoj meri utiču na tražnju za navedenim objektima, pa samim tim i na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta. U toku istraživanja se došlo do zaključka da se za kupovinu kuća od drveta u većoj meri odlučuju mladi bračni parovi, uglavnom sa više dece. Kao osnovni razlog za prethodno navedeno je znatno veće poverenje mlađe populacije u inovativne materijale od drveta koji se koriste za gradnju ovih stambenih objekata. Sasvim suprotno prethodno navedenom, starija populacija u većoj meri ima dozu nepoverenja u pogledu gradnje kuća od drveta, a kao razloge za to uglavnom navode neotpornost na požar, atmosferske uticaje i vek trajanja. Veličina porodice je drugi važan demografski faktor koji direktno utiče na potrošnju drvnih kompozita, imajući u vidu da se porodice sa većim brojem članova više odlučuju za kupovinu kuća od drveta. Kao najvažniji razlog za to se navodi mogućnost izgradnje veće stambene površine za istu cenu koštanja u poređenju sa zidanim objektima. Iz prethodno navedenog se može zaključiti da faktori kao što su starosna struktura stanovništva i veličina porodice u Srbiji predstavljaju važan faktor koji deluje na potrošnju drvnih kompozita. Međutim, u Srbiji je već duži niz godina prisutan negativan prirodni priraštaj, a u prilog tome govore podaci popisa 2011. godine gde je broj stanovnika u odnosu na 2002. godinu smanjen za 297.000 (*Marinković I., 2013*). Smanjenje broja stanovnika je više izraženo na jugu nego na severu Srbije, pri čemu je jedino povećanje

broja stanovnika bilo prisutno u beogradskom regionu i to za 50.000. Starenje populacije u Srbiji je proces koji je prisutan više od 40 godina počevši od kraja 1960-tih godina kada je stanovništvo bilo najmlađe. Prosečna starost stanovništva u 2011. godini je bila 42,2 godine, što uz 17,4 % populacije čija je starost veća od 65 godina Srbiju svrstava među demografski najstarije populacije u svetu. Prema popisu iz 2011. godine prosečan broj članova jedne porodice u Srbiji je iznosio 2,93. Zaustavljanje negativnog trenda prirodnog priraštaja bi dovelo do povećanja broja mlađe populacije stanovnika i promene starosne strukture, pa samim tim i do povećanja tražnje za kućama od drveta što bi zasigurno rezultiralo povećanjem potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta koji se za njihovu gradnju koriste.

Potrošnja drvnih kompozita u nestambenom sektoru u našoj zemlji je takođe jedan od značajnih faktora. Prema rezultatima terenskih istraživanja izabranih proizvođača lepljenog lameliranog drveta kao važni faktori za potrošnju ovih proizvoda se navode sve veće interesovanje populacije za sport i rekreaciju. Veliki proizvođač zakrivljenog lepljenog lameliranog drveta u Srbiji navodi da najveći broj izgrađenih objekata za koje je upotrebljeno lepljeno lamelirano drvo upravo predstavljaju sportski baloni. U nešto manjoj meri su zastupljene krovne konstrukcije sportskih hala i zatvorenih bazena. Iz navedenog se može zaključiti da nestambeni sektor takođe ima važnu ulogu u potrošnji drvnih kompozita u Srbiji. Radi poređenja, situacija u pogledu potrošnje lepljenog lameliranog drveta u SFRJ do 90'tih godina prošlog veka je u najvećoj meri bila usmerena na gradnju dvorana kulturnih centara i životinjskih farmi (*Izabrani proizvođači lepljenog lameliranog drveta u Srbiji*).

Stručna javnost u velikoj meri utiče na stvaranje pozitivnog mišljenja javnog mnjenja vezanog za inovativne kompozitne proizvode od drveta i njihovu potrošnju. Tu se pre svega misli na stručnjake iz oblasti arhitekture, građevinarstva i prerade drveta koji se bave naučnim, projektantskim i izvođačkim radovima u građevinarstvu. Na osnovu sprovedenih terenskih istraživanja kod izabranih proizvođača kuća od drveta, ali i stručnjaka građevinske i arhitektonske struke se može zaključiti da postoji pozitivan stav o korišćenju drveta i njegovih kompozita u gradnji objekata. Pojedini proizvođači kuća od drveta navode da stručnjaci građevinske i arhitektonske struke u 80 % slučajeva imaju pozitivan stav i mišljenje o gradnji drvetom, što se naročito odnosi na

projektante. Prethodno navedeno u manjoj meri važi za stručnjake koji se bave izvođenjem radova na terenu, a kao najvažniji razlog za to se navodi svakodnevni rad sa klasičnim građevinskim materijalima kao što su beton i čelik. I pored zaključka da među našim stručnjacima iz oblasti gradnje preovladava pozitivno mišljenje, u Srbiji nema značajnijih aktivnosti od strane državnih institucija ili privrednih organizacija koje bi promovisale intenzivniju gradnju drvetom. Jedine aktivnosti u tom domenu je imao *pro:Holz* iz Štajerske pokrajine koja je sastavni deo nacionalne organizacije *pro:Holz* Austrija. Ova organizacija je zajedno sa Tehničkim Univerzitetom iz Graca - Instituta za gradnju drvetom i drvne tehnologije, Arhitektonskim i Šumarskim fakultetom Univerziteta u Beogradu, Građevinskim fakultetom Univerziteta u Novom Sadu, kao i Agencijom za drvo i Privrednom komorom Srbije u toku 2011, 2012 i 2013. godine organizovala kongrese čiji je cilj bio promovisanje inovativne gradnje kompozitnim proizvodima od drveta. Kao rezultat navedenih konferencija pokrenut je i web sajt [www.gradimo-drvetom.rs](http://www.gradimo-drvetom.rs) čiji je cilj promovisanje i edukacija šire javnosti o pogodnostima koje gradnja drvetom pruža. Da se u tom domenu nije u dovoljnoj meri napredovalo najbolje govori podatak da je navedeni web sajt u 2015. godini nedostupan.

Sasvim drugačiji pristup u poređenju sa našom zemljom imaju sve Austrijske pokrajine gde je organizacija *pro:Holz* zadužena za sprovođenje snažnih marketinških mera čiji je cilj podizanje svesti stanovništva o značaju drveta i njegovom korišćenju u budućnosti. Korišćenjem odgovarajućih marketinških alata *pro:Holz* omogućava fokusiranje na kreativnu upotrebu drveta uz istovremno podizanje svesti u tri kategorije:

1. **Šira javnost** - briga o imidžu drveta i predstavljanje drvne industrije kao poželjnog poslodavca, a primeri za to su:
  - a. Reklamna kampanja na nacionalnim medijima „Drvo je genijalno“
  - b. Kampanja kroz štampane materijale i online dodatke o potrebi korišćenja drveta pod nazivom „Šumarski savetnik i potkornjaci“
  - c. *pro:Holz* izdanje A4 formata sa najvažnijim inicijalnim informacijama u domenu renoviranja objekata, drveta i klimatskih promena, podova, kuća od drveta, uštede energije korišćenjem drveta, fasadama, prozorima, zaštiti od požara, uloge drveta u zajednici

- d. Saopštenja za javnost i odnosi sa medijima
  - e. Kampanja za podizanje svesti političara „Šuma u Parlamentu“ kroz postavljanje štampanog platna sa hrastovom šumom površine 300 m<sup>2</sup> i natpisima na daskama jele o potrebi za povećanjem korišćenja drveta
  - f. Kampanja „Sjajni poslovi u preradi drveta,,
- 2. Stručna javnost** - pružanje rešenja za urbane sredine i unapređivanje veština, dizajna, arhitekture i transfera tehnologija, a primeri za to su:
- a. Časopis pod nazivom „Rezanje“ izlazi kvartalno i namenjen je stručnjacima i donosiocima odluka sa fokusom na zbivanja i trendove savremene gradnje drvetom
  - b. Dodatak časopisu „Rezanje“ sa posebnim temama o drvetu i njegovim kompozitima
  - c. „Drvena kutija“ - kompaktna, mobilna izložba u glavnim gradovima zemalja EU praćena prezentacijama i primerima dobre prakse
  - d. Online informaciona služba
  - e. [www.dataholz.com](http://www.dataholz.com) kao interaktivni katalog o građevinskoj fizici, sertifikovanom drvetu i njegovim proizvodima, građevinskim materijalima, komponentama i njihovim vezama objavljenim od strane akreditovanih institucija za ispitivanje materijala
  - f. [www.infoholz.at](http://www.infoholz.at) pruža besplatnu podršku stručnjacima koji se bave drvetom, davanjem odgovora na pojedinačna pitanja od strane stručnog tela
- 3. Međunarodni nivo** - proširenje postojeće saradnje i razvoj novih tržišta, a primeri za to su:
- a. Uspostavljanje saradnje na ciljanim tržištima Centralne i Jugoistočne Evrope
  - b. Predavanja o osnovama drveta u Centralnoj i Istočnoj Evropi i Balkanskim zemljama

- c. Proširivanje znanja kroz transfer know-how i obuke u Italiji
- d. Razvoj prekookeanskih tržišta kao što su Japan i Kina

Iz svega prethodno navedenog se može zaključiti da se govori o kvalitativnim i komercijalnim benefitima za kupca u smislu svojstava, dostupnosti, održivosti i kompatibilnosti drveta kao materijala namenjenog stambenoj i javnoj gradnji.

Terenska istraživanja su takođe pokazala da proizvođači kuća od drveta u velikoj meri koriste različite načine oglašavanja kako bi intenzivirali prodaju. Pored oglašavanja u štampanim medijima, među proizvođačima kuća od drveta sve više je zastupljeno internet oglašavanje naročito kroz "Google AdWords". Prema dobijenim informacijama od proizvođača kuća od drveta posete njihovim web stranama su se u velikoj meri uvećale od početka oglašavanja. Broj poseta na dnevnom nivou dostiže čak i do 300, upravo zahvaljujući korišćenju navedenog marketinškog alata. Cena ovakvog načina oglašavanja može dostići najviše 300 EUR na mesečnom nivou, a naplaćuje se po "kliku" na reklamu koja se u pretraživaču pojavljuje. Prema pojedinim proizvođačima ovih stambenih objekata broj datih ponuda je ovim načinom oglašavanja uvećan do 15 puta, što je uticalo na povećanje broja izgrađenih objekata do 2 puta. Izabrani proizvođači lepljenog lameliranog drveta ne koriste navedene načine oglašavanja, što je u najvećoj meri povezano sa malim brojem preduzeća koja se bave ovom proizvodnom delatnošću tako da konkurencija na domaćem tržištu nije u velikoj meri izražena.

#### ***6.6.1.4. Tehnološki faktori od značaja za razvoj tržišta kompozitnih proizvoda od drveta u Srbiji***

Specifičnost industrijske grane kakva je drvno-prerađivačka je dug proizvodni ciklus. Terenskim istraživanjima sprovedenim u Srbiji je utvrđeno da kod proizvođača lepljenog lameliranog drveta proizvodni ciklus izrade jednog punog kamiona od 45 m<sup>3</sup> finalno iskrojenog i površinski obrađenog zaštitnim premazima traje od 17 - 24 dana. U ovaj vremenski period je uračunato sušenje rezane građe koje traje 8 - 10 dana, izrada lepljenog lameliranog drveta 5 - 10 radnih dana u zavisnosti od dimenzija i oblika, krojenje i obrada na finalne mere 2 radna dana i zaštita protivpožarnim i/ili lazurnim



premazima 2 radna dana. U slučaju specifične porudžbine i nedostatka odgovarajuće sirovine sa lagera, kompletna količina rezane građe se mora poručiti od dobavljača pa je prethodno navedeno vreme potrebno uvećati za 4 - 5 dana ako se isporuka vrši iz Bosne i Hercegovine. Sve prethodno navedeno je važno sa aspekta zaliha u proizvodnji jer je neophodno u kontinuitetu održati potrebnu količinu rezane građe na prosušivanju, sušenju i u magacinu suvih poluproizvoda koji zbirno iznose 500 m<sup>3</sup>. Godišnji obrt sirovine je 3.000 m<sup>3</sup> rezane građe, a obrt kapitala 2,5 miliona evra. Zbog toga tehnološki proces proizvodnje lepljenog lameliranog drveta zahteva značajne finansijske resurse.

U preduzećima za proizvodnju lepljenog lameliranog drveta u Srbiji su zastupljene hidraulične jednoetažne prese za izradu ravnog i mehaničke i hidraulične prese za izradu zakrivljenog lepljenog lameliranog drveta. Proizvodnja na ovoj opremi ne omogućava visoku produktivnost što utiče na povećanje fiksnih troškova po jedinici proizvoda koji se u određenoj meri kompenzuju jeftinijom radnom snagom. Nasuprot tome, austrijski i nemački proizvođači koriste visokoproduktivne CNC prese za izradu ravnog i zakrivljenog LLD-a, čime kompenzuju skupu radnu snagu. Važno je napomenuti da određeni proizvođači iz Srbije investiraju značajna sredstva u novu opremu za proizvodnju LLD-a što im omogućava visoku produktivnost imajući u vidu da se radi o automatizovanoj liniji za doziranje rezane građe, merenje vlage u drvetu, poprečno krojenje rezane građe, dužinsko nastavljanje lamela i četvorostrano rendisanje mašinom visokog kapaciteta.

Pogoni u kojima se vrši proizvodnja lepljenog lameliranog drveta moraju imati adekvatne mikroklimatske uslove kako bi se obezbedilo da drvo zadrži nepohodan nivo vlažnosti i omogući adekvatno očvršćavanje lepka. Terenskim istraživanjima je utvrđeno da domaći proizvođači LLD-a uglavnom poštuju prethodno navedene uslove, a manja odstupanja su zapažena kod mestimičnog skladištenja suve rezane građe i dužinski nastavljenih lamela u neodgovarajućim uslovima pod nadsterešnicama.

Veliki problem gotovo svih proizvođača lepljenog lameliranog drveta predstavlja kvalitet sirovine koju dobijaju sa teritorije Srbije. Ona se ogleda u nedozvoljenim greškama građe drveta kao što su ispadajuće i podužne kvrge, kao i kvrge u ivičnim delovima dasaka. Pored navedenih grešaka u manjoj meri su zastupljena oštećenja od insekata i lisičavost dasaka. Terenskim istraživanjima je

utvrđeno da su upravo zato proizvođači LLD-a u najvećoj meri okrenuti nabavci rezane građe iz Bosne i Hercegovine koja je boljeg kvaliteta. U slučaju potrebe za rezanom građom viših klasa kvaliteta proizvođači u Srbiji povremeno je uvoze iz Rumunije, Slovenije, pa čak i iz Austrije. U tom slučaju se uglavnom radi o nabavci suve rezane građe tako da se u kamion može utovariti 50 m<sup>3</sup>, za razliku od uvoza iz Bosne i Hercegovine gde je dozvoljena nosivost limitirana na 40 m<sup>3</sup>.

Dodatni problem sa kojim se proizvođači lepljenog lameliranog drveta u Srbiji sreću je nepoštovanje dogovorenih dimenzija rezane građe, naročito u pogledu širine. Nedovoljna nadmera na širinu onemogućava izradu grede u željenoj dimenziji što utiče na povećanje jedinične cene ulazne sirovine imajući u vidu da se ona nužno mora koristiti za izradu grede koja je za 20mm uža (korak rasta širina je po 20mm).

#### ***6.6.1.5. Predlog mera za otklanjanje postojećih barijera i unapređenje razvoja tržišta kompozitnih proizvoda od drveta u Srbiji***

Na osnovu analize političkih, ekonomskih, društvenih i tehnoloških faktora mogu se sagledati prednosti i nedostaci domaćeg tržišta u domenu potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta. U skladu sa navedenim u nastavku su dati predlozi mera za unapređenje i razvoj tržišta kompozitnih proizvoda od drveta u Srbiji.

- Dopuna Zakona o zaštiti životne sredine kroz odgovarajuće uredbe i pravilnike kojima će se favorizovati ekološki, održivi i energetske efikasni (pasivni) objekti od drveta koji u velikoj meri mogu smanjiti emisiju CO<sub>2</sub> u atmosferu. Najbolji način za sprovođenje prethodno navedenog je donošenje podzakonskih akata kojima će se subvencionisati i podsticati gradnja ekološkim materijalima koji ispunjavaju propisane energetske zahteve kao jedan od važnih vidova zaštite životne sredine.
- Izmene Zakona o planiranju i izradnji kroz određene uredbe i pravilnike u kojima će se drvo deklarirati kao pouzdan materijal za gradnju objekata visokogradnje i označavanje Eurokoda 5 kao jedinog važećeg standarda za gradnju drvetom.
- Donošenje tehničkog propisa koji bi obuhvatio doslednu primenu Eurokoda 5 koji predstavlja usvojene ali ne i praktično primenjene standarde SRPS EN 1995-1-

1:2012 i SRPS EN 1995-1-2:2012 kojima se u potpunosti uređuje oblast gradnje drvetom.

- Formiranje sektora pri Klasteru za zelenu gradnju Srbije koji bi činili eminentni stručnjaci iz oblasti proizvodnje i gradnje kompozitnim materijalima na bazi drveta. Njihov zadatak bi bio da vrše kontinuiranu edukaciju profesionalaca iz oblasti građevinskog, arhitektonskog i mašinskog sektora kao i operativaca koji bi vršili njihovu ugradnju na terenu. U tom smislu bi se organizovale razne vrste seminara i radionica što bi rezultiralo povećanjem potrošnje ovih proizvoda.
- Sprovođenje marketinških kampanja o značaju korišćenja inovativnih kompozitnih proizvoda od drveta u gradnji stambenih i objekata od javnog značaja kako bi se podigla svest stanovništva, sa posebnim osvrtom na donosioce odluka. Pored reklamnih i edukativnih kampanja, predlog za praktično sprovođenje ovih zadataka bi bila gradnja reprezentativnih javnih objekata kao što su škole, vrtići, opštinske uprave koji bi se mogli označiti kao primeri dobre prakse.
- Investiranje u nove tehnologije kao što su CNC mašine za dužinsko nastavljanje lamela, bezkontaktne merače vlage, automatizovane četveroetažne roto prese za ravno lepljeno lamelirano drvo i jednoetažne prese za zakrivljeno lepljeno lamelirano drvo.

#### **6.6.2. Mogućnosti razvoja proizvodnje inovativnih kompozitnih proizvoda od bukve u Srbiji sa SWOT analizom**

Bukva se kao domaća najzastupljenija vrsta drveta koristi za izradu najrazličitijih proizvoda kao što su nameštaj, parket, furnir, železnički pragovi, furnirske ploče, ploče iverice i vlaknatice, drveni ugalj, a veoma je cenjena i kao ogrevno drvo. U poslednjih nekoliko godina intenzivna je upotreba bukve i za proizvodnju drvnih biogoriva kao što je pelet, koji pored izvoznih tržišta sve veću primenu nalazi i na domaćem tržištu. Pored prethodno navedenih područja primene, bukva se sve više počinje koristiti i za izradu inovativnih kompozitnih proizvoda od drveta. U tabeli 23 predstavljeni su rezultati SWOT analize od značaja za primenu bukve u proizvodnji kompozitnih proizvoda od drveta.

Tabela 23. SWOT analiza od značaja za proizvodnju inovativnih kompozita od drveta bukve

<b>SNAGE</b>	<b>SLABOSTI</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Jedna od najzastupljenijih domaćih vrsta drveta</li> <li>- Velika zapreminska masa (<math>680 \text{ kg/m}^3</math> u aspotlutno suvom stanju)</li> <li>- *Velika čvrstoća na savijanje (<math>123\text{MPa}</math>), zatezanje (<math>135\text{MPa}</math>) i pritisak (<math>62\text{MPa}</math>)</li> <li>- Dobra mašinska obradljivost drveta</li> <li>- Dobro se lepi i bajcuje</li> <li>- Mogućnost proizvodnje više različitih inovativnih kompozita od drveta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Izražene greške drveta</li> <li>- Veliko zapreminsko bubrenje i utezanje</li> <li>- Problemi sa sušenjem</li> <li>- Slaba trajnost u promenljivim mikroklimatskim uslovima</li> <li>- Nije dozvoljena klasa čvrstoće lamela LS7</li> <li>- Vizuelni nedostatak u vidu lažnog srca</li> <li>- Povećanje troškova proizvodnje zbog parenja u cilju ujednačavanja boje</li> </ul>
<b>ŠANSE</b>	<b>PRETNJE</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cenovno pristupačna oblovina</li> <li>- Mogućnost korišćenja sporednih proizvoda pilanske industrije za izradu pojedinih kompozita, ali i za bioenergiju</li> <li>- Odobrenje za upotrebu LLD-a u prvoj klasi eksploatacije u Nemačkoj (DIBt)</li> <li>- Mogućnost izrade hibridniog LLD-a</li> <li>- Zamena klasične rezane građe bukovim kompozitima</li> <li>- Mogućnost korišćenja drveta sa zdravom lažnom srčevinom za izradu LLD-a</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pojačana konkurencija za sirovinom od strane sektora za proizvodnju ploča na bazi drveta i drvnih goriva (briket, pelet i sečka)</li> <li>- Izvoz proizvoda niskog stepena finalizacije (Evropa, Kina...)</li> <li>- Cena koštanja LLD-a bukve je 2,6 puta veća u odnosu na LLD proizveden od smrče</li> <li>- Delaminacija lepljenog spoja u neadekvatnim mikroklimatskim uslovima</li> <li>- Troškovi istraživanja i razvoja</li> </ul>

(Izvor: Original; \*Izvor: Šoškić B. i Popović Z., 2002)

### 6.6.2.1. Snage

Pored širokog rasprostranjenja u Srbiji bukvu odlikuju i brojna druga svojstva od značaja za izradu kompozitnih proizvoda od drveta kao što je zapreminska masa. U sirovom stanju zapremiska masa bukve iznosi  $1070 \text{ kg/m}^3$ , u prosušenom stanju  $720$

kg/m<sup>3</sup>, a u apsolutno suvom stanju 680 kg/m<sup>3</sup> što je 1,6 puta više u odnosu na smrču. Bukva ima veliku čvrstoću na savijanje, zatezanje i pritisak, što praktično predstavlja maksimalni napon drveta neposredno pre nastanka loma.

U poređenju sa smrčom, koja je u Evropi jedna od najvažnijih drvnih vrsta za izradu inovativnih kompozitnih proizvoda (lepljeno i unakrsno lamelirano drvo), bukva ima veću čvrstoću na savijanje za 1,6 puta, čvrstoću na zatezanje veću za 1,5 puta i čvrstoću na pritisak veću oko 1,2 puta. Bukovo drvo se dobro mašinski obrađuje što je jedno od veoma važnih svojstava imajući u vidu da se za potrebe izrade lepljenog lameliranog drveta moraju dobiti kvalitetno obrađene površine. Na tako obrađene površine se nanosi odgovarajuća količina lepka, što uz svojstvo bukve da se dobro lepi utiče na trajnost lepljenog spoja. Bukva se dobro bajcuje, pa se tako finalno obrađen proizvod može dobiti u različitim bojama. Poslednjih godina se za zaštitu drveta koriste i tvrda voštana ulja koja mogu biti transparentna ili u boji, a jedno od važnih svojstava je otpornost na dejstvo UV zraka koji potiču iz sunčeve svetlosti. Sve navedene karakteristike su od značaja za upotrebu bukve za proizvodnju različitih kompozitnih proizvoda od drveta, a pre svega lepljenog lameliranog drveta kao najzastupljenijeg kompozita.

#### **6.6.2.2. Slabosti**

Bukva ima puno prednosti, ali ne treba zaboraviti ni njene slabosti. Ona ima izražene greške drveta kao što su kvрге, lažno srce, tenziona drvo, a neretko se sreću dvostruko srce, raspukline, pukotine i trulež. Posebno je osetljiva na pojavu zagušenosti. Prethodno navedene greške drveta umanjuju kvalitativno i kvantitativno iskorišćenje što utiče na finansijski ishod u izradi finalnih proizvoda. Bukva je vrsta drveta koju karakteriše veliko bubrenje i utezanje koje se zapreminski posmatrano kreće u rasponu od 14 % - 21 %, a prosečno 17,9 %. Kada se utezanje bukve uporedi sa prosečnim utezanjem smrče zaključuje se da je ono veće za 1,5 puta.

Prethodno navedene slabosti bukve sveukupno utiču na proces sušenja kojeg karakterišu greške kao što su krivljenje, vitoperenje i raspucavanje. Sve to utiče na smanjenje iskorišćenja i povećanje cene koštanja finalnog proizvoda. Kod smrče proces

sušenja traje kraće jer se ona brže suši. Međutim i kod nje se javljaju krivljenje i vitoperenje, ali u manjoj meri. U pogledu trajnosti drvo bukve ima malu trajnost u promenljivim mikroklimatskim uslovima, za razliku od drveta smrče koje je trajnije. Takođe je važno napomenuti da kod bukovih lamela namenjenih izradi lepljenog lameliranog drveta nije dozvoljena klasa čvrstoće LS7 što dodatno umanjuje iskorišćenje, dok kod smrče to nije slučaj što je njena komparativna prednost.

Što se tiče lažnog srca kod bukve ono predstavlja vizuelni nedostatak ukoliko se radi o zdravoj srčevini. Ipak, prema Šoškić, B. et. al. (2002) usled povećanog sadržaja tila u lumenima traheja smanjena je sposobnost provođenja gasova, tečnosti i toplote što u određenoj meri menja fizička svojstva drveta. Međutim, i pored toga nemački naučnici su uradili ispitivanja na lepljenom lameliranom drvetu bukve sa lažnim srcem i došli do zaključka da se ono može koristiti u te svrhe (Aicher S., et al., 2010; Schmidt M., et al., 2010 i Schmidt M., et al., 2009). Parenjem drveta bukve sa lažnom srčevinom se postiže ujednačenija boja drveta ali to neminovno povećava troškove proizvodnje što na kraju dodatno opterećuje cenu koštanja finalnog proizvoda.

### **6.6.2.3. Šanse**

Cena bukove oblovine je relativno pristupačna, a to potvrđuje podatak da se prosečna cena za I, II i III klasu kvaliteta kreće u rasponu od 40,1 EUR/m<sup>3</sup> (Ø 25 – 39 cm) pa do 45,9 EUR/m<sup>3</sup> (Ø ≥ 50cm). U poređenju sa smrčom navedene cene bukve su niže za 16,5 EUR/m<sup>3</sup> za najniži debljinski razred odnosno 14,8 EUR/m<sup>3</sup> za najviši debljinski razred (*JP "Srbijašume", 2013*). Još jedna od važnih šansi bukovog drveta je i mogućnost korišćenja pilanskog ostatka za proizvodnju pojedinih kompozitnih proizvoda kao što su ploče od orjentisanog iverja, građa od lameliranog iverja i građa od orjentisanog iverja, a takođe se može koristiti i za proizvodnju drvnih biogoriva.

Imajući u vidu da je još 2009. godine u Nemačkoj izdato odobrenje za upotrebu lepljenog lameliranog drveta bukve u klasi eksploatacije jedan od strane Nemačkog instituta za građevinsku tehniku (DIBt), postoje potencijali i razvojna šansa za pokretanje proizvodnje u Srbiji i izvoz ovih proizvoda na pomenuto tržište. Pored proizvodnje čistih bukovih greda, postoji i mogućnost proizvodnje hibridnih greda u

kojima se za spoljašnje slojeve koriste bukove lamele, a za unutrašnje lamele smrče. Konačno, ukoliko se počne sa proizvodnjom čistih i hibridnih greda od bukovog drveta namenjenih izvozu postojale bi mogućnosti da one u određenoj meri zamene klasičnu rezanu građu jele/smrče na domaćem tržištu u klasi eksploatacije jedan (unutrašnjost objekata).

#### **6.6.2.4. Pretnje**

Jedna od najznačajnijih pretnji koja se javlja na globalnom tržištu, a koja utiče i na domaće tržište je pojačana konkurencija za drvnom sirovinom od strane dva velika sektora. To se pre svega odnosi na sektor za proizvodnju raznih vrsta ploča od drveta i sektor za proizvodnju drvnih goriva, pre svega drvne sečke i peleta. Ovi sektori koriste ogревно drvo bukve u velikim količinama, a potencijalna izrada kompozita od drveta kao što su građa od lameliranog iverja (LSL) i građa od orjentisanog iverja (OSL) bi predstavljala njihovog direktnog konkurenta u pogledu drvne sirovine. Pored toga, proizvođači drvnih goriva u Srbiji koriste i III klasu bukovih trupaca u svojoj proizvodnji, a proizvodnja lepljenog lameliranog drveta bi se u određenoj meri zasnivala i na ovoj klasi drvne sirovine. Iz Srbije se takođe izvoze određene količine rezane građe i elemenata od bukve na tržište Evropske unije, a u poslednje vreme je pojačan izvoz i na tržišta Kine i Japana. Izvoz na dalekoistočna tržišta se uglavnom odvija preko kompanija iz Italije i Hrvatske koje imaju uhodane kanale distribucije i organizacije transporta.

Cena koštanja lepljenog lameliranog drveta bukve je 2,6 puta veća od LLD-a smrče, pri čemu je nosivost bukovih greda u istoj dimenziji veća za 30 % u odnosu na smrču. U tom smislu treba pronaći adekvatno rešenje kako bi se proces proizvodnje učinio troškovno efikasnijim, uključujući i korišćenje kvalitetnije polazne sirovine koja je inicijalno nešto skuplja ali bi u smislu iskorišćenja i prisustva grešaka uticala na povećanje iskorišćenja jer je u ceni koštanja dominantan trošak materijala. S obzirom na veliko utezanje i bubrenje bukovog drveta ono se ne može koristiti u drugoj i trećoj klasi eksploatacije koje karakterišu promenljivi mikroklimatski uslovi koji bi mogli dovesti do destrukcije lepljenog spoja. Ovo je jedno od ograničenja bukovog drveta u

proizvodnji lepljenog lameliranog drveta u odnosu na smrču koja se može koristiti u sve tri klase eksploatacije.

U svakom slučaju sa istraživanjima u domenu izrade inovativnih kompozita od drveta bukve se mora nastaviti kako bi se iskoristio potencijal sirovine koji je u Srbiji prisutan. Sve to utiče na povećanje troškova koji nužno nastaju pri razvoju novih i unapređenju postojećih kompozitnih proizvoda od drveta.



## 7. DISKUSIJA

S obzirom na postavljeni cilj i predmet istraživanja definisane su dve polazne hipoteze (H1 i H2). Analiza direktnog uticaja inovativne gradnje drvetom u Evropi na proizvodnju inovativnih kompozitnih proizvoda od drveta u Srbiji je prva polazna hipoteza (H1). Dobijeni rezultati sprovedenih istraživanja nedvosmisleno potvrđuju njenu verodostojnost, a u prilog tome govore jačina međusobne povezanosti odabranih faktora i njihova signifikantnost u datom ekonometrijskom modelu. Imajući u vidu izvoz lepljenog lameliranog drveta iz Srbije kao važnog inovativnog kompozitnog proizvoda na tržišta Nemačke, Slovenije, Austrije i drugih zemalja EU, može se uočiti pozitivan uticaj na rast i razvoj domaće drvne industrije. O preciznosti rezultata dobijenih ekonometrijskim modelovanjem govore i empirijski podaci sprovedenog terenskog istraživanja. Naime, 2014. godine je investirano u prvu fabriku sa automatizovanom opremom za izradu lepljenog lameliranog drveta u Srbiji kapaciteta 7.000 m<sup>3</sup> finalnog proizvoda na godišnjem nivou. Čak 95 % proizvodnje lepljenog lameliranog drveta je namenjeno izvoznim tržištima zapadno evropskih zemalja za potrebe proizvodnje kuća od drveta, upravo onih objekata čiji je uticaj na izvoz i proizvodnju jasno dokazan datim ekonometrijskim modelom. Intenzivna gradnja kuća od drveta u Francuskoj i Skandinavskim zemljama takođe utiče na tražnju za kompozitnim proizvodima od drveta u Srbiji. Prethodno navedeno potvrđuju rezultati terenskih istraživanja sprovedenih u jednoj domaćoj arhitektonsko građevinskoj kompaniji koja proizvodi kuće od drveta u navedenim zemljama. Potrebe za dužinski nastavljenim i lepljenim lameliranim drvenim gredama na mesečnom nivou se kreću u rasponu od 75 – 85 m<sup>3</sup> (prosečno 80 m<sup>3</sup>). Instalirani kapaciteti u domaćim fabrikama za proizvodnju dužinski nastavljenih i lepljenih lameliranih greda se kreću u rasponu od 120 – 583 m<sup>3</sup>/mesečno u zavisnosti od opreme kojom preduzeće raspolaže. Iz prethodno navedenog se može zaključiti da tražnja arhitektonskog građevinskog preduzeća za dužinski nastavljenim i lepljenim lameliranim gredama ima učešće od 66,7 - 13,7 % proizvodnih kapaciteta pojedinačnih preduzeća u Srbiji.

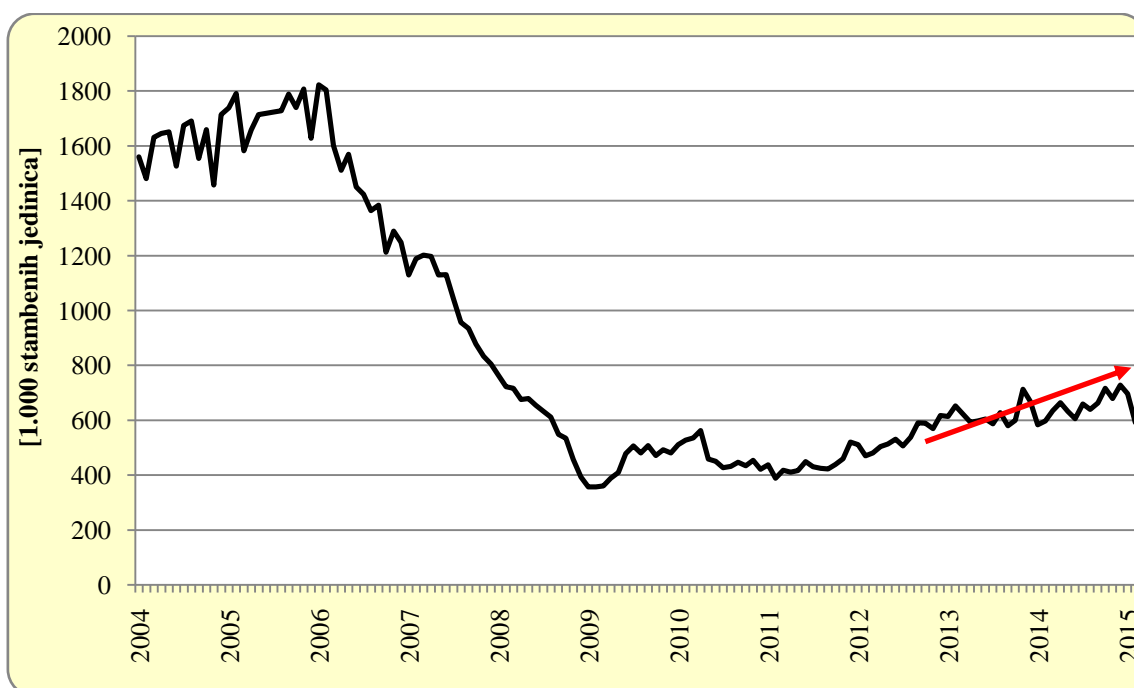
Da je lepljeno lamelirano drvo sa punim pravom označeno kao reprezentativni predstavnik kompozitnih proizvoda od drveta i osnova za formiranje ekonometrijskih modela za tržišta Srbije i Austrije potvrđuju i podaci FAO<sup>20</sup> i UNECE<sup>21</sup> (2013). Ove organizacije navode da među drvnim kompozitima lepljeno lamelirano drvo dominira sa učešćem u Evropi, pri čemu mu u severnom delu kontinenta konkuriše jedino lamelirana furnirska građa (LVL). Od urušavanja tržišta u Severnoj Americi 2009. godine, proizvodnja lepljenog lameliranog drveta je u 2012. godini porasla za 21,8 %, a za 2013. godinu je bio prognozirani porast od 9,5 %. Na prethodno navedeni rast proizvodnje LLD-a u Severnoj Americi je dominantno uticao oporavak tržišta stambene gradnje čemu u prilog govori podatak da je u periodu od 2009 - 2012. godine broj izgrađenih privatnih kuća rastao po prosečnoj godišnjoj stopi od 12,4 % (*Barnes A., et al., 2014*). Iz prethodno navedenog se jasno vidi da na povećanje proizvodnje lepljenog lameliranog drveta u Severnoj Americi direktno utiče gradnja individualnih privatnih kuća. Navedeni trendovi u Severnoj Americi su u saglasnosti sa rezultatima dobijenim ekonometrijskim modelovanjem o uticaju proizvodnje kuća od drveta u Nemačkoj na izvoz, pa samim tim i na proizvodnju LLD-a u Srbiji. U tom smislu svako povećanje proizvodnje kuća od drveta u Nemačkoj za 1 % direktno utiče na povećanje izvoza lepljenog lameliranog drveta iz Srbije za 2,07 %. Uticaj proizvodnje kuća na potrošnju inovativnih kompozitnih proizvoda od drveta za područje Austrije je dokazan prostim i višefaktorskim ekonometrijskim modelima koji su potvrdili prethodno navedenu činjenicu. Da trendovi proizvodnje kuća snažno deluju na tražnju lepljenog lameliranog drveta potvrđuju i podaci za tržište Japana. On predstavlja jedno od najvećih tržišta lepljenog lameliranog drveta u svetu, a u prilog tome govore podaci da je u 2012. godini proizveo 1.524.000 m<sup>3</sup> LLD-a u 181 fabrici uz istovremeni uvoz od 674.063 m<sup>3</sup>, što je ukupno činilo 2.198.063 m<sup>3</sup> ovog inovativnog proizvoda. U poređenju sa 2009. godinom proizvedena količina LLD-a je rasla po prosečnoj godišnjoj stopi od 6,8 %, dok je prosečna godišnja stopa rasta uvoza iznosila 13,9 %. Na prethodno navedena povećanja proizvodnje i uvoza lepljenog lameliranog drveta je direktno uticalo povećanje proizvodnje kuća od drveta čija je prosečna godišnja stopa rasta u

---

<sup>20</sup> *Food and Agriculture Organization - Organizacija za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih nacija*

<sup>21</sup> *Economic Commission for Europe - Ekonomska komisija za Evropu Ujedinjenih nacija*

posmatranom periodu iznosila 4,2 % (CINTRAFOR, 2013; JAWIC, 2013; Barnes A., et al., 2014). Porast broja izgrađenih individualnih privatnih kuća u SAD će se nastaviti i u narednim godinama što potvrđuju prognoze Dr Hartwig P. R. (2014). On navodi da će u periodu od 2013 - 2016. godine doći do apsolutnog povećanja broja izgrađenih objekata za 520.000, što predstavlja rast po prosečnoj godišnjoj stopi od 16,1 %. U prilog prethodno navedenim tvrdnjama o rastu individualne stambene gradnje u SAD govore i podaci sa grafikona 33. Prognozirano povećanje broja izgrađenih kuća u SAD će uticati na rast potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta, što je u saglasnosti sa rezultatima prostog i višefaktorskog ekonometrijskog modela kojima je analiziran uticaj gradnje kuća od drveta na potrošnju kompozitnih proizvoda u Austriji.



Grafikon 33. Individualna stambena gradnja u Sjedinjenim Američkim Državama

Izvor: U.S. Census Bureau, 2015.

Ekonometrijskim modelovanjem je takođe obuhvaćen i uticaj proizvodnje rezane građe četinarara na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta u Austriji, a značaj dobijenih rezultata se ogleda u tome da se po usvajanju predloženih mera za rast i razvoj domaćeg tržišta može očekivati uticaj ovog faktora na potrošnju kompozitnih proizvoda u Srbiji, a naročito lepljenog lameliranog drveta. Rezultati istraživanja dobijeni ekonometrijskim modelovanjem pokazuju da postoji uticaj proizvodnje rezane građe

četinara na potrošnju drvnih kompozita, čemu u prilog govore podaci za SAD čija je prosečna godišnja stopa rasta proizvodnje rezane građe četinara u periodu 2010 - 2013. godine iznosila 5,1 % što je uticalo na povećanje potrošnje lepljenog lameliranog drveta namenjenog sektoru stambene gradnje po prosečnoj godišnjoj stopi rasta od 12,3 %. Da je rezana četinarska građa ispravno odabrana kao jedan od važnih delujućih faktora na povećanje potrošnje drvnih kompozita govori i primer Kanade u kojoj je prosečna godišnja stopa rasta ovog proizvoda u periodu od 2009 - 2013. godine bila na nivou od 7,1 % što je direktno uticalo na povećanje potrošnje lepljenog lameliranog drveta po prosečnoj godišnjoj stopi rasta od 7,7 % (*UNECE/FAO, 2011; UNECE/FAO, 2013; UNECE/FAO, 2014; FAOSTAT, 2015*).

Na osnovu rezultata ekonometrijskog modelovanja uticaja proizvodnje kompozitnih proizvoda od drveta na njihovu potrošnju u Austriji je utvrđeno da postoji direktan uticaj navedenog faktora. Da rast i razvoj proizvodnje ovih inovativnih proizvoda direktno utiču na njihovu potrošnju govore i podaci za SAD gde je u periodu od 2010 - 2013. godine proizvodnja lepljenog lameliranog drveta rasla po prosečnoj godišnjoj stopi od 10,4 % što je uticalo na povećanje potrošnje lepljenog lameliranog drveta u stambenom i industrijskom sektoru po prosečnim godišnjim stopama rasta od 12,3 % i 2,4 % respektivno posmatrano (*UNECE/FAO, 2011; UNECE/FAO, 2013; UNECE/FAO, 2014*). U prilog rezultatima prostog ekonometrijskog modelovanja, govore i rezultati višefaktorskog modela za područje Austrije o pozitivnom uticaju proizvodnje na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta. Prethodno navedeno dodatno potvrđuju podaci o uticaju proizvodnje LLD-a na njegovu potrošnju u Kanadi gde je prosečna godišnja stopa rasta proizvodnje ovih inovativnih proizvoda u periodu od 2009 - 2012. godine iznosila 5,3 %, što je uticalo na rast njegove potrošnje po prosečnoj godišnjoj stopi od 7,7 % (*UNECE/FAO, 2011; UNECE/FAO, 2013*). Iz svega prethodno navedenog se može videti da postoji uticaj proizvodnje na potrošnju lepljenog lameliranog drveta, što je od velikog značaja za tržište Srbije u kojoj je proizvodnja navedenog drvnog kompozita tek u začetku. Intenziviranje proizvodnje LLD-a u Srbiji za potrebe izvoza i gradnju kuća u Nemačkoj, Sloveniji i drugim zemljama EU će imati pozitivan uticaj na povećanje tražnje za navedenim proizvodima i u našoj zemlji. Da je uticaj proizvodnje na potrošnju očigledan može se videti i na primeru Japana koji je kako je već navedeno jedan od najvećih svetskih potrošača lepljenog lameliranog

drveta. Njegova proizvodnja u periodu od 2009 - 2012. godine je rasla po prosečnoj godišnjoj stopi od 6,8 %, što se odrazilo na povećanje potrošnje lepljenog lameliranog drveta za 8,8 % (*CINTRAFOR, 2013; JAWIC, 2013*).

Uvoz je još jedan od faktora za koji je dokazano da utiče na potrošnju kompozitnih proizvoda od drveta u Austriji, a signifikantnost i značaj koeficijenta prostog ekonometrijskog modela to potvrđuju. I višefaktorski ekonometrijski model potvrđuje uticaj uvoza na potrošnju, što se mora napomenuti da je u ovom modelu to manje izraženo u odnosu na uticaj koji ima proizvodnja. Prethodno navedeno se može objasniti liderskom pozicijom Austrije u domenu proizvodnje lepljenog lameliranog drveta, a u novije vreme i unakrsno lameliranog drveta, tako da je uticaj uvoza u konkretnom slučaju manje izražen. Da je uvoz važan i značajan parametar koji može potencijalno uticati na rast i razvoj tržišta lepljenog lameliranog drveta u Srbiji najbolje govori primer Japana koji i pored jake domaće proizvodnje ne uspeva da zadovolji postojeći nivo tražnje, tako da u poslednjih 10 godina uvozi u proseku 30 % potrebnih količina za ovim proizvodom (*CINTRAFOR, 2013*). Kada u Srbiji dođe do izmena zakonske regulative i dosledne primene Evrokoda 5, može se dogoditi da postojeći nivo proizvodnje neće moći da zadovolji novonastalu tražnju, pa bi u tom slučaju uvoz odigrao važnu ulogu u razvoju domaćeg tržišta. Uvoz lepljenog lameliranog drveta u Japanu je u periodu od 2009 - 2012. godine rastao po prosečnoj godišnjoj stopi od 13,9 %, što je imalo značajan uticaj na rast potrošnje čija je prosečna godišnja stopa rasta bila na nivou od 8,8 % (*CINTRAFOR, 2013; JAWIC, 2013*). Da je uvoz kompozitnih proizvoda od drveta važan faktor za razvoj tržišta govore i podaci za SAD u kojima je u periodu od 2010 - 2012. godine došlo do rasta uvoza po prosečnoj godišnjoj stopi od 29,4 %, što je uticalo na rast potrošnje LLD-a u gradnji individualnih kuća po prosečnoj godišnjoj stopi od 17,9 % (*UNECE/FAO, 2011; UNECE/FAO, 2013*).

Pored prethodno navedenih faktora od značaja za kretanja potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta je njihov izvoz. Višefaktorski model jasno pokazuje da svako povećanje izvoza drvnih kompozita iz Austrije utiče na smanjenje potrošnje i obrnuto, a signifikantnost i visina dobijenog parametra govore o značaju ovog faktora. Iz Srbije se u poslednjih desetak godina intenzivnije izvoze kompozitni proizvodi od drveta na tržišta Nemačke, Slovenije i drugih zemalja EU, a o uticaju izvoza na domaće

tržište se za sada ne može govoriti imajući u vidu nedovoljnu razvijenost tržišta koja se ogleda u povremenoj upotrebi LLD-a pri gradnji kuća od drveta i u nešto većoj meri u nestambenoj gradnji (sportski baloni, zatvoreni bazeni, proizvodne hale i drugo). U prilog tvrdnjama višefaktorskog modela govore podaci za Sjedinjene Američke Države u kojima je u periodu od 2002 - 2005. godine došlo do značajnog smanjenja izvoza LLD-a, a prosečna stopa rasta je bila negativna i iznosila je - 10,5 %, što se direktno odrazilo na povećanje potrošnje ovog inovativnog proizvoda (prosečna godišnja stopa rasta iznosila je 13,4 %). Dodatna potvrda rezultatima višefaktorskog modela je i primer Kanade u kojoj je u periodu od 2003 - 2008. godine došlo do smanjenja izvoza lepljenog lameliranog drveta po prosečnoj godišnjoj stopi od - 8,9 %, što se odrazilo na povećanje potrošnje ovog proizvoda po prosečnoj godišnjoj stopi rasta od 5,9 % (UNECE/FAO, 2005; UNECE/FAO, 2007; UNECE/FAO, 2009).

Druga polazna hipoteza (H2) se odnosila na ekonomsku isplativost proizvodnje kompozitnih proizvoda od drveta u Srbiji namenjenih inovativnoj drvnoj gradnji. Kao najvažniji predstavnik kompozitnih proizvoda od drveta koji se može u većem obimu proizvoditi u našoj zemlji je izabrano lepljeno lamelirano drvo. Sprovedenjem terenskih istraživanja u zemlji i u inostranstvu, kao i izradi odgovarajućih kalkulacija i proračuna došlo se do zaključka da je proizvodnja lepljenog lameliranog drveta isplativa. Iz navednog se može zaključiti da je i ova polazna hipoteza (H2) dokazana i potvrđena, za šta je između ostalog korišćena metoda komparativne analize proizvodnje rezane četinarske građe i lepljenog lameliranog drveta. Rezana četinarska građa je najvažniji proizvod koji se izrađuje na pilanama koje režu oblovinu jele, smrče i borova u Srbiji, a njenom prodajom kroz izradu lepljenog lameliranog drveta bi se mogao postići značajno bolji finansijski efekat. U prilog navedenima tvrdnjama govore istraživanja Potkány M. (2005) koji je analizirao primenu sistema za utvrđivanje cena među profitnim centrima u preduzeću za preradu drveta u Slovačkoj. Preduzeće koje je analizirao se sastoji iz 3 proizvodne jedinice: pilane, jedinice za izradu elemenata i jedinice za izradu lepljenog lameliranog drveta. Analiza je pokazala da se pri proizvodnji 4.700 m<sup>3</sup> lepljenog lameliranog drveta ostvaruje profit od 376.756,4 EUR, što znači da zarada po 1 m<sup>3</sup> LLD-a iznosi 80,2 EUR/m<sup>3</sup>. Prethodno navedeno samo potvrđuje hipotezu H2 da postoji ekonomska isplativost proizvodnje kompozitnih proizvoda od drveta, u konkretnom slučaju lepljenog lameliranog drveta. Važno je napomenuti da u datom

primeru cena lepka iznosi 14,2 EUR/m<sup>3</sup> LLD-a što je u saglasnosti sa cenom od 13 EUR/m<sup>3</sup> LLD-a koju plaćaju Centralno Evropski proizvođači. Prethodno navedeno dodatno potvrđuje činjenicu da je cena lepka koju domaći proizvođači plaćaju visoka i da u velikoj meri utiče na krajnju cenu proizvoda. Puettmann E. M. et al. (2004) je sproveo istraživanje u domenu proizvodnje lepljenog lameliranog drveta u dva regiona u SAD, a na osnovu rezultata istraživanja se može zaključiti da postoji finansijska isplativnost, što još jednom potvrđuje hipotezu H2. U regionu Pacifički severo-zapad SAD je analizirana gradnja postrojenja za proizvodnju LLD-a godišnjeg kapaciteta 75.218,9 m<sup>3</sup>, a u regionu jugoistok SAD 56.503,2 m<sup>3</sup>. Cena koštanja proizvodnje LLD-a u severozapadnom regionu je bila na nivou od 473,8 USD/m<sup>3</sup> (380,9 EUR/m<sup>3</sup>), dok je u jugoistočnom regionu iznosila 492,6 USD/m<sup>3</sup> (396 EUR/m<sup>3</sup>). Dobijeni raspon cena koštanja proizvodnje lepljenog lameliranog drveta u navedenim regionima jasno ukazuje da su one ujednačene sa cenom koja je dobijena kao rezultat samostalno sprovedene analize cene koštanja proizvodnje LLD-a smrče u Srbiji. U navedenom istraživanju koje je obuhvatilo dva regiona u SAD učešće sirovine u ceni koštanja proizvoda se kreće u rasponu od 62,4 - 67,4 %, što potvrđuje dobijene rezultate terenskog istraživanja u Srbiji. Cena koštanja lepka u navedenim regionima je u rasponu od 12,5 - 21,2 USD/m<sup>3</sup> LLD-a (10,1 – 17 EUR/m<sup>3</sup>), što je opet u velikoj meri manje od cene koštanja koju imaju domaći proizvođači. Da je dobijena cena koštanja proizvodnje lepljenog lameliranog drveta tačno izračunata govore i istraživanja Fruhwald A. (2009) koji navodi cenu koštanja 450 ± 50 EUR/m<sup>3</sup>, dok Rüter S. et al. (2012) navodi cenu koštanja proizvodnje od 400 EUR/m<sup>3</sup>. Iz svega prethodno navedenog se može zaključiti da je hipoteza H2 dokazana i potvrđena.

Istraživanja u domenu cena koštanja sirovine i prodajne cene lepljenog lameliranog drveta su bili predmet analize Evropske banke za obnovu i razvoj. Cena koštanja rezane građe smrče kao ulaznog materijala iznosi 245 USD/m<sup>3</sup> odnosno 184,4 EUR/m<sup>3</sup> što jasno potvrđuje da su podaci dobijeni terenskim istraživanjima u Srbiji precizni i tačni (EBRD, 2013). Cena koštanja rezane građe smrče koju nabavljaju domaći proizvođači lepljenog lameliranog drveta se kreće u rasponu od 170 – 180 EUR/m<sup>3</sup> što je veoma blisko prethodno navedenoj vrednosti. Prodajna cena lepljenog lameliranog drveta koju Evropska banka za obnovu i razvoj koristi u procesu planiranja prihoda iznosi 582 USD/m<sup>3</sup> (438,1 EUR/m<sup>3</sup>) na EXW paritetu, što je gotovo jednako

prodajnoj ceni dobijenoj terenskim istraživanjima od 430 EUR/m<sup>3</sup> koju nude austrijski proizvođači LLD-a na paritetu EXW. Drvena industrija Švajcarske u svom izveštaju za 2013. godinu navodi da se tržišna cena suvih lamela, u klasi čvrstoće C24 za Natur klasu kvaliteta kretala u rasponu od 291 – 310 CHF/m<sup>3</sup> (236,3 - 251,7 EUR/m<sup>3</sup>), dok je cena za industrijski kvalitet bila u rasponu od 250 – 266 CHF/m<sup>3</sup> (203 – 216 EUR/m<sup>3</sup>) (Holzindustrie Schweiz, 2013). Iz prethodno navednog se može zaključiti da je prosečna cena suvih lamela iznosila 226,8 EUR/m<sup>3</sup>, dok se cena koštanja suvih lamela kod proizvođača LLD-a u Srbiji kretala u rasponu od 190 – 205 EUR/m<sup>3</sup> (prosečno 197,5 EUR/m<sup>3</sup>). Na osnovu navedenog se može zaključiti da je cena suvih lamela koju domaći proizvođači LLD-a imaju u proseku niža za 29,3 EUR/m<sup>3</sup>, što samo potvrđuje činjenicu da je proizvodnja LLD-a u Srbiji isplativa imajući u vidu da učešće sirovine u ceni koštanja proizvodnje ima udeo od 61,3 - 68,1 %. Prema podacima Jaakko Pöyry Consulting (2001) udeo sirovine u ceni koštanja proizvodnje LLD-a od četinarskih vrsta drveta u Australiji iznosi od 74 %.

U pogledu vrsta drveta koje se koriste za proizvodnju LLD-a govore rezultati brojnih istraživanja. Tako je Šorn Š. et al. (2006) vršio istraživanje kvaliteta lepljenja lameliranih elemenata za proizvodnju građevinske stolarije od drveta smrče i jele na području Bosne i Hercegovine, a u radu navodi da se ređe koriste bor i ariš. Prema navodima ovih istraživača zadovoljavajuća čvrstoća lepljenog spoja se može postići samo uz ozbiljan tehnološki nadzor parametara proizvodnje. Bašić N. et al. (2014) su ispitivali čvrstoću lepljenog zupčastog spoja u lamelama za LLD namenjenih proizvodnji građevinske stolarije, a od vrsta drveta su takođe koristili jelu i smrču. Kuzman K. M. et al. (2010) navodi da se za proizvodnju lepljenog lameliranog drveta mogu koristiti gotovo sve vrste drveta, pri čemu su u upotrebi najčešće smrča, jela, ariš, a od lišćara topola. Da se topola koristi za izradu lepljenog lameliranog drveta govore i druga istraživanja u regionu. Tako su Giurgiu M. et al. (2011) sprovedeli istraživanje o uticaju broja lamela na mehanička svojstva greda LLD-a topole uz zadržavanje istih dimenzija porečnog preseka. Zaključak do kojeg su došli je da se pri povećanju broja lamela po visini porečnog preseka sa dve na pet povećavaju modul elastičnosti i krutost za 29 %. I istraživanja u Italiji govore o upotrebi topole za proizvodnju LLD-a, a rezultati sprovedenih laboratorijskih i industrijskih testova pokazuju odličnu pouzdanost lepljenog spoja na osnovu čega se može zaključiti da je ova vrsta drveta izuzetno



pogodna za ovu namenu. Međutim, važan ograničavajući faktor je mala vrednost čvrstoće na savijanje koja ovom proizvodu nije omogućila da bude obuhvaćen Evrokodom 5. I pored malih vrednosti čvrstoće na savijanje, vrednost čvrstoće na smicanje ukazuje da se lamele topole mogu koristiti za proizvodnju LLD-a manjih dužina ili u proizvodnji unutrašnjih slojeva hibridnog LLD-a (Castro G., et al., 2006). Bourreau D. et al. (2013) su za izradu lepljenog lameliranog drveta koristili tropske vrste drveta kao što su amarant, mandiokveira i basralokus od kojih poslednje dve imaju visoku prirodnu otpornost na trulež i napade insekata što im omogućava upotrebu u ekstremnim uslovima vlage bez posebne zaštite impregnacijom.

Prethodno navedeno potvrđuje rezultate istraživanja da domaći proizvođači u najvećoj meri koriste smrču i jelu koju uglavnom nabavljaju iz Bosne i Hercegovine, a po porudžbini se mogu dobiti ariš i beli bor koji su namenjeni ekstremnijim uslovima eksploatacije u pogledu relativne vlažnosti vazduha i izloženosti atmosferilijama. I proizvođači lepljenog lameliranog drveta u Austriji i Nemačkoj u najvećoj meri koriste drvo smrče, a u manjoj meri koriste ariš, beli bor i duglaziju, a od lišćarskih vrsta koriste i bukvu za koju je u Nemačkoj izdato odobrenje za korišćenje u klasi eksploatacije I. Navedena upotreba bukve za izradu LLD-a može biti od velikog značaja za domaće proizvođače imajući u vidu da je ona jedna od najzastupljenijih vrsta drveta u Srbiji. Istraživanja Méausoone P.-J. et al. (2014) su bila usmerena na ispitivanje zupčaste veze lamela pri industrijskoj proizvodnji LLD-a bukve uz korišćenje hibridnog fenol-rezorcinol-formaldehidnog lepka različitih viskoziteta. Rezultati istraživanja su pokazali da se može postići dobra čvrstoća spoja, uz istovremeno zadržavanje važnog svojstva ovog lepka - brzo očvšćavanje. Franke B. et al. (2014) su takođe istraživali zupčasti spoj lamela LLD-a bukve uz korišćenje različite dužine zuba (10, 15, 20, i 50mm) i vrsta lepkova (PUR, MUF i EPI) naglašavajući da je od esencijalnog značaja iskoristiti veliki mehanički potencijal bukve kao jedne od najzastupljenijih lišćarskih vrsta drveta u Evropi. U zaključku se napominje da je za proizvodnju visoko kvalitetnih zupčastih spojeva nužno optimizirati proizvodni proces za lišćarske vrste drveta. Da je zupčasti spoj lamela u lepljenom lameliranom drvetu bukve izuzetno važan govori i istraživanje Volkmer T. et al. (2014) koji su analizirali penetraciju različitih vrsta lepkova (PUR, MUF i EPI) pri dužinskom nastavljanju lamela. Jiang Y. et al. (2014) su za potrebe svojih istraživanja pored bukve koristili i jasen. Ovi naučnici navode da je u

Nemačkoj već izgrađena prva zgrada koja kao konstrukcione elemente ima lepljeno lamelirano drvo bukve. Leyder C. et al. (2014) navode da je u Cirihi izgrađena trospratna zgrada Švajcarskog Federalnog Instituta za Tehnologije čiji jedan sprat kao konstrukcione elemente ima stubove lepljenog lameliranog drveta jasena ( $380 \times 380$  mm) i noseće grede jasena i smrče ( $280 \times 720$  mm). Iz navedenog se može zaključiti da se lepljeno lamelirano drvo liščara sa svojim superiornim mehaničkim svojstvima koristi u gradnji objekata od drveta, što predstavlja veliki potencijal za rast i razvoj domaće drvne industrije koja bi pored četinarskih vrsta drveta za proizvodnju LLD-a mogla da koristi i liščarske vrste kao što je bukva.

Na osnovu rezultata sprovedenih terenskih istraživanja se može zaključiti da stambeni sektor u Srbiji još uvek nije značajan potrošač kompozitnih proizvoda od drveta kao što su lepljeno i unakrsno lamelirano drvo. Sa druge strane znatno veći potrošač LLD-a u Srbiji je nestambeni sektor koji obuhvata objekte kao što su sportske dvorane, prodajni centri i saloni, pešački mostovi, restorani, krovne konstrukcije zatvorenih bazena i arheoloških nalazišta, teniski tereni, farme, fabričke hale, nadstrešnice, škole, turistički punktovi, dekorativne maske objekata i drugo. Da je ovo rastući i opšte prihvaćen trend govore brojna istraživanja u svetu koja potvrđuju prethodno navedeno. Tako je 2012. godine u Severnoj Americi sprovedeno istraživanje vezano za upotrebu kompozitnih proizvoda od masivnog drveta na vidnim mestima ugradnje koje je obuhvatilo i lepljeno lamelirano drvo. U istraživanje je bilo uključeno 250 arhitekata specijalizovanih za projektovanje nestambenih objekata od kojih se čak 1/3 izjasnila da je koristila kompozite od masivnog drveta u procesu projektovanja. Rezultati istraživanja pokazuju da se oni koriste u svim tipovima nestambenih objekata i da sve više dobijaju na popularnosti (Gaston W. C., 2014).

Međutim, za razliku od tržišta stambene gradnje u Srbiji trendovi u Severnoj Americi su drugačiji. Istraživanje tržišta koje je obuhvatilo 2.400 građevinskih kompanija i 100 najvećih preduzeća za gradnju kuća u Severnoj Americi je pokazalo da su gotovo sve kompanije koje su odgovorile na upitnik povećale učešće kompozitnih proizvoda u gradnji novih objekata, pri čemu je čak 80 % ispitanika izjavilo da je koristilo inovativne kompozitne proizvode kao što su lepljeno lamelirano drvo, lamelirana furnirska građa i grede I profila. Naučnici koji su sproveli istraživanje

navedene kompozite su proglasili apsolutnim favoritima u pogledu povećanja obima njihovog korišćenja čak i u poređenju sa konvencionalnim materijalima kao što su beton, armirani beton i čelik (*Fleishman J. S., et al. 2000*). Da kompozitni proizvodi od drveta kao što je lepljeno lamelirano drvo sve više nalaze svoje mesto pri gradnji objekata od drveta ali i u konstrukcijama zajedno sa čelikom i betonom u Severnoj Americi potvrđuju istraživanja Wahl A. et al. (2012). Iz svega prethodno navedenog se može zaključiti da je stambeni sektor najvažniji faktor za rast i razvoj tržišta lepljenog lameliranog drveta u zemljama Evropske unije, Severne Amerike i Japana. U tom smislu rast potrošnje LLD-a u Srbiji će biti moguć tek kada se stvore odgovarajući uslovi u vidu izmena i dopuna postojećih zakonskih regulativa i propisa, naročito u domenu visokogradnje. U prilog navedenoj tvrdnji govore podaci za tržište Japana koji je 1995. godine pogodio jak zemljotres u Kobeu, što je rezultiralo značajnim promenama u zakonskoj regulativi u pogledu gradnje kuća od drveta u narednom periodu (*Gaston C., et al., 2010*). Najvažnije promene regulative su se odnosile na:

- Zakon o osiguranju kvaliteta gradnje kuća i davanje garancije od 10 godina uz istovremeno promovisanje korišćenja devet standarda kojima su regulisane performanse.
- Izmene Zakona o građevini koje su podrazumevale izradu odgovarajućih regulativa i standarda za grede i stubove.
- Izmene propisa i standarda u domenu emisije formaldehida za materijale koji se koriste u gradnji kuća.
- Strožiji zahtevi pri izdavanju građevinskih dozvola u pogledu statičkih proračuna.
- Dopuna Zakona o građevini kojim se predviđa osiguranje kuća na 10 godina u slučaju da građevinsko preduzeće koje je gradilo u međuvremenu ode u stečaj.
- Zakon koji promoviše dugoročni kvalitet stanovanja u smislu povećanja trajnosti kuća – cilj je dostići 200 godina zbog pozitivnih efekata na životnu sredinu.

Prethodno navedene promene zakonske regulative, propisa i standarda su značajno uticale na povećanje potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta, što se

direktno odrazilo na vek trajanja kuća. U Japanu je posle Drugog svetskog rata prosečan vek trajanja izgrađenih kuća iznosio 26 godina, da bi se posle donošenja najvažnijih regulativa vek korišćenja povećao na 56 godina. Da su nove regulative imale značajan uticaj na razvoj tržišta drvnih kompozita može se videti na primeru lepljenog lameliranog drveta čija je proizvodnja u periodu od 1991 - 1995. godine rasla po prosečnoj godišnjoj stopi od 6,3 %. Već po usvajanju prvih izmena zakonskih regulativa, propisa i standarda dolazi do povećanja proizvodnje LLD-a što se najbolje može videti po prosečnoj godišnjoj stopi rasta od 11,2 % u periodu od 1995 - 2006. godine, kada su usvojene najvažnije mere (*CINTRAFOR, 2013*). I pored značajnog rasta proizvodnje lepljenog lameliranog drveta, tražnja za ovim proizvodom se nije mogla zadovoljiti, pa je tako došlo i do rasta uvoza u periodu od 1995 - 2006. godine po prosečnoj godišnjoj stopi od 15,5 %. Prethodno navedeno potvrđuje i izveštaj FAO (2000) u kojem se može videti da je Japan jedan od najvećih uvoznika LLD-a u svetu, a njegova potrošnja je jednaka zbiru proizvodnje i uvoza. Na osnovu svega prethodno navedenog se može zaključiti da izmene regulativa, propisa i standarda direktno utiču na potrošnju LLD-a što potvrđuje prosečna godišnja stopa rasta od 12,4 % u periodu od 1995 - 2006. godine (*Choi S. I., 2003; UNECE/FAO, 2000; JAWIC, 2013*). Ovakav trend razvoja tržišta se može očekivati i u Srbiji kada se izmeni postojeća zakonska regulativa i dosledno primeni usvojeni Evrokod 5 (EN 1995-1-1:2004+A1:2008+AC:2006 i EN 1995-1-2:2004/AC:2009), na koji se ona obavezala u procesu pristupanja članstvu u EU. Stvaranjem zakonskih okvira u Srbiji će se stvoriti čvrsti temelji za intenziviranje gradnje kuća od drveta, a samim tim i potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta, što dokazuje navedeni primer Japana. Predlozi za unapređenje stanja i podsticanje razvoja tržišta kompozitnih proizvoda od drveta bi se ogledali u:

- izmenama Zakona o zaštiti životne sredine kojim bi se favorizovala gradnja kuća od drveta čime bi se za svaki utrošeni 1 m<sup>3</sup> kompozitnih proizvoda od drveta uštedelo 2 tone u emisiji CO<sub>2</sub>.
- izmenama Zakona o planiranju i izgradnji ili dopunama kroz odgovarajuće uredbe i pravilnike u kojima bi se drvo deklarovalo kao ravnopravan

građevinski materijal sa betonom i čelikom, uz smernice za obaveznu primenu Evrokoda 5 pri projektovanju konstrukcija.

- obezbeđivanju subvencionisanih kredita sa niskim kamatnim stopama od strane države za kupovinu kuća od drveta, ali i investiranje u nove i savremene tehnologije za proizvodnju kompozitnih proizvoda, naročito lepljenog lameliranog drveta.
- primeni odgovarajućih marketinških alata kojima bi se promovisalo drvo kao ekološki blizak i održiv građevinski materijal, sa posebnim osvrtom animiranja političara i donosilaca odluka.

Visok nivo potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta u zemljama Evropske unije je omogućen usvajanjem i praktičnom primenom odgovarajućih evropskih normi i standarda (Evrokod 5) kojima se uređuje ova oblast. Dodatne mere kojima se utiče na rast i razvoj tražnje za inovativnim kompozitnim proizvodima od drveta u zemljama EU su marketinške aktivnosti kojima se promoviše drvo i njegovi proizvodi. Najbolji primer za to je organizacija pro:Holz koja na nivou Austrije uspešno sprovodi prethodno navedene mere, a slične aktivnosti sprovode i pojedine zemlje u regionu. U prilog tome govore podaci zajedničkih aktivnosti Hrvatske gospodarske komore (HGK), Ministarstva poljoprivrede i Hrvatskih šuma koje su 2007. godine pokrenule projekat „*Drvo je prvo*“. Cilj ove inicijative je povećanje upotrebe drveta i jačanje konkurentnosti domaće drvne industrije ([www.drvojeprvo.hr](http://www.drvojeprvo.hr)). Jedan od primera praktičnog sprovođenja ovih aktivnosti se može predstaviti na „Natječaju za drvene vrtiće“ koji je objavila Hrvatska gospodarska komora vezano za dizajn nameštaja i opreme za dečje vrtiće, ali i za arhitektonsko rešenje tipskog dečjeg vrtića drvene konstrukcije. Cilj raspisivanja ovih konkursa je podsticanje arhitekata i dizajnera, odnosno onih koji oblikuju naše prostore, na korišćenje drveta u projektima s obzirom da je drvo ekološka sirovina koja osigurava zdravo životno okruženje. Dodatne marketinške aktivnosti se ogledaju i u predstavljanju svih pristiglih idejnih rešenja za dizajn nameštaja i opreme za dečje vrtiće na međunarodnom sajmu nameštaja, unutarašnjeg opremanja i prateće industrije „Ambienta“ u Zagrebu. Navedeni projekat

je imao i finansijski podsticaj kroz nagrađivanje najboljih radova i to: I nagrada 25.000kuna (3.441,8 EUR), II nagrada 10.000kuna (1.376,7 EUR) i III nagrada 5.000kuna (688,4 EUR) (Hrvatska gospodarska komora, 2009). U Srbiji je za sada formalno usvojen „Evrokod 5“ 2012. godine, ali se prema podacima terenskih istraživanja sa primenom još uvek nije počelo što je jedan od najvažnijih nedostataka u poređenju sa zemljama EU. Standard SRPS EN 1995-1-1:2012 kao sastavni deo Evrokoda 5 je objavljen na srpskom jeziku, dok je standard SRPS EN 1995-1-2:2012 usvojen na engleskom jeziku što je još jedan od nedostataka za njegovu implementaciju u praksi (Institut za standardizaciju Srbije).

Intenzivnije korišćenje inovativnih kompozitnih proizvoda od drveta kao što su lepljeno lamelirano drvo (LLD) i unakrsno lamelirano drvo (CLT) u Srbiji treba da bude važan strateški cilj građevinskog i drveno prerađivačkog sektora. Ovi proizvodi kao ekološki zdravi materijali treba da podstaknu drvnu industriju da unapređuje i razvija proizvode sa dodatnom vrednošću. Kada se propisi i regulative u Srbiji usklade sa zahtevima Evropske unije može se očekivati intenziviranje gradnje drvetom uz postepenu supstituciju betona i čelika. Brandner R. (2013) smatra da unakrsno lamelirano drvo nije samo proizvod koji omogućava gradnju drvetom, već kompletnom građevinskom sektoru pruža nove mogućnosti i otvara nove horizonte. Tu se pre svega misli na višespratne stambene i poslovne objekte, tako da CLT može biti inicijalni pokretač za intenziviranje gradnje inovativnim kompozitnim proizvodima od drveta u gradovima. On takođe veruje da gradnja drvetom može predstavljati novu prekretnicu i u ekonomskom smislu naročito u pogledu konkurentnosti unakrsno lameliranog drveta u odnosu na armirane, zidane i čelične konstrukcije. Ipak, pojedini stručnjaci se često pozivaju na neke od ograničavajućih faktora za upotrebu drveta u gradnji objekata, kao što je njegova osetljivost na vlagu. I u Srbiji postoje određene predrasude vezano za upotrebu drveta u stambenom sektoru visokogradnje, naročito kada je u pitanju dejstvo požara, ali i stabilnost konstrukcije i otpornost na vlagu. Da prethodno navedeno nije slučaj samo u Srbiji pokazuju i istraživanja u regionu. Tako Užar J. (2013) navodi da u Hrvatskoj postoje brojne predrasude prema drvetu kao građevinskom materijalu, a kao glavni razlog navodi neznanje. Upravo zato on preporučuje sistemsko obrazovanje stručnjaka iz oblasti građevinarstva kroz stručne skupove, seminare i publikacije. Kao još jedan od značajnih faktora navodi i promociju koju bi trebalo da sprovodi opštinska i

županijska vlast. On takođe smatra da drvo treba da dobije zasluženno mesto u gradnji niskoenergetskih objekata, pre svega zbog ušteda u emisiji CO<sub>2</sub> i potrošnji energije. Da će drvo dobiti zasluženno mesto u gradnji objekata u Hrvatskoj smatra Ojurović R. et al. (2009) imajući u vidu da svi objekti koji se u Hrvatskoj grade posle 2011. godine trebaju da budu u skladu sa zahtevima „Akcionog plana za energetska efikasnost“ koji je usvojen 31. januara 2008. godine u Evropskom parlamentu u rezoluciji 2007/2106 (INI). Navedeno istraživanje takođe potvrđuje rezultate terenskih istraživanja sprovedenih u Srbiji da je mlađa populacija veći potrošač drvnih kompozita imajući u vidu da se češće odlučuje za kupovinu kuća od drveta. Da su glavni razlozi za nedovoljnu gradnju drvetom u Sloveniji tradicija u korišćenju klasičnih materijala ali i nepoznavanje drveta i njegovih proizvoda navodi i Kuzman K. M. (2009). Kako pomenuti istraživač navodi primećen je blagi porast gradnje objekata od drveta u Sloveniji, ali je ta vrednost i dalje mala. Svaka kuća od drveta uskladišti od 10 – 25 tona CO<sub>2</sub> u toku perioda eksploatacije, a kada bi se u Evropi gradilo 10 % kuća od drveta uštedelo bi se 25 % na emisiji CO<sub>2</sub> što je predviđeno Kjoto protokolom. Gold S. et al. (2008) su analizirali stavove potrošača u Nemačkoj u domenu upotrebe drveta u gradnji kuća. Zaključak do kojeg su ovi naučnici došli je bio da i kod nemačke populacije stanovništva postoje predrasude u pogledu nedostataka drveta kao građevinskog materijala u smislu vatrootpornosti, trajnosti i stabilnosti. Međutim, ispitanici takođe imaju pozitivan stav o drvetu namenjenog gradnji kuća u smislu dobrobiti, estetike i doživljavaju ga kao ekološki blizak materijal. Ovi naučnici takođe smatraju da su poslednje navedene karakteristike drveta kao građevinskog materijala od velike važnosti, ali da one same po sebi nisu dovoljne da se samo na osnovu njih donese odluka o korišćenju drveta pri gradnji objekata. Upravo zato organizacija pro:Holz sprovodi brojne mere u cilju intenziviranja potrošnje proizvoda od drveta u građevinarstvu, a dodatne napore čine i pokrajinski organi vlasti koji odobravaju kredite sa niskim kamatnim stopama subvencionišući gradnju energetski efikasnih objekata. Navedenim podsticajnim merama se dodatno favorizuje korišćenje ekoloških materijala kao što su kompozitni proizvodi od drveta kroz povećanje iznosa odobrenog kredita.

## 8. ZAKLJUČCI

Na osnovu rezultata sprovedenih istraživanja tržišta inovativnih kompozitnih proizvoda od drveta, sa posebnim osvrtom na tržište lepljenog lameliranog drveta u Austriji, Nemačkoj i Srbiji izvedeni su odgovarajući zaključci. Oni su strukturirani u skladu sa platformom za razvoj tržišta kompozitnih proizvoda od drveta u Srbiji u čijoj osnovi su tri stuba: **zelena gradnja** sa svojim specifičnostima, **tržište** sa svojim karakteristikama i **regulatorni okvir** u čijoj osnovi su odgovarajući standardi i tehnički propisi.

- Kada je u pitanju *zelena gradnja i njen značaj za razvoj tržišta kompozitnih proizvoda od drveta* istraživanja su pokazala da se zelena gradnja bazira na kompozitnim proizvodima od drveta tj. da *nema zelene gradnje bez kompozitnih proizvoda od drveta*. Glavni razlog visoke zastupljenosti drvnih kompozita u objektima zelene gradnje predstavljaju njihove karakteristike (veća otpornost na požar, superiorne mehaničke karakteristike, smanjene deformacije) koje omogućavaju brojne prednosti u odnosu na klasične građevinske materijale (čelik, beton, aluminijum). U skladu sa navedenim zaključeno je da je *zelena gradnja glavni generator potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta što je od izuzetnog značaja u procesu kreiranja razvoja njihovog tržišta*.
- Kao potvrda prethodnog zaključka u radu su navedeni primeri i karakteristike prvih višespratnih objekata od drveta koji su izgrađeni u Evropi (Stadthaus, Murray Grove u Londonu) i svetu (Forte u Melburnu) i na kojima su, na najbolji način, demonstrirane sve najznačajnije karakteristike i prednosti kompozitnih proizvoda do drveta.
- Kompozitni proizvodi od drveta nisu važni samo sa konstruktivnog aspekta u gradnji objekata koji nose epitet zelene gradnje. S obzirom da je jedan od kriterijuma koji ti objekti treba da ispune i kriterijum njihovog doprinosa smanjenju potrošnje energije, upravo ugradnjom kompozitnih proizvoda od drveta ti objekti zadovoljavaju i taj kriterijum. Kao potvrda izvedenog zaključka su i sledeće činjenice koje su navedene u radu: komparativna analiza potrošnje energije za proizvodnju jedinice zapremine rezane građe, PVC i aluminijuma je pokazala da je potrošnja energije u proizvodnji rezane građe manja za 70,6 puta u odnosu na PVC, 130,4 puta u odnosu na čelik i 404,3 puta u odnosu na aluminijum. S obzirom da je rezana građa osnovni polazni oblik sirovine koja se ugrađuje u pojedine tipove kompozitnih proizvoda od drveta to se navedene karakteristike u pogledu potrošnje energije po jedinici proizvoda mogu smatrati i karakteristikama kompozitnih proizvoda.



- Pored doprinosa smanjenju potrošnje energije drugi važan kriterijum koji objekti zelene gradnje moraju da ispune da bi uopšte poneli epitet objekata zelene gradnje jeste njihov doprinos smanjenju emisije CO<sub>2</sub>. U poređnom analizom razlike između skladištenja i emisije ugljenika za najvažnije građevinske materijale (drvo u obliku rezane građe, čelik, beton i aluminijum) u radu je pokazano da je jedino kod drveta kao građevinskog materijala ova vrednost pozitivna.
- Imajući u vidu da je princip zelene gradnje izuzetno strog i veoma zahtevan princip u pogledu kvaliteta i ostalih karakteristika koje kompozitni proizvodi od drveta, ali i drugi materijali, koji se ugrađuju u objekte zelene gradnje moraju da ispunjavaju uspostavljeni su strogi sistemi za ocenjivanje ovih objekata. U radu su predstavljene najznačajnije karakteristike dva najzastupljenija sistema ocenjivanja ovih objekata u Evropi od kojih je jedan (LEED) uspostavljen i u Srbiji. Sistemi ocenjivanja objekata zelene gradnje imaju jak uticaj na proizvodnju kompozitnih proizvoda od drveta jer stroge zahteve uspostavljene u ovom sistemu mogu da zadovolje samo kompozitni proizvodi koji poseduju visok kvalitet i ispunjavaju sve druge odredbe koje su propisane odgovarajućim standardima iz te oblasti. U tom smislu u radu je istaknuto i da uspostavljeni sistemi ocenjivanja imaju važnu ulogu za razvoj tržišta kompozitnih proizvoda od drveta u smislu sprečavanja zloupotreba i ugradnje kompozitnih proizvoda od drveta koji nisu usaglašeni sa zahtevima standarda.
- Poseban segment u ovom delu istraživanja odnosio se i na analizu postojećih mehanizama finansijskih podsticaja za gradnju zelenih objekata u Evropi i s tim u vezi predloga mera za uspostavljanje sličnih mehanizama u Srbiji.
- Kada je u pitanju *tržište kompozitnih proizvoda i njegove karakteristike* u istraživanjima se najpre pošlo od karakteristika drvene sirovine koja može i koja se koristi u proizvodnji kompozitnih proizvoda. U tom smislu u radu je istaknuto da je kvalitetna sirovina koju čini oblovina velikih prečnika sve manje dostupna, a dodatno opterećenje u vidu povećane tražnje za drvnom sirovinom od strane fabrika ploča na bazi drveta i fabrika drvnih peleta značajno zaoštravaju odnose na tržištu drvene sirovine kako u Evropi tako i u Srbiji. To navodi na zaljučak da se drvena sirovina, bez obzira na njen kvalitet i dimenzije, mora što racionalnije i efikasnije koristiti kako bi se održala konkurentnost na tržištu.
- U tom smislu u ovom delu rada su pokazani primeri i izvedeni odgovarajući zaključci od kojih je najznačajniji zaključak koji se odnosi na mogućnost korišćenja tanke

oblovine za proizvodnju pojedinih tipova kompozitnih proizvoda od drveta. S obzirom na činjenicu da je u proizvodnji kompozitnih proizvoda greške drveta kao što su čvorovi, smolne kesice, urasla kora, nepravilnost toka vlakana i druge moguće izbacivati iz elemenata u dužinskom i poprečnom krojenju, to su njihove fizičke i mehaničke karakteristike dodatno unapređene.

- Sa aspekta proizvodnje kompozitnih proizvoda od drveta od izuzetnog značaja je primena odgovarajućih standarda. U tom smislu u radu su predstavljeni rezultati istraživanja iskustava i efekata primene standarda kod odabranih proizvođača u Austriji i Nemačkoj. Svi odabrani proizvođači kompozitnih proizvoda u Austriji i Nemačkoj u potpunosti i dosledno primenjuju dva osnovna standarda - EN 14080:2005 i DIN 1052:2008. Za klase čvrstoće koriste se standardi EN 1194:1999 i DIN 1052:2008. Klase čvrstoće koje se najčešće mogu naći u ponudi proizvođača u Austriji i Nemačkoj su GL 24h i GL 28h, a pojedina preduzeća u svojoj ponudi imaju i više klase čvrstoće (GL 32h, GL 32c, GL 36h i GL 36c).

- Najveći broj proizvođača u Austriji i Nemačkoj proizvodi lepljeno lamelirano drvo i zbog toga je on najzastupljeniji kompozitni proizvod. Za ovaj proizvod su od izuzetne važnosti vrsta i karakteristike lepka koji se koristi u njegovoj proizvodnji. Istraživanja koja su sprovedena kod vodećih proizvođača u Austriji i Nemačkoj su pokazala da oni koriste lepkove na bazi melaminskih smola, tip I prema standardu EN 301.

- Širine lepljenog lameliranog drveta se kreću u širokom rasponu pa je tako donja granica od 60 – 80 mm, a gornja 240 – 280 mm. Visine lepljenog lameliranog drveta se kod najvećeg broja proizvođača kreću u opsegu od 100 – 120 mm, pa do uobičajenih 1240 – 1280 mm. Standardne dužine greda od LLD-a su 12 m i 13,5 m, a maksimalne dužine koje pojedini proizvođači mogu ponuditi se kreću između 40 m i 50 m. U pogledu klasa kvaliteta po izgledu svi proizvođači u ponudi imaju dve klase i to vizuelni i industrijski kvalitet, a takođe se može sresti i klasa Natur.

- Kada je u pitanju proizvodnja lepljenog lameliranog drveta u Srbiji istraživanja su pokazala da su najzastupljenije vrste drveta jela i smrča, a u manjoj meri su zastupljeni ariš i beli bor. Debljina lamela u ravnom lepljenom lameliranom drvetu iznosi 40mm, a u zakrivljenom od 10 – 32 mm u zavisnosti od radijusa zakrivljenosti. Najveće dimenzije lepljenog lameliranog drveta koje se mogu proizvesti su ograničene proizvodnim kapacitetima fabrika i iznose  $200 \times 2.000 \times 30.000$  mm i  $250 \times 1.500 \times$

20.000 mm. Za lepljenje LLD-a se koriste jednokomponentni poliuretanski i dvokomponentni melaminski lepkovi.

- Poseban segment istraživanja u ovom delu rada predstavljalo je istraživanje ekonomske isplativosti proizvodnje lepljenog lameliranog drveta na primerima proizvodnje u Srednjoj Evropi i u Srbiji. U tom smislu rezultati istraživanja su pokazali da dominantnu poziciju u strukturi cene koštanja lepljenog lameliranog drveta, na primeru proizvođača u Srednjoj Evropi, ima sirovina sa učešćem od 75,2%. Učešće pomoćnih materijala, radne snage, amortizacije i drugih režijskih troškova iznosi 21,3%, a lepka 3,5%.
- I pored visokih troškova proizvodnje istraživanja su pokazala da postoji ekonomska isplativost proizvodnje lepljenog lameliranog drveta. U konkretnom slučaju na primeru proizvođača iz Srednje Evrope dobit koja se ostvaruje po 1 m<sup>3</sup> proizvedenog LLD od smrče iznosi 59 EUR ili 13,7% u odnosu na prodajnu cenu.
- Kada je u pitanju proizvodnja u Srbiji analiza ekonomske isplativosti proizvodnje LLD je pokazala da ona postoji. U konkretnom slučaju kod jednog od proizvođača dobit koja se ostvaruje prodajom na domaćem tržištu po 1 m<sup>3</sup> proizvedenog LLD iznosi 135 - 165 EUR što predstavlja 22,5-26,2% u odnosu na prodajnu cenu. Ovako visoka dobit u odnosu na dobit koju ostvaruju proizvođači u Centralnoj Evropi rezultat je nedostatka konkurencije.
- U poređenju sa profitom koji se ostvaruje prodajom klasične rezane građe profit koji se ostvaruje njenom ugradnjom u LLD se povećava 4,9 puta. Upravo ovaj zaključak objašnjava rastući trend broja proizvođača LLD u Evropi, a poslednjih godina i u Srbiji. Naime, u Srbiji trenutno postoje dva proizvođača ovog kompozitnog proizvoda od drveta čiji ukupan kapacitet iznosi 8.440 m<sup>3</sup> na godišnjem nivou.
- Kada je u pitanju razvoj tržišta kompozitnih proizvoda od drveta i uticaj najznačajnijih faktora koji taj razvoj determinišu u najvećoj meri, u radu su predstavljeni rezultati ekonometrijskog modeliranja na primeru Austrije. Izbor Austrije za predmet istraživanja uticaja pojedinih faktora na razvoj potrošnje izabranog kompozitnog proizvoda bio je uslovljen potrebom da sprovedene analize i izvedeni zaključci mogu biti od koristi u kreiranju budućeg razvoja tržišta ovih proizvoda u Srbiji.
- Ovo je posebno važno ako se ima u vidu da je tržište izabranih kompozitnih proizvoda od drveta u Srbiji u inicijalnoj fazi svoga razvoja koju odlikuju brojne

slabosti i nedostaci. Rezultati višefaktorskog ekonometrijskog modeliranja koje je obuhvatilo uticaj gradnje kuća od drveta, proizvodnje rezane građe četinara, proizvodnje, uvoza i izvoza kompozitnih proizvoda od drveta na njihovu potrošnju u Austriji ukazuju da najveći značaj imaju dva faktora. Prvi je proizvodnja kompozitnih proizvoda od drveta čijim rastom za 1 %, raste i njihova potrošnja za 2,3 %. Drugi važan faktor je izvoz pri čijem povećanju za 1 % dolazi do značajnog smanjenja potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta za 1,52 %. Ostala tri faktora imaju manji značaj na razvoj potrošnje kompozitnih proizvoda od drveta na tržištu Austrije.

- Pored Austrije u radu je istražen i uticaj proizvodnje kuća od drveta u Nemačkoj na izvoz lepljenog lameliranog drveta iz Srbije. Izbor Nemačke za sprovođenje ekonometrijskog modeliranja rezultat je činjenice da je u periodu od 2008-2011.godine izvoz ovog drvnog proizvoda iz Srbije na ovo tržište porastao 3,2 puta. Analizom proizvodnje kuća od drveta u zemljama Evropske unije došlo se do zaključka da vodeću poziciju ima Nemačka sa prosečnom proizvodnjom od 1,4 milijarde evra godišnje. Upravo zato se smatra da će tražnja za kompozitnim proizvodima od drveta u Nemačkoj imati jak uticaj na njihov izvoz, pa samim tim i na njihovu proizvodnju u Srbiji. U skladu sa tim nametnula se potreba kvantifikacije tog uticaja, na osnovu čijih rezultata se može tvrditi da će pri svakom povećanju proizvodnje kuća od drveta u Nemačkoj za 1 % doći do povećanja izvoza lepljenog lameliranog drveta iz Srbije za 2,07 %. Na taj način je prva polazna hipoteza dokazana i potvrđena.

- Analiza tržišta lepljenog lameliranog drveta u Evropi je pokazala vodeću poziciju Nemačke i Austrije. Pored njih u radu je obrađeno i tržište Švajcarske koje takođe postaje rastuće tržište u Evropi kada je u pitanju ovaj drveni kompozit. Istraživanja su pokazala da je prosečna maloprodajna cena LLD-a jele/smrče u oba kvaliteta (vizuelni i industrijski) u periodu 2005-2014.godine bila najniža u Austriji i iznosila je 759 EUR/m<sup>3</sup>, u Švajcarskoj 824 EUR/m<sup>3</sup>, dok je u Nemačkoj bila najviša i iznosila je 843 EUR/m<sup>3</sup>. Najveći broj ponuđača lepljenog lameliranog drveta ima dve osnovne klase kvaliteta LLD-a, bez obzira na vrstu drveta, i to vizuelni i industrijski.

- Najveći izvoznik lepljenog lameliranog drveta u Evropskoj uniji je Austrija, čija je vrednost 2011. godine dostigla 400,7 miliona evra.

- Jedan od važnih rezultata istraživanja se odnosi na to da je u Nemačkoj odobreno (Z-9.1-679) korišćenje lepljenog lameliranog drveta bukve u klasi eksploatacije jedan. Ovaj rezultat može da bude od izuzetene važnosti za budući razvoj prerade drveta u Srbiji. U

tom smislu potencijalna proizvodnja bukovih greda od lepljenog lameliranog drveta u Srbiji bi zasigurno otvorila nove mogućnosti za razvoj prerade drveta kroz njihov izvoz pre svega na tržište Nemačke.

- Treći stub na kojem se zasniva platforma razvoja tržišta kompozitnih proizvoda od drveta u Srbiji je **regulatorni okvir** i s tim u vezi odgovarajućii tehnički propisi koji su od izuzetnog značaja za razvoj **infrastrukture kvaliteta** kompozitnih proizvoda od drveta.

- Imajući u vidu da standardi nemaju važnu ulogu samo za proizvođače kompozitnih proizvoda od drveta već i za područje njihove ugradnje u različite građevinske objekte, u radu je istaknuta potreba što skorijeg donošenja odgovarajućih tehničkih propisa u Srbiji. U tom smislu poznavanje odredbi najznačajnijih evropskih standarda za pojedine kategorije kompozitnih proizvoda od drveta je od posebnog značaja u procesu izrade i donošenja takvih propisa. Iz tog razloga u posebnom delu rada dat je pregled i navedene su najznačajnije karakteristike pojedinih standarda koji će predstavljati polaznu osnovu za donošenje takvih propisa.

- Paralelno sa formiranjem regulatornog okvira potrebno je sprovesti aktivnosti na osnivanju referentne nacionalne laboratorije za ispitivanje kompozitnih proizvoda od drveta kao i aktivnosti na daljem usvajanju i primeni evropskih standarda iz te oblasti. Iskustva i rezultati istraživanja koja su sprovedena u Austriji i izneta u ovom radu mogu biti od velike pomoći u tim procesima. Na ovaj način postojeći i budući proizvođači kompozitnih proizvoda od drveta bi bili u mogućnosti da neophodne ateste i sertifikate za svoje proizvode dobiju od akreditovanih referentnih laboratorija u Srbiji. To bi zasigurno uticalo i na povećanje broja proizvođača ovih proizvoda imajući u vidu da bi troškovi dobijanja odgovarajućih atesta i sertifikata bili zasigurno niži u poređenju sa troškovima izdavanja sertifikata u inostranstvu.

Navedeni rezultati sprovedenih istraživanja u domenu tržišta kompozitnih proizvoda od drveta, sa posebnim osvrtom na lepljeno lamelirano drvo predstavljaju doprinos dosadašnjim, ali i budućim istraživanjima u Srbiji u ovoj oblasti. Pored toga ova istraživanja mogu biti od velikog značaja i u procesu izrade budućih strategija razvoja prerade drveta u Srbiji jer su jasno pokazala da kompozitni proizvodi od drveta predstavljaju novu generaciju proizvoda izuzetnih karakteristika, sa širokim područjima primene i dinamičnim rastom tržišta.

## 9. LITERATURA

1. Australian Government, Forest and Wood Products Research and Development Corporation. 2004. Timber as a Sustainable Building Material. Timber in environmentally sustainable development. <http://www.timberbuilding.arch.utas.edu.au/publications/PDF/3%20Timber%20as%20a%20Sustainable%20Material.pdf>; (posećeno: april, 2013.god.)
2. Austrian Standards. 1995. Eurocodes. <https://www.austrian-standards.at/de/infopedia-themecenter/infopedia-artikel/eurocodes/#c964>; (posećeno: februar, 2015.god.)
3. Banković S., Medarević M., Pantić D., Petrović N., Šljukić B., Obradović S. 2009. Šumski fond Republike Srbije – stanje i problemi. Bulletin of the Faculty of Forestry 100: 7-30. <http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/0353-4537/2009/0353-45370900007B.pdf>; (posećeno: februar, 2015.god.)
4. Barnes, A. i Niemann, T. 2014. 2012 Economic State of the B.C. Forest Sector. Competitiveness and Innovation Branch. Ministry of Forests, Lands and Natural Resource Operations. <http://www.for.gov.bc.ca/ftp/het/external/!publish/web/economic-state/Economic-State-of-BC-Forest-Sector-2012.pdf>; (posećeno: februar, 2015.god.)
5. Bašić, N., Kulenović E. i Hozdić E. 2014. Ljepljenje lameliranih elemenata za proizvodnju građevinske stolarije. Tehnički glasnik 8, 2(2014), 176-181. <http://hrcak.srce.hr/file/184409>; (posećeno: mart, 2015.god.)
6. Bourreau, D., Aimene Y., Beauchene J. i Thibaut B. 2013. Feasibility of glued laminated timber beams with tropical hardwoods. European Journal of Wood and Wood Products, Springer Verlag (Germany), 71 (5), pp.653-662. [https://hal.inria.fr/file/index/docid/856933/filename/Feasibility\\_glued\\_laminated\\_timber\\_Bourreau\\_al.pdf](https://hal.inria.fr/file/index/docid/856933/filename/Feasibility_glued_laminated_timber_Bourreau_al.pdf); (posećeno: januar, 2015.god.)
7. Brandner, R. 2013. Production and Technology of Cross Laminated Timber (CLT): A state-of-the-art Report. Univ.-Assistant, Deputy Director of the Institute of Timber Engineering and Wood Technology, Graz University of Technology.

Area Manager of Competence Centre holz.bau forschungs gmbh Graz, Austria.  
<http://www.iom3.org/fileproxy/457425>; (posećeno: maj, 2014.god.)

8. Castro, G. i Fragnelli, G. 2006. New technologies and alternative uses for poplar wood. C.R.A. - Istituto di Sperimentazione per la Pioppicoltura. Boletín del CIDEU 2: 27-36 (2006). <http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2258287.pdf>; (posećeno: avgust, 2014.god.)
9. Choi, S. I., Sakai, M., Oh, W. S., Jeong, S. I. i Kang H. M. 2003. Comparison of Timber Trade Patterns between Japan and Korea. Laboratory of Forest Policy, Division of Forest Environment and Management Sciences, Department of Forest and Forest Products Sciences, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka 812-8581, Japan. <http://catalog.lib.kyushu-u.ac.jp/handle/2324/4554/p359.pdf>; (posećeno: decembar, 2014.god.)
10. CINTRAFOR. 2013. Wood Manufacturing Industry In Japan. <http://www.cintrafor.org/publications/newsletter/C4news2013summer.pdf>; (posećeno: septembar, 2014.god.)
11. Drvojeprvo. 2014. [www.drvojeprvo.hr](http://www.drvojeprvo.hr); (posećeno: mart, 2015.god.)
12. EBRD. 2013. Forest Sector Study of the Russian Far East – Road Map for Value Added Investment in Forest Industry. European Bank for Reconstruction and Development. <http://www.fao.org/forestry/40341-052db4ed4755d0c9a5c3c26ef1637209d.pdf>; (posećeno: januar, 2015.god.)
13. European Wood Factsheets. 2004. Wood products as carbon stores. [http://www.vhn.org/pdf/Eurofact3-Wood\\_as\\_Carbon\\_stores.pdf](http://www.vhn.org/pdf/Eurofact3-Wood_as_Carbon_stores.pdf); (posećeno: maj, 2013.god.)
14. FAO i UNECE. 2013. Report of the joint seventy-first session of the Committee on Forests and the Forest Industry and thirty-seventh session of the European Forestry Commission. Annex I: Market Statement 2013. [http://www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/statsdata/Market\\_Statement2013.pdf](http://www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/statsdata/Market_Statement2013.pdf); (posećeno: jun, 2014.god.)

15. FAOSTAT. 2015. Forestry Production and Trade Canada. <http://faostat3.fao.org/download/F/FO/E>; (posećeno: februar, 2015.god.)
16. Fleishman J. S., Eastin L. I. i Shook R. S. 2000. Material Substitution Trends In Residential Construction, 1995 vs 1998. Cintrafor, Executive Summary, Working Paper 73. <http://www.cintrafor.org/publications/workingpapers/WP73.pdf>; (posećeno: mart, 2014.god.)
17. Franke, B., Schusser, A. i Müller A. 2014. Analysis of finger joints from beech wood. WCTE 2014. World Conference on Timber Engineering Quebec City, Canada, August 10-14, 2014. [http://schd.ws/hosted\\_files/wcte2014/da/ABS171\\_Franke\\_web.pdf](http://schd.ws/hosted_files/wcte2014/da/ABS171_Franke_web.pdf); (posećeno: mart, 2015.god.)
18. Gaston, C., Cohen, D. i Fell, D. 2010. Wood market trends in Japan. Natural Resources Canada/Canadian Forest Service. Special Publication SP-43-R. <https://fpinnovations.ca/products-and-services/market-and-economics/Documents/2009-wood-market-trend-in-japan.pdf>; (posećeno: novembar, 2014.god.)
19. Gaston, W. C. 2014. Visual Wood Product Trends in North American Nonresidential Buildings. Forest Products Journal: 2014, Vol. 64, No. 3-4, pp. 107-115. <http://www.forestprodjournals.org/doi/abs/10.13073/FPJ-D-13-00077?journalCode=fpro>; (posećeno: februar, 2015.god.)
20. Giurgiu, M. i Cismaru, I. 2011. Influence of the number of lamellas upon the mechanical properties of poplar beams. [http://www.proligno.ro/ro/articles/2011/4/giurgiu\\_full.pdf](http://www.proligno.ro/ro/articles/2011/4/giurgiu_full.pdf); (posećeno: jul, 2013.god.)
21. Gneixendorf - Krems an Der Donau. 2014. Schlüsselfertige Häuser in Gneixendorf/Krems an der Donau – Hohe Landesförderung für Passivbauweise. Projekt NR: 16-13. <http://www.ged.co.at/objekte/gneixendorf-krems-an-der-donau/>; (posećeno: mart, 2015.god.)



22. Gold, S. i Frieder, R. 2009. Consumer attitudes towards timber as a construction material and towards timber frame houses – selected findings of a representative survey among the German population. *Journal of Cleaner Production*. Volume 17, Issue 2, January 2009, Pages 303–309. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652608001613>; (posećeno: februar, 2015.god.)
23. Gradnja drvetom u Srbiji. 2013. Hotel Falkensteiner Beograd. 12.mart 2013. Organizator proHolz u saradnji sa Tehničkim Univerzitetom Grac i Univerzitetima u Beogradu, Novom Sadu i Zagrebu. Suorganizator Klaster drvoprerađivača, Beograd.
24. Hartwig, P. R. 2014. Overview and Outlook for the P-C Insurance Industry Behind the Numbers. Insurance Information Institute. Market Presentation United States of America [http://www.lloyds.com/~media/files/the%20market/tools%20and%20resources/new%20market%20intelligence/market%20presentations/north%20america/us\\_mi\\_2014\\_06\\_26%20market%20presentation.pdf](http://www.lloyds.com/~media/files/the%20market/tools%20and%20resources/new%20market%20intelligence/market%20presentations/north%20america/us_mi_2014_06_26%20market%20presentation.pdf); (posećeno: februar, 2015.god.)
25. HGK. 2009. Završeni natječaji za drvene vrtiće. <http://www.drvojeprvo.hr/docs/drvojeprvoHR/PressPDFDatoteke/3/Original.doc>; (posećeno: mart, 2015.god.)
26. Holzindustrie Schweiz. 2013. Jahresbericht 2013. [http://www.holzbois.ch/fileadmin/his/Bilder/Verband/holzindustrie\\_schweiz\\_jb13\\_de.pdf](http://www.holzbois.ch/fileadmin/his/Bilder/Verband/holzindustrie_schweiz_jb13_de.pdf); (posećeno: decembar, 2014.god.)
27. Informationsbroschüre Wohnbauförderung Eigenheim. 2015. [http://www.noe.gv.at/bilder/d59/Broschuere\\_EH.pdf](http://www.noe.gv.at/bilder/d59/Broschuere_EH.pdf); (posećeno: mart, 2015.god.)
28. Institut za standardizaciju Srbije. 2012. Evrokod 5 - Projektovanje drvenih konstrukcija. <http://www.iss.rs/rs/standard/?keywords=SRPS+EN+1995&Submit>; (posećeno: avgust, 2014.god.)

29. Institut za standardizaciju Srbije. 2014. [http://www.iss.rs/rs/standard/?natstandard\\_document\\_id=36614](http://www.iss.rs/rs/standard/?natstandard_document_id=36614); (posećeno: novembar, 2014.god.)
30. Inženjerska komora Srbije. 2012. Primer elaborata energetske efikasnosti. [http://www.ingkomora.org.rs/strucniispiti/download/ee/Primer\\_elaborata\\_energetske\\_efikasnosti.pdf](http://www.ingkomora.org.rs/strucniispiti/download/ee/Primer_elaborata_energetske_efikasnosti.pdf); (posećeno: januar, 2015.god.)
31. Jaakko Pöyry Consulting. 2001. Investment Opportunities in the Australian Forest Products Industry. Prepared for Department of Agriculture, Fisheries and Forestry – Australia. [http://www.agriculture.gov.au/SiteCollectionDocuments/forestry/invest\\_op\\_report.pdf](http://www.agriculture.gov.au/SiteCollectionDocuments/forestry/invest_op_report.pdf); (posećeno: novembar, 2014.god.)
32. JAWIC. 2013/a. Japan wood market statistics December 2013. [http://x.ep.org/en/system/files/JAWIC+2013\\_12.pdf](http://x.ep.org/en/system/files/JAWIC+2013_12.pdf); (posećeno: septembar, 2014.god.)
33. Jiang, Y., Schaffrath, J., Knorz, M., Winter, S. i Willem van de Kuilen, J. 2014. Applicability of various wood species in glued laminated timber - parameter study on delamination resistance and shear strength. WCTE 2014. World Conference on Timber Engineering Quebec City, Canada, August 10-14, 2014. [http://schd.ws/hosted\\_files/wcte2014/60/ABS568\\_Winter\\_web.pdf](http://schd.ws/hosted_files/wcte2014/60/ABS568_Winter_web.pdf); (posećeno: mart, 2015.god.)
34. Kadović, R. 2015. Promena klime i šumski ekosistemi. Šumarski fakultet. Odsek za šumarstvo i Odsek za zaštitu od erozije. <http://data.sfb.bg.ac.rs/sftp/zastita.suma/Zastita%20suma/Zastita%20predavanje%206-%20promena%20klime.pps>; (posećeno: mart, 2015.god.)
35. Kuzman, K. M. 2009. Drvo kao građevni materijal budućnosti. Građevinar 62 (2010) 4, 313-318. UDK 624.011.001.8:725/728. <http://hrcak.srce.hr/file/79618>; (posećeno: februar, 2015.god.)

36. Kuzman, K. M., Oblak, L. i Vratuša, S. 2010. Lamelirano lijepljeno drvo u arhitekturi. *Drvna industrija* 61 (3) 197-204 (2010). <http://hrcak.srce.hr/file/88694>; (posećeno: februar, 2015.god.)
37. Leyder, C., Wanninger, F. i Frangi, A. 2014. Field testing on innovative timber structures. WCTE 2014. World Conference on Timber Engineering Quebec City, Canada, August 10-14, 2014. [http://schd.ws/hosted\\_files/wcte2014/fa/ABS170\\_Leyder\\_web.pdf](http://schd.ws/hosted_files/wcte2014/fa/ABS170_Leyder_web.pdf); (posećeno: mart, 2015.god.)
38. Marinković, I. 2013. Popis stanovništva 2011. Osnovne strukture populacije Srbije. Ministarstvo rada, zapošljavanja i socijalne politike u saradnji sa Centrom za demografska istraživanja Instituta društvenih nauka i Društvom demografa Srbije. <http://www.minrzs.gov.rs/files/doc/podrobnosti/Demografski%20pregled/2013/47%20Popis%20stanovništva%202011.Osnovne%20strukture%20populacije%20Srbije.pdf>; (posećeno: novembar, 2014.god.)
39. Méausoone P.-J., Pizzi, A., Oudjene, M., Gautier, M., Roy, K. i Tran, V.D. 2014. Industrial scale beech woodlam GST and fingerjoints by maximizing natural components in honeymoon fast-set adhesives. Vol. 10 N° 4 2014. <http://www.proligno.ro/ro/articles/2014/4/pizzi.pdf>; (posećeno: mart, 2015.god.)
40. Ojurović, R. i Grbac I. 2009. Drvo u suvremenim trendovima stanovanja. <http://hrcak.srce.hr/file/54721>; (posećeno: decembar, 2014.god.)
41. Potkány, M. 2005. System for establishing intradepartmental prices in slovak wood processing industry. *Drvna industrija* 56 (4) 177-188 (2005). UDK: 630\*79; 674.093:657.47. <http://hrcak.srce.hr/file/5983>; (posećeno: novembar, 2014.god.)
42. Pravilnik o sadržini i načinu izrade tehničke dokumentacije za objekte visokogradnje. 2006. „Službeni glasnik RS” br. 47/03 i 34/06. [http://www.kombeg.org.rs/Slike/UdrGradjevinarstvo/Statika/Informacije-zakoni/pravilnik\\_tehnicka\\_dokumentacija.pdf](http://www.kombeg.org.rs/Slike/UdrGradjevinarstvo/Statika/Informacije-zakoni/pravilnik_tehnicka_dokumentacija.pdf); (posećeno: avgust, 2014.god.)

43. Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu visokih objekata od požara. 1984. <http://www.vatroival.com/doc/propisi/ZOP/Pravilnik%20o%20tehnickim%20normativima%20za%20za%C5%A1titu%20visokih%20objekata%20od%20po%C5%BEara.pdf>; (posećeno: mart, 2014.god.)
44. Pravilnik o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetske svojstvima zgrada. 2011. <http://www.kombeg.org.rs/Slike/UdrGradjevinarstvo/Statika/Informacije-zakoni/EnergetskaEfik.pdf>; (posećeno: novembar, 2014.god.)
45. Puettmann, E. M. i Wilson, B. J. 2004. Glued laminated beams – Pacific Northwest and Southeast. CORRIM: Phase I Final Report. [http://www.corrim.org/pubs/reports/2005/phase1/Module\\_G\\_Final.pdf](http://www.corrim.org/pubs/reports/2005/phase1/Module_G_Final.pdf); (posećeno: januar, 2015.god.)
46. Stora Enso. 2014. Wooden structures create sustainable homes with the best energy standard. Passive house development made from Stora Enso-CLT opens in Gneixendorf. <http://www.clt.info/es/wp-content/uploads/sites/9/2015/02/2014-11-Gneixendorf-Wooden-structures-create-sustainable-homes-with-the-best-energy-standard.pdf>; (posećeno: januar, 2015.god.)
47. Šorn, Š. i Bogner, A. 2006. Investigations of gluing quality of laminated window profiles. *Drvena industrija* 57 (3) 99-107 (2006). UDK: 630\*824.42; 630\*824.52. <http://hrcak.srce.hr/file/16637>; (posećeno: januar, 2015.god.)
48. U.S. Census Bureau. 2015. U.S. Department of Housing and Urban Development. <http://www.census.gov/const/www/newresconstindex.html>; (posećeno: mart, 2015.god.)
49. Über proHolz. 2015. Arbeitsgemeinschaft der österreichischen Holzwirtschaft. <http://www.proholz.at/ueber-proholz/>; (posećeno: februar, 2015.god.)
50. UNECE/FAO. 2000. Engineered Wood Products – Production, Trade, Consumption and Outlook. Chapter 11. Forest Products Annual Market Review 1999-2000. Forestry and Timber Section, Geneva, Switzerland. UNECE/FAO.

<http://www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/docs/rev-00/11.pdf>; (posećeno: april, 2013.god.)

51. UNECE/FAO. 2005. Forest Products Annual Market Review 2004-2005. Forestry and Timber Section, Geneva, Switzerland. UNECE/FAO. [http://www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/docs/fpama/2005/2005\\_fpamr.pdf](http://www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/docs/fpama/2005/2005_fpamr.pdf); (posećeno: april, 2013.god.)
52. UNECE/FAO. 2007. Forest Products Annual Market Review 2006-2007. Forestry and Timber Section, Geneva, Switzerland. UNECE/FAO. <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/docs/fpama/2007/FPAMR2007.pdf>; (posećeno: april, 2013.god.)
53. UNECE/FAO. 2009. Forest Products Annual Market Review 2008-2009. Forestry and Timber Section, Geneva, Switzerland. UNECE/FAO. [http://www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/publications/Final\\_FPAMR2009.pdf](http://www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/publications/Final_FPAMR2009.pdf); (posećeno: april, 2013.god.)
54. UNECE/FAO. 2010. Forest Products Annual Market Review 2009-2010. Forestry and Timber Section, Geneva, Switzerland. UNECE/FAO. <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/publications/sp-25.pdf>; (posećeno: februar, 2015.god.)
55. UNECE/FAO. 2011. Forest Products Annual Market Review 2010-2011. Forestry and Timber Section, Geneva, Switzerland. UNECE/FAO. [http://www.unece.org/fileadmin/DAM/publications/timber/FPAMR\\_2010-2011\\_HQ.pdf](http://www.unece.org/fileadmin/DAM/publications/timber/FPAMR_2010-2011_HQ.pdf); (posećeno: april, 2013.god.)
56. UNECE/FAO. 2013. Forest Products Annual Market Review 2012-2013. Forestry and Timber Section, Geneva, Switzerland. UNECE/FAO. <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/publications/FPAMR2013.pdf>; (posećeno: april, 2014.god.)
57. UNECE/FAO. 2014. Forest Products Annual Market Review 2013-2014. Forestry and Timber Section, Geneva, Switzerland..

[http://www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/publications/FPAMR-2014-final\\_01.pdf](http://www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/publications/FPAMR-2014-final_01.pdf); (posećeno: februar, 2015.god.)

58. Užar, J. 2013. Drvo – materijal u suglasnosti s prirodom. Tehnički glasnik 7, 3(2013), 258-262. <http://hrcak.srce.hr/file/161418>; (posećeno: decembar, 2014.god.)
59. Volkmer, T., Schusser, A. i Franke B. 2014. Analysis of the penetration of adhesives at finger-joints in beech wood. WCTE 2014. World Conference on Timber Engineering Quebec City, Canada, August 10-14, 2014. [http://schd.ws/hosted\\_files/wcte2014/f9/ABS172\\_Franke\\_web.pdf](http://schd.ws/hosted_files/wcte2014/f9/ABS172_Franke_web.pdf); (posećeno: mart, 2015.god.)
60. Wahl, A., Poon J. i Toosi B. 2012. British Columbia Forest Products Trend Analysis in Export Markets 2011. Business Analysis, Forestry Innovation Investment. 2665 East Mall Vancouver, British Columbia V6T 1W5. <http://www.bcfii.ca/wp-content/uploads/downloads/2012/11/2011-Export-Market-Analysis-Vol-2-Final.pdf>; (posećeno: septembar, 2014.god.)
61. Zakon o planiranju i izgradnji. 2014. "Sl. glasnik RS", br. 72/2009, 81/2009 - ispr., 64/2010 - odluka US, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - odluka US, 50/2013 - odluka US, 98/2013 - odluka US, 132/2014 i 145/2014. [http://www.paragraf.rs/propisi\\_download/zakon\\_o\\_planiranju\\_i\\_izgradnji.pdf](http://www.paragraf.rs/propisi_download/zakon_o_planiranju_i_izgradnji.pdf); (posećeno: februar, 2015.god.)
62. Zakon o potvrđivanju Amandmana na Aneks B Kjoto protokola uz Okvirnu konvenciju Ujedinjenih nacija o promeni klime. 2009. <http://www.parlament.gov.rs/upload/archive/files/cir/pdf/zakoni/2009/2748-08.zip>; (posećeno: februar, 2015.god.)
63. Zakon o potvrđivanju Kjoto protokola uz okvirnu konvenciju Ujedinjenih Nacija o promeni klime. 2007. [http://rcee.masfak.ni.ac.rs/wp-content/uploads/2015/01/Zakon-o-potvr%C4%91ivanju-Kjoto-protokola-uz-okvirnu-konvenciju-UN-o-promeni-klime\\_0.pdf](http://rcee.masfak.ni.ac.rs/wp-content/uploads/2015/01/Zakon-o-potvr%C4%91ivanju-Kjoto-protokola-uz-okvirnu-konvenciju-UN-o-promeni-klime_0.pdf); (posećeno: januar, 2015.god.)

64. Zakon o zaštiti od požara. 2015. "Sl. glasnik RS", br. 111/2009 i 20/2015. [http://www.paragraf.rs/propisi\\_download/zakon\\_o\\_zastiti\\_od\\_pozara.pdf](http://www.paragraf.rs/propisi_download/zakon_o_zastiti_od_pozara.pdf); (posećeno: mart, 2015.god.)
65. Zakon o zaštiti životne sredine. 2011. "Sl. glasnik RS", br. 135/2004, 36/2009, 36/2009 - dr. zakon, 72/2009 - dr. zakon i 43/2011 - odluka US. [http://www.paragraf.rs/propisi\\_download/zakon\\_o\\_zastiti\\_zivotne\\_sredine.pdf](http://www.paragraf.rs/propisi_download/zakon_o_zastiti_zivotne_sredine.pdf); (posećeno: februar, 2015.god.)
66. Abbott, A.R. i Whale, L.R.J. 1987. An overview of the use of glued laminated timber (glulam) in the UK. *Construction and Building Materials*, Volume 1, Issue 2, June 1987, Pages 104-110. <http://www.sciencedirect.com.proxy.kobson.nb.rs:2048/science/article/pii/0950061887900079/pdf?md5=cfd1dc6c5c52517c8dfbcebfc786a4ab&pid=1-s2.0-0950061887900079-main.pdf>; (posećeno: februar, 2015.god.)
67. Aicher, S.<sup>1</sup> i Ohnesorge, D.<sup>2</sup> 2010. Shear strength of glued laminated timber made from European beech timber. *European Journal of Wood and Wood Products* (2011) 69: 143–154. <sup>1</sup>MPA Stuttgart, Otto-Graf-Institute, Department Timber Structures, University of Stuttgart, Pfaffenwaldring 4, 70569 Stuttgart (Vaihingen), Germany. <sup>2</sup>Institute of Forest Utilization and Work Science, Albert-Ludwigs-University of Freiburg, Werthmannstr. 6, 79085 Freiburg, Germany. [http://download.springer.com/static/pdf/307/art%253A10.1007%252Fs00107-009-0399-9.pdf?auth66=1423680590\\_be072f95dc4e137d6501551e24198fd6&ext=.pdf](http://download.springer.com/static/pdf/307/art%253A10.1007%252Fs00107-009-0399-9.pdf?auth66=1423680590_be072f95dc4e137d6501551e24198fd6&ext=.pdf); (posećeno: februar, 2015.god.)
68. Alwin Hohne Holzhandel. 2008. [http://www.holz-hoehne.de/aktionen/hoehne\\_preise08\\_web.pdf](http://www.holz-hoehne.de/aktionen/hoehne_preise08_web.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
69. Alwin Hohne Holzhandel. 2009. [http://www.produkte24.com/images/catalogs/4509/pdf\\_22336.pdf](http://www.produkte24.com/images/catalogs/4509/pdf_22336.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)

70. Alwin Hohne Holzhandel. 2010. [http://www.produkte24.com/images/catalogs/4509/pdf\\_25422.pdf](http://www.produkte24.com/images/catalogs/4509/pdf_25422.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
71. Alwin Hohne Holzhandel. 2011. <http://www.holz-hoehne.de/1preisliste-11-web.pdf>; (posećeno: februar, 2014.god.)
72. Alwin Hohne Holzhandel. 2013. <http://www.holz-hoehne.de/katalog-hoehne-2013-internet.pdf>; (posećeno: februar, 2014.god.)
73. Aubree, A. 2009. BREEAM International. BREEAM Europe Manager, BRE Global. <http://www.fsr.is/lisalib/getfile.aspx?itemid=4690>; (posećeno: septembar, 2013.god.)
74. Australian Government, Forest and Wood Products Research and Development Corporation. 2004. Timber as a Sustainable Building Material. Timber in environmentally sustainable development. <http://www.timberbuilding.arch.utas.edu.au/publications/PDF/3%20Timber%20as%20a%20Sustainable%20Material.pdf>; (posećeno: april, 2013.god.)
75. Bauhag. 2013. [http://www.bauhag.ch/fileadmin/download/Garten/Terrassenholz/Preisliste\\_2013\\_Terrassenboeden\\_web.pdf](http://www.bauhag.ch/fileadmin/download/Garten/Terrassenholz/Preisliste_2013_Terrassenboeden_web.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
76. Bumgardner S.M., Hansen G.B., Schuler T.A. i Araman A. P. 2003. Options for Small-Diameter Hardwood Utilization - Past and Present. <http://sofew.cfr.msstate.edu/papers/01bumgardner.pdf>; (posećeno: februar, 2015.god.)
77. CEI-Bois, the European Confederation of woodworking industries. 2010. Tackle Climate Change: Use Wood. <http://www.cei-bois.org/files/b03500-p01-84-ENG.pdf>; (posećeno: novembar, 2011.god.)
78. CEI-Bois, the European Confederation of woodworking industries. 2011. The Forest sector's contribution to the European Bio-Economy. [http://www.cei-bois.org/files/35.011\\_PRO\\_booklet.pdf](http://www.cei-bois.org/files/35.011_PRO_booklet.pdf); (posećeno: novembar, 2011.god.)



79. Commission Decision. 2003. Establishing the classes of reaction-to-fire performance for certain construction products. Official Journal of the European Communities. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:013:0035:0036:EN:PDF>; (posećeno: februar, 2013.god.)
80. Corradini, R., Hutter, C. & Köhler, D. 1999. Ganzheitliche Bilanzierung von Grundstoffen und Halbzeugen. Teil I Allgemeiner Teil. Forschungsstelle für Energiewirtschaft. München. [https://www.ffe.de/download/langberichte/FfE\\_GaBiE\\_Bilanzierung\\_Halbzeugen\\_Grundstoffen.pdf](https://www.ffe.de/download/langberichte/FfE_GaBiE_Bilanzierung_Halbzeugen_Grundstoffen.pdf); (posećeno: decembar, 2014.god.)
81. Deutsche Institut für Bautechnik. 2014. Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-9.1-679. BS-Holz aus Buche und BS-Holz Buche-Hybridträger. [http://www.brettschichtholz.de/publish/binarydata/pdfs/stghb\\_abz\\_bs-holz-buche\\_2014\\_print\\_140127.pdf](http://www.brettschichtholz.de/publish/binarydata/pdfs/stghb_abz_bs-holz-buche_2014_print_140127.pdf); (posećeno: jun, 2014.god.)
82. Die Behrens Gruppe. 2010. [http://www.produkte24.com/images/catalogs/5844/pdf\\_37691.pdf](http://www.produkte24.com/images/catalogs/5844/pdf_37691.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
83. Dill-Langer, G. i Aicher S. 2014. Glulam Composed of Glued Laminated Veneer Lumber Made of Beech Wood: Superior Performance in Compression Loading. Materials and Joints in Timber Structures, RILEM Bookseries Volume 9, 2014, pp 603-613. [http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-94-007-7811-5\\_55](http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-94-007-7811-5_55); (posećeno: februar, 2015.god.)
84. DIN EN 1912 - Bauholz für tragende Zwecke - Festigkeitsklassen - Zuordnung von visuellen Sortierklassen und Holzarten (enthält Änderung A1:2007)
85. Drake, G., Berry, M. & Schroeder, D. 2015. Effect of cold temperatures on the shear behavior of glued laminated beams. Cold Regions Science and Technology, Volume 112, 2015, Pages 45-50. <http://www.sciencedirect.com.proxy.kobson.nb.rs:2048/science/article/pii/S01652>

32X15000038/pdf?md5=cc0edda71cad283b4e7d0432e0e62cf9&pid=1-s2.0-S0165232X15000038-main.pdf; (posećeno: februar, 2015.god.)

86. Ebner, G. 2013. Glulam: Exemplary calculation. Timber online. News-Market Analyses-Wood Construction/Components. <http://www.timber-online.net/?id=2500,5262297>; (posećeno: novembar, 2014.god.)
87. Ecoplus. 2009. The Business Agency of Lower Austria. Eco-Innovation Support through Clusters.<http://www.ecoplus.at/magazin/00/artikel/48019/doc/e/eco%20innovation%20support%20through%20clusters.pdf?ok=j>; (posećeno: januar, 2010.god.)
88. EN 12369-1:2001. Wood-based panels - Characteristic values for structural design - Part 1: OSB, particleboards and fibreboards
89. EN 13501-1:2007+A1. 2009. Fire classification of construction products and building elements - Part 1: Classification using data from reaction to fire tests
90. EN 13986:2004. Wood-based panels for use in construction - Characteristics, evaluation of conformity and marking
91. EN 14080:2005. Timber structures - Glued laminated timber – Requirements
92. EN 14279:2004+A1:2009. 2009. Laminated Veneer Lumber (LVL) - Definitions, classification and specifications
93. EN 14374:2004. Timber structures - Structural laminated veneer lumber – Requirements
94. EN 1995-1-1:2004+A1:2008+AC:2006. Design of timber structures - Part 1-1: General - Common rules and rules for buildings
95. EN 1995-1-2:2004/AC:2009. Design of timber structures - Part 1-2: General - Structural fire design
96. EN 300:2006. Oriented Strand Boards (OSB) - Definitions, classification and specifications

97. EN 301:2006. Adhesives, phenolic and aminoplastic, for load-bearing timber structures - Classification and performance requirements
98. EN 386:2001. Glued laminated timber. Performance requirements and minimum production requirements
99. EN 387:2001 Glued laminated timber - Large finger joints - Performance requirements and minimum production requirements
100. EN 390:1994. Glued laminated timber — Sizes — Permissible deviations.
101. EN 408:2010. Timber structures. Structural timber and glued laminated timber. Determination of some physical and mechanical properties.
102. European Wood Factsheets. 2004. Wood products as carbon stores. [http://www.vhn.org/pdf/Eurofact3-Wood\\_as\\_Carbon\\_stores.pdf](http://www.vhn.org/pdf/Eurofact3-Wood_as_Carbon_stores.pdf); (posećeno: maj, 2013.god.)
103. EuroStat database. 2014. <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home>. (posećeno: septembar, 2014.god.)
104. FAKRO. 2012. Cenik izdelkov. <http://www.fakro-okna.si/Ceniki/FAKRO%20cenik%202012.pdf>; (posećeno: jul, 2013.god.)
105. FAO. 2000. Forest products annual market review 1999-2000. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/docs/rev-00/11.pdf>; (posećeno: novembar, 2011.god.)
106. FAOSTAT. 2011. Statistical Data. <http://faostat.fao.org/site/630/default.aspx>; (posećeno: novembar, 2012.god.)
107. Frese, M. & Blaß, H. J. 2006. Die Biegefestigkeit von Keilzinkenverbindungen aus Brettern der Buche (*Fagus silvatica*L.). Holz als Roh- und Werkstoff (2006) 64: 433–443. <http://download.springer.com/static/pdf/445/art%253A10.1007%252Fs00107->

006-0144-

6.pdf?auth66=1423680820\_08c0647c83e8714fce203b902503e815&ext=.pdf;

(posećeno: februar, 2015.god.)

108. Frese, M. i Blaß H.J. 2006. Characteristic bending strength of beech glulam. *Materials and Structures* (2006) 40:3–13. Lehrstuhl für Ingenieurholzbau und Baukonstruktionen, University of Karlsruhe, 76128 Karlsruhe, Germany  
[http://download.springer.com/static/pdf/742/art%253A10.1617%252Fs11527-006-9117-9.pdf?auth66=1423680445\\_99ab7610cb595eecd38dfb14765d6fb&ext=.pdf](http://download.springer.com/static/pdf/742/art%253A10.1617%252Fs11527-006-9117-9.pdf?auth66=1423680445_99ab7610cb595eecd38dfb14765d6fb&ext=.pdf);  
(posećeno: februar, 2015.god.)
109. Frese, M. i Riedler, T. 2009. Untersuchung von Buchenschnittholz (*Fagus sylvatica* L.) hinsichtlich der Eignung für Brettschichtholz. *European Journal of Wood and Wood Products* (2010) 68:445–453.  
[http://download.springer.com/static/pdf/949/art%253A10.1007%252Fs00107-009-0385-2.pdf?auth66=1423680694\\_eadf5ed3b622ff1c8e18ae27e7c687b9&ext=.pdf](http://download.springer.com/static/pdf/949/art%253A10.1007%252Fs00107-009-0385-2.pdf?auth66=1423680694_eadf5ed3b622ff1c8e18ae27e7c687b9&ext=.pdf);  
(posećeno: februar, 2015.god.)
110. Fruhwald, A. 2005. Introduction to LCA of wooden products. University of Hamburg, Germany. [http://www.ctib-tchn.be/useruploads/files/2005-04\\_Fruhwald\\_Introduction\\_to\\_LCA\\_of\\_wooden\\_products.pdf](http://www.ctib-tchn.be/useruploads/files/2005-04_Fruhwald_Introduction_to_LCA_of_wooden_products.pdf); (posećeno: januar, 2014.god.)
111. Fruhwald, A. 2009. Eigenschaften, Qualitäten, Verwendbarkeit von Laubholz. Universität Hamburg und Leiter des Institutes HTB Johann Heinrich von Thünen-Institut Hamburg. <http://www.stiftung-august-bier.de/images/stories/pdf/Vortrag%202009%20Fruhwald.pdf>; (posećeno: februar, 2014.god.)
112. Geppetto Holz. 2013. <http://www.holz-austria.at/downloaddata/Bauholz.pdf>;  
(posećeno: februar, 2014.god.)

113. Gereke, T.<sup>1</sup>, Schnider, T.<sup>1</sup>, Hurst, A.<sup>2</sup> i Niemz, P.<sup>1</sup> 2006. Identification of moisture-induced stresses in cross-laminated wood panels from beech wood (*Fagus sylvatica* L.). *Holz als Roh- und Werkstoff* (2006) 64: 385–391. <sup>1</sup>Institute for Building Materials (Wood Physics), ETH Zurich, Schafmattstrasse 6, 8093 Zurich, Switzerland. <sup>2</sup>Bern University of Applied Science, Solothurnstrasse 102, 2504 Biel, Switzerland.  
[http://download.springer.com/static/pdf/259/art%253A10.1007%252Fs00226-008-0218-1.pdf?auth66=1423680668\\_ee39babc519cf2d70c823ddff8e977b8&ext=.pdf](http://download.springer.com/static/pdf/259/art%253A10.1007%252Fs00226-008-0218-1.pdf?auth66=1423680668_ee39babc519cf2d70c823ddff8e977b8&ext=.pdf);  
 (posećeno: februar, 2015.god.)
114. Glavonjić, B., Vlosky, R., Borlea, F., Petrović, S., Sretenović, P. 2009. The Wood Products Industry in the Balkan Region, *Forest Products Journal*, Vol.59., No.10, p.98-111; (posećeno: mart, 2011.god.)
115. Glued laminated timber association. 2006. *Specifiers Guide*.  
<http://www.donaldsonandmccconnell.co.uk/GlulamSpecifiersGuide.pdf>;  
 (posećeno: septembar, 2010.god.)
116. GRID-Arendal, United Nations Environment Programme publication. 2008. *Kick the Habit- A UN Guide to Climate Neutrality*.  
[http://www.grida.no/files/publications/kick-the-habit/kick\\_full\\_lr.pdf](http://www.grida.no/files/publications/kick-the-habit/kick_full_lr.pdf); (posećeno: maj, 2013.god.)
117. Grischa silva. 2005.  
[http://www.produkte24.com/images/catalogs/1432/pdf\\_5486.pdf](http://www.produkte24.com/images/catalogs/1432/pdf_5486.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
118. Hans Schreier. 2013. <http://www.holz-treindl.de/bild/pdf/Schreier%20Katalog%202013.pdf>; (posećeno: februar, 2014.god.)
119. Heinrich Meyer-Werke Breloh. 2005. <http://www.glh-schwerin.de/holz/kataloge/Carports2006.pdf>; (posećeno: februar, 2014.god.)

120. HG Commerciale. 2012. <http://www.hgc.ch/data/docs/download/4102/de/HGC-DachWandHolz-Katalog-2012.pdf>; (posećeno: februar, 2014.god.)
121. HK-Holz GmbH. 2013. <http://www.hk-holz.de/pdf/angebot.pdf>; (posećeno: februar, 2014.god.)
122. Holz Hrad GmbH. 2012. <http://www.holz-platten.at/Preisliste/pdf/bauholz.pdf>; (posećeno: februar, 2014.god.)
123. Holz Richter. 2009. [http://www.produkte24.com/images/catalogs/3821/pdf\\_25001.pdf](http://www.produkte24.com/images/catalogs/3821/pdf_25001.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
124. Holz Richter. 2013. <http://www.holz-richter.de/kataloge/hrgia-katalog-2013.pdf>; (posećeno: februar, 2014.god.)
125. Holz stark. 2014. [http://www.holzstark.at/remos\\_downloads/Preisliste\\_JAN\\_2014.pdf](http://www.holzstark.at/remos_downloads/Preisliste_JAN_2014.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
126. Holz Trat. 2014. <http://trat.de/pdf/h06.pdf>; (posećeno: februar, 2014.god.)
127. Holzland Bauer-Holz. 2010. [http://my.flipppo.info/kataloge/Holzland-bauer/2010\\_Holzland-bauer\\_bauer\\_hauskatalog\\_V3/PDF/bauer\\_2010\\_bk.pdf](http://my.flipppo.info/kataloge/Holzland-bauer/2010_Holzland-bauer_bauer_hauskatalog_V3/PDF/bauer_2010_bk.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
128. Holzland Becker. 2006. [http://www.produkte24.com/images/catalogs/908/pdf\\_1174.pdf](http://www.produkte24.com/images/catalogs/908/pdf_1174.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
129. Holzland Dostler. 2010. [http://my.flipppo.info/kataloge/holzland-dostler/2010\\_holzland-dostler\\_dostler\\_V3/PDF/dostler.pdf](http://my.flipppo.info/kataloge/holzland-dostler/2010_holzland-dostler_dostler_V3/PDF/dostler.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
130. Holzland Dostler. 2013. [http://www.dostler.de/fileadmin/upload/downloads/Bau\\_Katalog\\_2013.pdf](http://www.dostler.de/fileadmin/upload/downloads/Bau_Katalog_2013.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)

131. Holzland Elkat. 2008. <http://beispiele.elkat.de/Holzland/pdf/10047.pdf>;  
(posećeno: februar, 2014.god.)
132. Holzland Filderstadt. 2012. [http://www.holzland-filderstadt.de/EH\\_Filderstadt\\_2012.pdf](http://www.holzland-filderstadt.de/EH_Filderstadt_2012.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
133. Holzland Filderstadt. 2013. [http://www.holzland-filderstadt.de/Gartenkatalog2013/Filderstadt\\_2013\\_Hobelware\\_kl.pdf](http://www.holzland-filderstadt.de/Gartenkatalog2013/Filderstadt_2013_Hobelware_kl.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
134. HolzLand Greve. 2009. [http://www.produkte24.com/images/catalogs/2736/pdf\\_23085.pdf](http://www.produkte24.com/images/catalogs/2736/pdf_23085.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
135. Holzland Hasselbach. 2008. [http://www.who-sells-it.com/images/catalogs/2737/pdf\\_13052.pdf](http://www.who-sells-it.com/images/catalogs/2737/pdf_13052.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
136. Holzland Hasselbach. 2011. [http://www.produkte24.com/images/catalogs/2737/pdf\\_32995.pdf](http://www.produkte24.com/images/catalogs/2737/pdf_32995.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
137. Holzland Hasselbach. 2012. [http://www.produkte24.com/images/catalogs/2737/pdf\\_34895.pdf](http://www.produkte24.com/images/catalogs/2737/pdf_34895.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
138. Holzland Hasselbach. 2013. [http://www.produkte24.com/images/catalogs/2737/pdf\\_40062.pdf](http://www.produkte24.com/images/catalogs/2737/pdf_40062.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
139. HolzLand Holz Balk. 2007. [http://www.flipppo.info/kundenv2/holzland-balk/2007\\_balk\\_ideen\\_v2/pdf/balk\\_2007.pdf](http://www.flipppo.info/kundenv2/holzland-balk/2007_balk_ideen_v2/pdf/balk_2007.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
140. Holzland Junge. 2009. [http://www.produkte24.com/images/catalogs/2792/pdf\\_24346.pdf](http://www.produkte24.com/images/catalogs/2792/pdf_24346.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)

141. Holzland Junge. 2011. <http://www.giardino.de/downloads/hrgia-katalog-2011.pdf>;  
(posećeno: februar, 2014.god.)
142. Holzland Kohn. 2008.  
[http://www.produkte24.com/images/catalogs/3618/pdf\\_17957.pdf](http://www.produkte24.com/images/catalogs/3618/pdf_17957.pdf); (posećeno:  
februar, 2014.god.)
143. Holzland Roeren. 2009. [http://www.holzland-roeren.de/sites/holzland.holz-roeren.abcde.biz/files/blaetterkatalog/\\_pdfs/Roeren\\_260209\\_fl\\_2.pdf](http://www.holzland-roeren.de/sites/holzland.holz-roeren.abcde.biz/files/blaetterkatalog/_pdfs/Roeren_260209_fl_2.pdf); (posećeno:  
februar, 2014.god.)
144. HolzLand Schweizerhof. 2010. [http://my.flippe.info/kataloge/Holzland-schweizerhof/2010\\_Holzland-schweizerhof\\_schweizerhof\\_V3/PDF/Schweizerhof\\_2010\\_072dpi.pdf](http://my.flippe.info/kataloge/Holzland-schweizerhof/2010_Holzland-schweizerhof_schweizerhof_V3/PDF/Schweizerhof_2010_072dpi.pdf); (posećeno:  
februar, 2014.god.)
145. Holzland Stoellger. 2014. [http://www.holzland-stoellger.de/fileadmin/user\\_upload/partner/stoellger/datein/stoellgerkatalogbrutto.pdf](http://www.holzland-stoellger.de/fileadmin/user_upload/partner/stoellger/datein/stoellgerkatalogbrutto.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
146. Holzland Tomwood. 2014. <http://www.tomwood.ch/Images/leimbinder-duobalken-vollholz.pdf>; (posećeno: februar, 2014.god.)
147. Holzmarkt Oberaich. 2010. [http://www.holzmarkt-oberaich.at/mediaCache/Preisliste\\_Fichte\\_Hobelware\\_Latten\\_saegerau2309\\_527668.pdf](http://www.holzmarkt-oberaich.at/mediaCache/Preisliste_Fichte_Hobelware_Latten_saegerau2309_527668.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
148. Holzmarkt Oberaich. 2011. [http://www.holzmarkt-oberaich.at/mediaCache/Preisliste\\_Fichte\\_Bauholz\\_Leimbinder\\_Neu\\_645057.pdf](http://www.holzmarkt-oberaich.at/mediaCache/Preisliste_Fichte_Bauholz_Leimbinder_Neu_645057.pdf);  
(posećeno: februar, 2014.god.)
149. Holzmarkt Oberaich. 2012. [http://www.holzmarkt-oberaich.at/mediaCache/Preisliste\\_Fichte\\_Bauholz\\_Leimbinder\\_2012\\_699843.pdf](http://www.holzmarkt-oberaich.at/mediaCache/Preisliste_Fichte_Bauholz_Leimbinder_2012_699843.pdf);  
(posećeno: februar, 2014.god.)



150. Hrvatska gospodarska komora. 2008. Privredni vjesnik o drvnoj industriji u Hrvatskoj. <http://www2.hgk.hr/drvo/press/privredni-vjesnik-drvo.pdf>; (posećeno: jul, 2013.god.)
151. Hüttemann Holzfachzentrum GmbH. 2013. <http://www.huettemann.de/lagerkatalog/lagerkatalog-ev.pdf>; (posećeno: februar, 2014.god.)
152. IBW. 2015. Housing Subsidies. Institute for Real Estate Construction and Housing Ltd. Vienna, Austria. [http://www.iibw.at/DE/index.php?option=com\\_content&view=article&id=19&Itemid=23](http://www.iibw.at/DE/index.php?option=com_content&view=article&id=19&Itemid=23); (posećeno: mart, 2015.god.)
153. IHB Timber Network. 2006. Glulam enjoys expanding market in Asia Pacific. [http://www.ihb.de/wood/news/Glulam\\_market\\_Asia\\_Pacific\\_13760.html](http://www.ihb.de/wood/news/Glulam_market_Asia_Pacific_13760.html); (posećeno: januar, 2011.god.)
154. Institut Bauen und Umwelt (IBU). 2014. Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V. Cross-laminated timber (X-Lam). Environmental product declaration in accordance with ISO 14025 and EN 15804. <http://www.clt.info/wp-content/uploads/2013/06/Environmental-Product-Declaration-EPD-english.pdf>; (posećeno: januar, 2015.god.)
155. Jenkel, C. i Kaliske, M. 2014. Finite element analysis of timber containing branches – An approach to model the grain course and the influence on the structural behaviour. Engineering Structures, Volume 75, 15 September 2014, Pages 237-247. <http://www.sciencedirect.com.proxy.kobson.nb.rs:2048/science/article/pii/S0141029614003617/pdf?md5=aad0523c60a38125d496b924c98c66bc&pid=1-s2.0-S0141029614003617-main.pdf>; (posećeno: februar, 2015.god.)
156. JODA Holz im Garten. 2009. [http://www.giardino.de/downloads/giardino\\_kataloge/joda-hig-2009\\_kap09\\_11\\_garten.pdf](http://www.giardino.de/downloads/giardino_kataloge/joda-hig-2009_kap09_11_garten.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)

157. JODA Holz im Garten. 2010. [http://my.flippo.info/kataloge/JODA/2010\\_JODA\\_joda\\_holz\\_im\\_garten\\_V3/PDF/Joda-Holz-im-Garten-2010.pdf](http://my.flippo.info/kataloge/JODA/2010_JODA_joda_holz_im_garten_V3/PDF/Joda-Holz-im-Garten-2010.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
158. JODA Holz im Garten. 2011. [http://www.schael.de/images/kataloge/jorkisch\\_2011.pdf](http://www.schael.de/images/kataloge/jorkisch_2011.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
159. JODA Holz im Garten. 2012. [http://www.zoechling-holz.at/fileadmin/user\\_upload/prospekte\\_pdf/Prospekte%20Lieferanten/Jorkisch/Joda%20Holz%20im%20Garten%202012.pdf](http://www.zoechling-holz.at/fileadmin/user_upload/prospekte_pdf/Prospekte%20Lieferanten/Jorkisch/Joda%20Holz%20im%20Garten%202012.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
160. JODA Holz im Garten. 2013. <http://holzland.mystti.de/online-kataloge/joda3/katalog.pdf>; (posećeno: februar, 2014.god.)
161. Jouhiahio, A., Tammiruusu, V. i Verkasalo, E. 2004. Small-Diameter Scots Pine and Birch Timber as Raw Materials for Engineered Wood Products. [http://www.researchgate.net/profile/Erkki\\_Verkasalo/publication/259568498\\_Small-Diameter\\_Scots\\_Pine\\_and\\_Birch\\_Timber\\_as\\_Raw\\_Materials\\_for\\_Engineered\\_Wood\\_Products/links/0deec52c922cca658d000000.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Erkki_Verkasalo/publication/259568498_Small-Diameter_Scots_Pine_and_Birch_Timber_as_Raw_Materials_for_Engineered_Wood_Products/links/0deec52c922cca658d000000.pdf); (posećeno: februar, 2015.god.)
162. JP "Srbijašume". 2013. Cenovnik proizvoda šumarstva broj: 6/2013-33. <http://www.srbijasume.rs/pdf/cenovnik2012cir.pdf>; (posećeno: februar, 2014.god.)
163. Jurnjak, V. 2010. International promotion of wood. Pro:Holz Steiermark, Austria. <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/meetings/20101207/1-1200.pdf>; (posećeno: avgust, 2012.god.)
164. Kennedy, D. i Hanson, B. 2006. Ice and History. Science, vol 311. [http://teachers.bcps.org/teachers\\_sec/ahenry2/files/37D81DEBDE53457B8F788D22BC467C5B.pdf](http://teachers.bcps.org/teachers_sec/ahenry2/files/37D81DEBDE53457B8F788D22BC467C5B.pdf); (posećeno: maj, 2013.god.)

165. Koller Sägerei AG. 2013. [http://www.saegerei-koller.ch/tl\\_files/kollersite/content/PDFs/Preisliste\\_Bauholz\\_2013.pdf](http://www.saegerei-koller.ch/tl_files/kollersite/content/PDFs/Preisliste_Bauholz_2013.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
166. Kollers Holz. 2010. [http://www.kollerweb.com/upload/medialibrary/Preisliste\\_2010.pdf](http://www.kollerweb.com/upload/medialibrary/Preisliste_2010.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
167. KollersHolz. 2011. [http://www.rkoller.com/upload/medialibrary/Preisliste\\_07\\_2011.pdf](http://www.rkoller.com/upload/medialibrary/Preisliste_07_2011.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
168. KollersHolz. 2014. <http://www.rkoller.com/Kontext/WebService/SecureFileAccess.aspx?fileguid={486908e6-9282-4083-a476-53490006ac9a}>; (posećeno: februar, 2014.god.)
169. Kröger, M. 2012. Global tree plantation expansion: a review. University of Helsinki, Department of Political and Economic Studies. [http://www.tni.org/sites/www.tni.org/files/markus\\_kroeger\\_icas\\_wp\\_3\\_en\\_0.pdf](http://www.tni.org/sites/www.tni.org/files/markus_kroeger_icas_wp_3_en_0.pdf); (posećeno: decembar, 2012.god.)
170. Larsson, J. 2014. Market analysis for glulam within the Swedish construction sector. Swedish University of Agricultural Sciences Faculty of Forest Sciences Department of Forest Products, Uppsala, Master Thesis. [http://stud.epsilon.slu.se/7102/1/Larsson\\_J\\_20140812.pdf](http://stud.epsilon.slu.se/7102/1/Larsson_J_20140812.pdf); (posećeno: februar, 2015.god.)
171. Lend Lease. 2013. Forte. Creating the world's tallest CLT apartment building. [http://www.timberqueensland.com.au/Docs/News%20and%20Events/Events/Andrew-Nieland\\_web.pdf](http://www.timberqueensland.com.au/Docs/News%20and%20Events/Events/Andrew-Nieland_web.pdf); (posećeno: jul, 2013.god.)
172. Leonardo da Vinci Pilot Project. 2008. Handbook 1 - Timber Structures. [http://download1493.mediafire.com/iag2rx5ba7fg/9k1e7via4lamp78/handbook1\\_final+Timber+structures.pdf](http://download1493.mediafire.com/iag2rx5ba7fg/9k1e7via4lamp78/handbook1_final+Timber+structures.pdf); (posećeno: novembar, 2011.god.)

173. Leyendecker Ihr Holzland. 2011. [http://www.produkte24.com/images/catalogs/4294/pdf\\_30368.pdf](http://www.produkte24.com/images/catalogs/4294/pdf_30368.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
174. Ministry of the Environment, Government of Japan. 2004. The Goal in Addressing Climate Change. [http://www.env.go.jp/en/earth/cc/040929/01\\_1.pdf](http://www.env.go.jp/en/earth/cc/040929/01_1.pdf); (posećeno: maj, 2013.god.)
175. Mühlbauer holz GmbH. 2011. [http://www.muehlbauerholz.at/frames/de/download/pdf/holz\\_konstruktionsholz.pdf](http://www.muehlbauerholz.at/frames/de/download/pdf/holz_konstruktionsholz.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
176. Neuvonen, E., Salminen, M., Heiskanen, J., Hochstrate, M. i Weber, M. 1998. LVL. Laminated Veneer Lumber. Overview of the Product, Manufacturing and Market Situation. Department of Forest Products Marketing. Wood based panels technology. [http://www.inspectapedia.com/structure/LVL\\_Report\\_Finland.pdf](http://www.inspectapedia.com/structure/LVL_Report_Finland.pdf); (posećeno: septembar, 2010.god.)
177. Nilsson, S. 2007. Changing Patterns of Supply—Illegal Logging. IIASA, Laxenburg, Austria. [http://www.illegal-logging.info/uploads/Changing\\_patterns\\_of\\_supply\\_paper.pdf](http://www.illegal-logging.info/uploads/Changing_patterns_of_supply_paper.pdf); (posećeno: maj, 2008.god.)
178. Nutz Zimmerei GmbH. 2013. [http://www.zimmerei-nutz.at/cms/images/nutz\\_media/preisliste\\_schnittholz.pdf](http://www.zimmerei-nutz.at/cms/images/nutz_media/preisliste_schnittholz.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
179. Ohnesorge, D.<sup>1</sup>, Richter, K.<sup>2</sup> & Becker, G.<sup>1</sup> 2009. Influence of wood properties and bonding parameters on bond durability of European Beech (*Fagus sylvatica* L.) glulams. *Annals of Forest Science* 67 (2010) 601. <sup>1</sup>Albert-Ludwigs-University of Freiburg, Institute of Forest Utilization and Work Science, Werthmannstr. 6, 79085 Freiburg, Germany. <sup>2</sup>Empa, Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research, Wood Laboratory, Überlandstrasse 129, 8600 Dübendorf, Switzerland. <http://download.springer.com/static/pdf/848/art%253A10.1051%252Fforest%252>

- F2010002.pdf?auth66=1423680580\_70ad1be5fc183bc46347b605ae937043&ext=.pdf; (posećeno: februar, 2015.god.)
180. ONORM DIN 4074-1:2004. Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit - Teil 1: Nadelschnittholz
181. Passivhaus Institut Dr. Wolfgang Feist. 2007. What is a Passive House? [http://www.passivehouse.com/07\\_eng/index\\_e.html](http://www.passivehouse.com/07_eng/index_e.html); (posećeno: januar, 2010.god.)
182. Pauritsch, G. 2010. Austria's efforts to increase energy efficiency. Austrian Energy Agency. [http://www.energyagency.at/fileadmin/dam/pdf/veranstaltungen/Vortrag\\_Pauritsch-Ukraine.pdf](http://www.energyagency.at/fileadmin/dam/pdf/veranstaltungen/Vortrag_Pauritsch-Ukraine.pdf); (posećeno: mart, 2015.god.)
183. Popović, Z., Kočetov-Mišulić, T., Kujundžić, V. i Turkulin, H. 2012. Gradnja drvetom u Srbiji. Priručnik za seminar. pro:Holz.
184. prEN 16351. 2011. Timber structures - Cross laminated timber – Requirements
185. proHolz Steiermark. 2012. SOS – Schule ohne Stress. [www.proholz-stmk.at](http://www.proholz-stmk.at); (posećeno: jul, 2014.god.)
186. Rating systems. 2013. <http://www.usgbc.org/leed/rating-systems>; (posećeno: decembar, 2013.god.)
187. Rexin GmbH. 2013. [http://www.stegplatten.info/pdf/preislisten/REXOwood\\_Brettschichtholz\\_Privat.pdf](http://www.stegplatten.info/pdf/preislisten/REXOwood_Brettschichtholz_Privat.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
188. Rüdiger, L. 2010. Forest and wood industry in Austria - setting up networks for marketing, information, co-operation and education using the example of proHolz Tirol. [http://www.liaa.gov.lv/uploaded\\_files/00JAUNIE00/Semin/EVN/Austrija/1\\_Rudiger\\_Lex.pdf](http://www.liaa.gov.lv/uploaded_files/00JAUNIE00/Semin/EVN/Austrija/1_Rudiger_Lex.pdf); (posećeno: avgust, 2012.god.)

189. Rüter S. & Diederichs S. 2012. Ökobilanz-Basisdaten für Bauprodukte aus Holz. Arbeitsbericht aus dem Institut für Holztechnologie und Holzbiologie. Zentrum Holzwirtschaft, Universität Hamburg. [http://literatur.vti.bund.de/digbib\\_extern/dn050490.pdf](http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/dn050490.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
190. RZS. 2014. Proizvodi za građevinu, od drveta, lepkom laminirani. Republički zavod za statistiku.
191. RZS. 2014. Statistički godišnjak Republike Srbije. Poglavlje 12 - Građevinarstvo. [http://webrzs.stat.gov.rs/WebSite/repository/documents/00/01/17/30/12\\_Gradjevinarstvo.pdf](http://webrzs.stat.gov.rs/WebSite/repository/documents/00/01/17/30/12_Gradjevinarstvo.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
192. Schmidt, M. i Knorz M. 2010. Gluing of European Beech (*Fagus Sylvatica* l.) and Douglas Fir (*Pseudotsuga Menziesii* Mirb.) for load bearing timber structures. [http://www.ewpa.com/Archive/2010/june/Paper\\_043.pdf](http://www.ewpa.com/Archive/2010/june/Paper_043.pdf); (posećeno: novembar, 2011.god.)
193. Schmidt, M., Glos P. i Wegener G. 2009. Verklebung von Buchenholz für tragende Holzbauteile. *European Journal of Wood and Wood Products* (2010) 68:43–57. TU München, Lehrstuhl für Holzkunde und Holztechnik, Holzforschung München, Winzererstraße 45, 80797 München, Deutschland. [http://download.springer.com/static/pdf/829/art%253A10.1007%252Fs00107-009-0382-5.pdf?auth66=1423680845\\_400732189ec3eaa363033042e29f0c12&ext=.pdf](http://download.springer.com/static/pdf/829/art%253A10.1007%252Fs00107-009-0382-5.pdf?auth66=1423680845_400732189ec3eaa363033042e29f0c12&ext=.pdf); (posećeno: februar, 2015.god.)
194. Schmidt, M., Thönnißen, A., Knorz, M., Windeisen, E. i Wegener G. 2011. Relevant wood characteristics for gluing beech and ash with regard to discoloration. *European Journal of Wood and Wood Products* (2012) 70:319–325. [http://download.springer.com/static/pdf/657/art%253A10.1007%252Fs00107-011-0555-x.pdf?auth66=1423680642\\_e90927dbcb88d8cd12083fce85d6538a&ext=.pdf](http://download.springer.com/static/pdf/657/art%253A10.1007%252Fs00107-011-0555-x.pdf?auth66=1423680642_e90927dbcb88d8cd12083fce85d6538a&ext=.pdf); (posećeno: februar, 2015.god.)

195. Schwab, H., Marutzky, R. i Meyer, B. 2007. European Regulations for Formaldehyde. Fraunhofer Institute for Wood Research Wilhelm-Klauditz-Institut, Braunschweig. Germany. <http://owic.oregonstate.edu/sites/default/files/pubs/Schwab.pdf>; (posećeno: februar, 2013.god.)
196. Sidler - Nottwil. 2009. [http://www.sidler-nottwil.ch/media/holzpreisliste\\_09.pdf](http://www.sidler-nottwil.ch/media/holzpreisliste_09.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
197. Smith, S. 2012. Timber Structures (material, design & case study). University of Cambridge. <http://www.smithandwallwork.com/wp-content/uploads/2012/06/Timber.pdf>; (posećeno: januar, 2015.god.)
198. Sretenović, P., Glavonjić, B. 2014. Tržište inovativnih drvnih proizvoda u Evropi i Srbiji i njihov doprinos ublažavanju klimatskih promena, Glasnik Šumarskog fakulteta 110, Univerzitet u Beogradu - Šumarski fakultet, Beograd (159-174), DOI:10.2298/GSF1410159S; (posećeno: januar, 2015.god.)
199. Statistik Austria. 2014. Gross annual income of employees. Bundesanstalt Statistik Österreich. [http://www.statistik.at/web\\_en/static/results\\_overview\\_gross\\_annual\\_income\\_029112.pdf](http://www.statistik.at/web_en/static/results_overview_gross_annual_income_029112.pdf); (posećeno: mart, 2015.god.)
200. Stump holz+mehr. 2013. [http://www.stumpp.com/pdf\\_files/brettschichtholz\\_reutlingen.pdf](http://www.stumpp.com/pdf_files/brettschichtholz_reutlingen.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
201. Šoškić B. i Popović Z. 2002. Svostva drveta. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu.
202. Šoškić, B., Lovrić, A., Furtula, M. i Pištignjat, M. 2007. Prilog određivanju zapremine sporednih pilanskih sortimenata. Prerada drveta broj 20. UDK 674.093. [http://preradadriveta.sfb.bg.ac.rs/arhiva/2007/br%2020/pd20\\_03\\_prilogodredjivanju\\_zapremine\\_sporodnih.pdf](http://preradadriveta.sfb.bg.ac.rs/arhiva/2007/br%2020/pd20_03_prilogodredjivanju_zapremine_sporodnih.pdf); (posećeno: decembar, 2014.god.)

203. Taylor S. i Wilson P. 2013. The use of cross-laminated timber in high-density affordable housing and the potential to manufacture this engineered timber product in the Dumfries & Galloway region. CIC-Start Feasibility Study <http://www.cicstart.org/userfiles/file/FS-52-REPORT-PUBLIC.PDF>; (posećeno: jul, 2013.god.)
204. Thalsofer-Gruppe. 2013. [http://www.baumueller-holz.de/content/site/dateien/1246Th%20HWST%202013%20-%20Baumueller\\_LowRes.pdf](http://www.baumueller-holz.de/content/site/dateien/1246Th%20HWST%202013%20-%20Baumueller_LowRes.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
205. Thelandersson, S., Aasheim E., Ranta-Maunus A. 2006. New timber construction in Nordic countries. [http://www.ewpa.com/Archive/2004/jun/Paper\\_069.pdf](http://www.ewpa.com/Archive/2004/jun/Paper_069.pdf); (posećeno: septembar, 2010.god.)
206. Thienel, K.-Ch. 2011. Bauchemie und Werkstoffe des Bauwesens Holz. Institut für Werkstoffe des Bauwesens Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen. <http://www.unibw.de/werkstoffe/lehre/skripte/holz.pdf>; (posećeno: mart, 2015.god.)
207. Timber Community. 2011. Stora Enso continues to grow in Building Solutions by investing EUR 23 million in constructing a CLT unit at Ybbs Sawmill in Austria. <http://www.timbercommunity.com/content/stora-enso-continues-grow-building-solutions-investing-eur-23-million-constructing-clt-unit->; (posećeno: mart, 2015.god.)
208. Timber Research and Development Association. 2009. Stadthaus, 24 Murray Grove, London. Eight storeys of apartments featuring cross-laminated timber panels. [http://eoinc.weebly.com/uploads/3/0/5/1/3051016/murray\\_grove\\_case\\_study.pdf](http://eoinc.weebly.com/uploads/3/0/5/1/3051016/murray_grove_case_study.pdf); (posećeno: jul, 2013.god.)
209. Torno, S. 2012. Lamellen aus Buche und Esche für Brettschichtholz. Forstwissenschaftliche Tagung 19.- 22.09.2012. TU München/Weihestephan. [http://anmeldung.fowita.de/Presse/Vortraege/Freising/Holzwerkstoffe/Torno\\_Lamellen%20aus%20Buche%20und%20Esche.pdf](http://anmeldung.fowita.de/Presse/Vortraege/Freising/Holzwerkstoffe/Torno_Lamellen%20aus%20Buche%20und%20Esche.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)



210. Torno, S., Knorz, M. & Willem van de Kuilen, J. 2013. Supply of beech lamellas for the production of glued laminated timber. 4th International Scientific Conference on Hardwood Processing 2013. 7th- 9th October 2013. Florence, Italy.  
[http://www.ischp2013.org/fileadmin/user\\_upload/keynotes/ISCHP13\\_Proceedings.pdf](http://www.ischp2013.org/fileadmin/user_upload/keynotes/ISCHP13_Proceedings.pdf); (posećeno: mart, 2014.god.)
211. Treberspurg, M. i Smutny, R. 2006. Green Building Technology in Austria: State of the Art and Prospects. <http://ostaustria.org/programs-projects-english/visitors-program/vto-visit-2009/thursday-friday/86-categories-all/magazine/volume-11-september-28-2006/green-buildings-focus/1434-green-building-technology-in-austria-state-of-the-art-and-prospects>; (posećeno: februar, 2015.god.)
212. Underhill D. I., Gilbert P. B., Bailleres H., McGavin L. R. i Patterson D. 2014. Structural Veneer Based Composite Products from Hardwood Thinning – Part I: Background and Manufacturing. [http://www98.griffith.edu.au/dspace/bitstream/handle/10072/61309/90766\\_1.pdf?sequence=1](http://www98.griffith.edu.au/dspace/bitstream/handle/10072/61309/90766_1.pdf?sequence=1); (posećeno: februar, 2015.god.)
213. USGBC. 2007. U.S. Green Building Council. About LEED. [http://www.plymouth.edu/news/leed/about\\_leeds.pdf](http://www.plymouth.edu/news/leed/about_leeds.pdf); (posećeno: septembar, 2009.god.)
214. USGBC. 2013/a. Rating systems. <http://www.usgbc.org/leed/rating-systems>; (posećeno: decembar, 2013.god.)
215. USGBC. 2013/b. Certification Levels. Available at [www.usgbc.org/leed/certification/certify](http://www.usgbc.org/leed/certification/certify); (posećeno: novembar, 2013.god.)
216. Weyland Zimmereibedarf. 2010. [http://www.weyland.at/fileadmin/weyland\\_2010/Kataloge/Holzwerkstoffe/Zimmerer\\_2010.pdf](http://www.weyland.at/fileadmin/weyland_2010/Kataloge/Holzwerkstoffe/Zimmerer_2010.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
217. Weyland Zimmereibedarf. 2012. [http://www.weyland.at/fileadmin/weyland\\_2010/Kataloge/Holzwerkstoffe/Zimmerrebedarf\\_2012.pdf](http://www.weyland.at/fileadmin/weyland_2010/Kataloge/Holzwerkstoffe/Zimmerrebedarf_2012.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)



225. Zöchling Holz. 2013. [http://www.zoechling-holz.at/fileadmin/user\\_upload/preislisten\\_pdf/Leimholzstaffel%20Fichte%202013.pdf](http://www.zoechling-holz.at/fileadmin/user_upload/preislisten_pdf/Leimholzstaffel%20Fichte%202013.pdf); (posećeno: februar, 2014.god.)
226. Zöllig, S. 2013. Grossvolumige Bauten in Holz - und woher kommt das Material? Holzbauingenieur FH Timbatec GmbH; Ingenieurbüro für Holzbau Timbatec GmbH; Ingenieurbüro für Holzbau und Produktentwicklung Thun/Bern/Zürich. [http://www.bwso.ch/download/08/Referat\\_Zoellig\\_2013.pdf](http://www.bwso.ch/download/08/Referat_Zoellig_2013.pdf); (posećeno: decembar, 2014.god.)

### **Internet sajтови korišćeni u radu:**

<a href="http://www.altmuehl-transporte.de">www.altmuehl-transporte.de</a>	<a href="http://www.handlos.at">www.handlos.at</a>
<a href="http://www.apawood.org">www.apawood.org</a>	<a href="http://www.holzbau-deutschland.de">www.holzbau-deutschland.de</a>
<a href="http://www.archihaus.co.uk">www.archihaus.co.uk</a>	<a href="http://www.kallfass-online.com">www.kallfass-online.com</a>
<a href="http://www.brettschichtholz.de">www.brettschichtholz.de</a>	<a href="http://www.klhuk.com">www.klhuk.com</a>
<a href="http://www.brookhuis.pl">www.brookhuis.pl</a>	<a href="http://www.ledinek.com">www.ledinek.com</a>
<a href="http://www.e-architect.co.uk">www.e-architect.co.uk</a>	<a href="http://www.minda.de">www.minda.de</a>
<a href="http://www.ewd.de">www.ewd.de</a>	<a href="http://www.passivhaustagung.de">www.passivhaustagung.de</a>
<a href="http://www.fakro.com">www.fakro.com</a>	<a href="http://www.rosboro.com">www.rosboro.com</a>
<a href="http://www.frankenpost.de">www.frankenpost.de</a>	<a href="http://www.thomsonrealestate.com.au">www.thomsonrealestate.com.au</a>
<a href="http://www.germanglulam.com">www.germanglulam.com</a>	<a href="http://www.timber-building.com">www.timber-building.com</a>
<a href="http://www.glulam.co.uk">www.glulam.co.uk</a>	<a href="http://www.trada.co.uk">www.trada.co.uk</a>
<a href="http://www.greenbuildingadvisor.com">www.greenbuildingadvisor.com</a>	<a href="http://www.unilux.de">www.unilux.de</a>

## **PRILOZI**

### **Spisak priloga:**

**Prilog I:** Questionnaire survey for manufacturing Glue Laminated Timber (Glulam-GLT) in Austria and Germany

**Prilog II:** Upitnik za istraživanje proizvodnje lepljenog lameliranog drveta (LLD) u Srbiji

*University of Belgrade, Faculty of  
Forestry, Kneza Viseslava 1*

*Research conducted by PhD student:  
B.Sc Predrag Sretenović*

***Questionnaire survey for manufacturing Glue Laminated Timber (Glulam-GLT) in  
Austria and Germany***

---

---

Company Name

---

Which wood species do you use for glulam production?

---

What is the standard for glulam production?

---

Do you apply some standard to fulfill production requirements?

---

In which strength classes glulam is produced?

---

What is the standard thickness of lamellas in glulam product?

---

Which type of adhesive is used for lamella bonding?

---

What is the usual humidity of glued laminated timber?

---

What is the maximum width, height and length of glulam that your company produce?

---

In which service classes you produce glulam?

---

What is the classification system according to glulam appearance?

---

What is the way of glulam packing?

---

Do you have approvals for production given by the independent certified body?

---

Are you certified according to FSC , PEFC or some other certification system?

---

Is it your production certified according to some standard?

---

Other important remarks:

*Upitnik za istraživanje proizvodnje lepljenog lameliranog drveta (LLD) u Srbiji*

---

Naziv preduzeća

---

Od koje godine se proizvodi lepljeno lamelirano drvo (LLD)?

---

Koje vrste drveta se koriste za proizvodnju LLD-a?

---

Da li se u jednom komadu LLD-a uvek nalazi samo jedna vrsta drveta ili više (nabrojati)?

---

Da li se sirovina za LLD "kupuje (suva/sirova)" - "proizvodi"

---

Ako se kupuje koji su kriterijumi kvaliteta (npr. dimenzije i pozicije grešaka građe drveta)?

---

Koja je vlažnost lamela koje se koriste za izradu LLD-a?

---

Koji su rasponi dimenzija dasaka koje se koriste za izradu LLD-a?

---

Da li ima razlike u debljini dasaka ako se koriste za ravni ili zakrivljeni LLD?

---

Kako se daske nastavljaju po dužini?

---

Kako se radi rendisanje dasaka i koja je nadmera na širinu u odnosu na dimenziju LLD-a?

---

Da li se radi vizuelno i mehaničko sortiranje dasaka prema čvrstoći (naponu na savijanje)?

---

Koliko rezane građe je potrebno za izradu 1m<sup>3</sup> ravnog i zakrivljenog LLD-a?

---

Da li se vrši rendisanje gotovog LLD-a i brušenje?

---

Da li se LLD štiti protivpožarnim i/ili drugim premazima i kojim?

---

Koja je vlažnost lepljenog lameliranog drveta pri isporuci (%)?

---

---

Koje su maksimalne dimenzije LLD-a koje se mogu proizvesti (ravnog i zakrivljenog)?

---

Koje oblike LLD-a je moguće proizvesti (pravi, zakrivljeni, trapezasti...)?

---

Koje vrste lepka se koriste za lepljenje LLD-a i koja je boja lepka posle očvršćavanja?

---

Da li se i u kojim klasama čvrstoće LLD proizvodi?

---

Na onovu kojih parametara se vrši dimenzionisanje LLD-a?

---

Koji standardi se koriste za proizvodnju LLD-a?

---

Koja je cena koštanja izrade ravnog i zakrivljenog LLD-a?

---

Koliko je učešće sirovine, lepka i troškova proizvodnje u ceni koštanja LLD-a?

---

Koja je prodajna cena LLD-a na domaćem i izvoznom tržištu (EUR/m<sup>3</sup>)?

---

Da li se LLD izvozi i u koje zemlje?

---

Koji deo proizvodnje se plasira na domaćem tržištu?

---

U kojim segmentima se LLD u Srbiji koristi (hale, mostovi...)?

---

Kriterijumi kvaliteta LLD-a koje postavljaju strani kupci, a koji domaci?

---

Koji je nivo mesečne ili godišnje proizvodnje u m<sup>3</sup>?

## Biografija autora

Predrag Sretenović se upisao na Šumarski fakultet u Beogradu 2002. godine, a na istom diplomirao 2007. godine kao prvi u generaciji sa srednjom prosečnom ocenom 9,11. U toku osnovnih studija je primao stipendiju fonda „Akademik Dragoslav Srećević“ i studentsku stipendiju Ministarstva prosvete i sporta. Nagrađen je Priznanjem za najboljeg diplomiranog inženjera šumarstva u 2006/2007. godini dodeljenog od strane Dekana Šumarskog fakulteta kao i Diplomom za najboljeg studenta generacije Šumarskog fakulteta koji je diplomirao u školskoj 2006/2007. godini dodeljenoj od strane Rektora Beogradskog univerziteta. Odmah po završetku osnovnih upisao je doktorske studije na odseku za Prerađu drveta, izborna grupa “Trgovina drvetom i ekonomika prerade drveta“, nakon čega odlukom Ministra postaje stipendista Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj. Polažio je sve predviđene ispite na ovoj izornoj grupi sa prosečnom ocenom 10, aktivno učestvovao na projektima, domaćim i međunarodnim konferencijama i objavljivanju naučnih radova u vodećim domaćim i inostranim časopisima.

Od 2009. godine počinje i sa praktičnom primenom i proverom teorijski stečenih znanja i iskustava u jednom od vodećih preduzeća za proizvodnju podova od masivnog drveta, Saga drvo d.o.o. na poziciji „Tehnolog pripreme i prerade drveta“. Tu se upoznaje sa praktičnim radom u primarnoj, finalnoj, hidrotermičkoj i površinskoj obradi drveta. U 2010. godini biva unapređenjen u „Rukovodioca pogona za finalnu prerađu drveta“ gde radi na zadacima planiranja i organizacije rada u pogonima za proizvodnju parketa i broskog poda, implementira savremeno praćenje procesa proizvodnje, izrađuje kalkulacije, prilagođava interne standarde klasiranja podova EN-u 13226:2010, prodaju i istraživanje tržišta uz istovremeno učestvovanje u sprovođenju neophodnih procesa za dobijanje CE znaka i FSC resertifikaciju. Od 2012. godine radi na mestu „Direktora sektora za primarnu i finalnu prerađu drveta“ na zadacima izrade strategije sektora, planiranja i praćenja troškova, stručnog usavršavanja zaposlenih, kontroli pripreme ponuda i sklapanja ugovora, uspostavljanja poslovnih kontakata sa inostranim kupcima radi intenziviranja izvoza.



Prilog 1.

## Izjava o autorstvu

Potpisani Predrag Sretenović

broj upisa 2007/5

### Izjavljujem

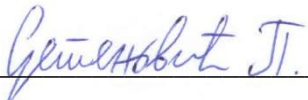
da je doktorska disertacija pod naslovom

**Uticaj potražnje kompozitnih proizvoda od drveta u Evropi na tržište drvnih proizvoda u Srbiji**

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada,
- da predložena disertacija u celini ni u delovima nije bila predložena za dobijanje bilo koje diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova,
- da su rezultati korektno navedeni i
- da nisam kršio autorska prava i koristio intelektualnu svojinu drugih lica.

**Potpis doktoranda**

U Beogradu, 27.03.2015.

  
\_\_\_\_\_

Prilog 2.

## Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada

Ime i prezime autora Predrag Sretenović

Broj upisa 2007/5

Studijski program Trgovina drvetom i ekonomika drvne industrije

Naslov rada Uticaj potražnje kompozitnih proizvoda od drveta u Evropi na tržište drvnih proizvoda u Srbiji

Mentor dr Branko Glavonjić, redovni profesor Univerziteta u Beogradu – Šumarskog fakulteta

Potpisani Predrag Sretenović

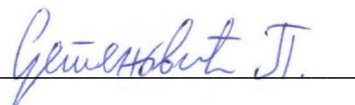
izjavljujem da je štampana verzija mog doktorskog rada istovetna elektronskoj verziji koju sam predao/la za objavljivanje na portalu **Digitalnog repozitorijuma Univerziteta u Beogradu**.

Dozvoljavam da se objave moji lični podaci vezani za dobijanje akademskog zvanja doktora nauka, kao što su ime i prezime, godina i mesto rođenja i datum odbrane rada.

Ovi lični podaci mogu se objaviti na mrežnim stranicama digitalne biblioteke, u elektronskom katalogu i u publikacijama Univerziteta u Beogradu.

**Potpis doktoranda**

U Beogradu, 27.03.2015.



### Prilog 3.

## Izjava o korišćenju

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku „Svetozar Marković“ da u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu unese moju doktorsku disertaciju pod naslovom:

### **Uticaj potražnje kompozitnih proizvoda od drveta u Evropi na tržište drvnih proizvoda u Srbiji**

koja je moje autorsko delo.

Disertaciju sa svim prilogima predao sam u elektronskom formatu pogodnom za trajno arhiviranje.

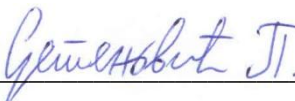
Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (Creative Commons) za koju sam se odlučio.

1. Autorstvo
2. Autorstvo - nekomercijalno
3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerade
4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima
5. Autorstvo – bez prerade
6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima

(Molimo da zaokružite samo jednu od šest ponuđenih licenci, kratak opis licenci dat je na poleđini lista).

**Potpis doktoranda**

U Beogradu, 27.03.2015.

  
\_\_\_\_\_