

Šoškić B., Govedar Z., Todorović N. and Petrović D. 2007. *Basic physical properties of Spruce wood (Picea abies Karst.) from plantations*. Bulletin of the Faculty of Forestry 96: 97-110.

Борислав Шошкић
Зоран Говедар
Небојша Тодоровић
Данијела Петровић

UDK: 630*81+174.7
Оригинални научни рад

ОСНОВНА ФИЗИЧКА СВОЈСТВА ДРВЕТА СМРЧЕ (*PICEA ABIES* KARST.) ИЗ КУЛТУРА

Извод: У раду су приказани резултати испитивања основних физичких својстава смрчевог дрвета из култура у околини Бања Луке. Испитивани су: зависност ширине прстена прираста и густине дрвета, густина, запреминска порозност, утезање, тачка засићености влаканаца и апсорпција влаге. Анализирано су три стабла, просечне старости око 16 година. Статистички су обрађени подаци за прсну висину и укупно за све епрувете, од прсне висине до 9,3 m. Испитивањем и анализом основних физичких својстава смрчевог дрвета из култура добијено је да је утицај ширине прстена прираста на густину негативан и да је та зависност логаритамска, потврђујући раније резултате. Просечна вредност густине дрвета је мања од уобичајне вредности коју налазимо у литератури. Просечна вредност радијалног утезања износи 3,90%, а тангенцијалног 8,10%. Ова истраживања потврђују да постоји линеарна зависност између номиналне густине и запреминског утезања дрвета смрче и да густина негативно утиче на фактор површинске анизотропије. На прсној висини, просечна вредност фактора површинске анизотропије износи 2,16, запреминска порозност 72%, а *TZV* 32,6%. Просечна брзина апсорпције износи 3,42% по дану, за првих 7 дана, а за последњих 30 дана 0,12% по дану. Извршено је и поређење резултата испитивања са резултатима других аутора.

Кључне речи: смрча, густина, ширина прстена прираста, апсорпција

др Борислав Шошкић, ред. проф., Шумарски факултет - Универзитет у Београду, Београд
др Зоран Говедар, доцент, Шумарски факултет - Универзитет у Бања Луци, Бања Лука
мр Небојша Тодоровић, асистент, Шумарски факултет - Универзитет у Београду, Београд
дипл. инж. Данијела Петровић, асистент, Шумарски факултет - Универзитет у Бања Луци, Бања Лука

BASIC PHYSICAL PROPERTIES OF SPRUCE WOOD (*PICEA ABIES* KARST.) FROM PLANTATIONS

Abstract: The basic physical properties of spruce wood from plantations in the surroundings of Banja Luka were researched. The dependence of growth ring diameter and wood density, density, volume porosity, shrinkage, fibre saturation point and absorption of moisture were analysed on three trees, average age about 16 years. The data for breast height and for all specimens from breast height to 9.3 m were statistically processed. The research and analysis of the basic physical properties of plantation-grown spruce wood shows that the effect of growth ring diameter on the density is negative and that the dependence is logarithmic, which confirms the previous results. Average value of wood density is lower than the usual value reported in references. Average value of radial shrinkage is 3.90%, and tangential 8.10%. This research confirms the linear dependence between the nominal density and volumetric shrinkage of spruce wood and that density has a negative effect on the coefficient of surface anisotropy. At breast height, average value of the coefficient of surface anisotropy is 2.16, volume porosity 72%, and fibre saturation point 32.6%. Average rate of absorption is 3.42% per day, for the first 7 days, and 0.12% per day for the last 30 days. The study results were compared to the results reported by other authors.

Key words: spruce, density, growth ring diameter, absorption

1. УВОД

Смрча (*Picea excelsa* L.) је једна од основних врста наших четинарских шума, као и једна од најважнијих економских врста дрвећа. Нерационална експлоатација шума и неправилно газдовање су довели до повлачења и опадања запреминског фонда смрче. Ово се нарочито односи на шуме Балканског полуострва где је распрострањење смрче мање од јеле, али је у чистим састојинама има знатно више (Стојановић, 1995). Због тога се данас поставља задатак очувања, правилног неговања и обнављања постојећих смрчевих шума, с једне стране, и проширење њеног ареала с друге стране. Проширење ареала смрче се може вршити очетињавањем лишћарских шума и подизањем култура пошумљавањем одговарајућих станишта, чиме би се повећао њен шумски фонд (Стојановић, 1995).

Биолошке особине смрче омогућавају да се она гаји готово у свим станишним условима па се зато прибегава гајењу смрчевог дрвета у културама или плантажама. Културе данас представљају рационално и економично станиште за гајење смрче у циљу побољшања њене продуктивности и њених физичких, хемијских и механичких својстава. Међутим, сама продуктивност не значи и квалитет дрвета, а то се првенствено односи на састојине смрче у млађем добу.

Неопходан предуслов за правилну примену и рационално коришћење смрчевог дрвета из култура је познавање његове грађе и својстава. Зато је циљ рада испитивање основних физичких својстава дрвета смрче из култура у околини Бања Луке и упоређење добијених резултата са својствима смрче пореклом из других састојина. У раду су испитивани: веза између ширине прстена прираста и густине, густина у

апсолутно сувом стању влажности и запреминска порозност, утезање, тачка засићености влаканаца и апсорпција влаге.

2. ПОРЕКЛО МАТЕРИЈАЛА И МЕТОД РАДА

Материјал за испитивање потиче из 7 одељења ГЈ „Кодрача”. Надморска висина терена је 750 m, нагиб је благ (од 5-10°), а експозиција северозападна. Састојина припада газдинској класи култура смрче у појасу шума букве и јеле, са смрчом на дубоким еутричним смеђим земљиштима на стенама флиша. Доминантну геолошку подлогу, међутим, чине кречњаци, при чему преовладава смеђе кречњачко земљиште. Горњи слој мртве шумске простирке и четина није разложен, а дебљина му износи око 5 cm.

Укупна површина култура је 85,31 ha, а подигнуте су 1981. године. У досадашњем газдовању овим културама нису вршене никакве мере неге. Пошумљавање је вршено у циљу санирања стања у деградираним шумама букве, па се и данас, у оквиру културе, сусрећемо са појединачним стаблима букве.

Састојина је једнодобна, старости стабала 25 година. Средњи пречник стабала, 9 огледних површина, износи 13,25 cm. Распоред броја стабала по дебљинским разредима је слична Гаусовој кривој, са највећим бројем стабала у дебљинском подразреду 12,5 cm.

Епрувете за испитивање основних физичких својстава су израђене из три стабла просечне старости на 1,3 m око 16 година. Из стабала су изрезани котурови дебљине око 2 cm и епрувете димензија 2×2×4 cm. Котурови и епрувете су изрезани на свака 2 m, од прсне висине (1,3 m) до 9,3 m.

За анализу ширине прстена прираста коришћена је AMSLER лупа са помичним мерилом. Измерена је просечна вредност ширине прстена прираста на свакој епрувети. За потребе мерења влажности и промене димензија, епрувете су прво природно сушене око 60 дана, у лабораторијским условима, чије су просечне вредности $t=25^{\circ}\text{C}$ и $\varphi=72\%$, а затим у лабораторијској сушници на $t=103\pm 2^{\circ}\text{C}$ до апсолутно сувог стања влажности (до константне масе). Маса епрувета је мерена на електронској дигиталној ваги Tehnica ET-1111, тачности $1/100\text{ g}$. Димензије у сва три анатомска правца и масе епрувета су мерене у сировом, просушеном и апсолутно сувом стању влажности.

Апсорпција влаге смрчевог дрвета је мерена гравиметријским путем, тако што су епрувете, са 1,3 m, осушене до апсолутно сувог стања влажности, а затим стављене у климу влажног ваздуха ($t=21^{\circ}\text{C}$ и $\varphi=100\%$). Промена влаге са временом је праћена 45 дана.

Густина, запреминска порозност и тачка засићености дрвета израчунати су помоћу одговарајућих математичких формула.

3. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

3.1. Утицај ширине прстена прираста на густину дрвета

Познавањем структуре ширине прстенова прираста има велики значај, како за праћење дендрохронолошких и дендроклиматолошких истраживања (Говедар *et al.*, 2007), тако и за истраживање физичких, механичких и технолошких својства дрвета, односно квалитет дрвета. Нарочито је интересантна веза између ширине прстена прираста и густине дрвета, као најважнијег индикатора квалитета дрвета код четинара (Zobel, Buijtenen, 1989). Према Lindstrom-у (1996), поред ширине прстена прираста, на густину дрвета утичу и врста дрвета, услови раста, квалитет земљишта, старост, климатски фактори и др.

Према Шошкићу (1994) код четинара са повећањем и смањењем ширине прстена прираста испод и изнад одређеног оптимума, који за већину четинара износи од 1-2 mm, долази до опадања густине дрвета. Према Lindstrom-у (1996), негативна веза између густине и ширине прстена прираста се објашњава смањењем учешћа касног дрвета са повећањем ширине прстена прираста, а то су према истом аутору показала и претходна истраживања других аутора (Nylinder, Hagglund, 1954, Hildebrand, 1954, Trendelenburg, Mayer-Wegelin, 1955, Kollman, Cote, 1968, Hakkila, 1968, 1979, Persson, 1975).

Ранија истраживања показују да је утицај ширине прстена прираста на густину смрче нелинеаран. Испитујући смрчу са Старе планине, Лукић-Симоновић (1960) је показала негативан утицај ширине прстена прираста на густину дрвета. Hakkila (1968) показује да је та зависност логаритамска, а Grammel (1990) да је експоненцијална. Трећи модел је развио Olesen P.O. (Lindstrom, 1996), који је пронашао да је веза између густине и ширине прстена прираста смрчевог дрвета исто тако нелинеарна, али облика:

$$Y = a + \frac{b}{c+x} + e, \dots \dots \dots (1)$$

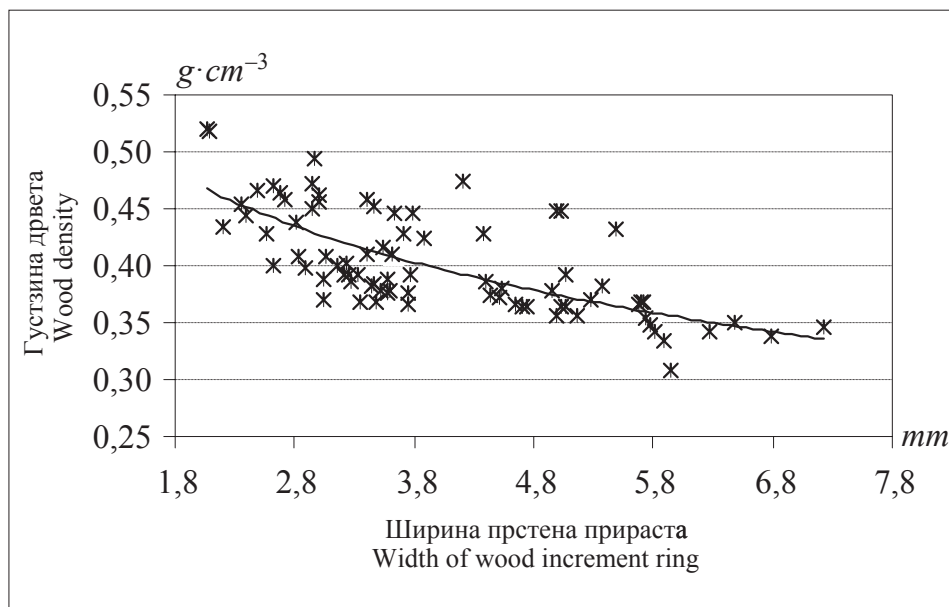
где су: Y - густина дрвета, x - ширина прстена прираста и a , b и c - константе.

Према овим истраживањима, просечна вредност ширине прстена прираста на прсној висини (1,3 m) износи 2,99 mm, а укупно за сва три анализирана стабла 4,05 mm (2,2-7,2 mm) са коефицијентом варијације од 29,8%. Ова вредност ширине прстена прираста је већа од оне коју је добила Лукић-Симоновић (1960) од 1,65 mm, а приближно иста вредности до које је дошао Тодоровић (2006), испитујући смрчу са планине Гоч, од 4,78 mm са коефицијентом варијације од 11,9%.

Резултати истраживања показују да је утицај ширине прстена прираста на густину негативан и та зависност је логаритамска и потврђује резултате до којих је дошао Hakkila (1968). Зависност (графикон 1) је облика:

$$Y = -0,1048 \cdot \ln x + 0,5428, \dots \dots \dots (2)$$

где су: Y - ширина прстена прираста [mm], x - густина дрвета [$g \cdot cm^{-3}$], а коефицијент детерминације $r^2=0,50$.



Графикон 1. Утицај ширине прстена прираста на густину дрвета смрче

Diagram 1. Effect of growth ring diameter on the density of spruce wood

3.2. Густина дрвета

Густина дрвета је најважније физичко својство дрвета. Она може практично да послужи као индикатор појединих механичких својстава. Већа густина се, дакле, може сматрати за позитивну особину дрвета као материјала, јер побољшава његова поједина својства, док се, с друге стране, она негативно одражава на конструкције којима је потребна лакоћа уз већу носивост, на обрадивост дрвета и на транспортне трошкове. Карахасановић (1988) наводи да је густина смрче $0,430 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ($0,300\text{-}0,640 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$), а Шошкић и сарадници (1994) да је просечна густина смрче са подручја ГЈ „Торник” на Златибору $0,489 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, са коефицијентом варијације од 6,81%. Резултати које су приказали Molteberg и Hoibo (2006) показују да је просечна густина смрче старости 21 године $332 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ са коефицијентом варијације од 11,7%.

Мала густина смрче је последица присуства јувенилног дрвета. Јувенилно дрво има знатно мање утезање и густину од зрелог дрвета, садржи већи удео раног дрвета, а и дебљина ћелијских зидова, ближе центру стабла, је мања од оних које настају касније у зрелом дрвету. Утицај јувенилног дрвета на густину су потврдили и истраживања Горишека и Стражеа (2005). Према овим ауторима, густина смрче, у апсолутно сувом стању влажности, у јувенилном дрвету за старост око 10 година износи $0,368 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, за 20 година $0,387 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, док у зрелом добу старости око 40 година густина износи $0,450 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$.

Табела 1. Густина дрвета по појединим стаблима

Table 1. Density of wood per individual trees

№	Статистички показатељи Statistical parameters		Стабло I Tree I	Стабло II Tree II	Стабло III Tree III
1	Број узорака		27	28	25
2	Средња вредност	$g \cdot cm^{-3}$	0,378	0,457	0,381
3	Стандардна девијација	$g \cdot cm^{-3}$	0,0252	0,022	0,023
4	Коефицијент варијације	%	6,700	4,800	6,100
5	Станд. грешка ар. средине	$g \cdot cm^{-3}$	0,0048	0,004	0,005
6	<i>min</i>	$g \cdot cm^{-3}$	0,339	0,411	0,341
7	<i>max</i>	$g \cdot cm^{-3}$	0,429	0,520	0,441

Резултати наших истраживања густине дрвета за сва три стабла су приказана у табели 1.

Просечна густина дрвета на прсној висини износи $0,422 g \cdot cm^{-3}$, а за сва три стабла $0,406 g \cdot cm^{-3}$ ($0,339-0,520 g \cdot cm^{-3}$), са просечним коефицијентом варијације од 10,8%. Стабла I и II имају мање вредности густине од уобичајне просечне вредности, коју налазимо у литератури, од $0,430 g \cdot cm^{-3}$, а приближну вредности коју је добио Тодоровић (2006) од $0,347 g \cdot cm^{-3}$ и вредности коју су добили Горишек и Страже (2005) од $0,387 g \cdot cm^{-3}$ за јувенилно дрво смрче старости до 20 година. Коефицијент варијације се налази у граници литературних података за варијабилност густине, која просечно износи око 10%.

3.3. Утезање дрвета

Просечна вредност радијалног утезања на прсној висини (1,3 m) износи 3,87%, а укупна просечна вредност 3,90% (1,93-5,60%), са коефицијентом варијације од 21,60%. Ова вредност радијалног утезања је нешто већа од вредности до које су дошли други аутори, Угреновић (1950) и Шошкић (1992) од 3,60%, Карахасановић (1988) од 3,80% и Тодоровић (2006) од 3,12%. Коефицијент варијације је приближан вредности коју приказује Тодоровић (2006) од 23,34%. Ова вредност варијабилности је већа од вредности коју налазимо у литератури од 16%, а разлози се могу тражити у радијалном распореду и учешћу јувенилног дрвета и суштинској разлици утезања у делу дрвета ближе центру и оном у зрелом дрвету, као и већој густини стабла са ознаком II, које самим тим има и веће вредности радијалног утезања.

Добијена вредност тангенцијалног утезања приближно одговара вредностима из литературе. Коефицијент варијације тангенцијалног утезања износи 12,6%, што је приближно вредности до које је дошао Тодоровић (2006) од 13,4%. Смрча се просечно тангенцијално утеже 8,10% (5,03-10,04%), док су вредности до које су дошли Угреновић и Шошкић износиле 7,80% (7,78%), а вредност до које је дошао

Карахасановић (1988) је 7,60%. Просечна вредност тангенцијалног утезања на прсној висини (1,3 m) износи 8,35%.

Запреминско утезање просечно износи 11,87% (7,5-14,9%), са коефицијентом варијације од 13,8%. Ова вредност је приближна вредности коју наводе Шошкић и Поповић (2002) и Колин (2000) од 12%. Запреминско утезање на прсној висини (1,3 m) просечно износи 12,08%.

На величину запреминског утезања дрвета највећи утицај има густина. Та зависност је, према досадашњим резултатима, пропорционална (Kollmann, Cote, 1984) и може се израчунати помоћу следеће формуле:

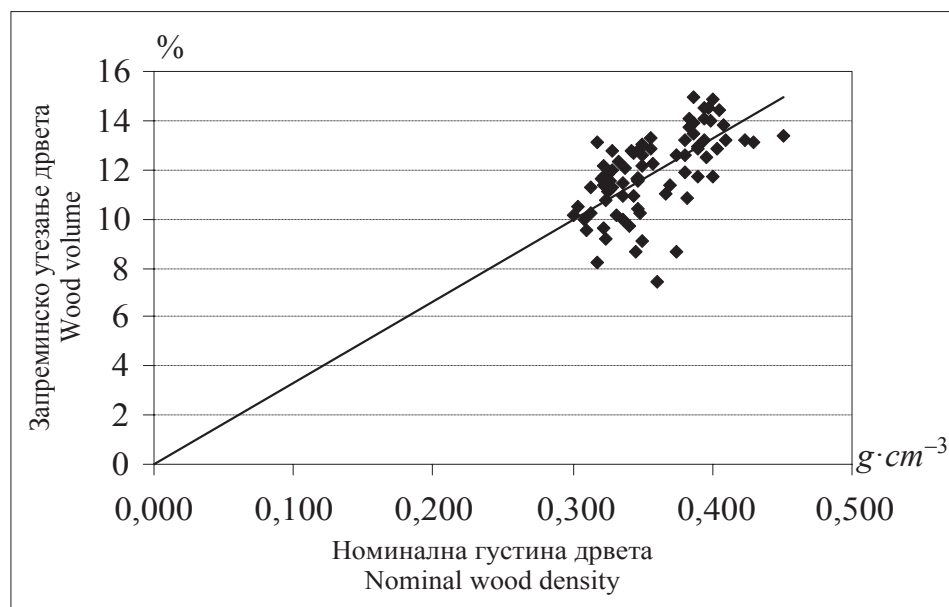
$$U = Z \cdot \rho_n, \dots\dots\dots (3)$$

где су: U - запреминско утезање дрвета [%], Z - тачка засићености влаканаца [%] и ρ_n - номинална густина дрвета [$g \cdot cm^{-3}$].

Наша истраживања (графикон 2) потврђују да постоји линеарна зависност између номиналне густине и запреминског утезања дрвета смрче. Та зависност је линеарног облика, са коефицијентом детерминације од $r^2=0,64$:

$$U = 33,2 \cdot \rho_n, \dots\dots\dots (4)$$

Једначина (4) одговара вредностима, коју је према Шошкићу и Поповићу (2002) дао Trandelenburg, који наводи да вредност запреминског утезања за бакуљаве четинаре (јелу и смрчу) има облик:



Графикон 2. Зависност укупног запреминског утезања од номиналне густине дрвета
Diagram 2. Dependence of total volume shrinkage on nominal wood density

$$U=(29-33) \cdot \rho_n, \dots\dots\dots (5)$$

где је $(29-33)$ - коефицијент који одговара тачки засићености влаканаца код смрче или јеле.

Резултати испитиваних физичких својстава омогућили су да се дође до података о фактору анизотропије утезања, запреминској порозности и тачки засићености влаканаца на прсној висини (1,3 m) (табела 2).

Табела 2. Својства смрчевог дрвета на прсној висини (1,3 m)
Table 2. Properties of spruce wood at breast height (1.3 m)

№	Статистички показатељи Statistical parameters		Фактор анизотропије Coeff. of anizothropy	Зап. порозност Volume porosity	TZV
				%	%
1	Број узорак		26	27	27
2	Средња вредност	%	2,16	71,86	32,57
3	Стандардна девијација	%	0,35	2,31	4,66
4	Коефицијент варијације	%	16,27	3,22	14,30
5	Станд. грешка ар. средине	%	0,07	0,44	0,90
6	<i>min</i>	%	1,61	65,28	20,73
7	<i>max</i>	%	2,85	74,84	37,43

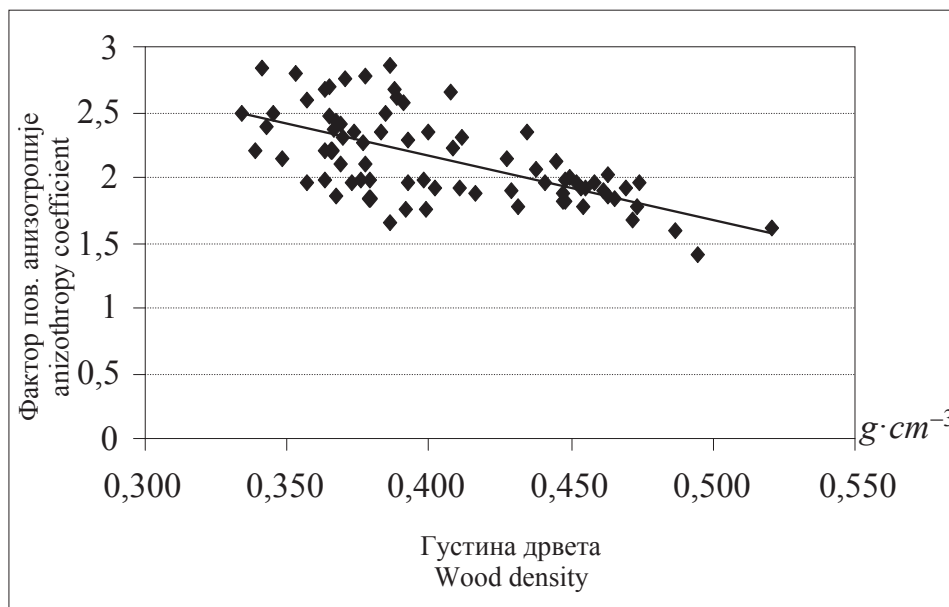
За процену димензионалне стабилности и употребљивости неког дрвета користи се фактор површинске анизотропије. Фактор површинске анизотропије показује склоност одређене врсте ка већој или мањој деформацији. Према Шошкићу и Поповићу (2002), фактор површинске анизотропије за смрчу износи 1,6 што је мање од наше вредности коју смо добили од 2,16. Већу вредност површинске анизотропије, је добио Тодоровић (2006) и она је износила 2,47. Исти аутор наводи да узрок веће анизотропије, код смрче, треба тражити у присуству јувенилног дрвета, које смањује попречно, а повећава аксијално утезање дрвета.

Густина утиче на величину промена димензија и запремине дрвета, међутим њен утицај на величину површинске анизотропије није посебно објашњен. Према истраживањима Kollman-а и Morath-а, са повећањем густине дрвета долази до смањења анизотропије трансверзалног утезања дрвета. То су потврдила и наша истраживања где анализа показује (графикон 3) негативну линеарну корелацију, са коефицијентом детерминације $r^2=0,42$, која се може изразити формулом:

$$f=4,14-4,95 \cdot \rho, \dots\dots\dots (6)$$

где су: f - фактор површинске анизотропије и ρ - густина дрвета у апсолутно сувом стању влажности.

Запреминска порозност просечно износи, на 1,3 m, 71,86%, што одговара просечној вредности порозности од 72,1% до које је дошао Потјкин (1976). Порозност, код смрче, зависи од густине дрвета, учешћа раног дрвета и др., па ће дрво које има



Графикон 3. Утицај густине дрвета на фактор површинске анизотропије

Diagram 3. Effect of wood density on the coefficient of anisotropy

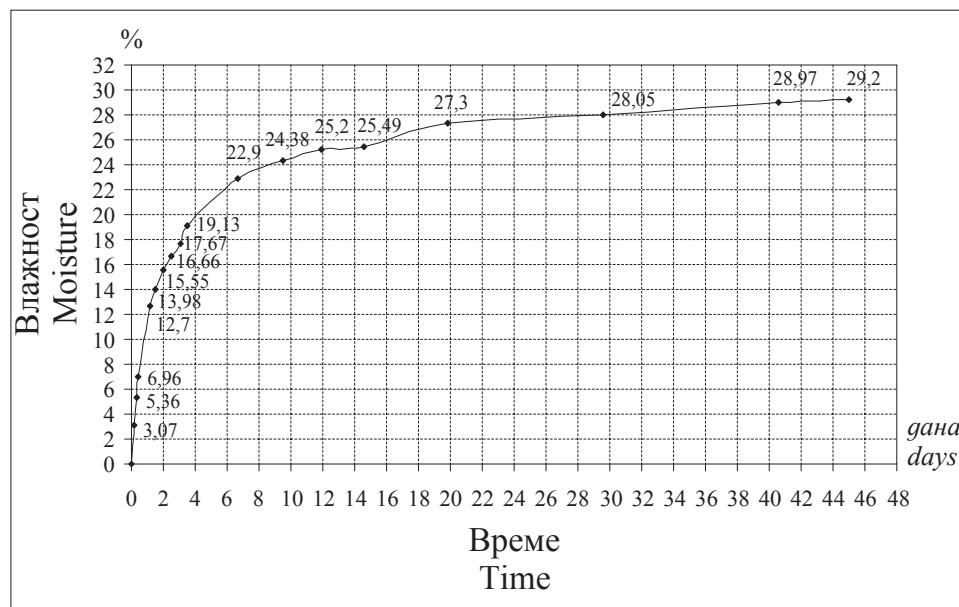
већи удео јувенилног дрвета имати и већу запреминску порозност и обрнуто. То нам показују резултати до којих су дошли Горишек и Страже (2005) који наводе да је запреминска порозност јувенилног дрвета (старости до 10 година) око 76%.

Просечна вредност *TZV* на прсној висини (1,3 m) износи 32,6%, а то је мање од вредности до које су дошли Шошкић од 39,5% и Тодоровић (2006) од 35,5%.

3.4. Апсорпција влаге

Графичка зависност између апсорпције влаге и времена дата је на графикону 4. Апсорпција влаге је мерена 45 дана. Из добијених резултата се може видети да је брзина апсорпције влаге из ваздуха у почетку највећа, затим благо опада, а на крају је најмања. Ово се може објаснити различитим афинитетом дрвета према води у зависности од његове влажности. У почетку процеса, дрво је у апсолутно сувом стању влажности, зидови ћелија су потпуно суви, њихов афинитет према упијању влаге је велики, па се влага брзо креће од спољашњих ка унутрашњим деловима. Касније, што је садржај влаге у ћелијским зидовима већи, процес апсорпције је све спорији (Поповић, Тодоровић, 2004).

Графикон 4. показује да је у првих 2 дана изузетно велики тренд пораста влажности, а даљи процес апсорпције влаге тече успорено кроз време. Тренд је такав да све што се више приближавамо тачки zasiћености влаканаца пораст влажности је



Графикон 4. Апсорпција влаге смрчевог дрвета

Diagram 4. Spruce wood absorption of moisture

све мањи за исто време апсорпције. Испитивање је показало да је брзина апсорпције у првих 2 дана износила 7,7% по дану, наредних 8 дана 1,18% по дану, а последњих 5 дана 0,05% по дану. Просечна брзина апсорпције износи 3,42% по дану за првих 7 дана, а за последњих 30 дана 0,12% по дану. Корелација између достигнуте влажности током апсорпције и времена (45 дана) је врло јака и математичког је облика:

$$Y=4,96 \cdot \ln x+11,97. \dots\dots\dots (7)$$

Коефицијент детерминације износи $r^2=0,99$. Поређења ради, апсорпција влаге смрче је знатно бржа од апсорпције дрвета букве где, према резултатима до којих су дошли Поповић и Тодоровић (2004), у првих 5 дана износила 3,14% по дану, а код смрче је то 4% по дану.

4. ЗАКЉУЧАК

Испитивањем и анализом основних физичких својстава смрчевог дрвета из култура добијени су ови резултати:

- просечна вредност ширине прстена прираста на прсној висини (1,3 m) износи 2,99 mm, а укупно за сва три анализирана стабла 4,05 mm (2,2-7,2 mm), са коефицијентом варијације од 29,8%. Резултати истраживања показују да је утицај ширине прстена прираста на густину негативан и та зависност

- је логаритамска ($Y = -0,1048 \cdot \ln x + 0,5428$, са коефицијентом детерминације $r^2 = 0,50$), која потврђује резултате до којих је дошао Nakkila (1968);
- просечна густина дрвета на прсној висини износи $0,422 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, а за сва три стабла $0,406 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ($0,339\text{--}0,520 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$), са просечним коефицијентом варијације од 10,8%;
 - просечна вредност радијалног утезања на прсној висини (1,3 m) износи 3,87%, а укупна просечна вредност 3,90% (1,93–5,60%), са коефицијентом варијације од 21,60%. Ова вредност радијалног утезања је нешто већа од вредности до које су дошли други аутори, Угреновић (1950) и Шошкић (1992) од 3,60%, Карахасановић (1988) од 3,80% и Тодоровић (2006) од 3,12%;
 - смрча се просечно тангенцијално утеже 8,10% (5,03–10,04%), док су вредности до које су дошли Угреновић и Шошкић износиле 7,80%, односно 7,78%, а вредност до које је дошао Карахасановић (1988) 7,60%. Коефицијент варијације тангенцијалног утезања износи 12,6%, што је приближно вредности до које је дошао Тодоровић (2006) од 13,4%. Просечна вредност тангенцијалног утезања на прсној висини (1,3 m) износи 8,35%;
 - запреминско утезање просечно износи 11,87% (7,5–14,9%), са коефицијентом варијације од 13,8%, а ова истраживања потврђују да постоји линеарна зависност између номиналне густине и запреминског утезања дрвета смрче облика $Y = 33,2 \cdot \rho_n$, при чему добијена једначина одговара вредности коју је, према Шошкићу и Поповићу (2002), дао Trandelenburg, који наводи да се вредност запреминског утезања за бакуљаве четинаре (јелу и смрчу) може израчунати помоћу следеће формуле $U = (29\text{--}33) \cdot \rho_n$;
 - према Шошкићу и Поповићу (2002), фактор површинске анизотропије за смрчу износи 1,6 што је мање од наше вредности коју смо добили од 2,16. Већу вредност површинске анизотропије, од наше вредности, је добио Тодоровић (2006) и она је износила 2,47. Ова истраживања су потврдила тврдњу Kollmann-а и Morath-а о негативном утицају густине дрвета на фактор површинске анизотропије. Анализа показује негативну линеарну корелацију која се може изразити формулом $f = -4,95 \cdot \rho + 4,14$, са коефицијентом детерминације $r^2 = 0,42$;
 - запреминска порозност на 1,3 m просечно износи 71,86%, што одговара просечној вредности порозности од 72,1% до које је дошао Потякин (1976);
 - просечна вредност TZV на прсној висини (1,3 m) износи 32,6%, што је мање од вредности до које су дошли Шошкић од 39,5% и Тодоровић (2006) од 35,5%;
 - брзина апсорпције влаге из ваздуха ($t = 21^\circ\text{C}$ и $\phi = 100\%$) опада са временом. У првих 2 дана је изузетно велики тренд пораста влажности, а даљи процес апсорпције влаге тече успорено кроз време. Тренд је такав да све што се више приближавамо тачки zasiћености влаканаца пораст влажности је све мањи за исто време апсорпције. Испитивање је показало да је брзина апсорпције у првих 2 дана износила 7,7% по дану, наредних 8 дана 1,18% по дану, и

последњих 5 дана 0,05% по дану. Просечна брзина апсорпције износи 3,42% по дану за првих 7 дана, а за последњих 30 дана 0,12% по дану. Корелација између достигнуте влажности током апсорпције и времена (45 дана) је врло јака и математичког је облика: $Y=4,96 \cdot \ln x + 11,97$ ($r^2=0,99$).

ЛИТЕРАТУРА

- Говедар З., Голијанин Ј., Марковић С. (2007): *Дендрохронолошка истраживања развоја ситабла смрче (Picea abies L.) на Јахорини*, Научни скуп „Србија и Република Српска у регионалним и глобалним процесима“, Требиње
- Горишек Ж., Страже А. (2005): *Утицај праће дрва на савијање смрековине (Picea abies Karst.) у процесу сушења*, VII међународно зnanствено саветовање „Дрво у градителству“, Загреб
- Grammel R. (1990): *Zusammenhänge zwischen Wachstumsbedingungen und holztechnologischen Eigenschaften der Fichte*, Forstw. Cbl. (109), (119-129)
- Zobel B.J., Buijtenen van J. (1989): *Wood variation. Its causes and control*, Springer Verlag, Berlin - New Yourk - Tokyo
- Карахасановић А. (1988): *Наука о дрвeтy*, Свјетлост, Сарајево
- Колин Б. (2000): *Хидротермичка обрада дрвeтa*, Југославијапублнк, Београд
- Kollman F., Cote W. (1984): *Principles of wood science and technology*, New York
- Lindstrom H. (1996): *Basic density in Norway spruce, Part III - Development from pith outwards*, Wood and fiber science 28(4), (391-405)
- Лукић-Симоновић Н. (1960): *Прилои познавању техничких својстава смрче*, Шумарство 3-4, Шумарски факултет - Универзитет у Београду, Београд
- Molteberg D., Hoibo O. (2006): *Development and variation of wood density, kraft pulp yield and fibre dimensions in young Norway spruce (Picea abies)*, Wood Science and technology 40, (173-189)
- Nylinder P., Hagglund E. (1954): *The influence of stand and tree properties on yield and quality of sulphite pulp of Swedish spruce (Picea excelsa)*, Forest Research Institute Sweden, № 11, vol. 44, Stockholm
- Olesen P.O. (1976): *The interrelation between basic density and ring width of Norway spruce*, Det. Forstl. Forsogsv. Danm. (34), (340-359)
- Persson A. (1975): *Wood and pulp of Norway spruce and Scots pine at various spacings*, Swedish Univ. Agric. Sciences Note 37, Stockholm
- Поповић З., Тодоровић Н. (2004): *Основна физичка својства буковине из изданаких шума ГЈ „Црни Врх“ - Куиново*, Шумарство 1-2, Шумарски факултет - Универзитет у Београду, Београд (49-60)
- Потякин В.И. (1976): *Проблема повишения влажeстии крутих лесоматериалов*, Москва
- Стојановић Љ. (1995): *Еколошко-производне карактеристике и начини природној обнављања смрчевих шума на Койаонику и Голији*, докторска дисертација у рукопису, Шумарски факултет - Универзитет у Београду, Београд
- Тодоровић Н. (2006): *Аксијално утeзање дрвeтa букве (Fagus toesiaca C.), хрeстa кишњака (Quercus sessiliflora S.) и смрче (Picea excelsa L.)*, магистарски рад у рукопису, Шумарски факултет - Универзитет у Београду, Београд

- Trendelenburg R., Mayer-Wegelin H. (1955): *Das Holz als Rohstoff*, Carl Hanser, München
- Угреновић А. (1950): *Технолојија дрвета*, Загреб
- Hakkila P. (1968): *Geographical variation of some properties of pine and spruce pulpwood in Finland*, Communications Instituti Forestalis Fenniae 66 (8), (1-59)
- Hildebrandt G. (1954): *Untersuchungen an Fichtenbeständen über Zuwachs und Ertrag reiner Holzsubstanz*, Deut. Verlag Wissenschaften, Berlin
- Шошкић Б. (1992): *Својства дрвета*, Шумарски факултет - Универзитет у Београду, Београд
- Шошкић Б., Поповић З. (2002): *Својства дрвета*, Шумарски факултет - Универзитет у Београду, Београд
- Шошкић Б., Поповић З., Попадић Р. (1994): *Варијација јусине најважнијих домаћих индустријских врста дрвета*, Дрварски гласник 10-11, Шумарски факултет - Универзитет у Београду, Београд (3-7)

Borislav Šoškić
Zoran Govedar
Nebojša Todorović
Danijela Petrović

BASIC PHYSICAL PROPERTIES OF SPRUCE WOOD (*PICEA ABIES* KARST.) FROM PLANTATIONS

Summary

The basic physical properties of spruce wood from plantations in the surroundings of Banja Luka were researched. The dependence of growth ring diameter and wood density, density, volume porosity, shrinkage, fibre saturation point and absorption of moisture were analysed on three trees, average age about 16 years. The data for breast height and for all specimens from breast height to 9.3 m were statistically processed.

The research and analysis of the basic physical properties of plantation-grown spruce wood shows that the average value of growth ring diameter at breast height (1.3 m) was 2.99 mm, and for all three analysed trees 4.05 (2.2-7.2) mm, with coefficient of variation 29.8%. The study results show that the effect of growth ring diameter on the density is negative and that the dependence has the logarithmic form: with coefficient of determination $r^2=0.50$, which confirms the results reported by Hakkila (1968). Average density of wood at breast height is $0.422 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, and for all three trees $0.406 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ($0.339\text{-}0.520 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$), with average variation coefficient of 10.8%. Total average radial shrinkage is 3.90% (1.93-5.60%), and tangential shrinkage 8.10% (5.03-10.04%). Volume shrinkage average is 11.87% (7.5-14.9%), with coefficient of variation 13.8%. Our research confirms the linear dependence between the nominal density and volume shrinkage of spruce wood. Coefficient of surface anisotropy is 2.16. Our research confirms the finding by Kollmann and Morath on the negative effect of wood density on the coefficient of surface anisotropy. Volume porosity average is 71.86% at 1.3 m, which corresponds to the average value of porosity accounting for 72.1%, reported by Potjakin (1976). Average value of fibre saturation point, at breast height (1.3 m) is 32.6%, which is less than the value reported by Šoškić and Todorović (2006), accounting for 35.5%.

Based on our research, the rate of absorption of air humidity ($t=21^\circ\text{C}$ and $\phi=100\%$) decreases with time. In the first 2 days, there is an extremely high trend of moisture increase, and further

process of absorption proceeds more slowly in time. The trend is such that, the nearer we are to the fibre saturation point, the increase of moisture is the lower, in the same period of absorption. The research shows that the average rate of absorption is 3.42% per day, for the first 7 days, and for the last 30 days it is 0.12% per day. The correlation between the moisture attained during absorption and time (45 days) is very strong and it has mathematical form: $Y=4.96 \cdot \ln x+11.97$, with the coefficient of determination $r^2=0.99$.