



UNIVERZITET U BANJOJ LUCI
ŠUMARSKI FAKULTET



Danijela Petrović

**SVOJSTVA DRVETA OMORIKE
(*Picea omorika* (Pančić) Purkině) IZ PRIRODNIH
SASTOJINA I KULTURA NA PODRUČJU
REPUBLIKE SRPSKE**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Banja Luka, 2018.



UNIVERSITY OF BANJA LUKA
FACULTY OF FORESTRY



Danijela Petrović

WOOD PROPERTIES OF SERBIAN SPRUCE (*Picea omorika* (Pančić) Purkině) FROM NATURAL STANDS AND PLANTATIONS IN THE REPUBLIC OF SRPSKA

DOCTORAL DISSERTATION

Banja Luka, 2018.

Informacija o mentoru i doktorskoj disertaciji

Mentor: Dr Zdravko Popović, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet

Naslov doktorske disertacije: Svojstva drveta omorike (*Picea omorika* (Pančić) Purkině) iz prirodnih sastojina i kultura na području Republike Srpske

Rezime: Pančićeva omorika je kao tercijerni relikt i endemit Balkanskog poluostrva veoma intaresantna sa naučnog aspekta i upravo to je jedan od razloga da svojstva njenog drveta budu tema ove disertacije. U radu su analizirana neka anatomska (širina prstena prirasta, širina i učešće kasnog drveta), fizička (vlažnost drveta u trenutku obaranja stabla, gustina drveta u apsolutno suvom, prosušenom i sirovom stanju vlažnosti, površinska i zapreminska poroznost, tačka zasićenosti vlakanaca, radijalno, tangencijalno, aksijalno i zapreminska bubreњe) i mehanička svojstva (napon na savijanje, napon na pritisak paralelno i upravno na vlakanca, dinamički napon na savijanje i tvrdoća drveta) drveta omorike koje potiče iz prirodnih sastojina i iz kultura na području Republike Srpske. Tri lokaliteta prirodnih sastojina, iz kojih je uzet uzorak za ispitivanje, se nalaze u blizini Višegrada, dok se jedan lokalitet kulture nalazi u okolini Banjaluke, a drugi u okolini Srebrenice. Ispitivanjem su dobijeni detaljni podaci o anatomskim, fizičkim i mehaničkim svojstvima drveta omorike iz prirodnih sastojina i drveta omorike koja potiče iz kultura. Na osnovu svih dobijenih i analiziranih podataka možemo zaključiti da se svojstva drveta iz kultura statistički značajno razlikuju od svojstava drveta iz prirodnih sastojina. U rezultatima istraživanja je, između ostalog, izdvojeno prvih četrdeset godina rasta stabla iz prirodnih sastojina i za ovaj period su određene prosečne širine prstena prirasta, širina i učešće kasnog drveta i ispitana su fizička i mehanička svojstva na epruvetama koje obuhvataju ove godine rasta stabala. Cilj je bio da se prepozna uticaj juvenilnog drveta koje je odraz početne faze rasta i razvoja stabla. Rezultati istraživanja su pokazali da se samo na jednom lokalitetu ispoljio uticaj juvenilnog drveta kroz skoro sve navedene parametre, dok je na druga dva lokaliteta uticaj jedva primetan. Istraživanjem je, takođe, obuhvaćen uticaj širine prstena prirasta i učešća kasnog drveta na fizička i mehanička svojstva drveta, kao i uticaj gustine na bubreњe i mehanička svojstva drveta. Istraživanje svojstava drveta Pančićeve omorike iz prirodnih i veštački podignutih sastojina znatno su približile sliku o drvetu ove vrste. Dobijeni rezultati o makroskopskim karakteristikama, fizičkim i mehaničkim svojstvima drveta omorike mogu pomoći u izboru oblasti primene ove vrste drveta i mogu biti polazna osnova za unapređenja procesa prerade drveta omorike iz veštački podignutih sastojina, s obzirom da su njene prirodne sastojine zaštićene zakonom.

Ključne reči: Pančićeva omorika, prirodne sastojine, kulture, širina prstenova prirasta, fizička svojstva drveta, mehanička svojstva drveta

Naučna oblast: Korišćenje šumskih resursa¹

Naučno polje: Šumarstvo¹

Klasifikaciona oznaka: B 430

Tip odbrane licence Kreativne zajednice: CC BY-NC

¹ Na osnovu Odluke Senata Univerziteta u Banjoj Luci broj 02/04-3.3610-110/15 od dana 26.11.2015. godine

Information about mentor and doctoral dissertation

Mentor: PhD Zdravko Popović, full professor, University of Belgrade, Faculty of Forestry

Title of doctoral dissertation: Wood properties of Serbian spruce (*Picea omorika* (Pančić) Purkině) from natural stands and plantations in the Republic of Srpska

Abstract: Serbian spruce, as a tertiary relict and an endemic of the Balkan peninsula, is very interesting from the scientific point of view and this is why its wood properties are the topic of this dissertation. The paper analyzes some anatomical (the growth ring width, the width and the percentage of the late wood), the physical (oven dry, air dry and raw density of wood, fibre saturation point, porosity, radial, tangential, axial and volumetric swelling) and mechanical properties (modulus of rupture, compression strength parallel and perpendicular to grain, dynamic modulus of rupture and hardness) of Serbian spruce wood that comes from natural stands and from plantations in the Republic of Srpska. Three sites of natural stands, from which the samples for examination were taken, are located near Višegrad, while one site of plantation is located next to Banja Luka and the other one in the area of Srebrenica. The detail data of anatomical, physical and mechanical properties of Serbian spruce wood from natural stands and wood from plantations, were obtained. On the basis of all the data obtained and analyzed, we can conclude that the properties of wood from plantations statistically significantly differ from the properties of wood from natural stands. In the results of the research, among other things, the first forty years of growth of trees from natural stands were separated, and the growth ring width, the width and the percentage of the late wood were determined for this period and physical and mechanical properties of the samples that include this year of tree growth were examined. The goal was to recognize the influence of juvenile wood, which is a reflection of the initial growth and development phase of the tree. The results of the study showed that only at one site there is the influence of juvenile wood through almost all of the mentioned parameters, while the influence on the other two sites is barely noticeable. The study also included the influence of the growth ring width and the participation of the late wood on physical and mechanical properties of the wood, as well as the influence of density on swelling and mechanical properties of the wood. The research of the properties of Serbian spruce wood from natural and planted forests significantly contributed to a picture of the wood of this type. The obtained results on the macroscopic characteristics, physical and mechanical properties of the Serbian spruce wood can help in the selection of the field of application of this type of wood and can be the starting point for the improvement of the processing Serbian spruce wood from planted forests, since its natural stands are protected by the law.

Key words: Serbian spruce, natural stands, plantations, the growth ring width, physical properties of wood, mechanical properties of wood

Scientific area: Using of Forest Resources

Scientific field: Forestry

Classification Code: B 430

Type of license of Creative Community: CC BY-NC

ZAHVALNICA

Koristim ovu priliku da izrazim veliku zahvalnost mentoru prof. dr Zdravku Popoviću koji je svojim sugestijama, podrškom i nesebičnom pomoći doprineo poboljšanju kvaliteta ovog rada. Takođe, veliku zahvalnost dugujem i ostalim članovima komisije, prof. dr Nebojši Todoroviću i prof. dr Vojislavu Dukiću na svim korisnim savetima.

Posebnu zahvalnost dugujem prof. dr Borislavu Šoškiću koji me je uveo u svet nauke i koji je uvek verovao u mene.

Zahvaljujem se šumskom gazdinstvu "Panos" sa sedištem u Višegradu, šumskom gazdinstvu "Drina" sa sedištem u Srebrenici i preduzeću "Industrijske plantaže" a.d. Banja Luka, na velikoj pomoći koju su mi pružili prilikom prikupljanja materijala za istraživanje.

Ovim putem se zahvaljujem gospodinu Milanu Koviću i gospodinu Jovi Dukiću na velikoj pomoći pri pripremi i izradi epruveta za istraživanje.

Zahvaljujem se prof. dr Dragoslavu Dobrašu i dipl. ing. mašinstva Slobodanu Stankoviću za pomoć pri ispitivanju mehaničkih svojstava u Laboratoriji za materijale Mašinskog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci.

Zahvaljujem se svim kolegama i prijateljima koji su mi pružili stručnu pomoć i podršku u izradi ovog rada.

Posebnu zahvalnost dugujem svojoj porodici za veliko razumevanje i podršku u radu.

Autor

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Cilj istraživanja	2
1.2. Dosadašnja istraživanja.....	3
2. POREKLO MATERIJALA ZA ISTRAŽIVANJE.....	10
2.1. Klimatske karakteristike	15
3. METOD RADA	18
4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA SA DISKUSIJOM.....	37
4.1. SPOLJAŠNJE KARAKTERISTIKE STABALA	37
4.2. MAKROSKOPSKE KARAKTERISTIKE STABLA	40
4.2.1. Debljina kore	40
4.2.2. Površinsko učešće kore.....	43
4.2.3. Širina prstenova prirasta, širina kasnog drveta i učešće kasnog drveta	46
4.2.3.1. Promena širine prstenova prirasta, širine kasnog drveta i učešća kasnog drveta po radijusu	46
4.2.3.2. Širina prstenova prirasta.....	52
4.2.3.3. Širina kasnog drveta i njegovo učešće u prstenu prirasta	58
4.2.3.4. Zavisnost širine ranog drveta, širine kasnog drveta i učešća kasnog drveta od širine prstena prirasta	63
4.3. FIZIČKA SVOJSTVA DRVETA.....	67
4.3.1. Vlažnost drveta u trenutku obaranja stabla.....	67
4.3.2. Gustina drveta.....	70
4.3.2.1. Gustina drveta u apsolutno suvom stanju vlažnosti	70
4.3.2.1.1. Zavisnost gustine drveta od širine prstena prirasta i učešća kasnog drveta	80
4.3.2.2. Gustina drveta u prosušenom stanju vlažnosti	84
4.3.2.3. Gustina drveta u sirovom stanju vlažnosti	86
4.3.2.4. Nominalna gustina drveta	87
4.3.3. Svojstva računski izvedena iz gustine drveta	88
4.3.3.1. Zapreminska poroznost	88
4.3.3.2. Površinska poroznost	90
4.3.3.3. Tačka zasićenosti vlakanaca	92
4.3.4. Bubrenje drveta.....	94
4.3.4.1. Radijalno bubrenje	94
4.3.4.1.1. Zavisnost radijalnog bubrenja od širine prstena prirasta, učešća kasnog drveta i gustine drveta.....	97
4.3.4.2. Tangencijalno bubrenje.....	102
4.3.4.2.1. Zavisnost tangencijalnog bubrenja od širine prstena prirasta, učešća kasnog drveta i gustine drveta.....	105
4.3.4.3. Aksijalno bubrenje	110
4.3.4.4. Zapreminske bubrenje.....	113
4.3.4.4.1. Zavisnost zapreminskog bubrenja od širine prstena prirasta, učešća kasnog drveta i gustine drveta.....	116

4.4. MEHANIČKA SVOJSTVA DRVETA	121
4.4.1. Čvrstoća na savijanje	121
4.4.1.1. Zavisnost čvrstoće na savijanje od širine prstena prirasta, učešća kasnog drveta i gustine drveta	124
4.4.2. Napon na savijanje na granici proporcionalnosti	128
4.4.2.1. Zavisnost napona na savijanje na granici proporcionalnosti od širine prstena prirasta, učešća kasnog drveta i gustine drveta.....	132
4.4.3. Modul elastičnosti pri naponu na savijanje	135
4.4.3.1. Zavisnost modula elastičnosti pri naponu na savijanje od širine prstena prirasta, učešća kasnog drveta i gustine drveta.....	138
4.4.3.2. Zavisnost čvrstoće na savijanje od modula elastičnosti	140
4.4.4. Čvrstoća na pritisak paralelno sa vlakancima.....	142
4.4.4.1. Zavisnost čvrstoće na pritisak paralelno sa vlakancima od širine prstena prirasta, učešća kasnog drveta i gustine drveta.....	145
4.4.5. Napon na pritisak upravno na vlakanca.....	150
4.4.5.1. Napon na pritisak upravno na vlakanca na granici proporcionalnosti pri dejstvu sile u tangencijalnom pravcu	150
4.4.5.1.1. Zavisnost napona na pritisak upravno na vlakanca na granici proporcionalnosti pri dejstvu sile u tangencijalnom pravcu od širine prstena prirasta učešća kasnog drveta i gustine drveta ..	152
4.4.5.2. Napon na pritisak upravno na vlakanca na granici proporcionalnosti pri dejstvu sile u radijalnom pravcu.....	154
4.4.6. Dinamički napon na savijanje.....	157
4.4.6.1. Zavisnost dinamičkog napon na savijanje od širine prstenova prirasta, učešća kasnog drveta i gustine drveta	160
4.4.7. Tvrdoća drveta	163
4.4.7.1. Tvrdoća drveta u aksijalnom pravcu	163
4.4.7.2. Tvrdoća drveta u radijalnom pravcu	166
4.4.7.3. Tvrdoća drveta u tangencijalnom pravcu	169
4.4.7.4. Zavisnost tvrdoće drveta od gustine.....	172
4.5. KLASTER ANALIZA	175
5. PREGLED REZULTATA I ZAKLJUČCI.....	176
6. LITERATURA	185
7. PRILOZI	196

1. UVOD

Pančićeva omorika (*Picea omorika* (Pančić) Purkyně) je tercijerni relikt i endemit istočnog dela Bosne i Hercegovine i zapadnog dela Srbije, koji privlači pažnju ne samo naših, već i istraživača iz čitavog sveta. Njeni praroditelji su vrste *Picea palaeomorika* i *Picea omoricoidea*, koji su nastanjivali široka područja severnog kopna Evrope i Azije (Vidaković i Franjić, 2004).

Govoreći o omorici otvaramo čitav niz pitanja koja su vezana za njeno rasprostranjenje, za faktore koji su doveli do smanjivanja njenog areala, za biljne zajednice u kojima se javlja, za stanište na kom se nalazi, za teško obnavljanje prirodnim putem iz semena...

Prema Isajevu (1987) rezultati do kojih se došlo u radu sa omorikom u Evropi i kod nas pokazuju da je to vrsta sa izraženom ekološkom plastičnošću, kao i morfološkom i fiziološkom varijabilnošću, tako da se odgovarajućim metodama oplemenjivanja omorika može rekonstruisati u smislu šire i adekvatnije primene.

Imajući u vidu značaj koji omorika može imati u šumarstvu Bosne i Hercegovine, odnosno Republike Srpske, postoji naučna i praktična potreba za istraživanjima ove vrste drveta. Ova istraživanja mogu se koristiti u svrhu sagledavanja opravdanosti proširenja njenog areala kroz prizmu njene upotrebe kao tehničkog drveta.

Kako su prirodne sastojine omorike zaštićene zakonom, moglo bi se zaključiti da omorika nema industrijski značaj. Međutim, samim tim što je tako retka, a pri tom ima kvalitetno drvo, pravilnog toka vlakanaca (Šoškić i Popović, 2002), ona može biti veoma poželjna na tržištu. Stoga se treba usmeriti na osnivanje veštačkih sastojina omorike na većim površinama, gde bi se oplemenjivanjem i pravilnim uzgojem moglo uticati na poboljšanje tehnoloških svojstava drveta.

Ivetić i Aleksić (2016) navode da ukupna površina prirodnih sastojina omorike u Bosni i Hercegovini i Srbiji iznosi 3090,2 ha, dok površina veštački podignutih sastojina iznosi svega 35,36 ha. Od toga, samo nekoliko veštački podignutih sastojina je starije od četrdeset godina, a većina je na lokalitetima sa neodgovarajućom nadmorskom visinom, nagibom i ekspozicijom.

Veštački podignite sastojine omorike u Bosni i Hercegovini zauzimaju površinu oko 19 ha. U Federaciji BiH postoje dve registrovane semenske kulture i to u Kaknju površine 8,2 ha i Fojnici - 2,4 ha, dok u Republici Srpskoj postoje dve registrovane semenske kulture (u Dubravi površine 0,33 ha i u Srebrenici - 0,6 ha) i jedna koja je u fazi registracije (u Doboju površine 7,2 ha).

Kako se rast drveta u veštački podignutim sastojinama ne može izjednačiti sa rastom u prirodnim sastojinama, to se sigurno odražava i na njegova anatomska, fizička i mehanička svojstva. Poznavanje građe i svojstava omorike iz kultura u odnosu na građu i svojstva drveta omorike iz prirodnih populacija je neophodan uslov za racionalno i pravilno korišćenje ovog drveta.

Ispitivanje fizičkih i mehaničkih svojstava drveta ove vrste u prirodnim sastojinama detaljnije je rađeno šesdesetih godina prošlog veka (Lukić-Simonović, 1970) i to na području Srbije, odnosno desne obale reke Drine (planina Tara, Crni Vrh i Zaovine), dok na području Republike Srpske, ova istraživanja nisu rađena.

1.1. CILJ ISTRAŽIVANJA

Svojstva drveta zavise od više faktora. U najvećoj meri zavise od stanišnih prilika, ali i od tokova rasta stabala uslovljenih strukturu sastojine. Ovaj rad će nam omogućiti da pomoći uporedne analize fizičkih i mehaničkih svojstava drveta omorike, dobijemo sliku svojstava drveta iz kultura u odnosu na svojstva drveta iz prirodnih sastojina. Konačno i sigurno poznavanje praktične vrednosti omorike može se dobiti tek onda kada se ispituju sve karakteristike ove vrste.

Cilj ovog istraživanja je da utvrди neka anatomska, fizička i mehanička svojstva drveta omorike iz prirodnih sastojina koje karakteriše raznодobna struktura i iz kultura odnosno veštački podignutih sastojina koje karakteriše jednodobnost. Od anatomskih svojstava u ovom radu su istražena: širina prstena prirasta, širina kasnog drveta i učešće kasnog drveta, od fizičkih: nominalna gustina, gustina drveta u apsolutno suvom, prosušenom i sirovom stanju vlažnosti, bubreњe drveta (tangencijalno, radijalno, aksijalno i zapreminska), površinska i zapreminska poroznost, tačka zasićenosti vlakanaca, a od mehaničkih svojstava: tvrdoća drveta, statički napon na savijanje (čvrstoća na savijanje - modul loma i napon na granici proporcionalnosti), modul elastičnosti pri statičkom naponu na savijanje, dinamički napon na savijanje (čvrstoća na udar), čvrstoća na pritisak paralelno sa vlakancima i napon na pritisak upravno na vlakanca (napon na granici proporcionalnosti).

Rad treba da pruži odgovore na sledeća pitanja:

- Koje su vrednosti anatomske, fizičke i mehaničke svojstva drveta i kolika je njihova varijabilnost u prirodnim sastojinama omorike;
- Koje su vrednosti anatomske, fizičke i mehaničke svojstva drveta i kolika je njihova varijabilnost u kulturama omorike;
- Kako različito poreklo sastojine (prirodne sastojine i kulture) utiče na anatomska, fizička i mehanička svojstva drveta omorike;
- Kakav je odnos anatomske, fizičke i mehaničke svojstava drveta omorike i svojstava drveta smrče.

Doktorska disertacija je bazirana na dve hipoteze:

- Anatomska, fizička i mehanička svojstva drveta stabala omorike iz sastojina u različitim stanišnim uslovima se značajno razlikuju;
- Anatomska, fizička i mehanička svojstva drveta stabala omorike iz sastojina različitog porekla (prirodne sastojine i kulture) se značajno razlikuju.

1.2. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

Nakon što je Josif Pančić 1877. godine otkrio omoriku na planini Tari, ova vrsta je postala jako interesantna za mnoge naše, ali i naučnike širom sveta koji su radili razna istraživanja počevši od utvrđivanja njenog areala, preko pedoloških, fitocenoloških, genetičkih istraživanja, kao i ispitivanja njenog semena, prirasta i oblika stabla.

Prema Vidakoviću i Franjiću (2004) omorika je prirodno rasprostranjena u Srbiji i Bosni i Hercegovini na području oko srednjeg i donjeg toka reke Drine, s tim da postoji jedno veće nalazište između Bajine Bašte i Višegrada sa obe strane Drine i dva manja, jedno jugoistočno od Ustiprače i drugo jugozapadno od Foče. Nalazi se na strmim, kamenitim liticama, uglavnom na krečnjačkoj podlozi, retko serpentinskoj, na nadmorskim visinama od 300 do 1700 m. Gradi čiste ili mešovite sastojine sa smrčom, belim i crnim borom, brezom i trepetljikom.

Kada govorimo o rasprostranjenju omorike ne možemo a da se ne osvrnemo na doprinos koji su dali Fukarek (1935, 1950, 1951, 1957) i Čolić (1953, 1957, 1962, 1965). Oni su u svojim

radovima dali iscrpne podatke o njenom rasprostranjenju, konfiguraciji terena kao i samom staništu gde se javlja omorika.

Ballian et al. (2006) navode da su velike klimatske promene kao i mnoge promene koje su nastale antropogenim delovanjima, dovele do značajnih promena u životnoj sredini omorike. Kako te novonastale promene nikako ne pogoduju vrsti, te male, geografski udaljene i retke prirodne populacije, predstavljaju posebne genetske specifikume u laganom nestajanju.

„Omorika se smatra kao vrsta sa širokim ekološkim dijapazonom i poseduje izvesna svojstva koja su karakteristična za pionirske vrste. Na krečnjačkim liticama, skoro bez pedološkog supstrata, a uz prisustvo velike količine relativne vlage vazduha, ona je bez konkurenčije. Na svežem i humoznom zemljištu omorika potiskuje druge vrste.“ (Lukić-Simonović, 1970)

Omorika se danas užgaja širom Evrope sa velikim uspehom, jer se pokazala kao vrsta koja je otporna na rane i kasne mrazeve, aerozagađenje, sneg, ledolome... Samim tim ona je i predmet istraživanja stranih istraživača (Meyer 1960, Pokorný 1981, Kommert 1990, Král 2002).

Tomanić (1991) je istraživanjem odnosa visina u sastojinama omorike i pratećih vrsta na Tari došao do zaključka da bukva, jela i smrča „sustižu“ omoriku po visini, što može dovesti do redukcije njene krošnje, a samim tim do smanjenja vitalnosti stabla, smanjenja učestalosti i obilnosti plodonošenja, te sporijeg širenja omorike na okolna područja.

Lakušić i Međedović (1973) ispitujući ekološke i genetičke karakteristike Pančićeve omorike navode da je to vrsta koja je sastavljena od velikog broja populacija koje su geografski slabo, a ekološki dobro izolovane i da vrsta u celini ima veoma široku ekološku valencu u odnosu na osnovne ekološke faktore (svetlo, temperatura, vлага, tlo).

Stojanović (1959) je ispitao taksacione elemente sedam stabala iz prirodnih sastojina na osnovu kojih se može potpunije zaključivati o njenoj proizvodnosti. On navodi da je prosečni debljinski prirast od 0,2 do oko 4 mm i da vreme kulminacije nastupa između 50 i 70 godina, dok se prosečni visinski prirast kreće od 5 do 30 cm (najčešće 15-20 cm) i da kulminira u starosti od 40 do 80 godina. Tekući prirast prečnika kulminira u starosti od 30 do 40 godina, zatim opada do starosti od 70-80 godina, zatim opet raste i kulminira u 110-oj godini posle čega opada. Tekući prirast visine ima nejednovremenu kulminaciju (od 20 do 70 godina).

Koprivica (1978) je, ispitujući proizvodne mogućnosti Pančićeve omorike u kulturi na Trebeviću, na zemljištu koje joj ne odgovara, došao do rezultata da zapremina u 70-oj godini

iznosi oko 270 m³/ha, tekući zapreminske prirast oko 9,50 m³/ha i da je kvalitet zapremine dobar. Iz toga proizilazi da su proizvodne mogućnosti ove vrste prilično dobre i da se na nju ne sme zaboraviti kako zbog njenih prozvodnih mogućnosti tako i zbog drugih razloga kao što su: mala osjetljivost na kasne mrazeve, na sušu, na vетar i snegoizvale, na štetne gasove...

Dukić et al. (2012) su istraživali modele rasta stabala Pančićeve omorike sa različitim biološkim pozicijama iz semenske sastojine „Zanožje Vitez“ sa područja Srebrenice.

Na oplemenjivanju i analizi genetskog potencijala omorike radili su Isajev (1987), Isajev et al. (1989), Tucović i Isajev (1982, 1988), Šijačić-Nikolić (2001), Šijačić-Nikolić i Isajev (2002). Na genetičkoj identifikaciji populacija pomoću izoenzimskih markera radili Ballian et al. (2004, 2006), Ballian (2006). Na genetičkoj strukturi izvedenoj iz plastida DNK radili su Nasri et al. (2008), a na genetičkoj strukturi na osnovu EST-SSRs markera i mitohondrijalne DNK radili su Aleksić et al. (2009) i Aleksić i Geburek (2010, 2013).

Stojanović (1995) je proučavanjem omorike sa četiri karakteristična staništa na Tari, zaključio da je Pančićeva omorika vrsta relativno široke amplitude u odnosu na osnovne ekološke faktore. Na krečnjačkim staništima omorika ima prednost u odnosu na smrču, što ukazuje na mogućnost proširenja njenog areala.

Babić et al. (2007) su na osnovu izvršenih analiza bioloških karakteristika i adaptivnosti sto stabala Pančićeve omorike u urbanim cenozama Beograda, zaključili da je vrsta velikog genetičkog potencijala koji bi se mogao koristiti u pejzažnoj arhitekturi i hortikulturi za ozelenjavanje urbanog habitata.

Ostojić i Dinić (2009) su u cilju praćenja prirodnog obnavljanja omorike postavili seriju ogleda u rezervatima u mešovitim šumama sa omorikom na krečnjaku u Nacionalnom parku „Tara“ i zaključili da na klijavost semena i ponik utiču rani prolećni i jesenji mrazevi, gust sklop šume, debeo sloj stelje i gust zeljasti pokrivač na progalamama.

Kada govorimo o semenu omorike možemo navesti rade Pintarića (1957, 1970) koji je istraživao uticaj starosti semena i delovanje svetla na proces klijanja semena omorike, kao i konzerviranje semena Pančićeve omorike u hermetički zatvorenim posudama i uticaj starosti na klijavost. Korać (1965) je istraživao uticaj jonizujućeg zračenja na seme omorike, čijim bi se dejstvom došlo do povećanja prirasta i stvaranja boljih i kvalitetnijih formi u genetičkom smislu, dok su Cvjetković et al. (2013) istraživali uticaj različitih tretmana čuvanja semena omorike na klijavost i dinamiku klijanja semena.

Stablo omorike je usko piramidalnog karaktera, dostiže visinu do 50 m, a prečnik do 0,5 m. Drvo omorike je bakuljavo, prstenovi prirasta su dosta uski, prelaz ranog drveta u kasno je postepen sa dosta jasno izraženom granicom prstena prirasta. Smolni kanali su zastupljeni u malom broju (Vilotić, 2000).

Drvo omorike je lako i meko, brzo i dobro se suši, lako se cepa, srednje čvrsto, osrednje trajno i lako se obrađuje. Moglo bi da posluži u različite svrhe kao drvo uzanih i pravilnih godova, za izradu kvalitetnijih sortimenata kao što su muzički instrumenti (Matijević, 1988).

Stevanović-Janežić et al. (1995) navode da su hemijska i anatomska ispitivanja omorike pokazala da ona ima vrlo dobre karakteristike koje je preporučuju za preradu, te da treba raditi na intenzivnjem pošumljavanju i podizanju njenih kultura, kao i na razmatranju njenih aplikacija u drvnoj industriji.

Šoškić i Popović (2002) navode da je drvo omorike kvalitetno, pravilnog toka vlakanaca, bez većeg prisustva grešaka građe drveta.

Prema Vilotić (2000) drvo omorike bi moglo da posluži za različite svrhe s obzirom na boju lignuma drveta i uske prstenove prirasta.

Na istraživanju anatomske građe drveta omorike radili su Wettstein (1890), Plavšić (1936), Vilotić (1994) i drugi. Lukić-Simonović (1970) navodi da prosečna vrednost širine prstenova prirasta za 10 stabala omorike sa dva lokaliteta iznosi 1,96 mm (0,30 do 5,20 mm), dok je srednja vrednost gustine drveta u absolutno suvom stanju je $0,450 \text{ g/cm}^3$. Ugrenović (1950) navodi da je gustina drveta omorike u absolutno suvom stanju $0,490 \text{ g/cm}^3$, kao i da po svom kvalitetu drvo omorike „leži između“ smrče i bora.

Lukić-Simonović (1970) je detaljno istražila fizička i mehanička svojstva omorike sa njenih prirodnih nalazišta u zapadnoj Srbiji i upoređivala ih sa svojstvima drveta smrče sa istih staništa. Od fizičkih svojstava drveta istraživala je nominalnu gustinu drveta, gustinu drveta u absolutno suvom stanju, radijalno, tangencijalno i zapreminsco utezanje, a od mehaničkih svojstava čvrstoću na pritisak, čvrstoću na savijanje, čvrstoću na udar, čvrstoću na smicanje, čvrstoću na cepanje, čvrstoću na zatezanje, modul elastičnosti i tvrdoću. Prema ovim istraživanjima omorika sa staništa A koje se nalazi na Mitrovcu ima prosečnu širinu prstena prirasta 0,67 mm, učešće kasnog drveta je 33%, dok je gustina u absolutno suvom stanju $0,432 \text{ g/cm}^3$. Utezanje u radijalnom pravcu iznosi 3,81%, u tangencijalnom 8,29%, a zapreminsco utezanje je 12,85%. Čvrstoća na pritisak iznosi 406 kp/cm^2 , čvrstoća na savijanje 814 kp/cm^2 , a čvrstoća na udar $0,382 \text{ kpm/cm}^2$. Omorika sa staništa B koje se nalazi na Crvenim stenama ima

prosečnu širinu prstena prirasta 1,91 mm, učešće kasnog drveta je 20,8%, a gustina u absolutno suvom stanju iznosi $0,458 \text{ g/cm}^3$. Utezanje u radijalnom pravcu iznosi 4,44%, u tangencijalnom 9,31%, a zapreminske utezanje je 13,59%. Čvrstoća na pritisak iznosi 477 kp/cm^2 , čvrstoća na savijanje je 978 kp/cm^2 , dok je čvrstoća na udar $0,384 \text{ kpm/cm}^2$. Omorika sa staništa C koje se nalazi iznad ušća Jajačkog u Zmajevski potok ima prosečnu širinu prstena prirasta 2,16 mm, učešće kasnog drveta je 22%, dok je gustina u absolutno suvom stanju $0,448 \text{ g/cm}^3$. Utezanje u radijalnom pravcu iznosi 4,54%, u tangencijalnom 9,69%, a zapreminske utezanje je 14,10%. Čvrstoća na pritisak iznosi 465 kp/cm^2 , čvrstoća na savijanje 1006 kp/cm^2 , a čvrstoća na udar $0,305 \text{ kpm/cm}^2$.

Kommert (1990) je istraživao gustinu, napon na pritisak i napon na savijanje drveta iz 49 stabala omorike starosti od 21 do 55 godina, koji potiču sa 13 lokacija u Nemačkoj i utvrdio da su vrednosti gustine drveta omorike slične gustini drveta smrče, dok su vrednosti napona manji, naročito kod mlađih stabala.

Kommert (1993) je ispitujući 47 stabala omorike došao do rezultata da je prosečna gustina $0,473 \text{ g/cm}^3$, prosečna čvrstoća na pritisak paralelno sa vlakancima $36,6 \text{ MPa}$, a prosečna čvrstoća na savijanje $72,5 \text{ MPa}$.

Ispitujući dužinu vlakanaca sa četrnaest stabala omorike u Nemačkoj, Kommert i Köhler (1993) su utvrdili da sa povećanjem starosti raste dužina vlakanaca.

Kako se u literaturi ne može naći puno istraživanja vezanih za svojstva drveta omorike, neophodno je svojstva ove vrste uporediti sa svojstvima smrče kao najbliže vrste istog roda koja raste na našim prostorima.

Na određivanju svojstava drveta smrče radilo je puno istraživača, a ovde ćemo pomenuti Lindström (1996 a,b,c) koji je detaljno obradio gustinu smrče. Olesen (1976) je istraživao zavisnost između gustine i širine prstena prirasta smrče.

Lundgren (2004) je istraživala kako đubrenje i navodnjavanje utiče na debljinu zida i prečnik ćelija drveta smrče, dok su Molteberg i Høibø (2006) proučavali variranje gustine drveta i dimenzija vlakanaca mlađih stabala smrče.

Jyske et al. (2008) su ispitivali prosečnu gustinu prstena prirasta smrče, gustinu ranog i kasnog drveta, širinu prstenova prirasta i učešće kasnog drveta po dužini i radijsu stabla.

Na istraživanju anatomske građe smrče, odnosno dužine vlakanaca, prečnika traheida, kao i učešća kasnog drveta radio je Lindström (1997). Prema njegovim istraživanjima dužina

traheida ima logaritamsku zavisnost od kambijalne starosti i širine prstena prirasta sa koeficijentom determinacije od 0,87, dok učešće kasnog drveta pokazuje zavisnost od istih parametara, s tim što je koeficijent determinacije u ovom slučaju 0,53. Takođe je zaključio da gustina drveta zavisi od učešća kasnog drveta i radijalnog prečnika traheida ranog drveta sa koeficijentom determinacije 0,80.

Jedan od bitnih faktora koji utiču na gustinu drveta je prisustvo reakcionog drveta, što su dokazali Gryc i Horáček (2007) koji su istraživali varijabilnost gustine drveta smrče sa prisustvom reakcionog drveta. Oni su zaključili da je gustina uzoraka koji sadrže 80% reakcionog drveta veća 1,5 puta od gustine uzoraka bez reakcionog drveta.

Todorović (2006) je ispitao aksijalno utezanje, kao i ostala osnovna fizička svojstva smrče sa Goča prosečne starosti 36 godina.

Šoškić et al. (2007) su ispitivali osnovna fizička svojstva smrče iz kultura sa područja Banjaluke i zaključili da su vrednosti gustine niže od onih koje se mogu naći u literaturi.

Gorišek et al. (2004) su istraživali razlike u širini prstenova prirasta, gustini i mehaničkim svojstvima (napon na savijanje, modul elastičnosti, napon na pritisak i tvrdoća) juvenilnog i zrelog drveta smrče iz alpskog i subalpskog regiona Slovenije. Došli su rezultata da gustina i mehanička svojstva juvenilnog drveta imaju signifikantno niže vrednosti od gustine i mehaničkih svojstava zrelog drveta. Gorišek i Straže (2005) su ispitivali uticaj građe drveta na savijanje smrčevine u procesu sušenja.

Lukić-Simonović (1960) je ispitivala tehnička svojstva smrče. Johansson i Kliger (2000) su ispitivali napon na savijanje i modul elastičnosti pri naponu na savijanje za smrču koja potiče iz 23 različite sastojine iz Švedske, Finske i Francuske.

Pushinskis et al. (2002) i Cirule et al. (2006) su ispitivali mehanička svojstva (napon na pritisak paralelno sa vlakancima, napon na savijanje, modul elastičnosti) smrče duž vretena stabla, dok su Rosner et al. (2007) ispitivali mehanička svojstva mlađih klonova smrče. Ispitivanje napona na pritisak i tvrdoće drveta smrče iz kultura iz okoline Banjaluke radili su Šoškić et al. (2008).

Gryc i Vavrčík (2009) su ispitivali varijabilnost napona na pritisak smrče sa prisustvom reakcionog drveta, dok su Raiskila et al. (2006) proučavali svojstva drveta klonova smrče sa tri lokaliteta u Finskoj.

Høibø et al. (2014) su istraživali gustinu, napon na savijanje i modul elastičnosti napona na savijanje smrče iz tri sastojine u istočnoj Norveškoj.

2. POREKLO MATERIJALA ZA ISTRAŽIVANJE

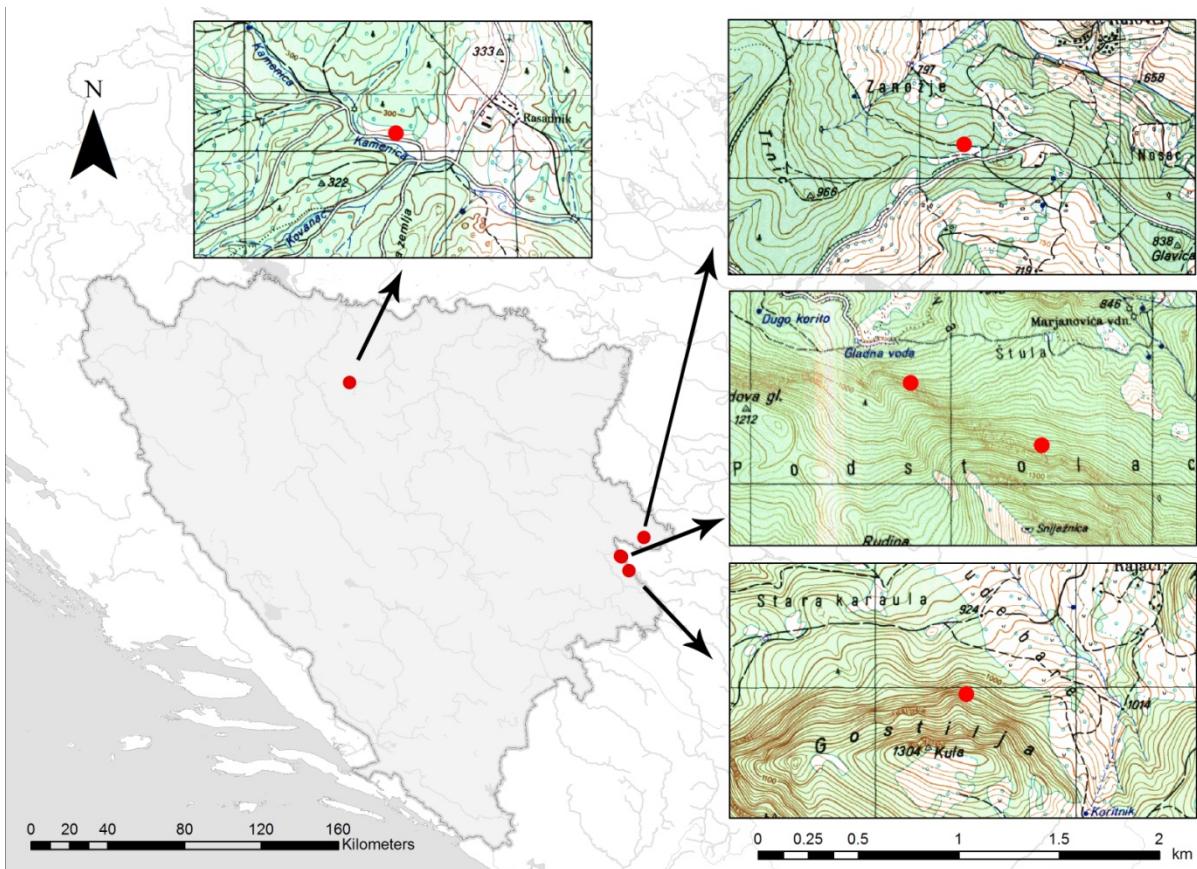
Materijal za istraživanje je uzet sa tri lokaliteta prirodnih sastojina omorike i iz dve kulture. Činjenica da je omorika zaštićena vrsta značajno uticala na planiranje veličine uzorka, tako da je izboru modelnih stabala posvećena posebna pažnja, s ciljem da se sa minimalno potrebnim brojem dobiju relevantni rezultati.

Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede je Rešenjem broj: 12.06-3381/12 od 31.10.2012. godine, dalo odobrenje Šumarskom fakultetu Univerziteta u Banjoj Luci za obaranje 15 stabala Pančićeve omorike, i to devet stabala u prirodnim sastojinama u šumskoprivrednom području „Višegradsко“ u odeljenju 2; odeljenju 4 odsek a i odeljenju 65 odsek f privredne jedinice „Babina Gora – Gostilja“, tri stabla u kulturi u šumskoprivrednom području „Donje Drinsko“ u odeljenju 37 odsek d, privredne jedinice „Sase Žabokvica“ i tri stabla u kulturi u odeljenju 69, privredne jedinice „Dubrava“ (Industrijske plantaže a.d. Banja Luka).

U Tabeli 1. su date koordinate, ekspozicija, nagib i nadmorska visina odabranih lokaliteta, dok je na Slici 1. prikazan njihov položaj na karti.

Tabela 1. Koordinate, ekspozicija, nagib i nadmorska visina odabranih lokaliteta

Lokalitet	Dubrava (DU)	Srebrenica (SR)	Gostilja (GO)	Stolac 1 (S1)	Stolac 2 (S2)
Koordinate	064-61-754E 049-56-083N	066-15-221E 048-75-163N	066-07-453E 048-57-964N	066-03-458E 048-65-199N	066-02-805E 048-65-509N
Ekspozicija	-	W/N	N	N	N/E
Nagib	-	3°	36°	34°	45°
Nadmorska visina (m)	310	880	1130	1200	960



Slika 1. Položaj izabranih lokaliteta

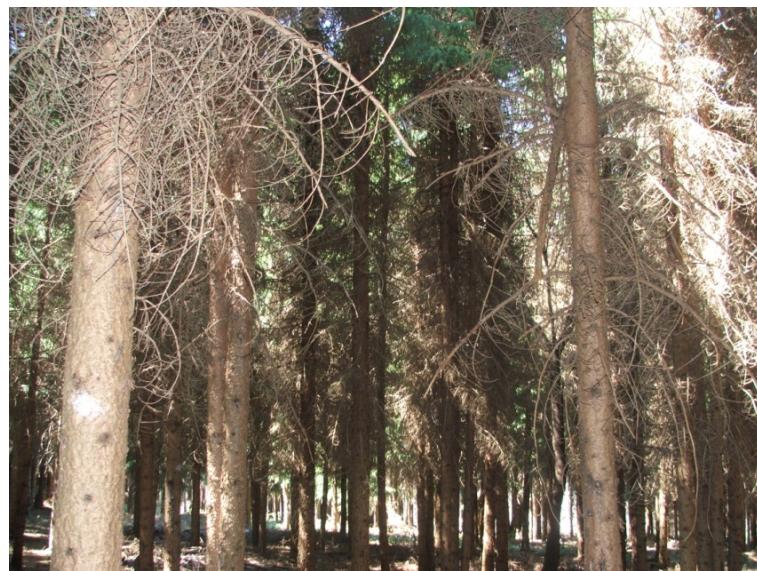
Svi izdvojeni lokaliteti pripadaju semenskim objektima (semenskim sastojinama i semenskim kulturama) koje su registrovane od strane Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede RS. Semenski objekti su detaljno opisani u Registru šumskih sjemenskih objekata RS (Mataruga et al., 2005), tako da su osnovne karakteristike sastojina iz kojih je uzet materijal za istraživanje preuzete upravo iz ovog Registra.

Lokalitet Dubrava (DU) - kultura omorike koja se nalazi u blizini Banjaluke (Slika 2). Pripada ZDP „Industrijske plantaže“ a.d. Banja Luka, naziv gazdinske jedinice je Dubrava, odeljenje 69 i zauzima ukupnu površinu od 0,33 ha. Nalazi se na nadmorskoj visini od 300 m. Nagib nije izražen i iznosi svega 2°-3°, dok je eksponicija južna. Matični supstrat je fliš, a tip zemljišta pseudoglej na flišu. Kultura je podignuta na staništu hrasta i graba, kao potencijalne vegetacijske kategorije.



Slika 2. Kultura omorike - lokalitet Dubrava (original, 2013)

Lokalitet Srebrenica (SR) - kultura omorike koja se nalazi u blizini Srebrenice (Slika 3). Pripada ŠG „Drina“ – Srebrenica, naziv gazdinske jedinice je „Sase Žabokvica“, broj odeljenja 37, odsek d. Ukupna površina koju zauzima kultura iznosi 0,6 ha, a nadmorska visina je 860 m. Nagib iznosi 5°, a ekspozicija je severo-istočna. Geološka podloga je andezit, a tip zemljišta distrični kambisol. Jela i bukva spadaju u potencijalnu vegetaciju na mestu gde je podignuta kultura.



Slika 3. Kultura omorike - lokalitet Srebrenica (original, 2013)

Lokalitet Gostilja (GO) gde se nalazi prirodna sastojina omorike (Slika 4), u blizini je Višegrada i njom upravlja ŠG „Panos“, Višegrad. Naziv gazdinske jedinice je „Babina Gora-

Gostilja“, broj odeljenja 65, odsek f. Ukupna površina je 25,8 ha i nalazi se na nadmorskoj visini od 1000-1300 m. Nagib je 30°-35°, dok je ekspozicija severo-istočna. Geološka podloga je krečnjak, a tip zemljišta rendzina. Tip vegetacije je *Omorikae Piceeto-Abieti-Fagetum pinetosum*.



Slika 4. Prirodna sastojina omorike - lokalitet Gostilja (original, 2013)

ŠG „Panos“ Višegrad gazduje i površinom na kojoj se nalazi lokalitet Stolac 1 (S1) i Stolac 2 (S2). Sastojina obuhvata odeljenje 2 i odeljenje 4, odsek a. Ukupna površina je 29,5 ha, a nadmorska visina 1000-1600 m. Nagib je prosečno 40°-45°, a ekspozicija je severo-istočna. Geološka podloga je krečnjak, a tip zemljišta crnica. Tip vegetacije je *Omorikae Piceeto-Abieti-Fagetum pinetosum*. Na Slici 5. je prikazan lokalitet Stolac 1, a na Slici 6. lokalitet Stolac 2.



Slika 5. Prirodna sastojina omorike – lokalitet Stolac 1 (original, 2013)



Slika 6. Prirodna sastojina omorike – lokalitet Stolac 2 (original, 2013)

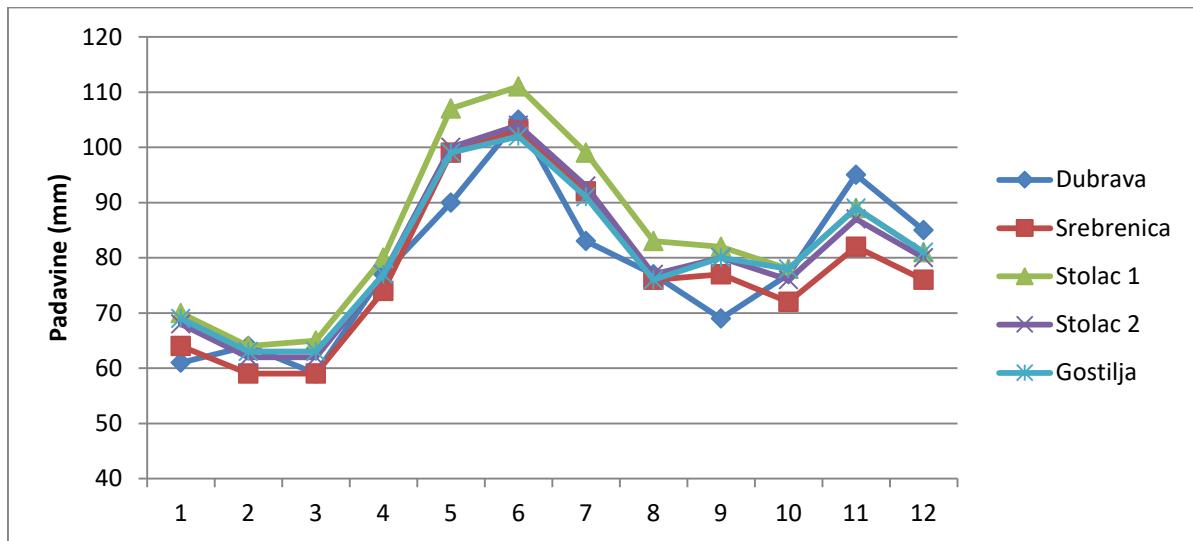
2.1. KLIMATSKE KARAKTERISTIKE

Na sednici komisije za klimatologiju pri Svetskoj meteorološkoj organizaciji (World Meteorological Organization - WMO) koja je održana u novembru 2001. godine odlučeno da se period od 1961-1990. godine koristi kao referentni niz sve do završetka sledećeg niza 1991-2020. godine. Koristeći podatke o prosečnoj količini padavina, minimalnim, maksimalnim i srednjim temperaturama po mesecima Hijmans et al. (2005) su razvili interpolirane klimatske površine u prostornoj rezoluciji od 1 km. Na osnovu njihovog istraživanja u Tabeli 2. su prikazane prosečne količine padavina, minimalne, maksimalne i srednje temperature po mesecima za taj period po lokalitetima.

Tabela 2. Prosečne količine padavina, minimalne, maksimalne i srednje temperature po mesecima za period od 1961-1990. godine

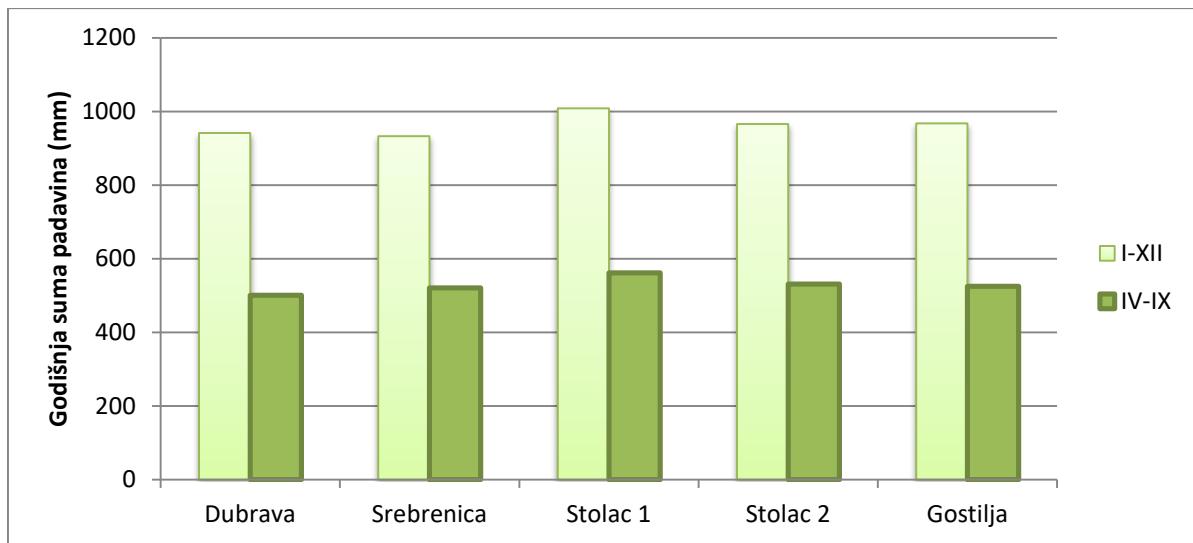
Lok.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
DU	pad.	61	64	59	77	90	105	83	77	69	77	95
	t sred.	-0,3	1,4	5,9	10,2	14,7	18,3	20,1	19,9	16,3	11,0	5,2
	t min	-3,8	-2,8	0,8	4,7	8,9	12,3	13,5	13	9,6	5,7	1,5
	t max	3,2	5,7	11,1	15,8	20,6	24,4	26,8	26,8	23	16,3	9
SR	pad.	64	59	59	74	99	103	92	76	77	72	82
	t sred.	-2,3	0,0	4,0	7,5	12,1	15,4	17,3	17,4	14,3	9,7	3,7
	t min	-5,5	-3,7	-0,6	2,6	7,1	10,3	11,9	11,7	8,8	4,9	0,2
	t max	1	3,8	8,6	12,4	17,2	20,6	22,8	23,2	19,8	14,6	7,2
GO	pad.	69	63	63	77	99	102	91	76	80	78	89
	t sred.	-2,3	0,0	4,0	7,4	12,0	15,2	17,2	17,3	14,2	9,7	3,7
	t min	-5,6	-3,9	-0,6	2,5	6,9	10	11,6	11,5	8,5	4,8	0,2
	t max	1,1	3,9	8,6	12,3	17,2	20,5	22,9	23,2	19,9	14,7	7,3
S1	pad.	70	64	65	80	107	111	99	83	82	78	89
	t sred.	-4,0	-2,2	1,4	4,6	9,5	12,6	14,8	14,8	11,8	7,6	1,8
	t min	-6,9	-5,6	-2,7	0,2	4,8	7,9	9,7	9,6	6,8	3,3	-1,2
	t max	-1	1,2	5,5	9,1	14,2	17,4	19,9	20,1	16,8	11,9	4,9
S2	pad.	68	62	62	77	100	104	93	77	80	76	87
	t sred.	-2,5	-0,4	3,6	7,0	11,7	15,0	17,0	17,1	13,9	9,3	3,5
	t min	-5,7	-4,2	-0,9	2,2	6,6	9,8	11,4	11,3	8,3	4,5	0
	t max	0,8	3,5	8,2	11,9	16,8	20,2	22,6	22,9	19,5	14,2	7
												2,4

Na Grafikonu 1. su prikazane prosečne vrednosti padavina po mesecima za navedeni period po lokalitetima. U prolećnim i letnjim mesecima se izdvaja lokalitet Stolac 1 sa najvećom količinom padavina, dok je u zimskim mesecima najveća količina padavina na lokalitetu Dubrava.



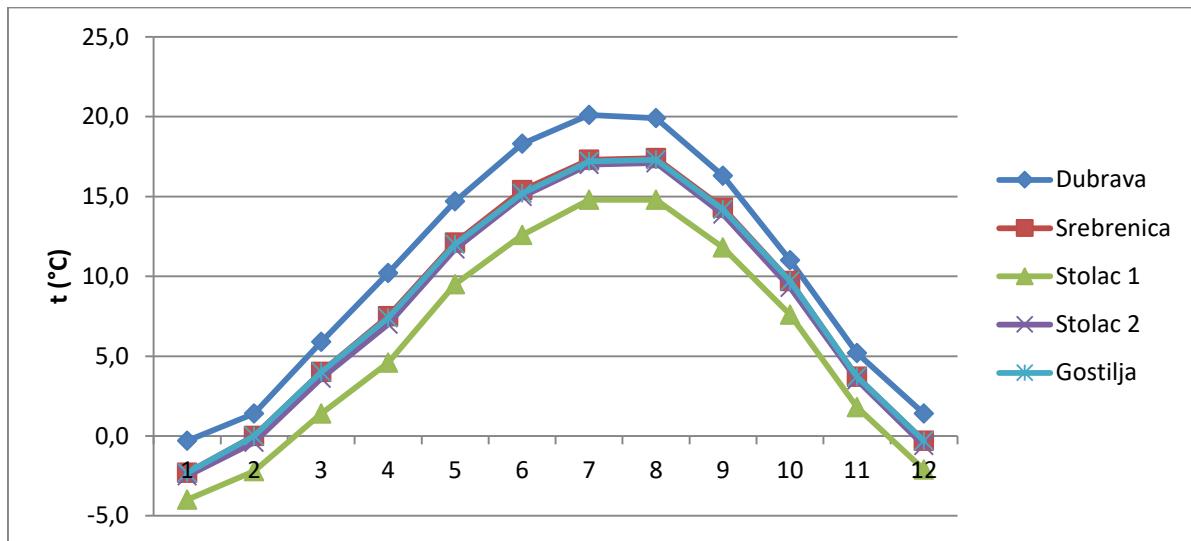
Grafikon 1. Prosečne vrednosti padavina po mesecima za period 1961-1990. godine po lokalitetima

Sa Grafikona 2. vidimo da je prosečna godišnja suma padavina u periodu od 1961-1990. godine najveća za lokalitet Stolac 1 i iznosi 1009 mm, a najmanja je za lokalitet Srebrenica (933 mm), dok je srednja količina padavina u toku vegetacionog perioda (od IV do IX meseca) najveća na lokalitetu Stolac 1 (562 mm), a najmanja na lokalitetu Dubrava (501 mm).



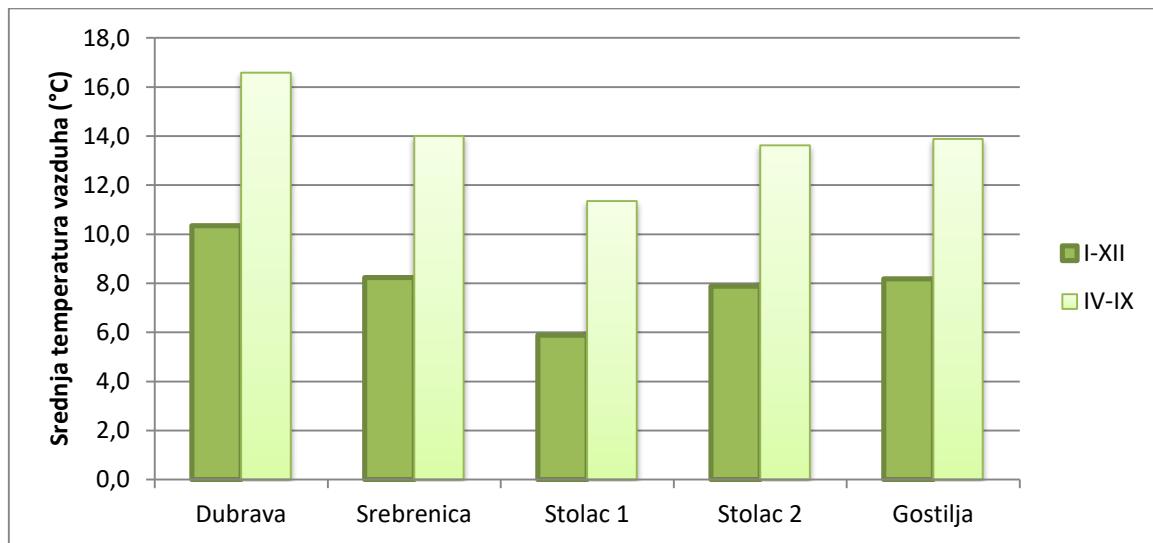
Grafikon 2. Prosečne sume padavina (godišnje i u vegetacionom periodu) za period 1961-1990. godine po lokalitetima

Na Grafikonu 3. su po lokalitetima prikazane prosečne vrednosti temperature vazduha po mesecima za navedeni period. Izdvaja se lokalitet Stolac 1 sa najnižim prosečnim temperaturama po mesecima i lokalitet Dubrava sa najvišim prosečnim temperaturama po mesecima.



Grafikon 3. Prosečne vrednosti temperature vazduha po mesecima za period 1961-1990. godine po lokalitetima

Prosečna srednja vrednost godišnje temperature vazduha za navedeni period je najveća za lokalitet Dubrava i iznosi $10,3^{\circ}\text{C}$, a najmanja za lokalitet Stolac 1 i iznosi $5,9^{\circ}\text{C}$. Prosečna srednja temperatura vazduha u toku vegetacionog perioda je takođe najniža za lokalitet Stolac 1 i iznosi $11,3^{\circ}\text{C}$, a najviša za lokalitet Dubrava i iznosi $16,6^{\circ}\text{C}$ (Grafikon 4).



Grafikon 4. Prosečne srednje vrednosti temperature vazduha (godišnje i u vegetacionom periodu) za period 1961-1990. godine po lokalitetima

3. METOD RADA

Na odabranim lokalitetima odabrana su i oborena po tri modelna stabla, tako da je iz kultura ukupno oborenih šest, a iz prirodnih sastojina devet stabala. Odabrana stabla u kulturama su istovremeno poslužila kao centri za postavljanje kružnih oglednih površina na kojima je za svako stablo utvrđen prečnik, visina i položaj u odnosu na modelno stablo, da bi se utvrdili sastojinski uslovi u kojima se nalazi modelno stablo. U prirodnim populacijama koje karakteriše vrlo heterogeno stanje u pogledu sastojinskih uslova a takođe i starosti stabala, odabrana su modelna stabla u debljinskom stepenu od 30 do 35 cm. Na svim odabranim stablima sa svih pet lokaliteta izmeren je prečnik, visina stabla, visina panja, dužina debla, dužina čistog debla i dužina tehnički najvrednijeg dela debla, kao i dužina ovrška. Ti podaci su iskorišćeni da dobijemo koeficijent biološke čistoće stabala pomoću obrazaca:

$$k_{bč1} = \frac{L_{čd}}{L_s} \quad (1)$$

$$k_{bč2} = \frac{L_{čd}}{L_d} \quad (2)$$

gde je:

$L_{čd}$ – dužina čistog debla (m),

L_s – dužina stabla (m),

L_d - dužina debla (m).

Na svakom lokalitetu, utvrđeni su opšti podaci o staništu (koordinate, nadmorska visina, nagib terena, ekspozicija...).

Obaranje modelnih stabala iz kultura izvršeno je tokom aprila meseca 2013. godine, dok su stabla iz prirodnih sastojina oborenata u junu 2013. godine. Posle obaranja iz svakog modelnog stabla izrezana su po 2 susedna kotura debljine 5 i 2 cm na različitim visinama počevši od 0,3 m, 1,3 m, a zatim na svaka dva metra visine (Slike 7 i 8.). Ukupno je izrezano 158 koturova debljine 2 cm i 158 koturova debljine 5 cm. Svaki kotur je obeležen tako da na sebi sadrži informaciju o lokaciji, broju stabla, visini sa koje je kotur uzet, kao i obeleženu severnu stranu. Na primer, kod kotura D1 0,3 - D označava lokalitet (Dubrava), jedinica označava modelno stablo broj 1, dok 0,3 pokazuje visinu sa koje je kotur uzet.



Slika 7. Obaranje stabala i izrezivanje koturova i trupaca (original, 2013)



Slika 8. Izrezani trupci i koturovi (original, 2013)

Koturovi manje debljine su odmah posle rezanja stavljeni na vagu tačnosti 0,02 g da bi im se utvrdila masa u sirovom stanju vlažnosti. Nakon prosušivanja u trajanju od dva meseca i brušenja (Slika 9) na koturovima debljine 5 cm su iscrtana dva unakrsna prečnika kojima su utvrđene dimenzije, kao i dimenzije srži koje ti prečnici obuhvataju. Na koturovima je takođe određena i debljina kore koja je merena pomoću pomičnog kljunastog merila na četiri merna mesta, a zatim je srednja vrednost izračunata po obrascu:

$$d_k = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + d_4}{4} \text{ (mm)} \quad (3)$$

gde je:

d_k – prosečna debljina kore (mm),

d_1, d_2, d_3, d_4 – debljine kore na četiri merna mesta (mm).

Površinsko učešće kore je izračunato po obrascu:

$$P_{uk} = \frac{4 * d_k * (D - d_k)}{D^2} * 100 (\%) \quad (4)$$

gde je:

P_{uk} - površinsko učešće kore (%),

d_k – prosečna debljina kore (mm),

D – prečnik kotura na datoј visini (mm).

Koturovi su zatim skenirani (Slika 10) i te slike su, primenom savremenih instrumenata i softvera (CDendro 7,6, CooRecorder 7,6...), prema SRPS D.A1.042 upotrebljene za utvrđivanje širina prstenova prirasta, odnosno širina ranog i kasnog drveta sa četiri poluprečnika.



Slika 9. Sušenje i brušenje koturova (original, 2013)



Slika 10. Skenirani koturovi (original, 2013)

Na osnovu dobijenih podataka je izračunata prosečna širina prstena prirasta po obrascu:

$$\check{S}p = \frac{\check{S}p1 + \check{S}p2 + \check{S}p3 + \dots + \check{S}pn}{n} \quad (mm) \quad (5)$$

gde je:

$\check{S}p$ - prosečna širina prstena prirasta (mm),

$\check{S}p1,2,\dots,n$ - širina 1,2,...n-tog prstena prirasta (mm),

n - broj prstenova prirasta na posmatranoj dužini.

Učešće kasnog drveta je izračunato po obrascu:

$$Ukd = \frac{\check{S}kd}{\check{S}p} * 100\% \quad (6)$$

gde je:

Ukd - učešće kasnog drveta (%),

$\check{S}kd$ - širina kasnog drveta u prstenu prirasta (mm),

$\check{S}p$ - širina prstena prirasta (mm).

Koturovi debljine 2 cm su sušeni u sušioniku nekoliko sati na 60°C, a potom na temperaturi 103±2°C do postizanja konstantne mase, odnosno do absolutno suvog stanja. Posle sušenja izmerena im je masa i absolutna vlažnost koturova je dobijena primenom obrasca za izračunavanje:

$$\nu_s = \frac{m_s - m_0}{m_0} * 100(%) \quad (7)$$

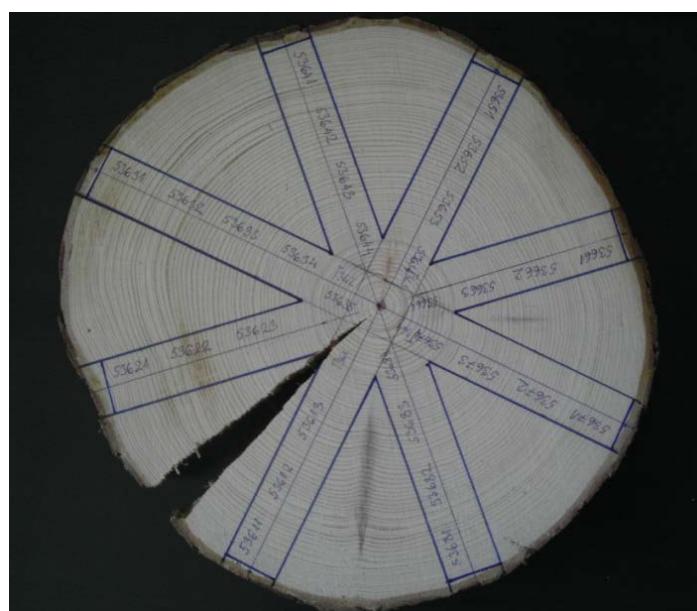
gde je:

m_s - masa kotura u sirovom stanju vlažnosti;

m_0 - masa kotura u absolutno suvom stanju.

Dobijene vrednosti prikazuju koliki je prosečni sadržaj vlage drveta i kore u trenutku obaranja stabla i kako se on menja po visini stabla.

Iz prosušenih koturova debljine 5 cm (Slika 11) izrezane su epruvete dimenzija 20*20*30 mm koje su iskorištene za analizu fizičkih svojstava drveta prema SRPS D.A1.043 i SRPS D.A1.044. Sve epruvete su obeležene petocifrenim brojevima tako da se tačno zna njihov položaj u koturu, odnosno samom deblju. Ukupno je izrezano i premereno 3117 epruveta (Slika 12).



Slika 11. Obeležene epruvete na koturu (original, 2014)



Slika 12. Izrezane epruvete (original, 2014)

Epruvetama su prvo digitalnim pomičnim merilom tačnosti 0,01 mm određene dimenzije u aksijalnom, radijalnom i tangencijalnom pravcu u prosušenom stanju vlažnosti. Masa epruveta je merena na vagi tačnosti 0,01 g. Zatim su poprečni preseci epruveta skenirani radi merenja širine prstenova prirasta, odnosno ranog i kasnog drveta. Ti podaci su upotrebljeni da se utvrdi zavisnost fizičkih svojstava od širine prstenova prirasta, odnosno od učešća kasnog drveta.

Posle skeniranja epruvete su sušene u sušioniku na temperaturi od $103\pm2^{\circ}\text{C}$ do postizanja konstantne mase, odnosno do absolutno suvog stanja. Posle hlađenja u eksikatoru određena je masa kao i dimenzije na istom mestu na kojem su merene pre sušenja, u sva tri pravca. Nakon sušenja epruvete su potopljene u vodu dok nisu postigle sirovo stanje vlažnosti. Opet su izvršena merenja mase i na istim mestima dimenzije u sva tri pravca.

Na osnovu dobijenih podataka izračunato je bubrenje u radijalnom, tangencijalnom i aksijalnom pravcu, zapreminske volumen, gustina u absolutno suvom, prosušenom i sirovom stanju vlažnosti, nominalna gustina, tačka zasićenosti vlakanaca, kao i površinska i zapreminska poroznost. Da bi dobili ove vrednosti primenjeni su sledeći obrasci:

$$\beta_t = \frac{T_s - T_0}{T_0} * 100 (\%) \quad (8)$$

$$\beta_r = \frac{R_s - R_0}{R_0} * 100 (\%) \quad (9)$$

$$\beta_a = \frac{A_s - A_0}{A_0} * 100 (\%) \quad (10)$$

$$\beta_v = \frac{V_s - V_0}{V_0} * 100 (\%) \quad (11)$$

$$\rho_p = \frac{m_p}{T_p * R_p * A_p} * 1000 \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (12)$$

$$\rho_o = \frac{m_o}{T_0 * R_o * A_o} * 1000 \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (13)$$

$$\rho_s = \frac{m_s}{T_s * R_s * A_s} * 1000 \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (14)$$

$$\rho_n = \frac{m_0}{T_s * R_s * A_s} * 1000 \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (15)$$

gde je:

$\beta_t, \beta_r, \beta_a$ - bubrenje drveta u tangencijalnom, radijalnom i aksijalnom pravcu u %,

β_v - zapreminske bubrenje drveta u %,

$\rho_p, \rho_o, \rho_s, \rho_n$ - gustina drveta u prosušenom, absolutno suvom i sirovom stanju vlažnosti, nominalan gustina, respektivno, u g/cm³,

m_p, m_o, m_s - masa epruvete u prosušenom, absolutno suvom i sirovom stanju vlažnosti, respektivno, u g,

T_p, T_0, T_s - dimenzije epruvete u tangencijalnom pravcu u prosušenom, absolutno suvom i sirovom stanju vlažnosti, respektivno, u mm,

R_p, R_o, R_s - dimenzije epruvete u radijalnom pravcu u prosušenom, absolutno suvom i sirovom stanju vlažnosti, respektivno, u mm,

A_p, A_o, A_s - dimenzije epruvete u aksijalnom pravcu u prosušenom, absolutno suvom i sirovom stanju vlažnosti, respektivno, u mm.

V_s, V_o - zapremina epruvete u sirovom i absolutno suvom stanju vlažnosti u mm³.

Tačka zasićenosti vlakanaca je izračunata po formuli:

$$Z = \frac{\beta_v}{\rho_0} (\%) \quad (16)$$

Zapreminska (Pz) i površinska poroznost (Pp) su izračunate po sledećim formulama:

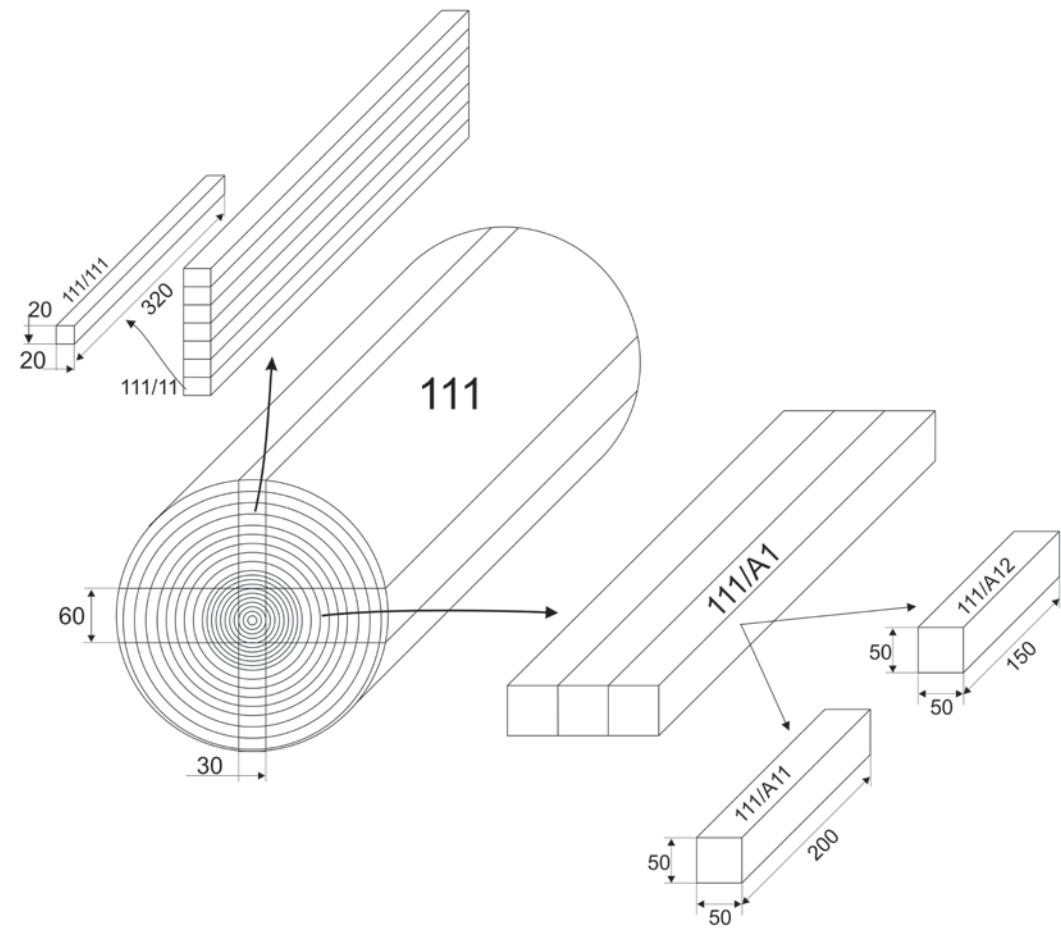
$$Pz = 100 - 66,7 * \rho_0 (\%) \quad (17)$$

$$Pp = 1,46 * Pz - 64,9 (\%) \quad (18)$$

Sva merenja su izvršena u laboratoriji na Šumarskom fakultetu Univerziteta u Banjoj Luci.

Osim navedenog iz istih modelnih stabala izrezani su trupci dužine 1,2 m koji su upotrebljeni za analizu mehaničkih svojstava drveta. Iz svakog modelnog stabla su izrezana po tri trupca. Prvi trupac je uzet sa visine od 1,3 do 2,5 m, drugi iz dela debla neposredno ispod prve zelene grane, a treći trupac je uzet sa visine koja je na sredini između pomenute dve visine. Tako su za sva tri stabla iz kulture u Dubravi uzeti trupčići sa visina 1,3; 4,1 i 7,3 m, a za stabla iz kulture u Srebrenici sa visina 1,3; 3,3 i 5,3 m. Za stabla sa lokaliteta Stolac 1 trupci su uzeti sa visina 1,3; 4,1 i 7,3 m, za stabla sa lokaliteta Stolac 2 sa visina 1,3; 3,3 i 5,3 m, dok su na Gostilji za prvo modelno stablo trupci uzeti sa visina 1,3; 5,3 i 9,3 m, a za druga dva stabla sa visina 1,3; 4,1 i 7,3 m.

Iz njih su izrezane radijalne daske debljine 30 i 60 mm (Slika 13), iz kojih su se posle prirodnog sušenja u trajanju od tri meseca i obrade na debljači svele na debljinu od 20 i 50 mm (Slike 14 i 15). Iz dasaka su izrezane letvice dimenzija 20*20*1200 mm i 50*50*1200 mm. Od njih su izrađene epruvete potrebnih dimenzija za ispitivanje različitih mehaničkih svojstava. Od letvica dimenzija 20*20*1200 mm izrađene su epruvete za ispitivanje napona na savijanje (20*20*320 mm), za ispitivanje dinamičkog napona na savijanje (20*20*320 mm), i epruvete za ispitivanje tvrdoće drveta (20*20*40 mm). Od letvica dimenzija 50*50*1200 mm izrađene su epruvete za ispitivanje napona na pritisak paralelno sa vlakancima (50*50*200 mm) i za ispitivanje napona na pritisak upravno na vlakanca (50*50*150 mm). Ispitivanje mehaničkih svojstava je izvršeno u specijalizovanoj laboratoriji za ovu vrstu istraživanja. U laboratoriji Mašinskog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci izvršeno je ispitivanje napona na savijanje i napona na pritisak, dok je u laboratoriji Šumarskog fakulteta u Beogradu urađeno ispitivanje napona na udar i tvrdoće drveta.



Slika 13. Šema rezanja i obeležavanja epruveta



Slika 14. Proces izrade dasaka iz trupaca (rezanje i sušenje) (original, 2013)



Slika 15. Rendisanje i prezivanja dasaka (original, 2013)

Ispitivanje napona na savijanje propisano je standardom SRPS D.A1.046. Za ispitivanje ovog napona izdvojeno je 397 epruveta dimenzija 20*20*320 mm. Epruvete su skenirane na poprečnom preseku, što je iskorišteno da se utvrdi zavisnost maksimalnog napona na savijanje od širine prstenova prirasta, kao i od učešća kasnog drveta. Pre ispitivanja epruvetama je izmerena masa i dimenzije u radijalnom, tangencijalnom i aksijalnom pravcu. Ispitivanje je izvršeno u Laboratoriji za ispitivanje materijala na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Banjoj Luci, na mašini specijalizovanoj za ispitivanje materijala Messphysik „Beta 200“. To je univerzalna kidalica koja se koristi za ispitivanje različitih vrsta materijala na savijanje, pritisak i zatezanje. Mašina se satoji iz nekoliko delova, a to su: presa, upravljačka jedinica (EDC 222), videoekstenziometri i servo motor sa naponskom jedinicom (SERVO ME 1230). Epruvete su postavljane tako da leže na jednoj radijalnoj stranici, razmak između oslonaca iznosio je 280 mm i dejstvovalo se jednom koncentrisanom silom na sredini rastojanja oslonaca preko zaobljenog pritiskivača (Slika 16). Brzina dejstva sile je bila takva da se maksimalna sila dostizala u vremenu oko 2 min od početka ispitivanja. Na probnim uzorcima je utvrđeno da je ta brzina 10 mm u minuti, pa je ona i korištena. Tokom ispitivanja, pored grafikona *sila-deformacija* (Slika 17), sa kojeg je očitana vrednost napona na savijanje na granici proporcionalnosti, dobijeni su podaci o maksimalnoj sili u trenutku loma, čvrstoći na savijanje (modulu loma) i modulu elastičnosti pri savijanju. Nakon završenog ispitivanja jedan deo epruvete je iskorišten da se od njega naprave epruvete za ispitivanje tvrdoće drveta dimenzija 20*20*40 mm. Drugi deo slomljene epruvete je izvagan, a zatim sušen u sušioniku do apsolutno suvog stanja kada mu je opet izmerena masa. Korišćenjem već navedenog obrasca 7 izračunata je tačna vlažnost u trenutku merenja. Da bi se dobijene vrednosti napona na savijanje i modula elastičnosti mogle upoređivati sa podacima iz literature, one su svedene na vrednosti pri standardnoj vlažnosti, odnosno pri vlažnosti od 12%. Napon na savijanje se svodi na standardnu vlažnost pomoću obrasca:

$$\sigma_{s12} = \sigma_{sv} * [1 + 0,02 * (\nu_a - 12)] \text{ (MPa)} \quad (19)$$

gde je:

σ_{s12} - napon na savijanje pri 12% vlažnosti,

σ_{sv} - napon na savijanje kod neke vlažnosti unutar higroskopnog područja,

ν_a - apsolutna higroskopna vlažnost pri kojoj je određen napon na savijanje.

Modul elastičnosti pri naponu na savijanje se može na standardnu vlažnost svesti pomoću

obrasca:

$$E_{12} = E_v * [1 + 0,02 * (\nu_a - 12)] \text{ (MPa)} \quad (20)$$

gde je:

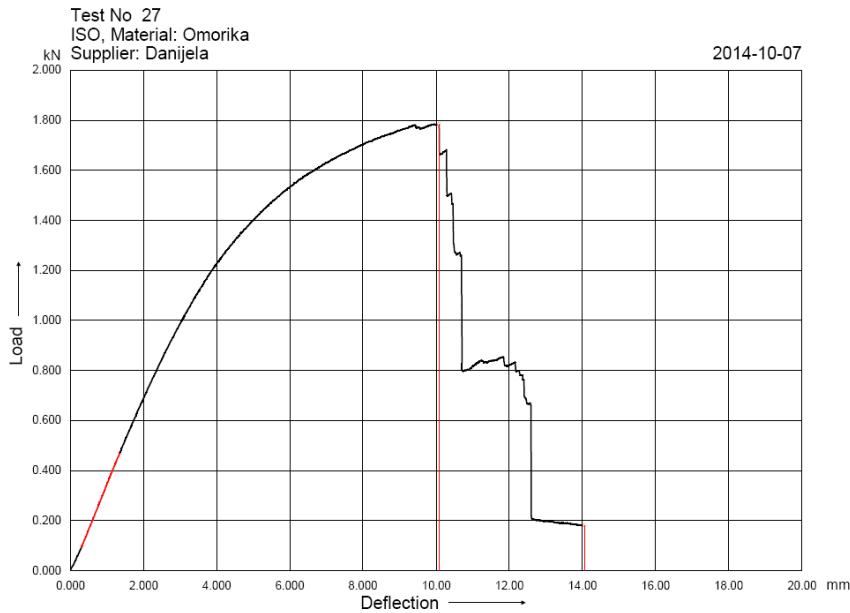
E_{12} – modul elastičnosti pri savijanju kod vlažnosti od 12%,

E_v – modul elastičnosti pri savijanju kod neke vlažnosti unutar higroskopnog područja,

ν_a - apsolutna higroskopna vlažnost pri kojoj je određen modul elastičnosti pri naponu na savijanje.



Slika 16. Ispitivanje napona na savijanje (original, 2014)



Slika 17. Primer dijagrama sila-deformacija

Ispitivanje napona na pritisak paralelno sa vlakancima propisano je standardom SRPS D.A1.045. Za ispitivanje su izdvojene 222 epruvete dimenzija 50*50*200 mm. Epruvete su prvo, kao i kod napona na savijanje, skenirane na poprečnom preseku, a zatim im je pre ispitivanja izmerena masa i dimenzije u radijalnom, tangencijalnom i aksijalnom pravcu. Ispitivanje je takođe rađeno na mašini Messphysik „Beta 200“ (Slika 18). Brzina pomaka pritiskivača je iznosila 1mm u minuti. Ispitivanja je trajalo sve do momenta kada je posle postizanja maksimalne vrednosti, odnosno posle loma epruvete, sila počela da opada. Ispitivanjem su, osim dijagrama sila-deformacija (Slika 19), dobijeni i podaci o maksimalnoj sili u trenutku loma i čvrstoći na pritisak paralelno sa vlakancima. Da bi se utvrdila vlažnost u trenutku ispitivanja, epruvete su posle ispitivanja sušene do apsolutno suvog stanja. Vrednosti napona u trenutku ispitivanja su svedene na vrednosti napona pri standardnoj vlažnosti primenom obrasca:

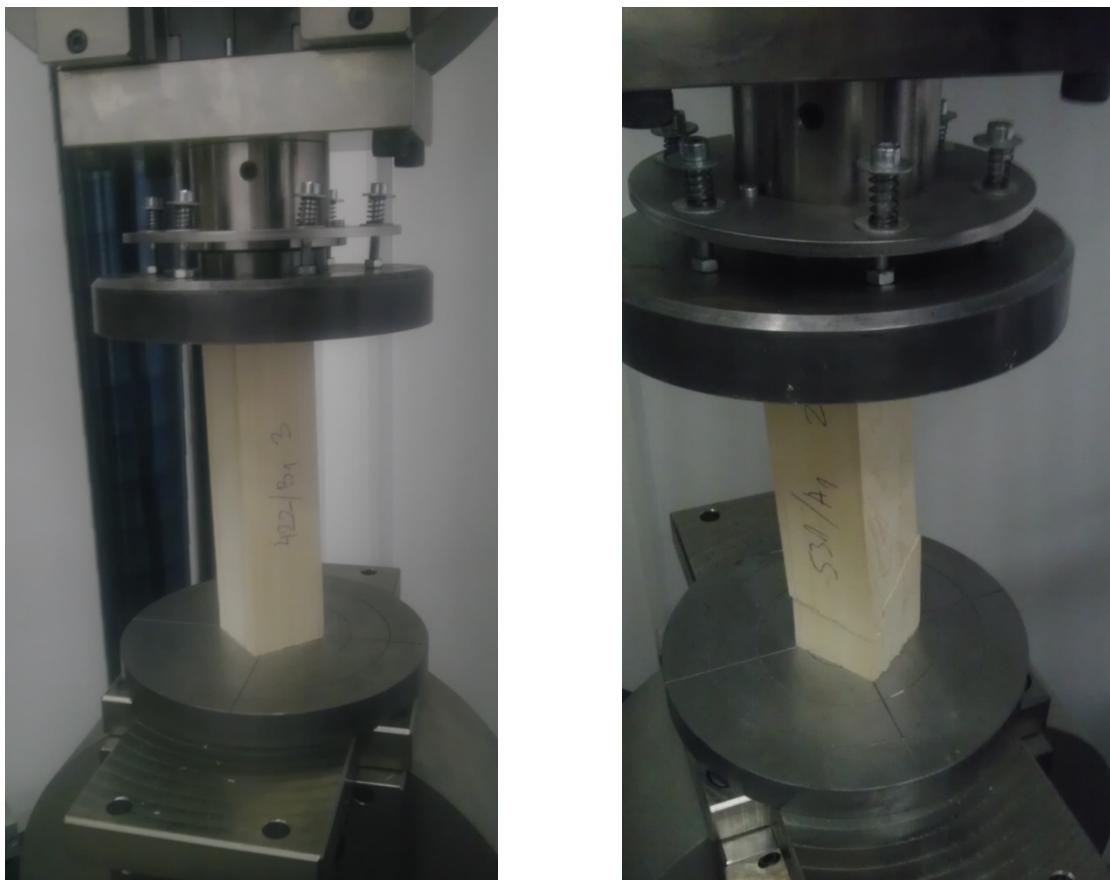
$$\sigma_{p12} = \sigma_{pv} * [1 + 0,04 * (v_a - 12)] (MPa) \quad (21)$$

gde je:

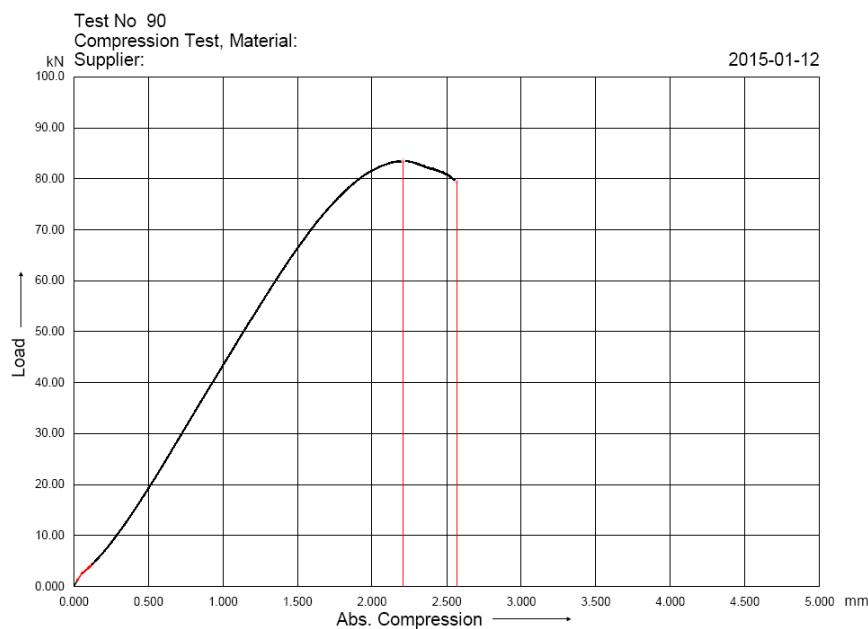
σ_{p12} - napon na pritisak paralelno sa vlakancima pri 12% vlažnosti,

σ_{pv} - napon na pritisak kod neke vlažnosti unutar higroskopnog područja,

v_a - apsolutna higroskopna vlažnost pri kojoj je određen napon na pritisak.



Slika 18. Ispitivanje napona na pritisak paralelno sa vlakancima (original, 2015)

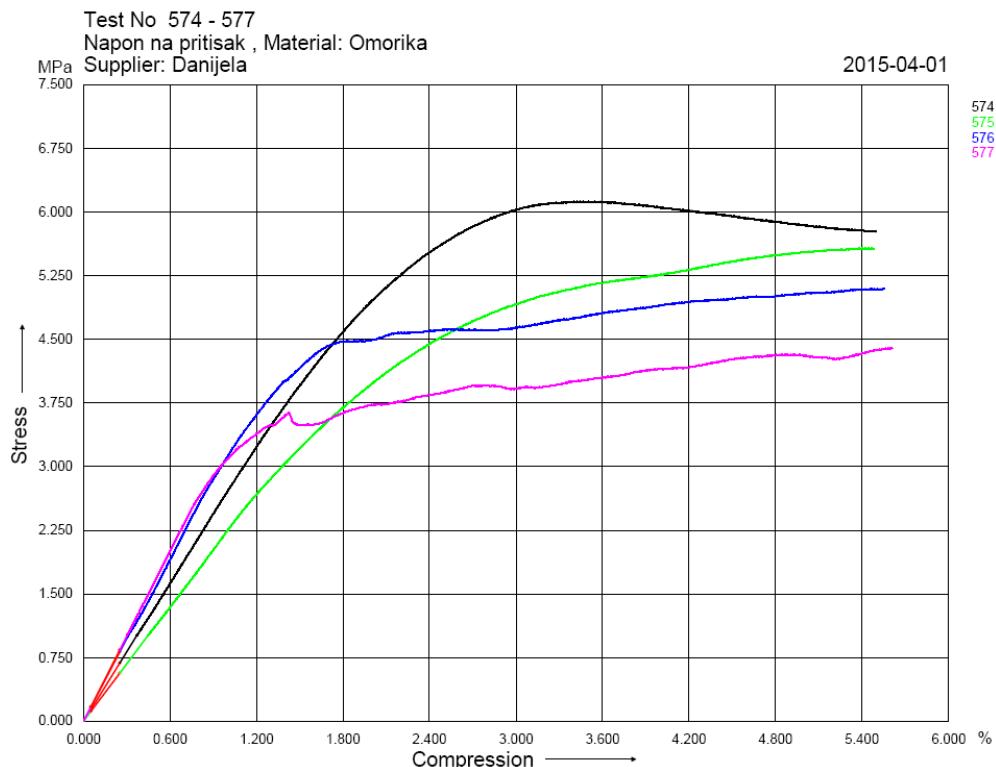


Slika 19. Primer dijagrama sila-deformacija

Ispitivanje napona na pritisak upravno na vlakanca propisano je pravilima SRPS D.A1.051, i urađeno je u radijalnom i tangencijalnom pravcu na 314 epruveta dimenzija 50*50*150 mm (Slika 20). Epruvete su skenirane na poprečnom preseku, a zatim su im pre ispitivanja izmerene dimenzije u sva tri anatomska pravca i masa. Ispitivanje je takođe rađeno na mašini Messphysik „Beta 200“. Brzina pomaka pritiskivača je iznosila 1mm u minuti. Ispitivanje je rađeno tako da napon sigurno pređe granicu proporcionalnosti i da dođe do određene deformacije. Ispitivanjem su, pored dijagrama *napon-dilatacija* (Slika 21), dobijeni podaci napona na pritisak upravno na vlakanca na granici proporcionalnosti. Epruvete su posle ispitivanja sušene do apsolutno suvog stanja radi određivanja vlažnosti u trenutku ispitivanja. Dobijene vrednosti napona u trenutku ispitivanja su svedene na vrednosti napona pri standardnoj vlažnosti primenom predhodno napisanog obrasca br. 21.



Slika 20. Ispitivanje napona na pritisak upravno na vlakanca (original, 2015)



Slika 21. Primer dijagrama napon-dilatacija

Ispitivanje dinamičkog napona na savijanje urađeno je prema propisima standarda SRPS D.A1.047. Ispitano je ukupno 222 epruvete dimenzija 20*20*320 mm. Ispitivanje je urađeno na Šumarskom fakultetu Univerziteta u Beogradu na mašini WT4 koja poseduje klatno dužine 600 mm na čijem kraju se nalazi teg mase 10 kg. Epruvete su pre ispitivanja skenirane i određena im je masa i dimenzije u radikalnom, tangencijalnom i aksijalnom pravcu. Ispitivanjem su se dobile vrednosti dinamičkog napona na savijanje pomoću obrasca:

$$\sigma_u = \frac{W}{A} \left(\frac{J}{cm^2} \right) \quad (22)$$

gde je:

W – utrošeni rad na lomu epruvete (J),

A – površina poprečnog preseka epruvete (cm^2).

Ispitivanje tvrdoće drveta rađeno je po metodi Brinela (po standardu EN 1534) na epruvetama dimenzija 20*20*40 mm. Na epruvetama kojih je bilo 375, urađena je tvrdoća u radijalnom, tangencijalnom i aksijalnom pravcu. Na epruvetama je vršeno utiskivanje čelične kuglice prečnika 10 mm, silom od 500 N. Nakon toga izmeren je prečnik otiska koji je kuglica ostavila na epruveti, a tvrdoća je izračunata po obrascu:

$$H = \frac{2 * F}{\pi * D * (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \text{ (MPa)} \quad (23)$$

gde je:

H – tvrdoća drveta u MPa

F – izabrana sila za utiskivanje kuglice – 500 N

D – prečnik kuglice – 10 mm

d – prečnik otiska kuglice u mm (prosek dva unakrsna prečnika).

U toku obrade podataka primenjeno je više programskih paketa (Excel, Statistica Version 7.0).

Kako bi se obradili podaci prikupljeni na terenu, odnosno dobijeni laboratorijskim analizama, primenjene su statističke i specifične istraživačke metode. Za jasno i jednostavno predstavljanje, objašnjavanja i precizno rasčlanjivanje podataka koji su dobijeni pri posmatranju određene pojave sa ciljem isticanja njenog sastava i strukture, korišteni je metod deskriptivne statistike (Hadživiković 1991, Koprivica 2015):

n	-	broj elemenata uzoraka
As	-	aritmetička sredina
Min	-	minimalna vrednost
Max	-	maksimalna vrednost
- 95	-	donja granica intervala procene uz verovatnoću od 95%
+ 95	-	gornja granica intervala procene uz verovatnoću od 95%
SD	-	standardna devijacija
SG	-	standardna greska aritmetičke sredine
CV	-	koeficijent varijacije
F	-	statistika F testa
t	-	statistika t testa
p	-	p-vrednost (verovatnoća)

U cilju testiranja nulte hipoteze o homogenosti skupa istraživanih sastojina primjenjen je metod analize varijanse. Metod analize varijanse omogućava da se iz totalne varijacije izdvoje varijacije između grupa i varijacija unutar grupa. Ako analiza varijanse pokaže da je razlika statistički signifikantna, potrebno je utvrditi koje se sredine signifikantno razlikuju pa su dobijeni rezultati provereni i testirani primenom Duncan testa (Hadživuković 1991).

Klaster analiza je korištena u cilju grupisanja lokaliteta u relativno homogene grupe na osnovu više obeležja. Korištena je metoda Complete Linkage – potpuno povezivanje, gde se udaljenost između dva klastera računa na osnovu udaljenosti između dva najudaljenija člana. Rezultat je prikazan u grafičkoj formi koja se zove dendrogram. Zavisno od korištene tehnike, rezultat klaster analize je uvek klasifikacija objekata u grupe, pa zato važan kriterijum za izbor tehnike treba biti „smislenost“ dobijene solucije (Ilić i Rešović, 2009).

Metod korelace i regresione analize je korišten da bi se utvrdila zavisnost između pojedinih elemenata, odnosno uticaja promene jednog ili više elemenata na promenu drugih elemenata (Hadživuković et al. 1982). Jačina korelacijske je nakon izračunavanja koeficijenta korelacijske ocenjena po Roemer-Orphal-ovoj tabeli (Tabela 3).

Tabela 3. Roemer-Orphal-ova tabela za određivanje jačine korelace zavisnosti (prema Vasilj 2000)

Koeficijent korelacijske	Koeficijent determinacije	Jačina korelacijske
0 – 0,1	0,000 - 0,010	nema korelacijske
0,1 – 0,25	0,010 - 0,0625	jako slaba
0,25 – 0,40	0,0625 - 0,160	slaba
0,40 – 0,50	0,160 - 0,250	srednja
0,50 – 0,75	0,250 - 0,525	jaka
0,75 – 0,90	0,525 - 0,810	vrlo jaka
0,90 - 1,00	0,810 - 1,000	potpuna

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA SA DISKUSIJOM

4.1. SPOLJAŠNJE KARAKTERISTIKE STABALA

Dobijeni rezultati merenja spoljašnjih karakteristika stabala iz kultura su prikazani u Tabeli 4.

Stabla na lokalitetu Dubrava na visini 0,3 m imaju prosečnu starost 40 godina. Najmanji prsni prečnik i visinu ima stablo 2. Prosečni prečnik na prsnoj visini iznosi 28,13 cm, a prosečna visina 21,03 m. Čisti deo debla kod stabla 1 učestvuje sa 50%, kod stabla 2 sa 51% i kod stabla 3 sa 44%.

Stabla sa lokaliteta Srebrenica na visini 0,3 m imaju prosečnu starost 31 godinu. Prosečni prečnik na prsnoj visini iznosi 23,53 cm, a prosečna visina 14,66 m. Čisti deo debla kod stabla 1 učestvuje sa 48%, kod stabla 2 sa 45% i kod stabla 3 sa 52%.

Tabela 4. Spoljašnje karakteristike stabala iz kultura

Karakteristike stabala	Lokalitet								KU	
	DU			SR						
	Stablo br.			As	Stablo br.			As		
	11	12	13		21	22	23			
Starost na 0,3 m (god)	38	41	40	40	31	32	31	31	36	
Prsni prečnik (cm)	29	26,1	29,3	28,13	23	22,8	24,8	23,53	25,83	
Visina stabla (m)	22,5	20,2	20,4	21,03	14,17	15,1	14,7	14,66	17,85	
Visina panja (m)	0,18	0,1	0,1	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	
Dužina debla (m)	18,66	16,9	17,65	17,74	11,37	12,22	11,83	11,81	14,77	
Dužina čistog debla (m)	11,32	10,2	9,01	10,18	6,8	6,8	7,6	7,07	8,62	
Dužina teh. naj. del. d.(m)	2,32	2	2,01	2,11	2,27	2,3	1,8	2,12	2,12	
Ovršak (m)	3,66	3,2	2,65	3,17	2,68	2,76	2,75	2,73	2,95	
Koeficijent biol. čistoće 1	0,5	0,51	0,44	0,48	0,48	0,45	0,52	0,48	0,48	
Koeficijent biol. čistoće 2	0,61	0,6	0,51	0,57	0,6	0,56	0,64	0,6	0,59	

Prosečna starost analiziranih stabala iz kultura (u tabelama označeno sa KU) na visini 0,3 m iznosi 36 godina, dok je prosečni prečnik na prsnoj visini 25,83 cm, a prosečna visina 17,85 m. Prosečni koeficijent biološke čistoće iznosi 0,48.

U Tabeli 5. su prikazani rezultati merenja spoljašnjih karakteristika stabala iz prirodnih sastojina.

Stabla na lokalitetu Gostilja imaju prosečnu starost 112 godina. Najmanju starost od 82 godine ima stablo 2. Prosečni prečnik na prsnoj visini iznosi 29,13 cm, a prosečna visina 22,2 m. Čisti deo debla kod stabla 1 učestvuje sa 46%, kod stabla 2 sa 41% i kod stabla 3 sa 42%.

Prosečna starost stabala sa lokaliteta Stolac 1 je 131 godina. Prosečni prsnii prečnik iznosi 30 cm, a prosečna visina 28,37 m. Koeficijenti biološke čistoće su ovde niži u odnosu na predhodna tri lokaliteta, posebno u odnosu na prva dva lokaliteta gde se nalaze kulture. Koeficijent biološke čistoće za stablo 1 iznosi 0,32, za stablo 2 je 0,4 i za stablo 3 je 0,33.

Stabla sa lokaliteta Stolac 2 imaju prosečnu starost 128 godina. Prosečni prsnii prečnik iznosi 30,97 cm, a prosečna visina je 25,77 m. Stabla sa ovog lokaliteta pokazuju najmanju biološku čistoću. Čisti deo debla kod stabla 1 učestvuje sa 23%, kod stabla 2 sa 28% i kod stabla 3 sa 28%.

Analizirana stabla iz prirodnih sastojina (u tabeli označena sa PS) imaju prosečni prečnik na prsnoj visini 30,03 cm i prosečnu visinu od 25,44 m, dok prosečna starost na visini 0,3 m iznosi 124 godine. Prosečni koeficijent biološke čistoće iznosi 0,35.

Tabela 5. Spoljašnje karakteristike stabala iz prirodnih sastojina

Karakteristike stabala	Lokalitet												PS	
	GO			S1			S2							
	Stablo br.		As	Stablo br.		As	Stablo br.		As	As	As	As		
	51	52		31	32		41	42						
Starost na 0,3 m (god)	125	82	130	112	133	128	132	131	129	125	131	128	124	
Prsn prečnik (cm)	28,3	29,9	29,2	29,13	30,7	28,3	31	30,0	30	32,2	30,7	30,97	30,03	
Visina stabla (m)	22,5	20,8	23,3	22,2	29,5	26,3	29,3	28,4	28,5	26,3	22,5	25,77	25,44	
Visina panja (m)	0,1	0,13	0,1	0,11	0,15	0,1	0,12	0,12	0,12	0,13	0,1	0,12	0,12	
Dužina debla (m)	19,2	17,17	19,2	18,52	25,15	23,1	25,08	24,44	23,08	21,47	17,4	20,65	21,21	
Dužina čistog debla (m)	10,5	8,5	9,9	9,63	9,5	10,5	9,7	9,9	6,6	7,3	6,3	6,73	8,76	
Dužina tehički najvr. d. d. (m)	3	2,2	3,3	2,83	3	4,3	3,2	3,5	3,82	2,5	3,2	3,17	3,17	
Ovršak (m)	3,2	3,5	4	3,6	4,2	3,1	4,1	3,8	5,3	4,7	5	5,00	4,12	
Koeficijent biološ. čistoće 1	0,46	0,41	0,42	0,43	0,32	0,4	0,33	0,35	0,23	0,28	0,28	0,26	0,35	
Koeficijent biološ. čistoće 2	0,55	0,5	0,52	0,52	0,38	0,45	0,39	0,41	0,29	0,34	0,36	0,33	0,42	

4.2. MAKROSKOPSKE KARAKTERISTIKE STABLA

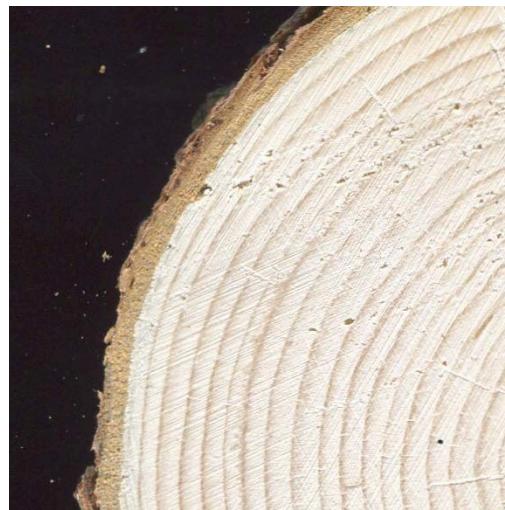
4.2.1. Debljina kore

Kora se sastoji od dva dela, unutrašnjeg koji je živ i ima funkciju sprovođenja organskih materija iz organa za asimilaciju do parenhimičnih ćelija, kao i spoljašnjeg dela koji je mrtav i ima zaštitnu funkciju. Debljina kore varira i zavisi pre svega od vrste drveta, starosti stabla, stanišnih prilika, visine stabla...

Kora omorike je sivo - tamno crvenkaste boje sa finim ljuspama koje su veće od onih kod smrče i koje vremenom otpadaju sa debla (Slika 22).



Slika 22. Kora omorike (original, 2013)



Slika 23. Poprečni presek kore omorike (original, 2014)

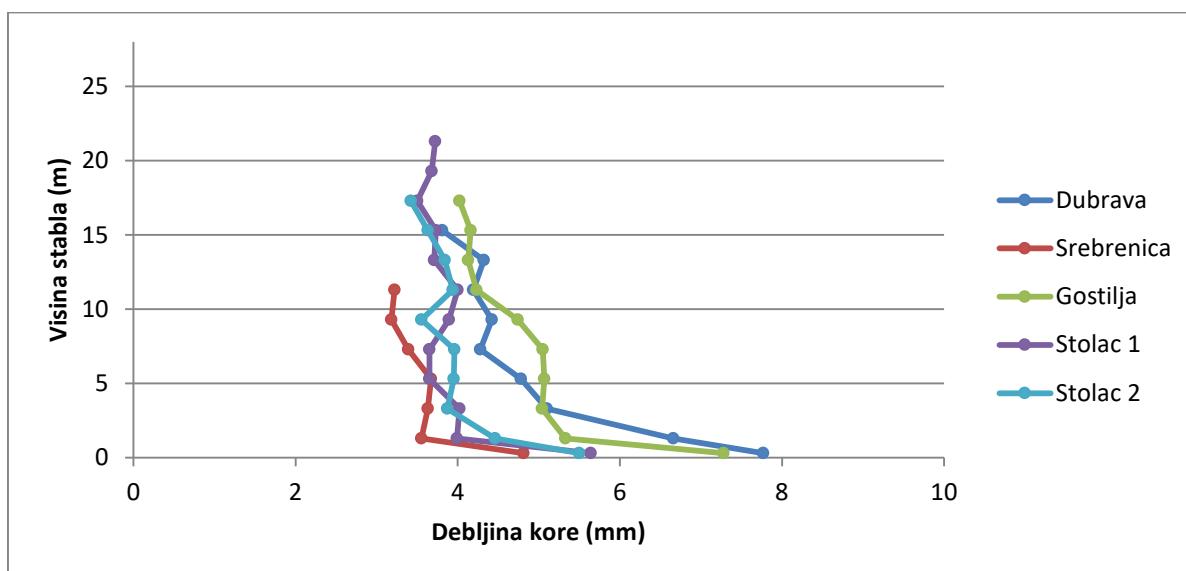
Kod starih stabala, kao i kod mladih kora nema veliku debljinu (Slika 23). To nam potvrđuju prosečne vrednosti debljine kore po lokalitetima koje možemo videti iz Tabele 6. Vidimo da najmanju prosečnu debljinu kore imaju stabla kulture iz Srebrenice (3,61 mm), sa koeficijentom varijacije od 16,43%, a najveću stabla iz kulture u Dubravi (4,92 mm), sa koeficijentom varijacije od 28,54%. Stabla iz prirodnih sastojina imaju manju prosečnu debljinu kore (4,15 mm) od stabala iz kultura (4,35 mm). Variranje debljine kore stabala iz kultura je veće ($CV=29,75\%$) od variranja debljine kore stabala iz prirodnih sastojina ($CV=21,69\%$).

Tabela 6. Mere centralne tendencije i varijabiliteta debljine kore

Visina preseka	Lokalitet		KU	Lokalitet			PS
	DU	SR		GO	S1	S2	
0,3	7,77	4,81	6,29	7,28	5,64	5,50	6,12
1,3	6,66	3,55	5,11	5,33	3,99	4,46	4,59
3,3	5,10	3,63	4,36	5,04	4,02	3,87	4,31
5,3	4,78	3,67	4,23	5,07	3,65	3,95	4,22
7,3	4,28	3,39	3,84	5,05	3,65	3,96	4,22
9,3	4,42	3,18	3,80	4,74	3,89	3,55	4,06
11,3	4,19	3,22	3,71	4,23	4,00	3,94	4,05
13,3	4,32			4,13	3,71	3,84	3,89
15,3	3,81			4,16	3,73	3,63	3,84
17,3				4,02	3,50	3,42	3,65
19,3					3,68		
21,3					3,72		
n	29	22	51	32	40	34	106
As	mm	4,92	3,61	4,35	4,82	3,88	3,85
-95		4,38	3,35	3,99	4,45	3,65	3,65
+95		5,45	3,87	4,72	5,19	4,11	4,06
Min		3,21	2,58	2,58	3,50	2,98	3,00
Max		8,53	5,38	8,53	8,28	6,90	5,59
SD		1,40	0,59	1,30	1,04	0,72	0,59
SG		0,26	0,13	0,18	0,18	0,11	0,10
CV	%	28,54	16,43	29,75	21,50	18,60	15,21
							21,69

S obzirom da za svojstva drveta omorike nemamo puno podataka u literaturi, u cilju dobijanja jasnije slike o njoj, uporedićemo je sa njoj najsrodnijom vrstom koja raste na ovim prostorima, smrčom. Todorović (2006) ispitujući tri stabla smrče prosečne starosti 35,7 godina navodi da je prosečna debljina kore 2,92 mm sa koeficijentom varijacije prosečnih vrednosti po visini stabla od 11,07%.

Sa porastom visine stabla opada debljina kore što možemo videti sa Grafikona 5. Debljina kore naglo opada sa visine od 0,3 do 1,3 m, a dalje sa porastom visine taj pad je dosta manji.



Grafikon 5. Promena debljine kore sa visinom stabla po lokalitetima

Analizom varijanse debljine kore utvrđeno je da postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 7). Primenom Duncan testa lokaliteti su svrstani u dve homogene grupe (Tabela 8). U jednu grupu su svrstani lokaliteti Srebrenica, Stolac 1 i Stolac 2, koji se statistički značajno razlikuju od lokaliteta Gostilja i Dubrava.

Tabela 7. Analiza varijanse debljine kore po lokalitetima

Debljina kore	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
	4	43,014	10,753	12,825	0,00
	152	127,449	0,838		
	156	170,463			

Tabela 8. Duncan test – debljina kore po lokalitetima

Lokalitet	Debljina kore Aritm. sred.	Homogene grupe	
		1	2
SR	3,61	****	
S2	3,85	****	
S1	3,88	****	
GO	4,82		****
DU	4,92		****

Primena t-testa pri analizi debljine kore pokazala je da između sastojina različitog porekla (kulture i prirodne sastojine) ne postoji statistički značajna razlika ($t=1,12$; $p=0,27$).

Kako debljina kore svakog pojedinačnog stabla zavisi od puno faktora od kojih su najbitniji prečnik stabla, ekološke prilike i sam položaj stabla u sastojini (Prka, 2004), u ovom slučaju je teško utvrditi koji od ovih faktora je najvažniji i koji od njih je doveo do ovakvih rezultata. Da bi se utvrdilo koji je faktor konkretno uticao na debljinu kore, bilo bi potrebno izvršiti detaljnija istraživanja gde bi se u fokus istraživanja stavljao jedan parametar (starost stabla, nadmorska visina, prečnik...).

4.2.2. Površinsko učešće kore

Prosečno površinsko učešće kore po lokalitetima se kreće od 7,42% sa koeficijentom varijacije od 32,09% za lokalitet Stolac 1, do 10,29% sa koeficijentom varijacije od 25,94% za lokalitet Dubrava (Tabela 9).

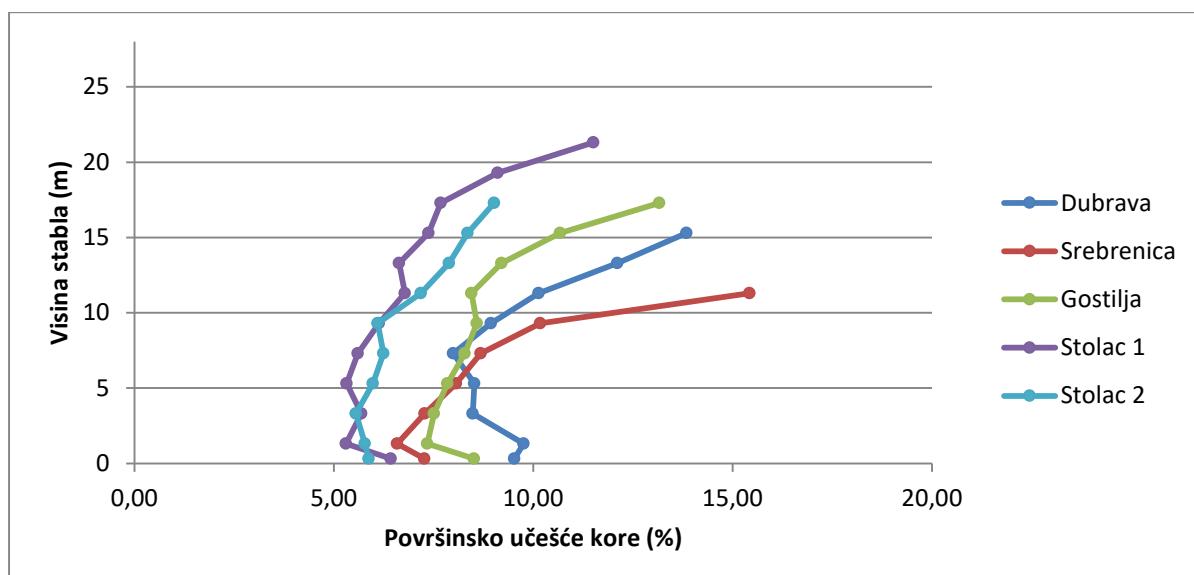
Tabela 9. Mere centralne tendencije i varijabiliteta površinskog učešća kore

Visina preseka	Lokalitet		KU	Lokalitet			PS
	DU	SR		GO	S1	S2	
0,3	9,53	7,27	8,40	8,51	6,42	5,87	7,07
1,3	9,76	6,59	8,17	7,34	5,30	5,78	6,14
3,3	8,49	7,28	7,88	7,51	5,69	5,55	6,25
5,3	8,52	8,07	8,29	7,85	5,32	5,97	6,38
7,3	7,99	8,68	8,34	8,28	5,60	6,24	6,71
9,3	8,94	10,18	9,56	8,58	6,13	6,10	6,94
11,3	10,14	15,43	12,78	8,45	6,78	7,18	7,47
13,3	12,11	21,36	14,42	9,20	6,64	7,88	7,91
15,3	13,85			10,68	7,38	8,36	8,80
17,3				13,16	7,68	9,02	9,95
19,3					9,10		
21,3					11,51		
n	29	22	51	32	40	34	106
As	%	10,29	9,63	10,01	9,30	7,42	7,50
-95		9,28	7,85	9,08	8,51	6,66	6,72
+95		11,31	11,41	10,93	10,09	8,18	8,29
Min		7,06	5,94	5,94	7,06	4,43	4,31
Max		16,31	21,36	21,36	15,13	14,99	13,35
SD		2,67	4,02	3,30	2,20	2,38	2,24
SG		0,50	0,86	0,46	0,39	0,38	0,23
CV		25,94	41,71	32,96	23,65	32,09	29,90
							30,15

Najveće variranje površinskog učešća kore je na lokalitetu Srebrenica (41,71%). Površinsko učešće kore za stabla iz kultura je veće i iznosi 10,01%, sa koeficijentom varijacije 32,96%, dok za stabla iz prirodnih sastojina prosečno površinsko učešće kore je 8,01%, sa

koeficijentom varijacije 30,15%. Todorović (2006) navodi da je površinsko učešće kore za smrču 7,02%.

Površinsko učešće kore sa porastom visine malo opada ili je uglavnom konstantno u nižim delovima debla (Grafikon 6), dok u predelu krošnje gde je veliki pad prečnika površinsko učešće kore raste. Laasasenaho et al. (2005) je u svojim istraživanjima kore smrče dobio slične rezultate. Prema njegovim istraživanjima učešće kore u prečniku od prvog preseka do 20% relativne visine opada i tu dostiže minimum, a zatim sa porastom visine učešće kore raste.



Grafikon 6. Promena površinskog učešća kore sa visinom stabla po lokalitetima

Analizom varijanse površinskog učešća kore utvrđeno je da postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 10), a primenom Duncan testa lokaliteti su svrstani u dve homogene grupe (Tabela 11). U jednu homogenu grupu su svrstani lokaliteti Gostilja, Srebrenica i Dubrava, a u drugu grupu Stolac 1 i Stolac 2.

Tabela 10. Analiza varijanse površinskog učešća kore po lokalitetima

Površinsko učešće kore	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
	4	218,05	54,51	7,706	0,00
	152	1075,29	7,07		
	156	1293,34			

Tabela 11. Duncan test – površinsko učešće kore po lokalitetima

Lokalitet	Površinsko učešće kore	Homogene grupe	
	Aritm. sred.	1	2
S1	7,42		****
S2	7,50		****
GO	9,30	****	
SR	9,63	****	
DU	10,29	****	

Kada je u pitanju površinsko učešće kore t-test je pokazao da između kultura i prirodnih sastojina postoji statistički značajna razlika ($t=4,28$; $p=0,00$).

4.2.3. Širina prstenova prirasta, širina kasnog drveta i učešće kasnog drveta

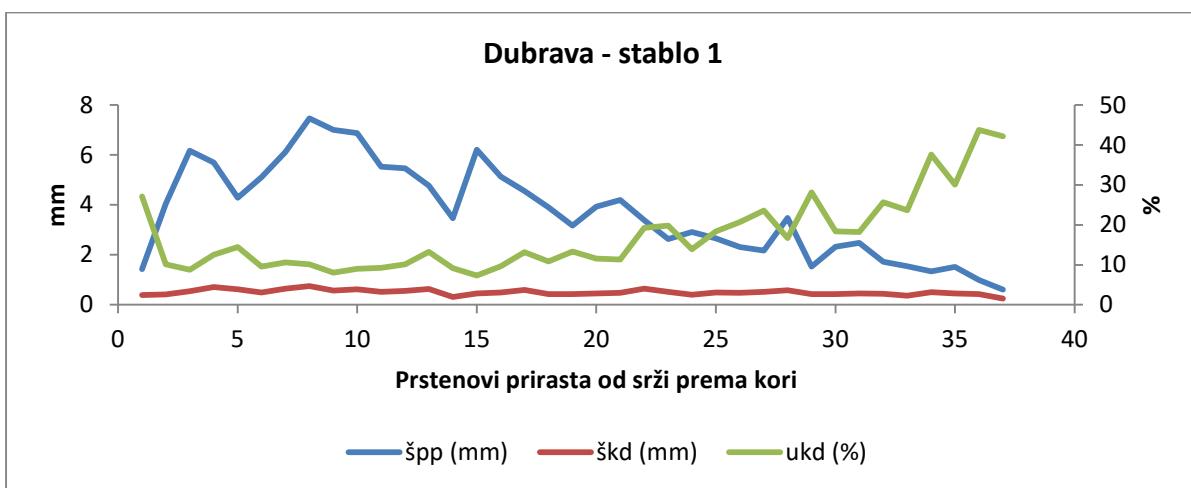
Da bismo dobili prvu sliku o kvalitetu nekog drveta i prepostavili kakva su njegova fizička i mehanička svojstva, odnosno kvalitet drveta, prvo što posmatramo je širina prstenova prirasta i učešće kasnog drveta u prstenu prirasta. Naravno da ovi pokazatelji nisu dovoljni za kompletну kvalitativnu ocenu nekog drveta, tako da pored utvrđivanja fizičkih i mehaničkih svojstava treba utvrditi da li i u kojoj meri postoji veza između širine prstenova prirasta i učešća kasnog drveta i ostalih svojstava. Širina prstenova prirasta zavisi od puno faktora, a to su pre svega vrsta drveta, zatim zemljiste, meteorološki uslovi u toku vegetacionog perioda, nadmorska visina, starost, način podizanja sastojine...

4.2.3.1. Promena širine prstenova prirasta, širine kasnog drveta i učešća kasnog drveta po radijusu

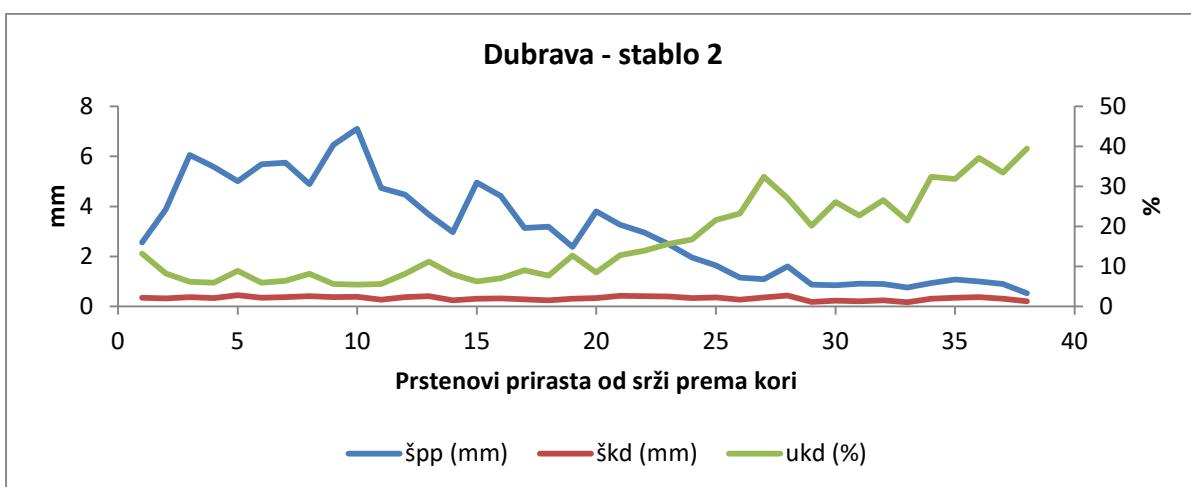
Promena širine goda od srži prema kori najbolje oslikava uslove pod kojima se stablo razvijalo. Već je navedeno da na promenu širine goda utiče puno faktora. Na Grafikonima 7-21. su prikazane promene širine prstenova prirasta, širine kasnog drveta i učešća kasnog drveta na prsnoj visini za svako stablo.

S obzirom da se istražuje ista vrsta drveća koja ima istu ili približnu starost po lokalitetu, jasno se može uočiti, da na istom lokalitetu imamo skoro istu sliku promene ovih parametara po radijusu za sva tri stabla. Na lokalitetima gde su kulture (lokalitet Dubrava i Srebrenica) možemo primetiti da je širina prstenova prirasta velika do približno petnaestog prstena prirasta a zatim opada kako se približava kori. Slične rezultate su dobili Herman et al. (1998) ispitujući smrču iz kultura u Belgiji, s tim da u ovim istraživanjima širina prstenova prirasta ranije počinje da opada i dostiže približno konstantnu vrednost u petnaestoj godini. Učešće kasnog drveta je, suprotno širini goda, malo za prvi petnaestak godova, a zatim sa smanjenjem širine goda raste, što je i logično s obzirom da je širina kasnog drveta skoro konstantna (Grafikoni 7-12).

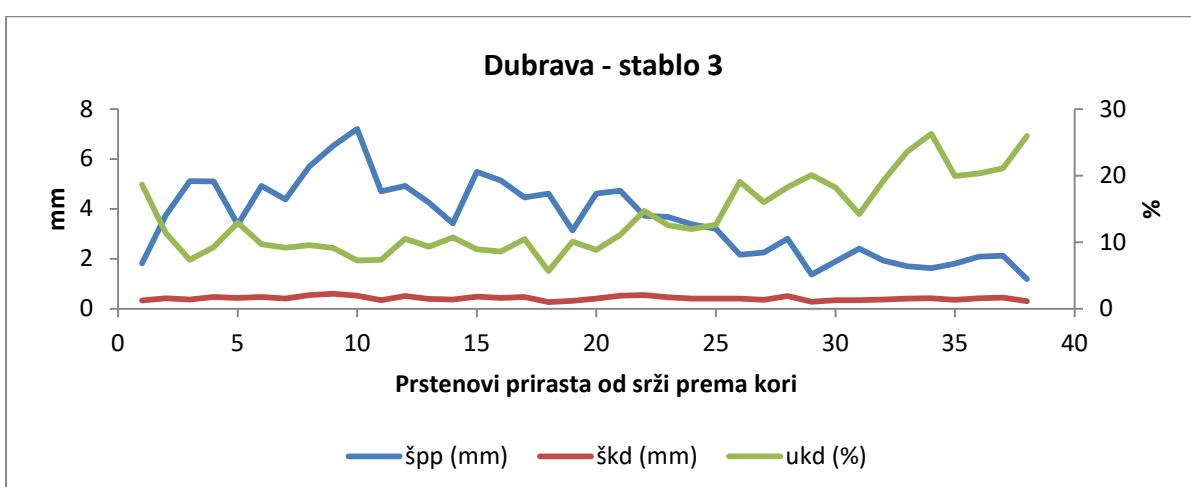
Na lokalitetu prirodne sastojine Stolac 1 (Grafikoni 16, 17, 18) trideset do četrdeset prstenova prirasta koji se nalaze oko srži imaju veću širinu, koja se idući prema kori smanjuje i postaje skoro konstantna. To nam govori da su stabla sa ovog lokaliteta veći deo svog života rasla u neprekidnom sklopu, dok je na lokalitetima Gostilja i Stolac 2 slika nešto drugačija (Grafikoni 13-21). Na ovim lokalitetima je dosta veće rasturanje širine godova, što može biti posledica češćeg prekidanja sklopa.



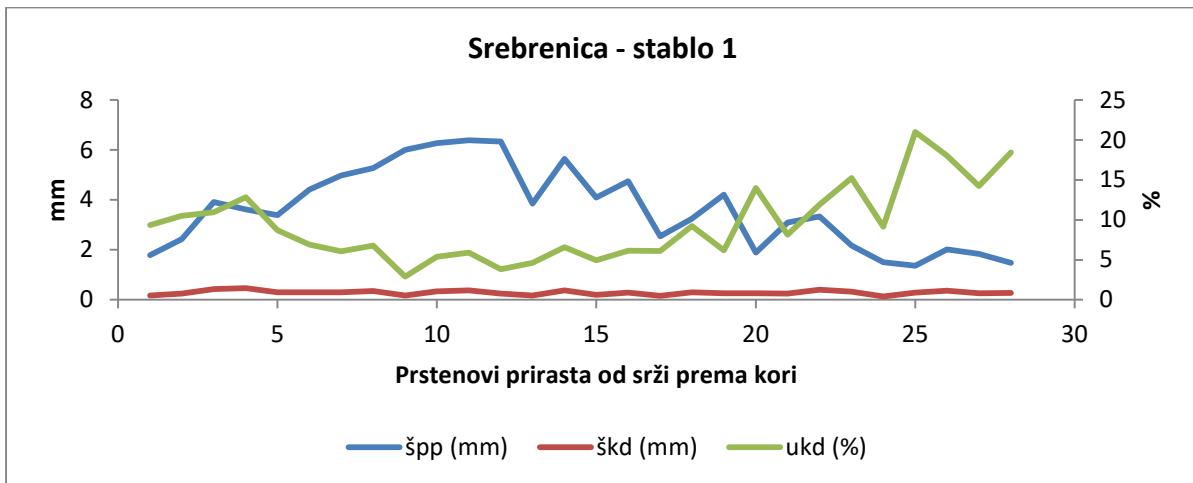
Grafikon 7. Promena širine prstena prirasta, širine i učešća kasnog drveta po radijusu stabla (Dubrava-stablo 1)



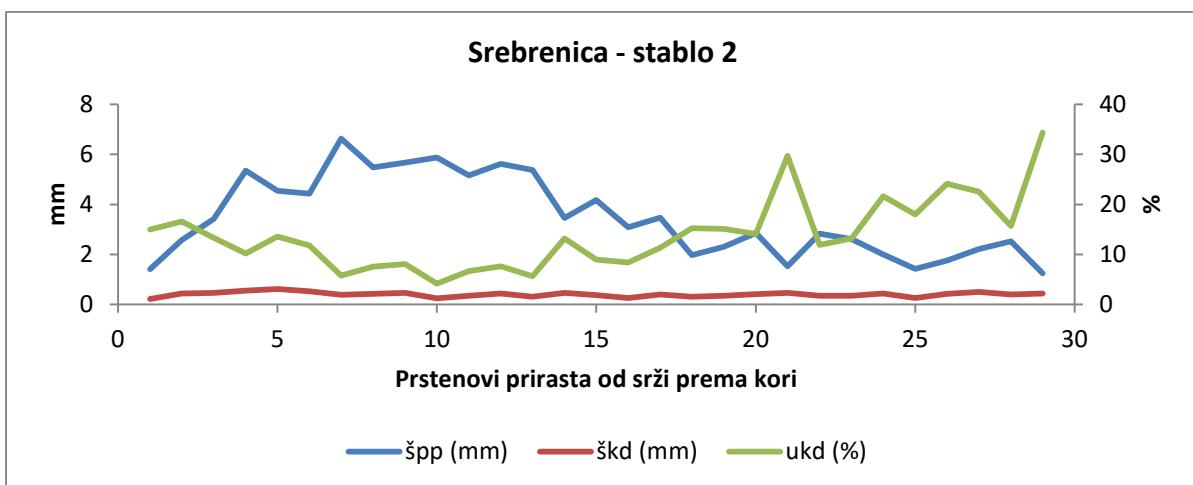
Grafikon 8. Promena širine prstena prirasta, širine i učešća kasnog drveta po radijusu stabla (Dubrava-stablo 2)



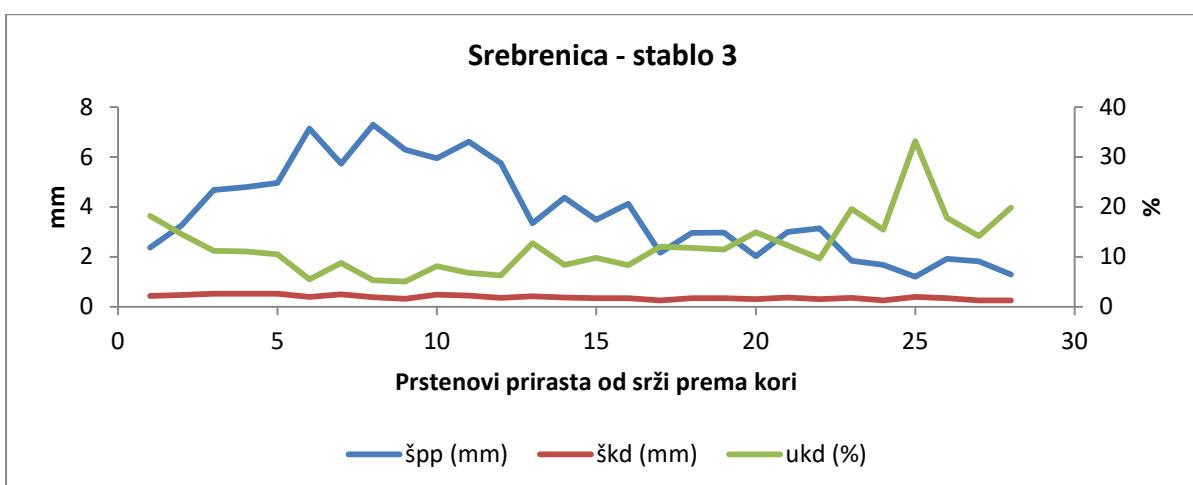
Grafikon 9. Promena širine prstena prirasta, širine i učešća kasnog drveta po radijusu stabla (Dubrava-stablo 3)



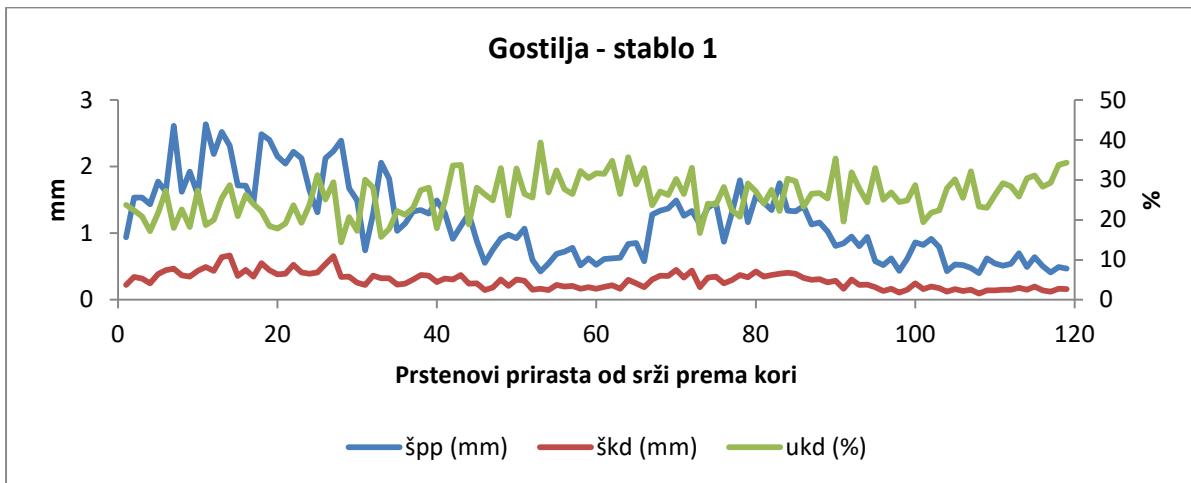
Grafikon 10. Promena širine prstena prirasta, širine i učešća kasnog drveta po radijusu stabla (Srebrenica-stablo 1)



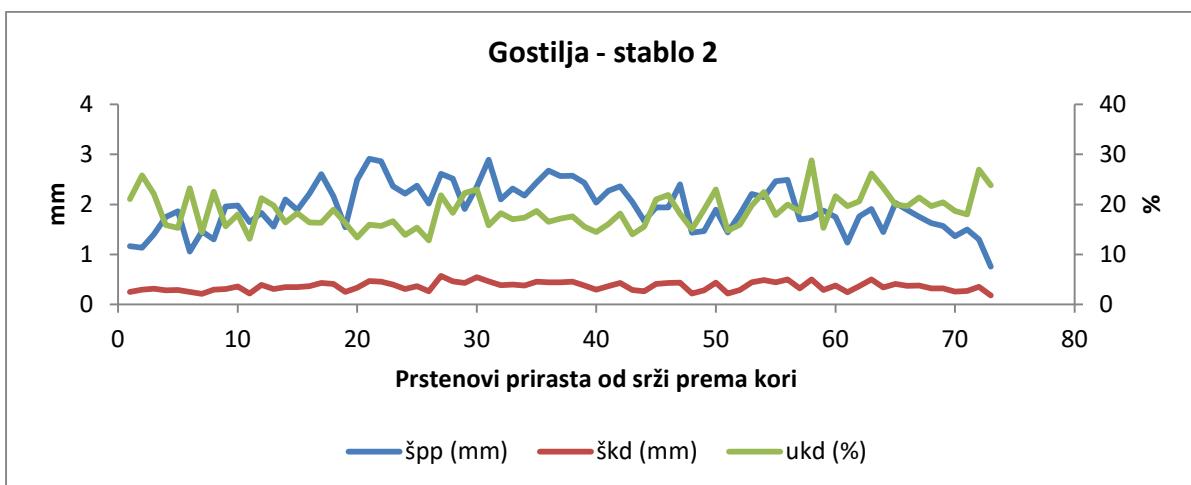
Grafikon 11. Promena širine prstena prirasta, širine i učešća kasnog drveta po radijusu stabla (Srebrenica-stablo 2)



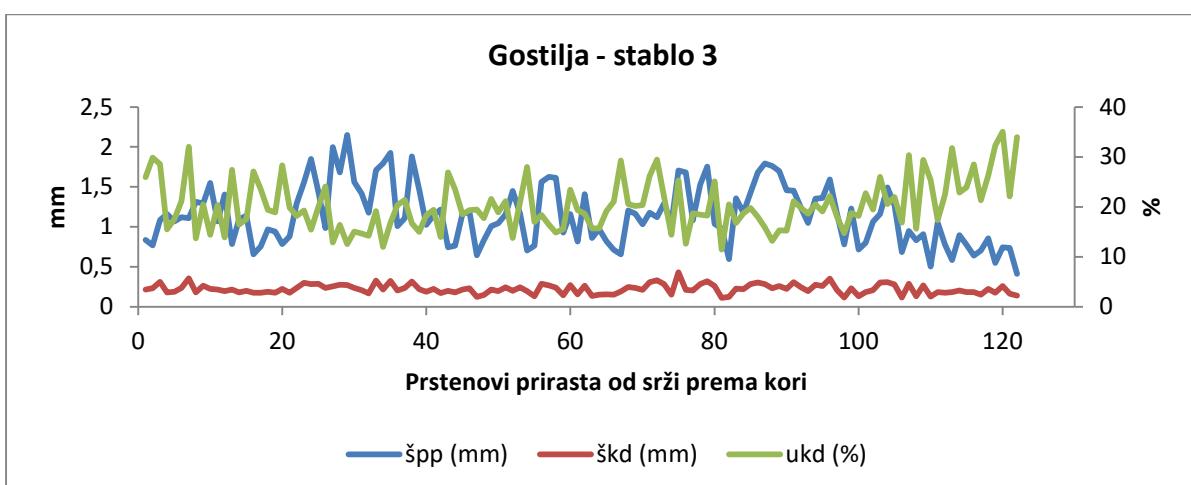
Grafikon 12. Promena širine prstena prirasta, širine i učešća kasnog drveta po radijusu stabla (Srebrenica-stablo 3)



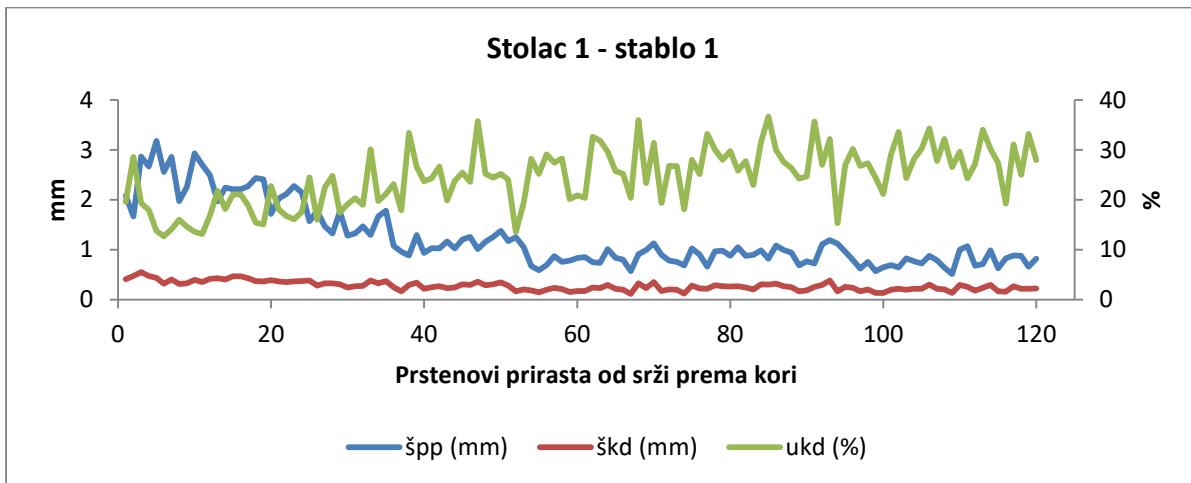
Grafikon 13. Promena širine prstena prirasta, širine i učešća kasnog drveta po radijusu stabla (Gostilja-stablo 1)



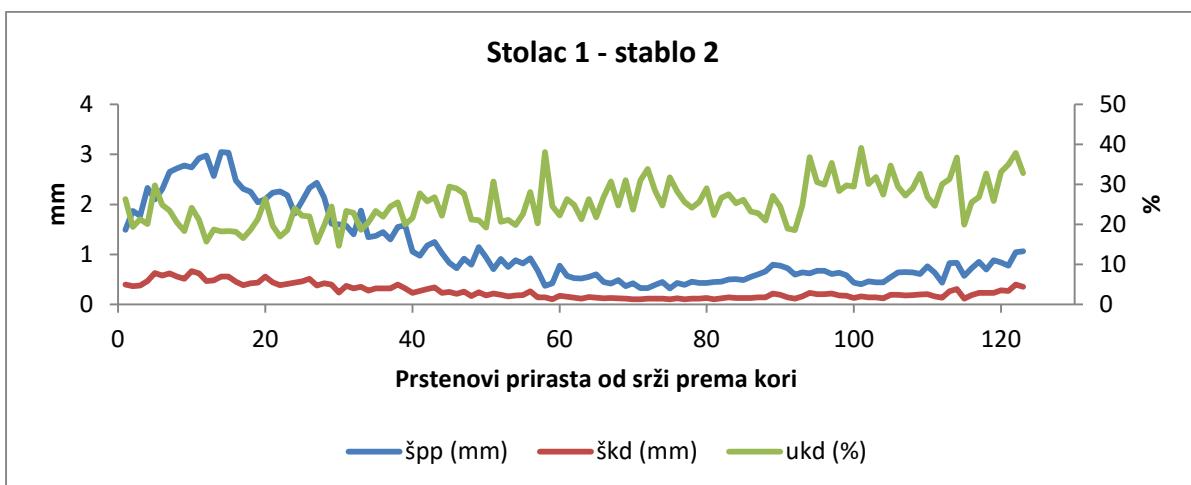
Grafikon 14. Promena širine prstena prirasta, širine i učešća kasnog drveta po radijusu stabla (Gostilja-stablo 2)



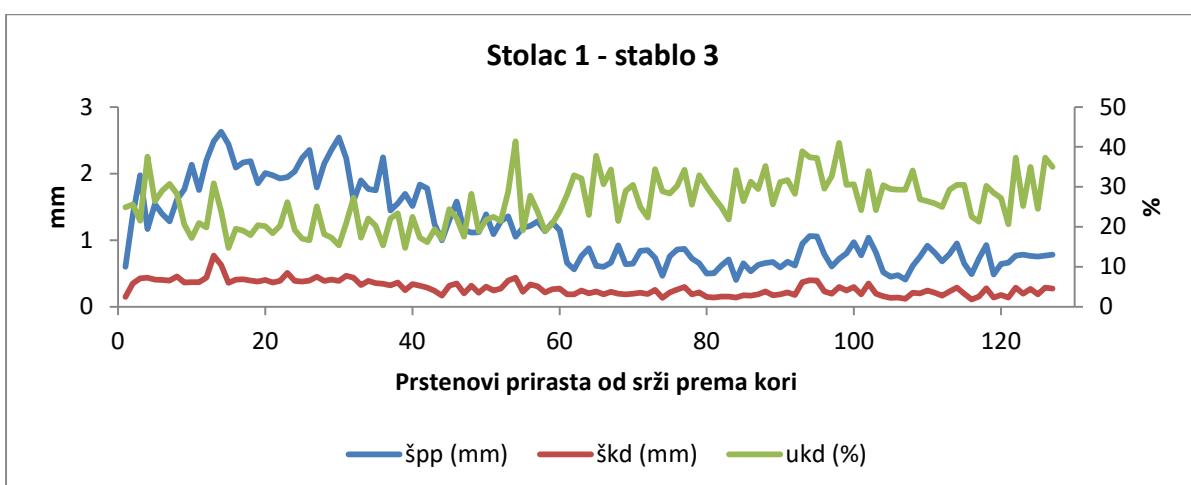
Grafikon 15. Promena širine prstena prirasta, širine i učešća kasnog drveta po radijusu stabla (Gostilja-stablo 3)



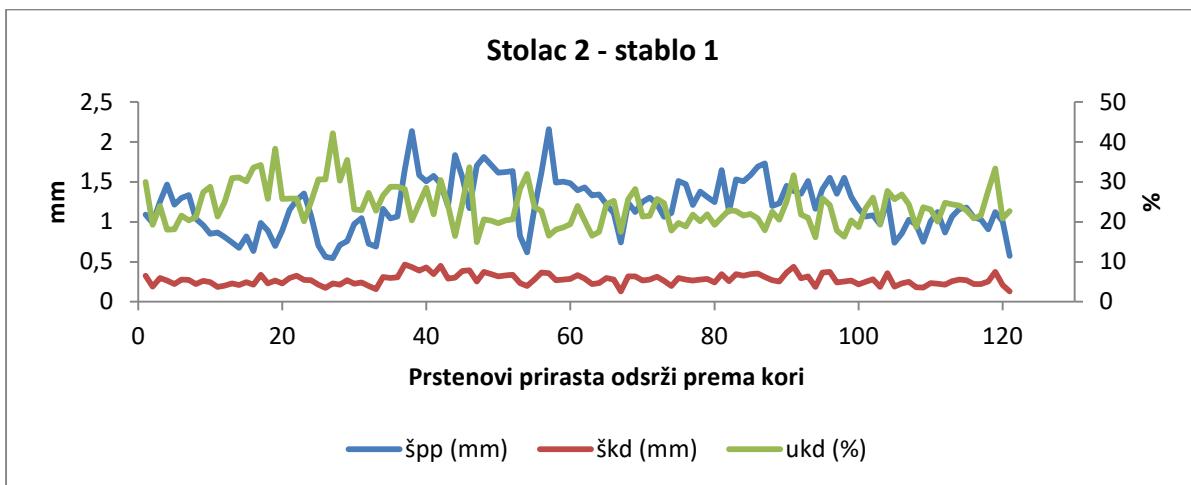
Grafikon 16. Promena širine prstena prirasta, širine i učešća kasnog drveta po radijusu stabla (Stolac 1-stablo 1)



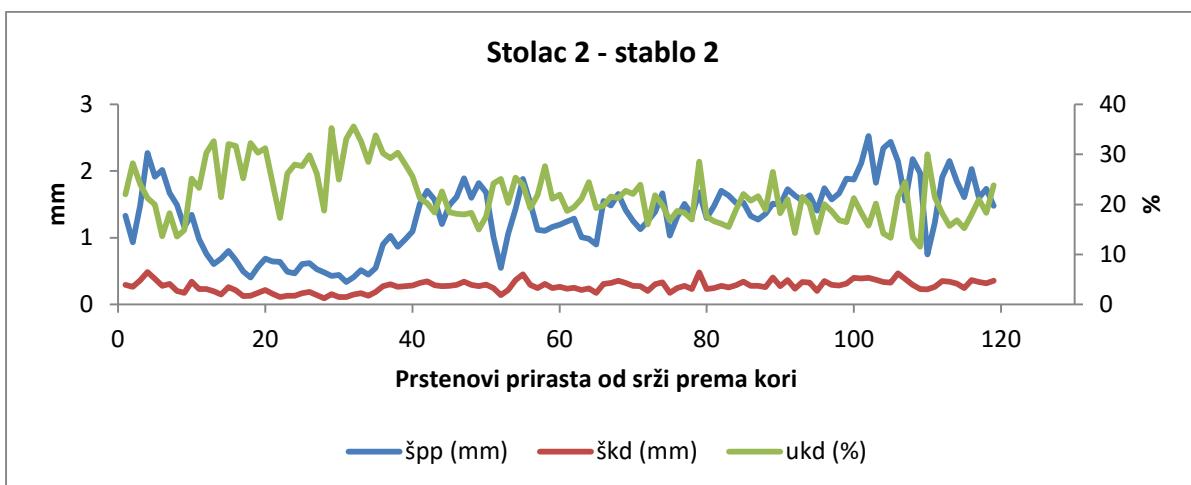
Grafikon 17. Promena širine prstena prirasta, širine i učešća kasnog drveta po radijusu stabla (Stolac 1-stablo 2)



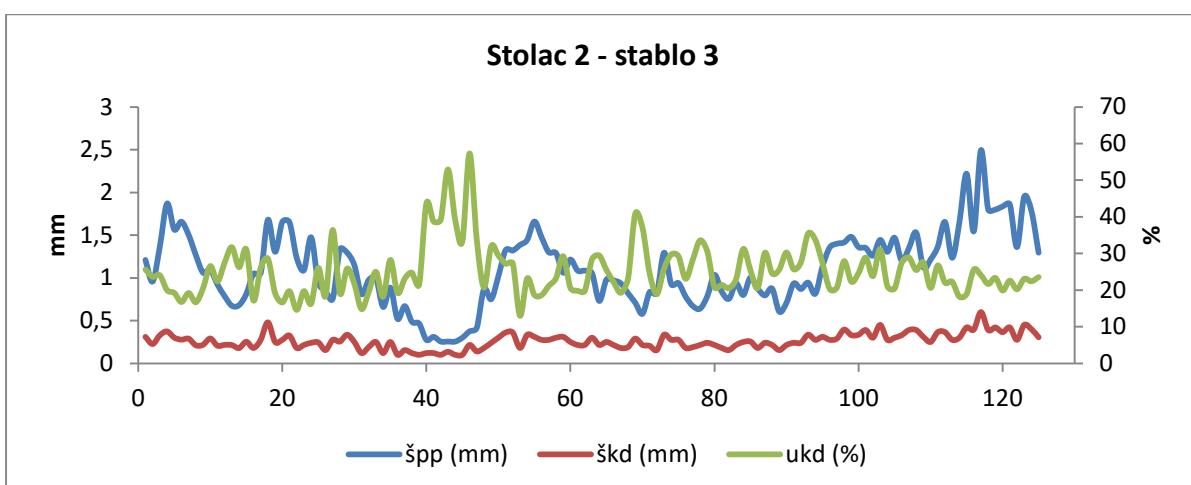
Grafikon 18. Promena širine prstena prirasta, širine i učešća kasnog drveta po radijusu stabla (Stolac 1-stablo 3)



Grafikon 19. Promena širine prstena prirasta, širine i učešća kasnog drveta po radijusu stabla (Stolac 2 - stablo 1)



Grafikon 20. Promena širine prstena prirasta, širine i učešća kasnog drveta po radijusu stabla (Stolac 2 - stablo 2)

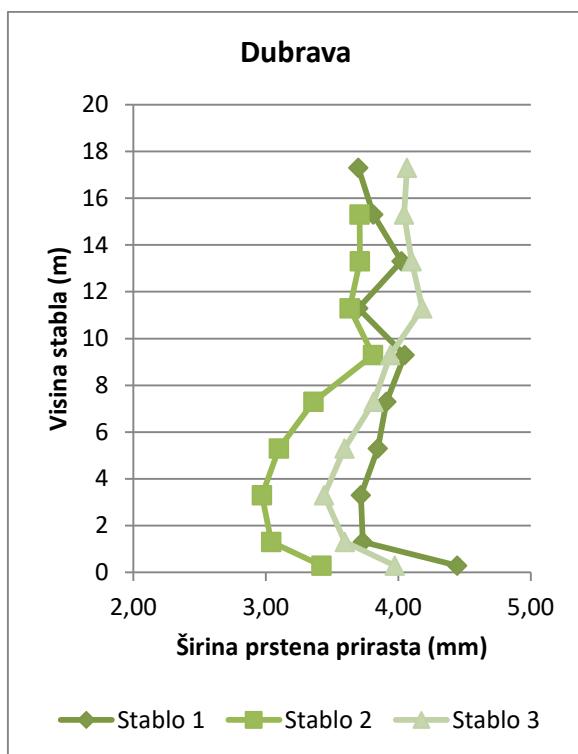


Grafikon 21. Promena širine prstena prirasta, širine i učešća kasnog drveta po radijusu stabla (Stolac 2 - stablo 3)

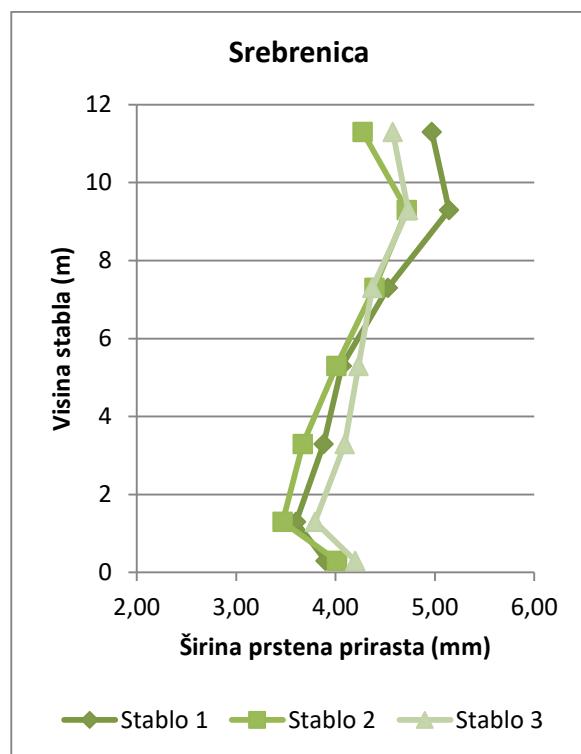
4.2.3.2. Širina prstenova prirasta

Širina prstenova prirasta se menja kako po radijusu tako i po visini. Na Grafikonima 22-26. je prikazana promena prosečne vrednosti širine prstena prirasta sa visinom stabla. Stajić (2003) navodi da prema prethodnim istraživanjima širina prstenova prirasta na različitim visinama zavisi od više faktora, pre svega biološke pozicije stabla, starosti stabla i kvaliteta staništa.

Posmatrajući promenu širine prstena prirasta po visini stabla na lokalitetima Dubrava i Srebrenica (Grafikoni 22 i 23), možemo primetiti da je ona za sva stabla gotovo identična, što ne čudi s obzirom da se radi o stablima iz kultura koja su rasla u istim stanišnim uslovima, koje imaju isti broj godina i približne visine i prečnike. Na oba lokaliteta u intervalu visine od 0,3 m do 1,3 m prosečna širina prstenova prirasta naglo opada, zatim lagano raste u čistom delu debla i donjem delu krune, a onda lagano opada.

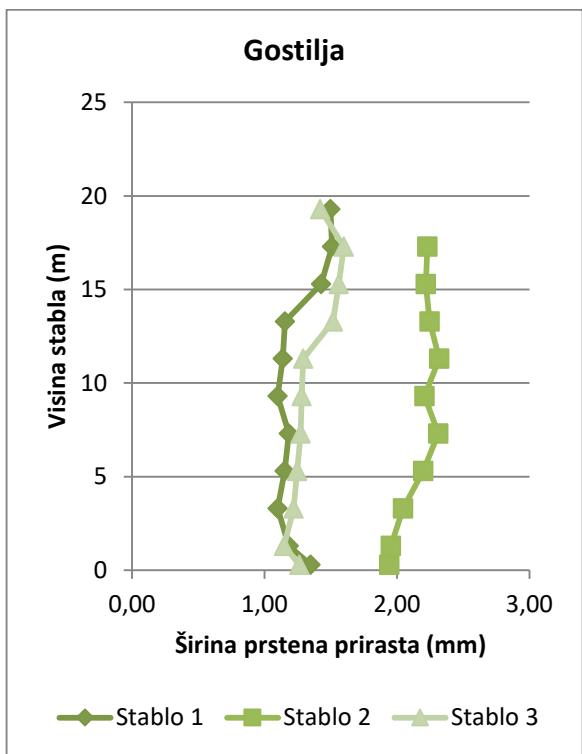


Grafikon 22. Promena širine prstena prirasta po visini stabla na lokalitetu Dubrava

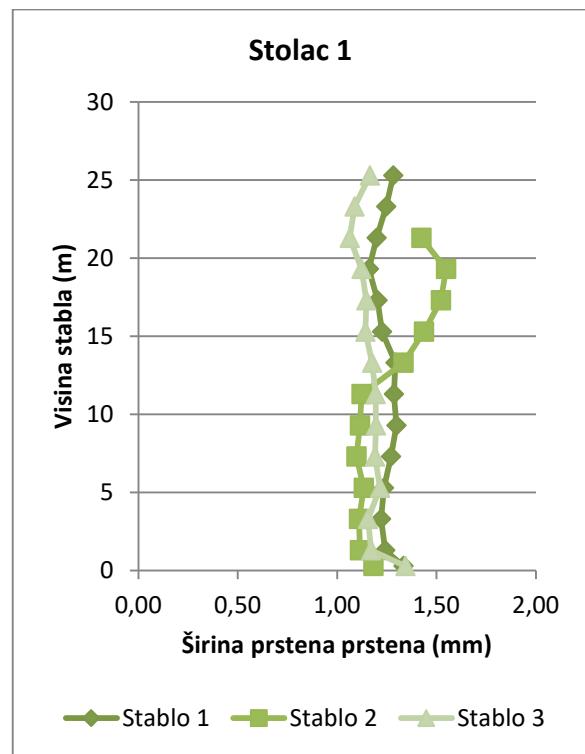


Grafikon 23. Promena širine prstena prirasta po visini stabla na lokalitetu Srebrenica

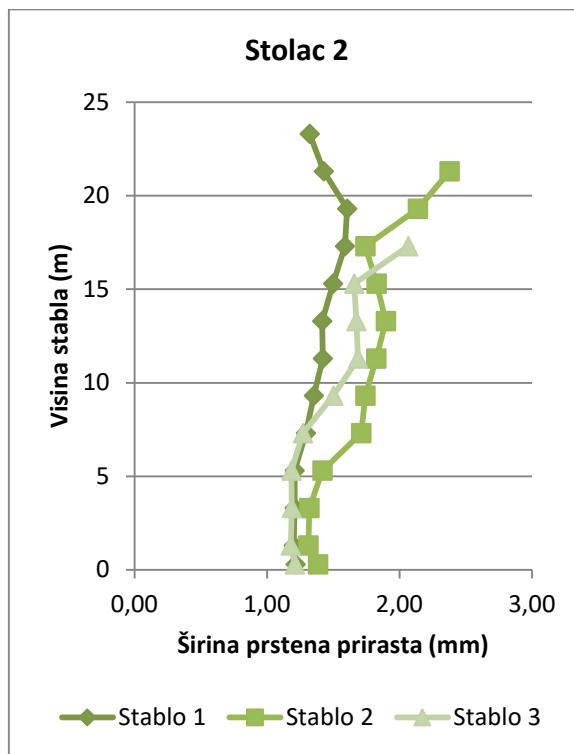
Kada posmatramo Grafikone 24, 25. i 26. na kojima su prikazane promene širine prstena prirasta po visini za stabla iz prirodnih sastojina (lokaliteti Gostilja, Stolac 1 i Stolac 2) vidimo da je u donjem delu stabala promena po visini jako slična, s tim što na većim visinama imamo i veća odstupanja kod pojedinih stabala.



Grafikon 24. Promena širine prstena prirasta po visini stabla na lokalitetu Gostilja



Grafikon 25. Promena širine prstena prirasta po visini stabla na lokalitetu Stolac 1



Grafikon 26. Promena širine prstena prirasta po visini stabla na lokalitetu Stolac 2

U Tabeli 12. su prikazane prosečne širine prstenova prirasta po visini stabala za sve lokalitete, kao i prosečne vrednosti širine prstenova prirasta po visini za sva stabla iz kultura i iz prirodnih sastojina.

Najveću prosečnu širinu prstenova prirasta imaju stabla sa lokaliteta Srebrenica (4,07 mm), a najmanju sa lokaliteta Stolac 1 (1,22 mm). Variranje širine prstenova prirasta je najmanje na lokalitetu Stolac 2 (36,75%), a najveće na lokalitetu Stolac 1 (54,07%).

Prosečna vrednost širine prstenova prirasta za stabla iz kultura iznosi 3,83 mm, sa koeficijentom varijacije od 45,68%. Minimalna širina goda je 0,52 mm, a maksimalna 9,00 mm. Prosečna vrednost širine prstenova prirasta za stabla iz prirodnih sastojina iznosi 1,34 mm, dok koeficijent varijacije iznosi 47,12%. Minimalna izmerena širina goda iznosi 0,24 mm, a maksimalna 4,91 mm.

Tabela 12. Mere centralne tendencije i varijabiliteta širine prstenova prirasta

Visina preseka	Lokalitet		KU	Lokalitet			PS
	DU	SR		GO	S1	S2	
0,3	3,93	4,04	3,98	1,46	1,29	1,27	1,33
1,3	3,45	3,62	3,52	1,35	1,18	1,20	1,24
3,3	3,37	3,88	3,58	1,36	1,16	1,24	1,25
5,3	3,51	4,10	3,75	1,43	1,19	1,28	1,29
7,3	3,70	4,43	3,97	1,47	1,18	1,41	1,34
9,3	3,93	4,84	4,23	1,42	1,20	1,52	1,36
11,3	3,83	4,57	4,03	1,45	1,25	1,63	1,42
13,3	3,94			1,53	1,26	1,64	1,45
15,3	3,83			1,67	1,25	1,65	1,47
17,3				1,71	1,26	1,76	1,51
19,3					1,24		
21,3					1,19		
n	748	418	1166	2302	3568	2657	8527
As	3,69	4,07	3,83	1,45	1,22	1,41	1,34
-95	3,57	3,91	3,73	1,43	1,20	1,39	1,33
+95	3,82	4,24	3,93	1,48	1,24	1,43	1,36
SD	1,75	1,71	1,75	0,68	0,66	0,52	0,63
SG	0,06	0,08	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01
Min	0,52	0,79	0,52	0,34	0,24	0,26	0,24
Max	9,00	8,60	9,00	4,00	4,91	4,50	4,91
CV	%	47,51	42,09	45,68	46,49	54,07	36,75
							47,12

Wettstein (1890) navodi da se širina prstenova prirasta omorike kreće u intervalu od 0,4 do 3,7 mm, a Plavšić (1936) u svojim istraživanjima utvrdio da su te vrednosti od 0,047 do 4,531 mm (prosečno 1,268 mm), što je približno vrednostima dobijenim u ovim istraživanjima. Nešto veću prosečnu vrednost širine prstena prirasta (1,96 mm) dobila je u svojim istraživanjima Lukić-Simonović (1970), ispitujući deset stabala omorike sa dva staništa. Prema istraživanjima ovog autora širine prstenova prirasta se kreću u intervalu od 0,30 mm do 5,20 mm. Lukić-

Simonović (1955) navodi da prosečna vrednost širine prstenova prirasta za stabla omorike sa jednog lokaliteta iznosi 1,906 mm (0,50 do 3,13 mm), sa drugog lokaliteta 2,158 mm (1,53 do 3,127 mm), a sa trećeg 0,667 mm (0,287 do 1,385 mm). Gorišek et al. (2004) navode da je prosečna širina prstenova prirasta smrče 3,2 mm, sa koeficijentom varijacije od 32,2%, s tim što širina prstenova prirasta opada od srži prema kori sa prosečnih 4,3 mm do 2,3 mm.

Analizom varijanse širine prstenova prirasta utvrđeno je da postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 13). Primenom Duncan testa lokaliteti su svrstani u četiri homogene grupe (Tabela 14), odakle vidimo da ne postoji statistički značajna razlika jedino između lokaliteta Stolac 2 i Gostilja.

Tabela 13. Analiza varijanse širine prstenova prirasta između lokaliteta

Širine prstenova prirasta	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
	4	6477,08	1619,27	2295,01	0,00
	9688	6835,47	0,71		
	9692	13312,56			

Tabela 14. Duncan test - širine prstenova prirasta

Lokalitet	Širine prstenova prirasta	Homogene grupe			
		Aritm. sred.	1	2	3
S1	1,22			****	
S2	1,41		****		
GO	1,45		****		
DU	3,69				****
SR	4,07				****

Primena t-testa je pokazala da kada je u pitanju širina prstenova prirasta postoji statistički značajna razlika između kultura i prirodnih sastojina ($t=93,88$; $p=0,00$).

Prikazani podaci u Tabeli 12. se odnose na sve izmerene širine godova. Kako su kulture dosta mlađe pokušali smo da izdvajanjem prvih četrdeset godina rasta stabla iz prirodnih sastojina i određivanjem prosečne širine prstena prirasta dobijemo materijal koji bi dodatno poslužio za poređenje prirasta stabala u debljinu iz kultura i prirodnih sastojina. Ovih četrdeset godina obuhvata i juvenilno drvo koje je odraz početne faze rasta i razvoja stabla (Sinković, 1995). U Tabeli 15. su prikazane prosečne vrednosti širina prstenova prirasta za prvih četrdeset godina rasta na svim visinama do kojih se ovi prstenovi prirasta pojavljuju. Vidimo da su

prosečne vrednosti dosta razlikuju između samih lokaliteta u prirodnim sastojinama, a takođe i od prosečnih vrednosti širina prstena prirasta stabala koja su rasla u kulturama. Najveću prosečnu širinu prstenova prirasta imaju stabla sa lokaliteta Stolac 1 (2,20 mm), a najmanju sa lokaliteta Stolac 2 (1,02 mm). Variranje širine prstenova prirasta je najmanje na lokalitetu Stolac 1 (28,47%), a najveće na lokalitetu Gostilja (37,73%).

Tabela 15. Mere centralne tendencije i varijabiliteta širine prstenova prirasta u prvih četrdeset godina rasta stabala iz prirodnih sastojina

Širina prstena prirasta	Lokalitet			PS
	GO	S1	S2	
n	356	441	318	1115
As	mm	1,75	2,20	1,02
-95		1,68	2,14	0,97
+95		1,82	2,26	1,06
SD		0,66	0,63	0,38
SG		0,04	0,03	0,02
Min		0,40	0,59	0,30
Max		3,46	4,09	2,27
CV	%	37,73	28,47	37,66
				43,86

Kada uporedimo dobijene prosečne vrednosti širine prstenova prirasta za prvih četrdeset godina razvoja stabla iz prirodnih sastojina i pratimo njihovu promenu po radijusu (jasno se može videti sa Grafikona 13-21), dolazimo do zaključka da ne možemo govoriti o nekoj zakonomernosti u razvoju prstenova prirasta kod vrste. To se naročito odnosi na početne godinama rasta i razvoja stabla, kada je on najvećim delom uslovjen stanišnim uslovima i položajem stabla u sastojini.

Analizom varijanse širine prstenova prirasta u prvih četrdeset godina rasta stabala iz prirodnih sastojina utvrđeno je da postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 16). Primenom Duncan testa lokaliteti su svrstani u tri homogene grupe (Tabela 17).

Tabela 16. Analiza varijanse širine prstenova prirasta u prvih četrdeset godina rasta stabala iz prirodnih sastojina

Širine prstenova prirasta	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
	2	259,106	129,553	385,419	0,00
	1112	373,782	0,336		
	1114	632,888			

Tabela 17. Duncan test - širine prstenova prirasta u prvih četrdeset godina rasta stabala iz prirodnih sastojina

Lokalitet	Širine prstenova prirasta	Homogene grupe			
		Aritm. sred.	1	2	3
S2	1,02		****		
GO	1,75			****	
S1	2,20				****

4.2.3.3. Širina kasnog drveta i njegovo učešće u prstenu prirasta

Prosečne vrednosti širine kasnog drveta po visini stabla i lokalitetu, kao i prosečne vrednosti širine kasnog drveta po visini za sva stabla iz kutura i iz prirodnih sastojina su prikazane u Tabeli 18.

Prosečna širina kasnog drveta za stabla iz kultura iznosi 0,40 mm, a za stabla iz prirodnih sastojina 0,32 mm. Minimalna širina kasnog drveta za stabla iz kultura je 0,13 mm, a maksimalna 0,85 mm. Za stabla iz prirodnih sastojina minimalna širina kasnog drveta iznosi 0,06 mm, a maksimalna 1,52 mm. Koeficijent varijacije širine kasnog drveta je za stabla iz kultura daleko manji i iznosi 27,84%, dok za stabla iz prirodnih sastojina iznosi 41,44%.

Tabela 18. Mere centralne tendencije i varijabiliteta širine kasnog drveta

Visina preseka	Lokalitet		KU	Lokalitet			PS
	DU	SR		GO	S1	S2	
0,3	0,38	0,37	0,38	0,34	0,31	0,31	0,32
1,3	0,41	0,35	0,39	0,28	0,27	0,27	0,27
3,3	0,40	0,41	0,41	0,29	0,28	0,29	0,29
5,3	0,37	0,36	0,36	0,32	0,30	0,29	0,30
7,3	0,38	0,48	0,42	0,28	0,30	0,34	0,31
9,3	0,41	0,43	0,42	0,28	0,30	0,35	0,31
11,3	0,40	0,48	0,42	0,35	0,29	0,38	0,33
13,3	0,43		0,43	0,32	0,34	0,38	0,34
15,3	0,41		0,41	0,41	0,33	0,39	0,37
17,3				0,30	0,34	0,39	0,34
19,3					0,36		
21,3					0,35		
n	748	418	1166	2302	3568	2657	8527
As	mm	0,40	0,40	0,40	0,31	0,31	0,32
-95		0,39	0,39	0,39	0,31	0,31	0,31
+95		0,41	0,41	0,40	0,32	0,32	0,32
SD		0,11	0,11	0,11	0,12	0,14	0,13
SG		0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Min		0,13	0,13	0,13	0,08	0,08	0,06
Max		0,76	0,85	0,85	0,95	1,52	1,52
CV	%	27,83	27,87	27,84	40,11	45,51	36,79
							41,44

Analizom varijanse širine kasnog drveta utvrđeno je da postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 19). Primenom Duncan testa lokaliteti su svrstani u tri homogene grupe (Tabela 20). U jednoj homogenoj grupi se nalaze lokaliteti na kojima su kulture omorike, dok su lokaliteti sa prirodnim sastojinama svrstani u dve homogene grupe.

Tabela 19. Analiza varijanse širine kasnog drveta između lokaliteta

Širine kasnog drveta	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
	4	7,3422	1,8355	111,31	0,00
	9688	159,7594	0,0165		
	9692	167,1016			

Tabela 20. Duncan test - širina kasnog drveta

Lokalitet	Širina kasnog drveta	Homogene grupe		
		Aritm. sred.	1	2
GO	0,31	****		
S1	0,31	****		
S2	0,33			****
SR	0,40		****	
DU	0,40		****	

Primena t-testa pri analizi širine kasnog drveta pokazala je da između kultura i prirodnih sastojina postoji statistički značajna razlika ($t=20,25$; $p=0,00$).

Prosečne vrednosti učešća kasnog drveta po visini stabla i lokalitetu, kao i prosečne vrednosti učešća kasnog drveta po visini za stabla iz kultura i iz prirodnih sastojina su prikazane u Tabeli 21.

Možemo uočiti da je prosečno učešće kasnog drveta za stabla iz kultura 12,70%, a za stabla iz prirodnih sastojina 24,99%. Minimalno učešće kasnog drveta za stabla iz kultura je 2,92%, a maksimalno 43,80%. Za stabla iz prirodnih sastojina minimalno učešće kasnog drveta iznosi 7,07%, a maksimalno 57,33%. Koeficijent varijacije učešća kasnog drveta je za stabla iz kultura daleko veći i iznosi 51,06%, dok za stabla iz prirodnih sastojina iznosi 26,32%.

Tabela 21. Mere centralne tendencije i varijabiliteta učešća kasnog drveta

Visina preseka	Lokalitet		KU	Lokalitet			PS
	DU	SR		GO	S1	S2	
0,3	12,61	11,44	12,10	24,52	25,09	25,61	25,10
1,3	15,68	12,09	14,14	22,08	25,29	23,71	23,78
3,3	15,46	12,90	14,40	22,60	26,79	24,24	24,68
5,3	13,14	10,50	12,07	22,84	28,29	23,16	24,99
7,3	12,29	11,83	12,12	20,80	27,77	24,70	24,76
9,3	12,05	9,66	11,26	21,68	27,01	23,02	24,24
11,3	12,00	11,07	11,75	25,02	24,81	23,29	24,44
13,3	12,28			22,44	27,80	22,98	24,91
15,3	11,82			26,61	27,66	23,98	26,32
17,3				18,66	27,77	22,78	24,25
19,3					30,47		
21,3					29,76		
n	748	418	1166	2302	3568	2657	8527
As	♂	13,33	11,56	12,70	22,80	27,19	24,99
-95		12,84	11,02	12,32	22,54	26,97	24,85
+95		13,82	12,11	13,07	23,05	27,41	25,13
SD		6,81	5,68	6,48	6,26	6,72	6,58
SG		0,25	0,28	0,19	0,13	0,11	0,07
Min		3,57	2,92	2,92	8,01	9,30	7,07
Max		43,80	34,91	43,80	48,68	52,17	57,33
CV		51,13	49,09	51,06	22,80	24,71	23,84

Lukić-Simonović (1970) navodi da je prosečno učešće kasnog drveta kod omorike za jedno stanište 33% pri prosečnoj širini goda od 0,8 mm, za drugo stanište 20,8% pri prosečnoj širini goda od 2,0 mm i za treće 22,0% gde je prosečna širina goda 2,1 mm.

Analizom varijanse učešća kasnog drveta utvrđeno je da postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 22). Primenom Duncan testa lokaliteti su svrstani u pet homogenih grupa (Tabela 23), što znači da postoji statistički značajna razlika između svih pet lokaliteta.

Tabela 22. Analiza varijanse učešća kasnog drveta između lokaliteta

Učešće kasnog drveta	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
	4	187242	46810	1175,50	0,00
9688	385793	40			
9692	573035				

Tabela 23. Duncan test - učešće kasnog drveta

Lokalitet	Učešće kasnog drveta	Homogene grupe				
		Aritm. sred.	1	2	3	4
SR	11,56	****				
DU	13,33		****			
GO	22,80			****		
S2	23,94				****	
S1	27,19					****

Primena t-testa pri analizi učešća kasnog drveta pokazala je da između kultura i prirodnih sastojina postoji statistički značajna razlika ($t=59,97$; $p=0,00$).

U Tabeli 24. su prikazane prosečne vrednosti širine i učešća kasnog drveta u prvih četrdeset godina rasta stabala iz prirodnih sastojina. Vidimo da je širina kasnog drveta najveća za lokalitet Stolac 1 (0,46 mm), gde je najveća i širina prstena prirasta za ovaj period, a najmanja za lokalitet koji ima i najmanju širinu goda za ovaj period - Stolac 2 (0,25 mm). Koeficijenti varijacije se kreću od 30,08% (Stolac 1) do 31,46% (Gostilja).

Prosečna vrednosti učešća kasnog drveta je najmanja za lokalitet Gostilja (21,05%), a najveća za lokalitet Stolac 2 (25,81%). Vrednosti koeficijenata varijacije su od 23,72% (Stolac 2) do 28,39% (Gostilja). Najveća razlika u učešću kasnog drveta u prvih četrdeset godina rasta stabala u odnosu na učešće kasnog drveta koje obuhvata sve godine je na lokalitetu Stolac 1.

Tabela 24. Mere centralne tendencije i varijabiliteta širine i učešća kasnog drveta u prvih četrdeset godina rasta stabala iz prirodnih sastojina

Širina kasnog drveta		Lokalitet			PS	Učešće kasnog drveta		Lokalitet			PS	
						GO	S1	S2	GO	S1	S2	
n		356	441	318	1115				356	441	318	1115
As	mm	0,34	0,46	0,25	0,36	%	%	%	21,05	21,70	25,81	22,67
-95		0,33	0,45	0,24	0,36				20,43	21,19	25,14	22,30
+95		0,36	0,48	0,26	0,37				21,68	22,21	26,49	23,03
SD		0,11	0,14	0,08	0,14				5,98	5,47	6,12	6,16
SG		0,01	0,01	0,00	0,00				0,32	0,26	0,34	0,18
Min		0,12	0,14	0,06	0,06				9,58	10,83	12,42	9,58
Max		0,73	0,96	0,60	0,96				42,31	46,90	50,00	50,00
CV	%	31,46	30,08	30,75	39,71				28,39	25,22	23,72	27,16

Analizom varijanse širine kasnog drveta u prvih četrdeset godina rasta stabala iz prirodnih sastojina utvrđeno je da postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 25). Primenom Duncan testa lokaliteti su svrstani u tri homogene grupe (Tabela 26).

Tabela 25. Analiza varijanse širine kasnog drveta u prvih četrdeset godina rasta stabala iz prirodnih sastojina

Širine kasnog drveta	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
	2	8,7367	4,3684	333,06	0,00
	1112	14,5849	0,0131		
	1114	23,3216			

Tabela 26. Duncan test - širina kasnog drveta u prvih četrdeset godina rasta stabala iz prirodnih sastojina

Lokalitet	Širina kasnog drveta	Homogene grupe		
		Aritm. sred.	1	2
S2	0,25	****		
GO	0,34		****	
S1	0,46			****

Analizom varijanse učešća kasnog drveta u prvih četrdeset godina rasta stabala iz prirodnih sastojina utvrđeno je da postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 27). Primenom Duncan testa lokaliteti su svrstani u dve homogene grupe (Tabela 28).

Tabela 27. Analiza varijanse učešća kasnog drveta u prvih četrdeset godina rasta stabala iz prirodnih sastojina

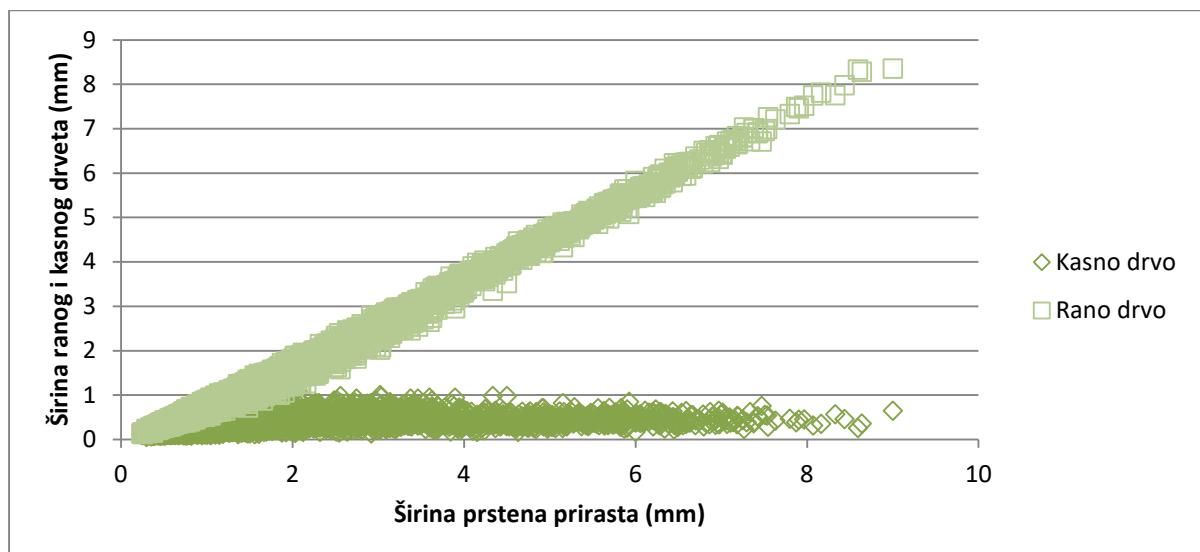
Učešće kasnog drveta	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
	2	4484,4	2242,2	66,06	0,00
	1112	37744,0	33,9		
	1114	42228,4			

Tabela 28. Duncan test - učešće kasnog drveta u prvih četrdeset godina rasta stabala iz prirodnih sastojina

Lokalitet	Učešće kasnog drveta	Homogene grupe	
		Aritm. sred.	1
GO	21,05	****	
S1	21,70	****	
S2	25,81		****

4.2.3.4. Zavisnost širine ranog drveta, širine kasnog drveta i učešća kasnog drveta od širine prstena prirasta

Da bi se utvrdila korelacija između širine prstenova prirasta i širine ranog i kasnog drveta, kao učešća kasnog drveta, korišteni su svi izmereni prstenovi prirasta. Kako se širina ranog i kasnog drveta menja sa povećanjem širine prstena prirasta možemo videti sa Grafikona 27. Kako je širina kasnog drveta relativno konstanta, širina prstena prirasta je usko povezana sa širinom ranog drveta.



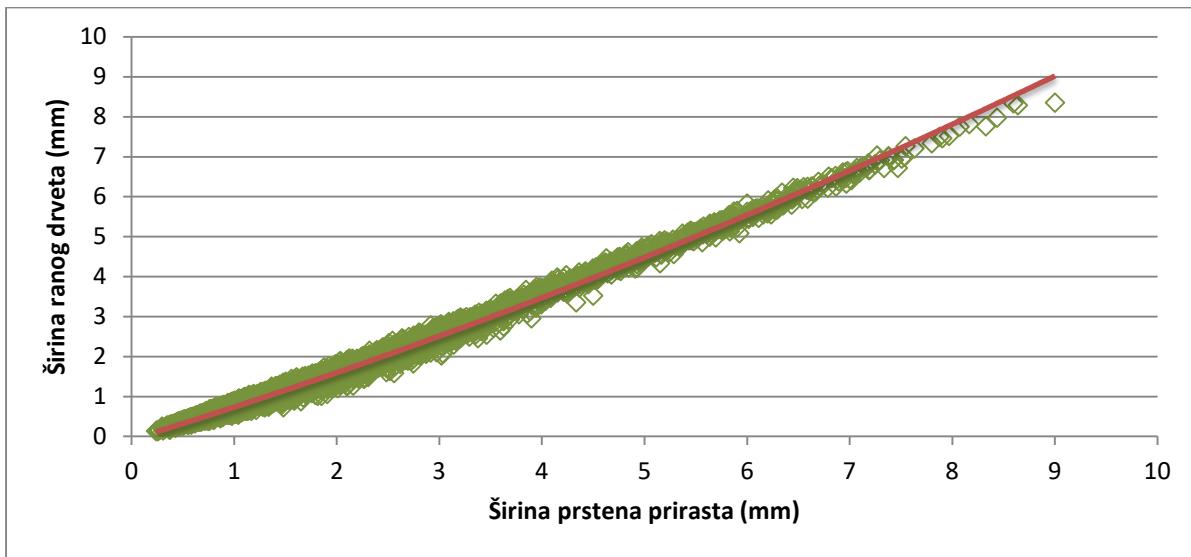
Grafikon 27. Promena širine ranog i kasnog drveta sa povećanjem širine prstena prirasta

Sa Tabele 29. i Grafikona 28. možemo videti da između širine ranog drveta i širine prstena prirasta postoji pozitivna korelacija. Koeficijent korelacije je 0,9967, što se prema Romer-Orphal-ovoj tabeli za jačinu korelacije definiše kao potpuna korelacija. Na osnovu koeficijenta determinacije, 99,35% variranja širine ranog drveta je objašnjeno variranjem širine prstena prirasta. Jednačina regresije je:

$$\text{šrd} = 0,0248 \times \text{špp}^2 + 0,7875 \times \text{špp} - 0,0779 \quad (24)$$

Tabela 29. Karakteristike regresije (zavisnost širine ranog drveta od širine prstena prirasta)

Reg. koef.	Vrednost koefic.	Stand. greška koefic.	t	p	R	R ²	n
a	0,024824	0,000385	64,5368	0,00	0,9967	0,9935	9693
b	0,787546	0,002418	325,7628	0,00			
c	-0,07786	0,00269	-28,9222	0,00			



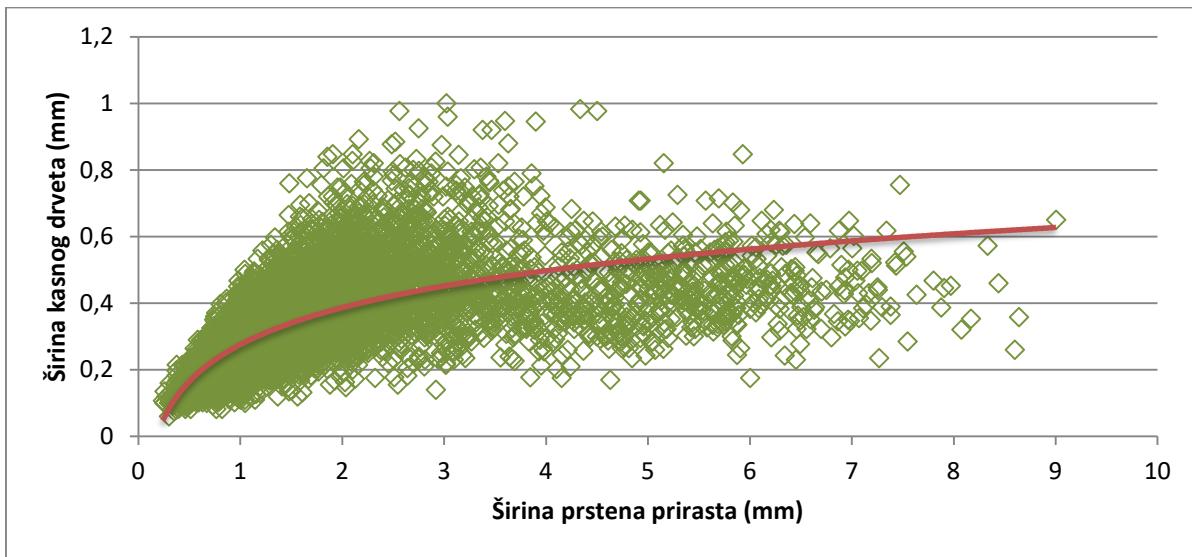
Grafikon 28. Zavisnost širine ranog drveta od širine prstena prirasta

Sa povećanjem širine prstenova prirasta povećava se i širina kasnog drveta što možemo videti sa Tabele 30. i Grafikona 29. Sa Grafikona se jasno uočava da je korelacija između širine kasnog drveta i širine prstena prirasta izraženija kod prstenova prirasta koji imaju manju širinu. Za prstenove prirasta koji imaju širinu veću od 4 mm praktično ne postoji nikakva zavisnost između širine kasnog drveta i širine prstena prirasta. Za dobijenu jednačinu regresije koeficijent korelacije je 0,71, što znači da je korelacija jaka. Na osnovu koeficijenta determinacije 51% variranja širine kasnog drveta je objašnjeno variranjem širine prstena prirasta. Jednačina regresije je:

$$\check{skd} = 0,16 \ln(\check{pp}) + 0,276 \quad (25)$$

Tabela 30. Karakteristike regresije (zavisnost širine kasnog drveta od širine prstena prirasta)

Reg. koef.	Vrednost koefic.	Stand. greška koefic.	t	p	R	R ²	n
a	0,159961	0,001587	100,7843	0,00	0,71	0,51	9693
b	0,275993	0,001050	262,7776	0,00			



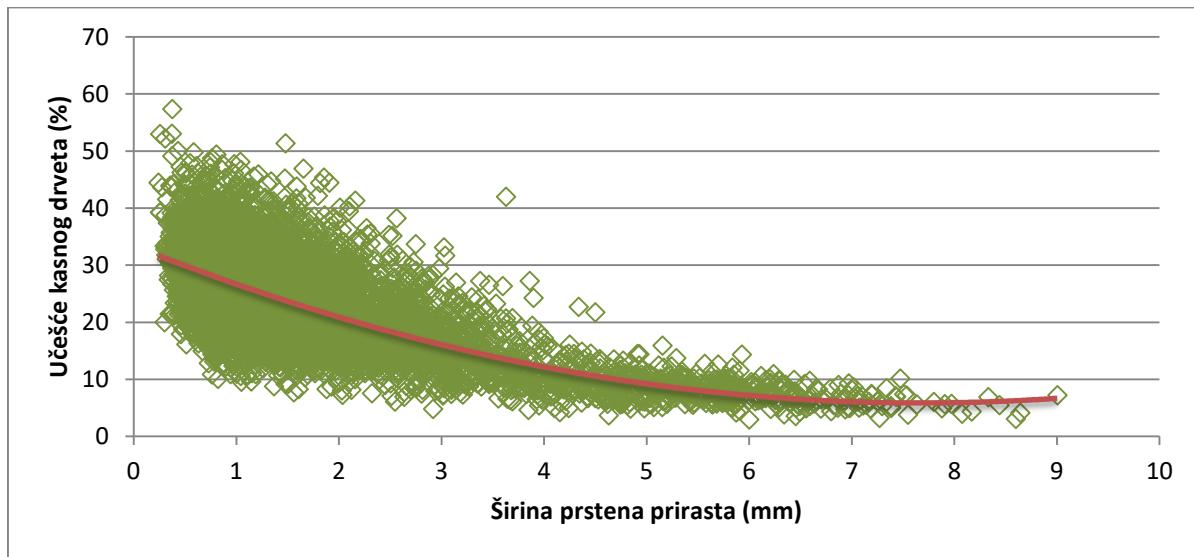
Grafikon 29. Zavisnost širine kasnog drveta od širine prstena prirasta

Posmatrajući uticaj širine prstena prirasta na učešće kasnog drveta sa Tabele 31. i Grafikona 30. možemo uočiti da je utvrđena negativna korelacija, što znači da sa povećanjem širine prstena prirasta opada vrednost učešća kasnog drveta. Koeficijent korelacije koji iznosi 0,68 pokazuje ova korelacija jaka. Jednačina regresije je:

$$ukd = 0,4662x_{\text{špp}}^2 - 7,1617x_{\text{špp}} + 33,371 \quad (26)$$

Tabela 31. Karakteristike regresije (zavisnost učešća kasnog drveta od širine prstena prirasta)

Reg. koef.	Vrednost koefic.	Stand. greška koefic.	t	p	R	R ²	n
a	0,46623	0,024224	19,2465	0,00	0,68	0,47	9693
b	-7,16172	0,152254	-47,0381	0,00			
c	33,37074	0,169534	196,8385	0,00			



Grafikon 30. Zavisnost učešća kasnog drveta od širine prstena prirasta

Istražujući zavisnost učešća kasnog drveta od širine prstena prirasta drveta omorike, Lukić-Simonović (1970) je dobila slične rezultate. Prema njenim istraživanjima najveće učešće kanog drveta (36,6%) je utvrđeno kod širine prstena prirasta od 0,2 do 0,9 mm, dok za širinu goda od 3 do 4 mm, učešće kasnog drveta iznosi 15,5%. Isti autor navodi da je za smrču utvrđeno najveće učešće kasnog drveta (25,8%) pri širini prstena prirasta od 0,7 mm, a najmanje 7,9% pri širini prstena prirasta od 3,7 mm.

4.3. FIZIČKA SVOJSTVA DRVETA

4.3.1. Vlažnost drveta u trenutku obaranja stabla

Živo stablo sadrži u sebi određenu količinu vode koja nije konstantna. Ona zavisi od uslova staništa, potreba samog stabla, vrste drveća i menja se zavisno od godišnjeg doba, kao i doba dana. Najveći sadržaj vode je u toku zimskih meseci, a najmanji na kraju vegetacionog perioda. Takođe sadržaj vode nije isti ni u svim delovima stabla.

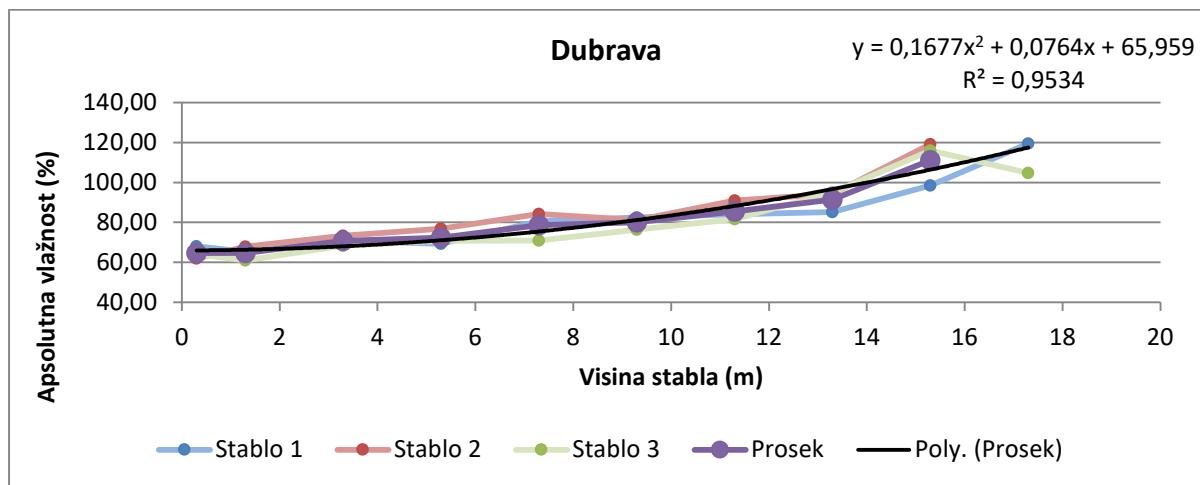
U Tabeli 32. je prikazana prosečna vlažnost tek oborenih stabala i njena promena po visini.

Tabela 32. Mere centralne tendencije i varijabiliteta vlažnosti drveta u trenutku obaranja

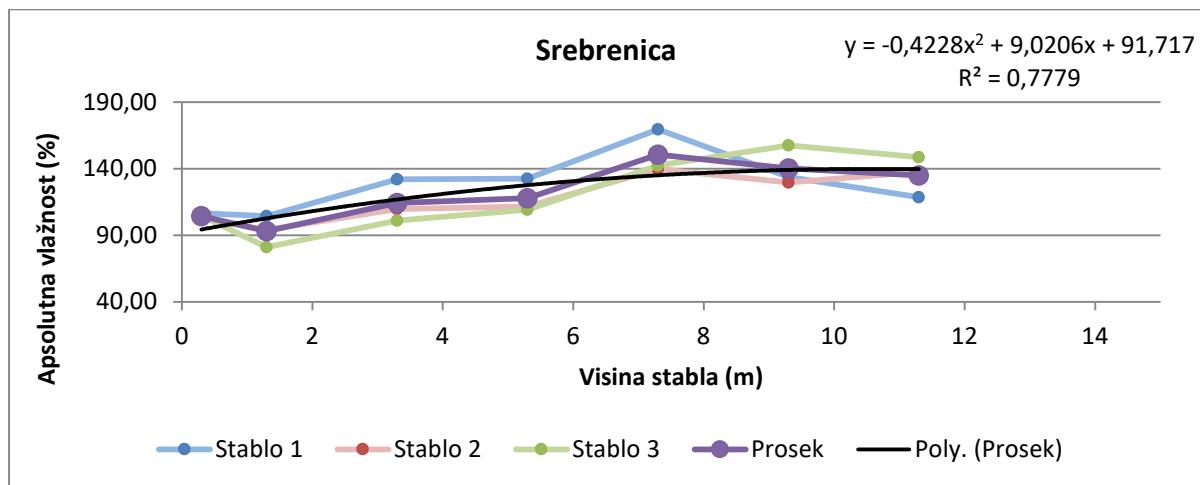
Visina preseka	Lokalitet				
	DU	SR	GO	S1	S2
0,3	64,65	104,51	61,50	57,97	48,65
1,3	64,73	93,16	57,85	54,58	45,33
3,3	70,78	114,31	58,97	53,00	43,34
5,3	72,35	117,76	59,03	54,59	43,94
7,3	78,58	150,48	61,13	56,70	44,20
9,3	80,03	140,25	62,48	60,72	44,58
11,3	85,54	134,92	61,96	61,78	44,92
13,3	91,50		64,16	64,10	45,63
15,3	111,21		64,85	67,77	46,80
17,3			69,10	68,43	49,60
19,3				73,44	
21,3				76,11	
n	29	21	32	40	35
As	82,15	122,20	62,78	63,97	46,08
-95	75,78	111,94	59,39	61,05	44,59
+95	88,52	132,46	66,17	66,89	47,56
SD	16,74	22,53	9,40	9,13	4,32
SG	3,11	4,92	1,66	1,44	0,73
Min	60,98	81,14	45,71	50,92	40,90
Max	119,44	169,49	78,72	85,25	56,30
CV	20,37	18,44	14,98	14,27	9,38

Najmanju prosečnu vlažnost u trenutku obaranja stabla izmerena je na lokalitetu Stolac 2 (46,08%), a najveću na lokalitetu Srebrenica gde je prosečna vlažnost 122,20%. Stabla iz kultura (Dubrava i Srebrenica) su obarana krajem aprila, dok su stabla iz prirodnih sastojina (Gostilja, Stolac 1 i 2) obarana krajem juna, tako da je na razliku u vlažnosti, osim stanišnih uslova, uticala i razlika u vremenu obaranja od dva meseca.

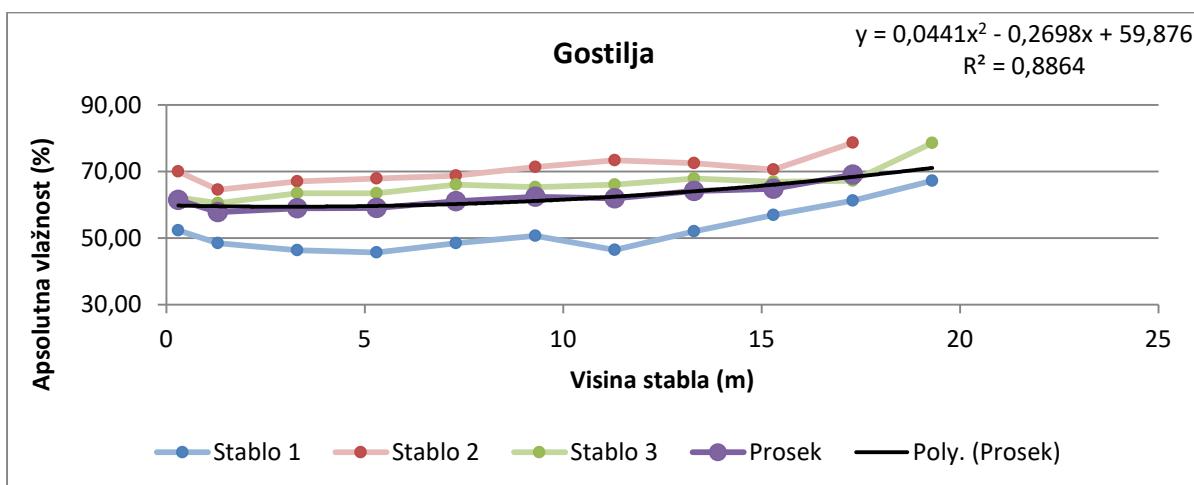
Kao što je navedeno, vlažnost se menja sa visinom i to tako što blago opada idući od panja do prsne visine (odnosno do visine od 3,3 m za lokalitete Stolac 1 i 2), zatim blago raste, a u visini krošnje taj rast je nešto izraženiji. Na Grafikonima 31 - 35. prikazana je vlažnost drveta po visini za svako stablo i njena prosečna vrednost po lokalitetu. Može se jasno uočiti da postoji jasna pozitivna korelacija između prosečne vlažnosti drveta i visine stabla. Koeficijenti korelacije iznose za lokalitet Dubrava - 0,98, za Srebrenicu - 0,88, za Gostilju - 0,94, za Stolac 1 - 0,98 i za Stolac 2 - 0,90. Prema Roemer-Orphal-ovoj tabeli za jačinu korelacije, za lokalitet Srebrenica imamo vrlo jaku korelaciju između prosečne vlažnosti i visine stabla, dok je za ostale lokalitete ta korelacija prema navedenoj tabeli potpuna.



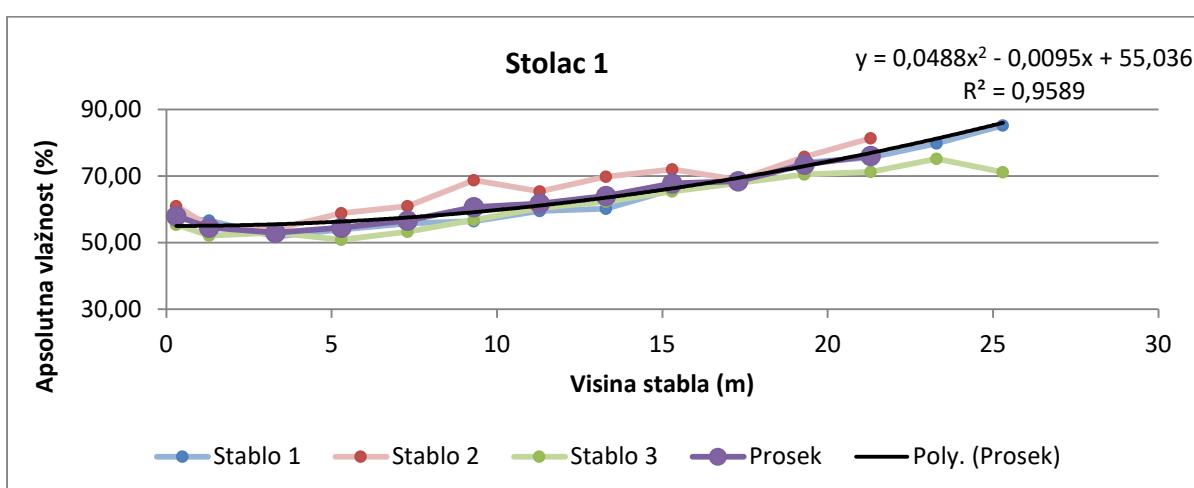
Grafikon 31. Promena vlažnosti drveta sa visinom stabla za lokalitet Dubrava



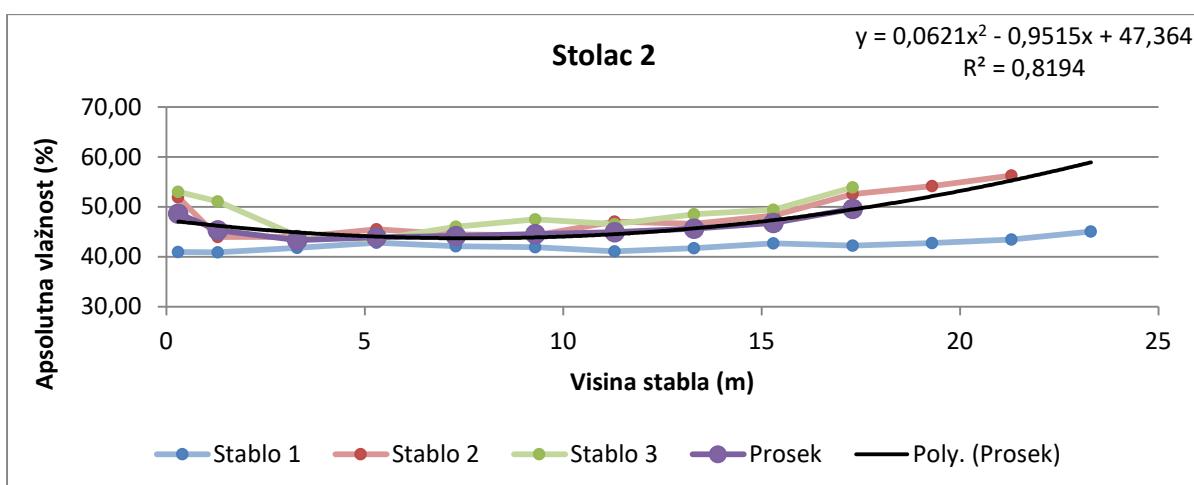
Grafikon 32. Promena vlažnosti drveta sa visinom stabla za lokalitet Srebrenica



Grafikon 33. Promena vlažnosti drveta sa visinom stabla za lokalitet Gostilja



Grafikon 34. Promena vlažnosti drveta sa visinom stabla za lokalitet Stolac 1



Grafikon 35. Promena vlažnosti drveta sa visinom stabla za lokalitet Stolac 2

4.3.2. Gustina drveta

Gustina drveta je fizičko svojstvo koje zavisi od vrste drveta, staništa, strukture sastojine, dela stabla, vlažnosti... Na njeno variranje utiču i prečnik i debljina čelijskog zida, učešće ranog i kasnog drveta, sadržaja hemijskih komponenata (Cave i Walker 1994). Gustini drveta, kao jako važnom svojstvu koje utiče na sva ostala fizička kao i mehanička svojstva, posvećena je velika pažnja. Kako se gustina menja sa vlažnošću, određene su: gustina u absolutno suvom stanju, gustina u prosušenom stanju, gustina u sirovom stanju vlažnosti i nominalna gustina.

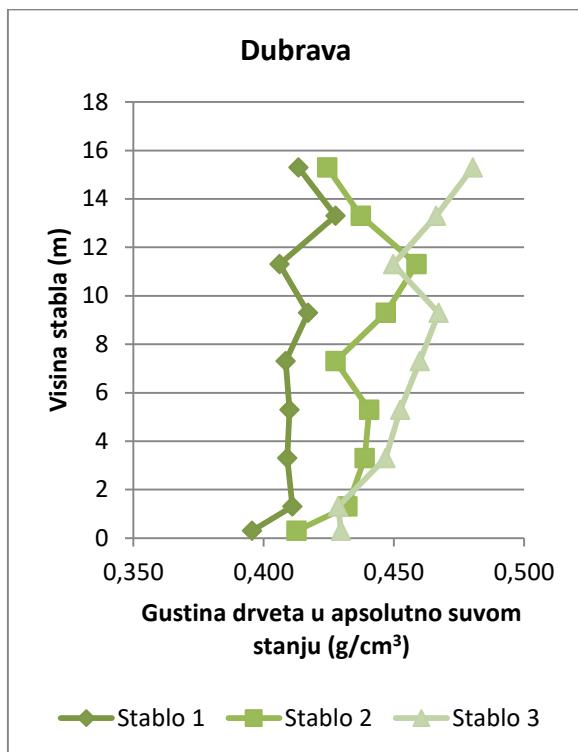
4.3.2.1. Gustina drveta u absolutno suvom stanju vlažnosti

Prema Šoškiću i Popoviću (2002) varijacija gustine drveta u aksijalnom i transverzalnom pravcu vezana je za varijaciju širine prstenova prirasta, učešće kasnog drveta u prstenu prirasta, promenu sadržaja pratećih komponenata, ali i modifikaciju anatomske elemenata građe drveta prema fiziološkim i mehaničkim zahtevima funkcionalisanja i održanja stabla u uslovima statičkog i dinamičkog opterećenja.

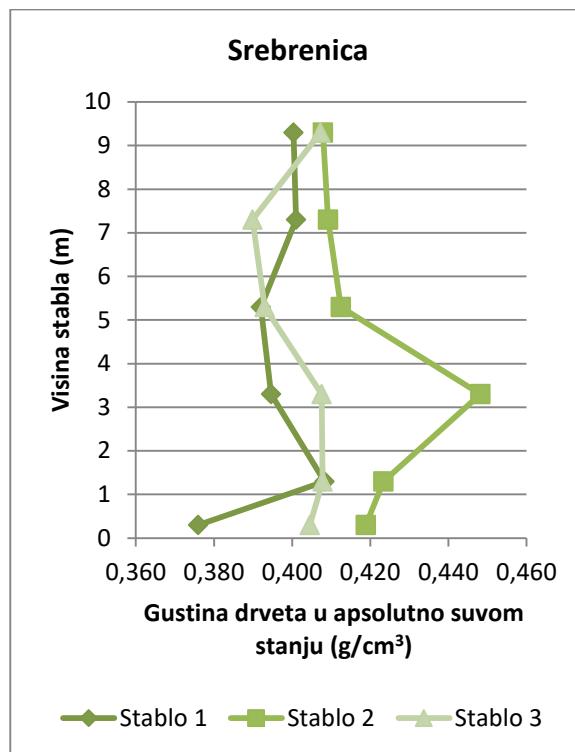
Gustina drveta je merena od visine 0,3 m, 1,3 m a zatim na svaka dva metra. Na Grafikonima 36 - 40. je prikazana promena gustine drveta u absolutno suvom stanju vlažnosti po visini stabla, za sva ispitana stabla po lokalitetima.

Prosečna vrednost gustine drveta u absolutno suvom stanju vlažnosti za stabla iz kultura rasla na lokalitetu Dubrava takođe raste sa visinom stabla (Grafikon 36), dok se na lokalitetu Srebrenica na visini od 5,3 m beleži nagli pad, a zatim blagi porast prosečne gustine drveta sa visinom stabla (Grafikon 37).

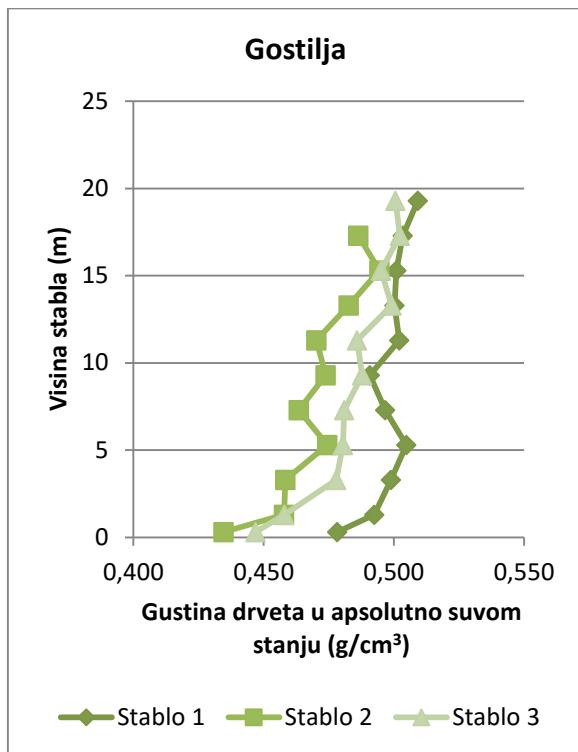
Sa Grafikona 38, 39. i 40. jasno se može uočiti da se prosečna vrednost gustine drveta u absolutno suvom stanju za ispitana stabla u prirodnim sastojinama (lokaliteti Gostilja, Stolac 1 i Stolac 2) povećava sa povećanjem visine stabla, bez obzira na promenu prosečne širina goda po visini stabla. Do ovakvih podataka za omoriku je došla i Lukić-Simonović (1970) koja ovu pojavu objašnjava jačanjem zidova ranog drveta zbog specifičnog oblika ovršaka omorike, koji je opterećen velikim brojem grančica i šišarica. Isti autor je za smrču utvrdio da sa porastom visine stabla opada gustina, što je i zaključak nekih autora koji su, između ostalog, proučavali promenu gustine kod četinara sa visinom (Karahasanović 1962, Harvald i Olesen 1987, Donaldson et al. 1995, Todorović 2006...). Za razliku od tih istraživanja Ward (1975) je utvrdio za vrste iz roda Picea da se gustina značajno ne smanjuje po visini, već da se može i povećati sa njenim povećanjem.



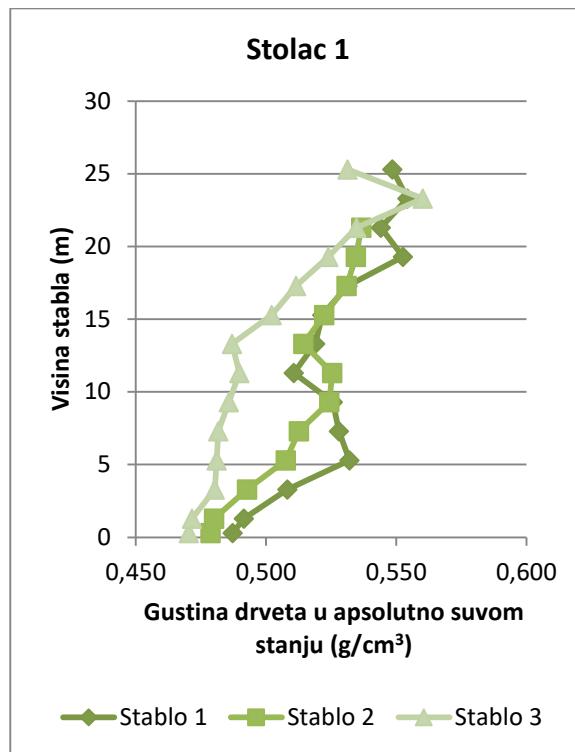
Grafikon 36. Promena gustine u absolutno suvom stanju vlažnosti po visini stabla za lokalitet Dubrava



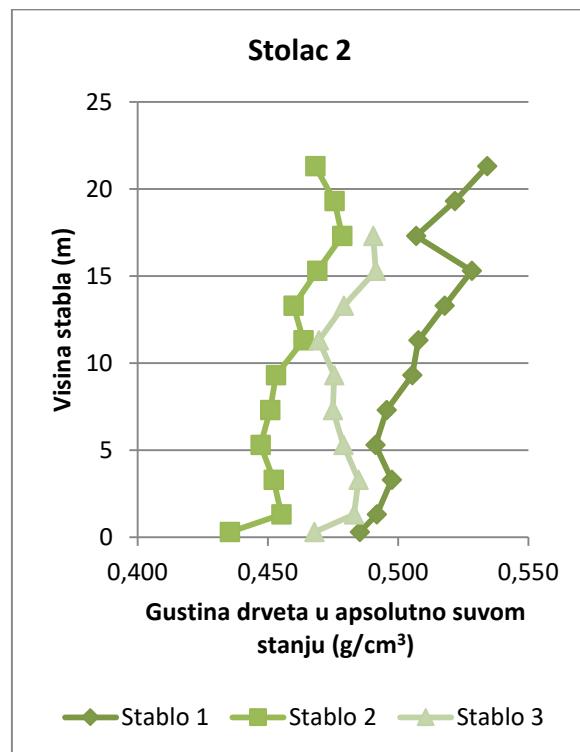
Grafikon 37. Promena gustine u absolutno suvom stanju vlažnosti po visini stabla za lokalitet Srebrenica



Grafikon 38. Promena gustine u absolutno suvom stanju vlažnosti po visini stabla za lokalitet Gostilja



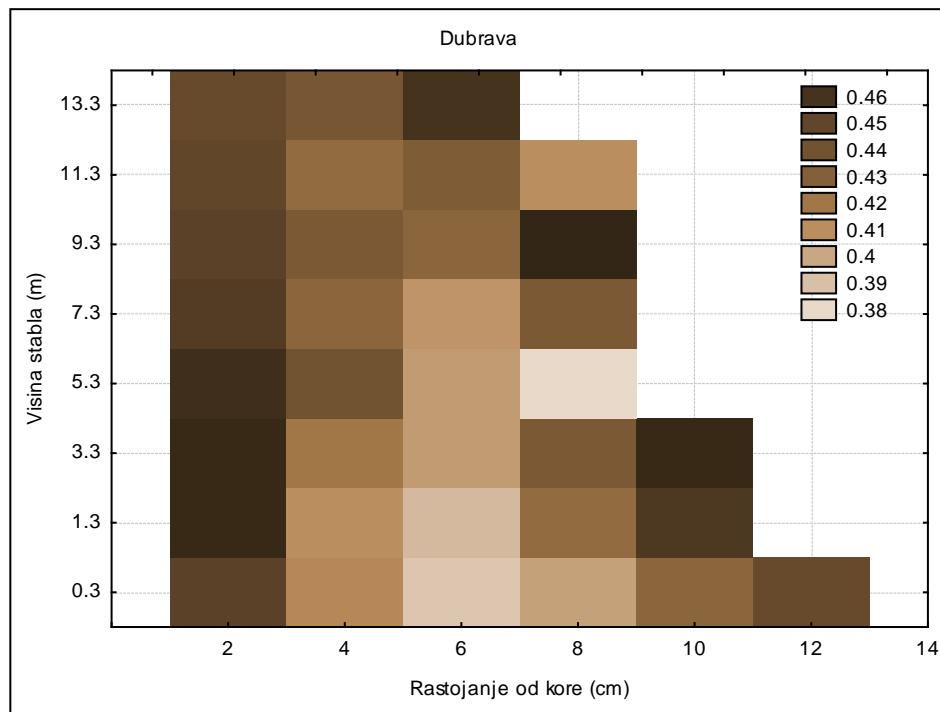
Grafikon 39. Promena gustine u absolutno suvom stanju vlažnosti po visini stabla za lokalitet Stolac 1



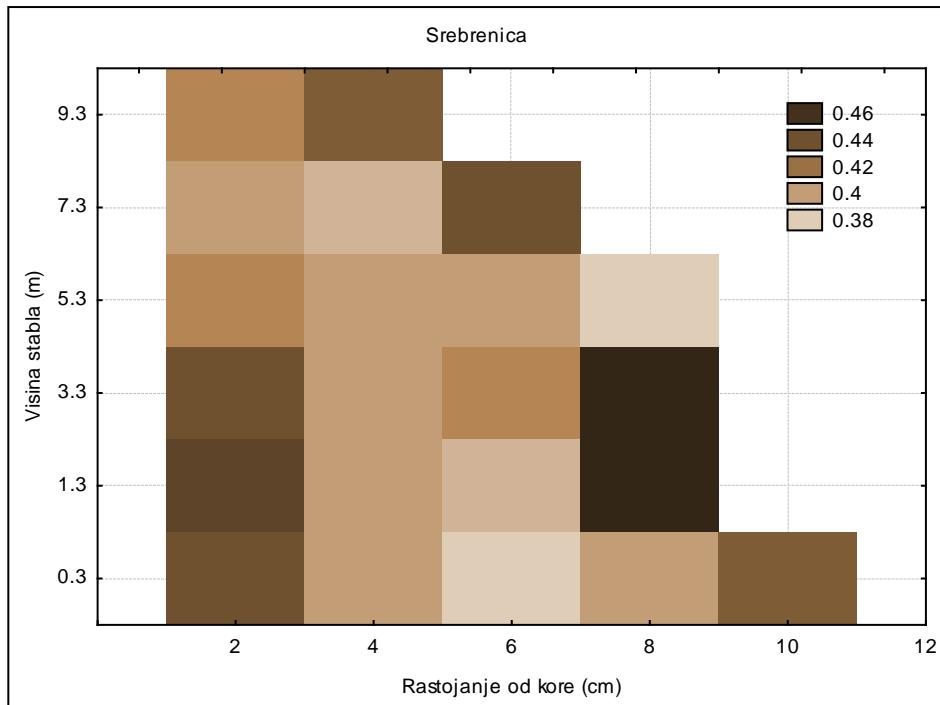
Grafikon 40. Promena gustine u absolutno suvom stanju vlažnosti po visini stabla za lokalitet Stolac 2

Kako je već i pomenuto, gustina drveta nije konstantna veličina ni u transverzalnom pravcu. Na Grafikonima 41 - 45. prikazana je promena gustine drveta u absolutno suvom stanju vlažnosti po radijusu i visini stabla prosečno po lokalitetima.

Sa Grafikona 41. možemo uočiti da je na lokalitetu Dubrava gustina najveća na periferiji, prema unutrašnjosti opada, a zatim ponovo raste prema srži. Ove promene gustine prate u stvari promenu širine goda po radijusu, tako da najveću gustinu imaju delovi sa najužim godovima, odnosno godovima sa najvećim učešćem kasnog drveta. Sa Grafikona 42. možemo videti da je i na lokalitetu Srebrenica trend promene gustine drveta po radijusu isti, s tim što ovde kao i kod lokaliteta Dubrava na visini od 5,3 m i u predelu krošnje imamo malo odstupanje.

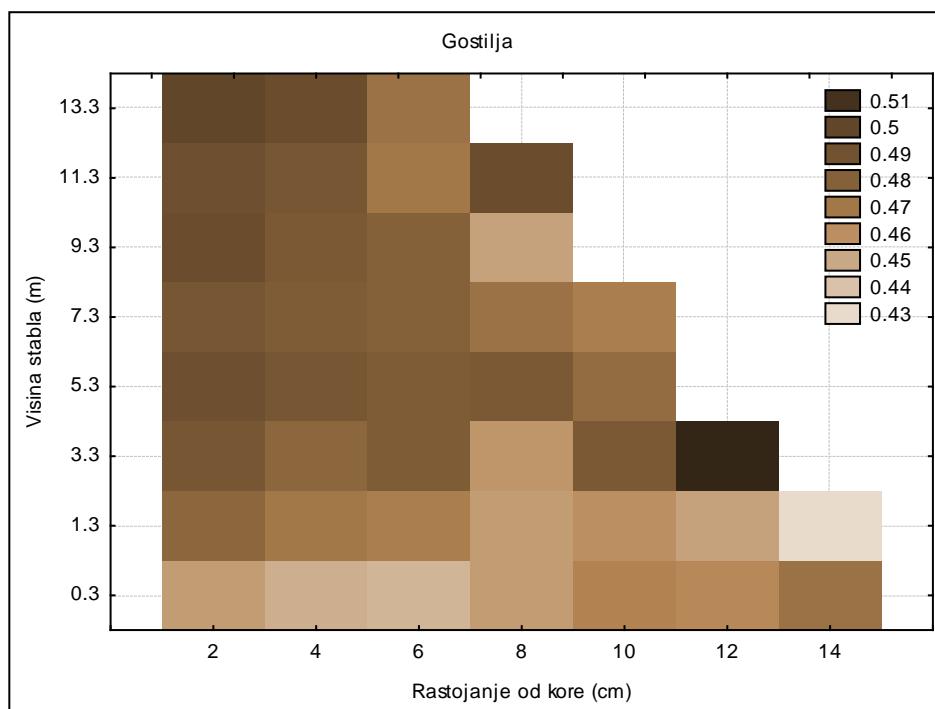


Grafikon 41. Promena prosečne gustine drveta u apsolutno suvom stanju po radijusu i visini stabla za lokalitet Dubrava

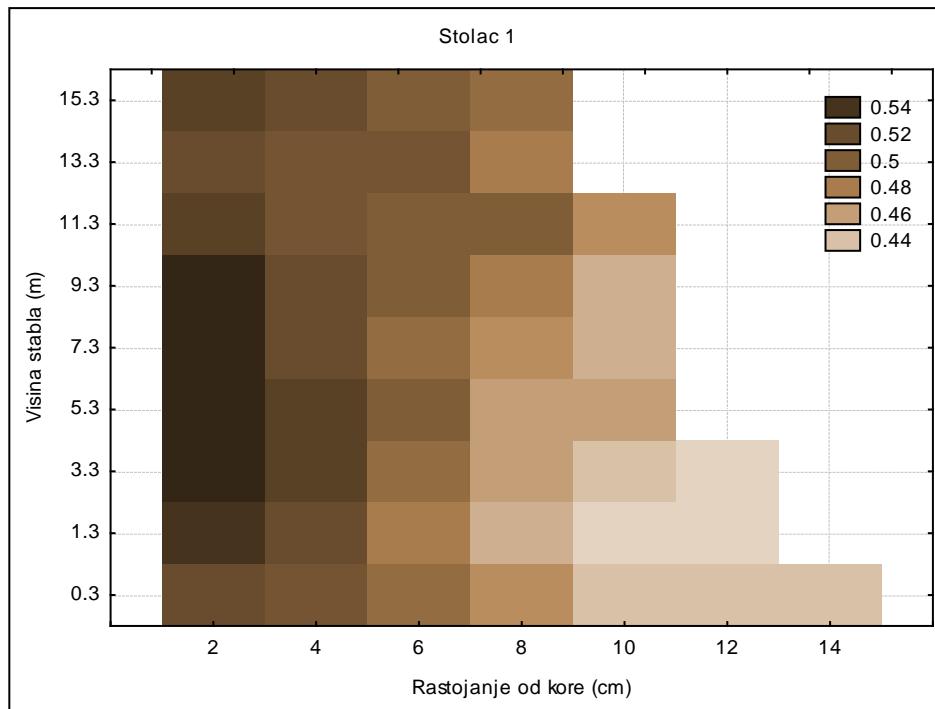


Grafikon 42. Promena prosečne gustine drveta u apsolutno suvom stanju po radijusu i visini stabla za lokalitet Srebrenica

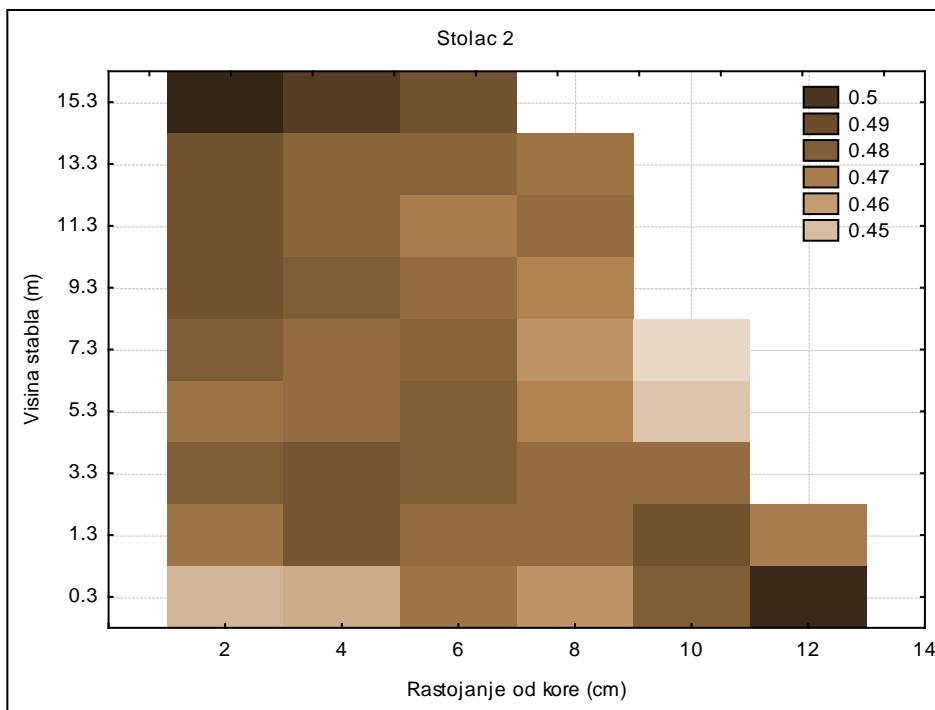
Sa Grafikona 43, 44. i 45. koji prikazuju promenu gustine drveta po radijusu i visini stabala koja potiču iz prirodnih sastojina omorike (lokaliteti Gostilja, Stolac 1 i Stolac 2), rezultati su nešto drugačiji. Na lokalitetu Stolac 1 imamo konstantno povećanje gustine od srži prema kori, a do istih rezultata su ispitujući smrču došli Lexa et al. (1952). Ovu varijabilnost gustine drveta duž radijusa stabla istraživači povezuju sa starošću drveta, jer po njima kambijum starijih stabala obrazuje uže prstenove prirasta sa velikim učešćem kasnog drveta (Trendelenburg 1939, Reck 2002, Merforth 2000). Na lokalitetima Gostilja i Stolac 2 promena gustine po radijusu nije ista na svim visinama.



Grafikon 43. Promena prosečne gustine drveta u absolutno suvom stanju po radijusu i visini stabla za lokalitet Gostilja



Grafikon 44. Promena prosečne gustine drveta u apsolutno suvom stanju po radijusu i visini stabla za lokalitet Stolac 1



Grafikon 45. Promena prosečne gustine drveta u apsolutno suvom stanju po radijusu i visini stabla za lokalitet Stolac 2

U Tabeli 33. date su srednje vrednosti gustine u apsolutno suvom stanju na svih pet lokaliteta, kao i ostali statistički pokazatelji. Prikazane su i prosečne vrednosti gustine u apsolutno suvom stanju za stabla iz kutura i iz prirodnih sastojina. Najmanju prosečnu gustinu u apsolutno suvom stanju vlažnosti imaju stabla sa lokaliteta Srebrenica $0,407 \text{ g/cm}^3$ sa koeficijentom varijacije 9,03%, dok najveću stabla sa lokaliteta Stolac 1 $0,502 \text{ g/cm}^3$ sa koeficijentom varijacije 7,90%. Druga dva lokaliteta prirodnih staništa omorike Gostilja i Stolac 2 imaju istu prosečnu gustinu u apsolutno suvom stanju $0,477 \text{ g/cm}^3$, dok je za lokalitet Dubrava taj prosek $0,429 \text{ g/cm}^3$.

Prosečna gustina drveta u apsolutno suvom stanju vlažnosti za stabla iz kultura iznosi $0,421 \text{ g/cm}^3$, dok je variranje ove gustine 9,03%. Minimalna utvrđena gustina iznosi $0,342 \text{ g/cm}^3$, a maksimalna $0,564 \text{ g/cm}^3$. Za stabla iz prirodnih sastojina utvrđena prosečna gustina u apsolutno suvom stanju iznosi $0,487 \text{ g/cm}^3$, dok je variranje 7,46%. Vrednosti gustine se nalaze u intervalu od minimalnih $0,403 \text{ g/cm}^3$, do maksimalnih $0,604 \text{ g/cm}^3$.

Tabela 33. Mere centralne tendencije i varijabiliteta gustine drveta u apsolutno suvom stanju

Visina preseka	Lokalitet		KU	Lokalitet			PS
	DU	SR		GO	S1	S2	
0,3	0,415	0,400	0,409	0,452	0,479	0,464	0,465
1,3	0,424	0,413	0,419	0,465	0,481	0,476	0,474
3,3	0,431	0,417	0,426	0,479	0,494	0,478	0,484
5,3	0,433	0,398	0,418	0,486	0,505	0,470	0,487
7,3	0,431	0,398	0,421	0,479	0,505	0,472	0,486
9,3	0,442	0,405	0,434	0,484	0,509	0,478	0,491
11,3	0,437	0,436	0,437	0,485	0,507	0,477	0,491
13,3	0,445			0,493	0,506	0,480	0,494
15,3	0,449			0,497	0,514	0,500	0,506
17,3				0,497	0,524	0,493	0,508
19,3					0,536		
21,3					0,539		
n	553	301	854	664	859	740	2263
As	g/cm^3	0,429	0,407	0,421	0,477	0,502	0,477
-95		0,426	0,402	0,419	0,475	0,500	0,474
+95		0,433	0,411	0,424	0,479	0,505	0,479
SD		0,036	0,037	0,038	0,030	0,040	0,031
SG		0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001
Min		0,342	0,342	0,342	0,368	0,405	0,403
Max		0,563	0,564	0,564	0,604	0,601	0,604
CV	%	8,46	9,03	9,03	6,22	7,90	6,46
							7,46

Vrednosti prosečne gustine u apsolutno suvom stanju vlažnosti za prirodne sastojine su nešto veće od onih koje je u svojim istraživanjima dobila Lukić-Simonović (1955), gde navodi da su prosečne vrednosti gustine u apsolutno suvom stanju za prirodna staništa omorike sledeća:

stanište A - $0,432 \text{ g/cm}^3$, stanište B - $0,458 \text{ g/cm}^3$ i stanište C – $0,448 \text{ g/cm}^3$. Ugrenović (1950) navodi da je gustina drveta omorike u apsolutno suvom stanju $0,490 \text{ g/cm}^3$, što se poklapa sa prosečnom vrednošću za gustinu sa lokaliteta prirodnih sastojina.

Primena t-testa pri analizi gustine drveta u apsolutno suvom stanju pokazala je da između kultura i prirodnih sastojina postoji statistički značajna razlika ($t=44,10$; $p=0,00$).

Analizom varijanse prosečnih vrednosti gustine drveta u apsolutno suvom stanju vlažnosti utvrđeno je da postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 34). Promenom Duncan testa lokaliteti su svrstani u četiri homogene grupe, odnosno uočeno je da ne postoji statistički značajna razlika samo između lokaliteta Gostilja i Stolac 2 (Tabela 35).

Tabela 34. Analiza varijanse gustine drveta u apsolutno suvom stanju vlažnosti između lokaliteta

Gustina drveta u apsolutno suvom stanju	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
	4	3,0835	0,7709	638,2	0,00
	3112	3,7589	0,0012		
	3116	6,8423			

Tabela 35. Duncan test - gustina drveta u apsolutno suvom stanju vlažnosti

Lokalitet	Gustina u aps. suv. stanju	Homogene grupe			
		Aritm. sred.	1	2	3
SR	0,407		****		
DU	0,429			****	
S2	0,477	****			
GO	0,477	****			
S1	0,502			****	

Analiza varijanse prosečnih vrednosti gustine drveta u apsolutno suvom stanju vlažnosti u okviru lokaliteta pokazala je da postoji statistički značajna razlika između stabala, pa je zato u Tabeli 36. prikazana analiza varijanse gustine drveta po visini stabla za sva ispitana stabla, kao i njihove prosečne vrednosti. Prosečno po visini, za svako stablo (osim za stablo 3 sa lokalitetom Srebrenica), kao i prosečno za lokalitet, gustine drveta u apsolutno suvom stanju vlažnosti se statistički značajno razlikuju. Na svih pet lokaliteta najmanja je gustina drveta na 0,3 m, tako da se ona, kao i gustina sa 1,3 m uglavnom suštinski razlikuju od gustina drveta na ostalim visinama.

Tabela 36. Analiza varijanse po visini stabla za gustinu u apsolutno suvom stanju

Statističke grupe	Test	DU				SR				GO				S1				S2			
Između stabala	F	+				+				+				+				+			
Stablo		1	2	3	As																
Po visini stabala	F	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
0,3 – 1,3		+	+	-	-	+	-		+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+
0,3 – 3,3		-	+	+	+	-	+		+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+
0,3 – 5,3		-	+	+	+	-	-		-	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-	-
0,3 – 7,3		-	-	+	+	+	-		-	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-	+
0,3 – 9,3		+	+	+	+	-	-		-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+
0,3 – 11,3		-	+	-	+		+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
0,3 – 13,3		+	-	+	+		+		+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+
0,3 – 15,3		-	-	+	+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
0,3 – 17,3									+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+
0,3 – 19,3									+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
0,3 – 21,3										+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
1,3 – 3,3		-	-	+	-	-	+		-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-
1,3 – 5,3		-	-	+	-	-	-		+	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-
1,3 – 7,3		-	-	+	-	-	-		-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-
1,3 – 9,3		-	-	+	+	-	-		-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-
1,3 – 11,3		-	-	+	-	-	+		-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-	-
1,3 – 13,3		-	-	-	-	+			-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-	-
1,3 – 15,3		-	-	+	+	-	-		-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	+
1,3 – 17,3									-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	+
1,3 – 19,3									-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	+
1,3 – 21,3									-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	+
3,3 – 5,3		-	-	-	-	-	+		+	-	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-
3,3 – 7,3		-	-	-	-	-	+		+	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-
3,3 – 9,3		-	-	+	-	-	+		-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-
3,3 – 11,3		-	-	-	-	+			-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-
3,3 – 13,3		-	-	-	-	-			-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-
3,3 – 15,3		-	-	+	-	-	-		-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-	+
3,3 – 17,3									-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-	+
3,3 – 19,3									-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-	+
3,3 – 21,3									-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-
5,3 – 7,3		-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,3 – 9,3		-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,3 – 11,3		-	-	-	-	+			-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-
5,3 – 13,3		-	-	-	-	-			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
5,3 – 15,3		-	-	-	-	-			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
5,3 – 17,3									-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,3 – 19,3									-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,3 – 21,3									-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7,3 – 9,3		-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7,3 – 11,3		-	+	-	-	-	+		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
7,3 – 13,3		-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
7,3 – 15,3		-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
7,3 – 17,3		-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
7,3 – 19,3									-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
7,3 – 21,3									-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
9,3 – 11,3		-	-	-	-	+			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9,3 – 13,3		-	-	-	-	-			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9,3 – 15,3		-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9,3 – 17,3		-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9,3 – 19,3		-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9,3 – 21,3		-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11,3 – 13,3		-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11,3 – 15,3		-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11,3 – 17,3		-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11,3 – 19,3		-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11,3 – 21,3		-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13,3 – 15,3		-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13,3 – 17,3		-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13,3 – 19,3		-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13,3 – 21,3		-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15,3 – 17,3		-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15,3 – 19,3		-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15,3 – 21,3		-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17,3 – 19,3		-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17,3 – 21,3		-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19,3 – 21,3		-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Da bismo odredili gustinu drveta u apsolutno suvom stanju za prvih četrdesetak godina rasta stabla u prirodnim sastojinama, odvojene su epruvete koje su izrezane iz dela kotura koje obuhvata taj period rasta stabla. Izdvojene su epruvete sa visina 0,3 m; 1,3 m; 3,3 m; 5,3 m i 7,3 m. Dobijeni rezultati su prikazani u Tabeli 37, odakle vidimo da najmanje vrednosti gustine u apsolutno suvom stanju imaju stabla sa lokalitetom Stolac 1 ($0,445 \text{ g/cm}^3$), što ne čudi s obzirom da smo već konstatovali da na ovom lokalitetu stabla imaju najveću prosečnu širinu prstena prirasta za ovaj period rasta (četrdeset godina). Na ovom lokalitetu je i najmanje variranje gustine u apsolutno suvom stanju (5,72%). Kada uporedimo ovu gustinu i gustinu svih epruveta sa ovog lokaliteta, a koja iznosi $0,502 \text{ g/cm}^3$, možemo da zaključimo da na lokalitetu Stolac 1 postoji velika razlika između ovih prosečnih gustina. Međutim, to nije slučaj kod druga dva lokaliteta prirodnih sastojina (Gostilja i Stolac 2), gde je prosečna gustina drveta u apsolutno suvom stanju za prvih četrdesetak godina rasta stabla približna prosečnoj gustini drveta u apsolutno suvom stanju svih epruveta.

Tabela 37. Mere centralne tendencije i varijabiliteta gustine drveta u apsolutno suvom stanju za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina

Gustina drveta u apsolutno suvom stanju	Lokalitet			PS
	GO	S1	S2	
n	100	134	112	346
As	g/cm^3	0,466	0,445	0,472
-95		0,458	0,441	0,466
+95		0,473	0,449	0,477
SD		0,036	0,025	0,030
SG		0,004	0,002	0,003
Min		0,404	0,405	0,414
Max		0,604	0,518	0,561
CV	%	7,82	5,72	6,44
				7,11

Analizom varijanse prosečnih vrednosti gustine drveta u apsolutno suvom stanju vlažnosti za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina utvrđeno je da postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 38). Promenom Duncan testa lokaliteti su svrstani u dve homogene grupe, odnosno uočeno je da ne postoji statistički značajna razlika između lokaliteta Gostilja i Stolac 2 (Tabela 39).

Tabela 38. Analiza varijanse gustine drveta u absolutno suvom stanju vlažnosti za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina

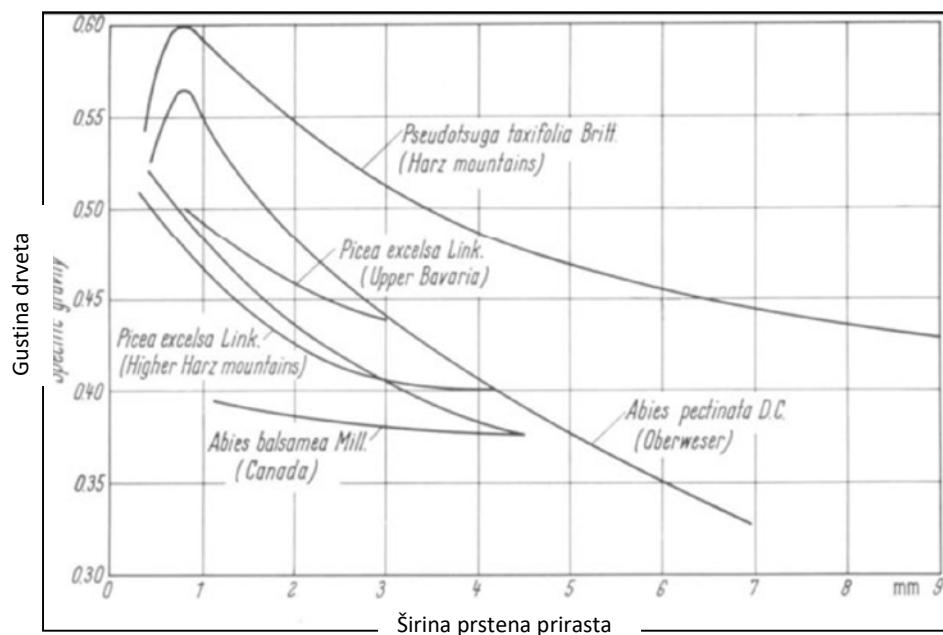
Gustina drveta u apsolutno suvom stanju	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
	2	0,04849	0,02424	26,01	0,000000
	343	0,31965	0,00093		
	345	0,36813			

Tabela 39. Duncan test - gustina drveta u absolutno suvom stanju vlažnosti za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina

Lokalitet	Gustina u aps. suv. stanju	Homogene grupe	
		Aritm. sred.	1 2
S1	0,445		****
GO	0,466	****	
S2	0,472	****	

4.3.2.1.1. Zavisnost gustine drveta od širine prstena prirasta i učešća kasnog drveta

Širina prstena prirasta ima različit uticaj na gustinu, zavisno o kojoj vrsti drveta je reč. Kod četinara gustina varira od tkiva ranog drveta do tkiva kasnog drveta unutar svakog godišnjeg prstena prirasta. Tkivo kasnog drveta se sastoji od ćelija malih prečnika u radijalnom pravcu, debelih zidova i malih lumena, i stoga ima veću gustinu od tkiva ranog drveta koje ima ćelije tankih zidova i većih lumena (Haygreen i Bowyer 1996). Kollmann i Côté (1968) navode da kod smrče sa porastom širine goda opada gustina (Slika 24), dok kod ariša i borova sa porastom širine goda gustina prvo raste, a zatim opada.

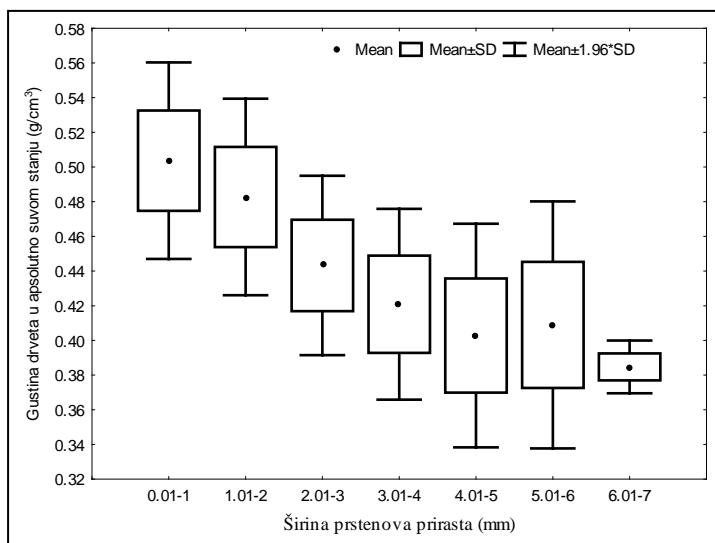


Slika 24. Zavisnost gustine drveta od širine prstenova prirasta za duglaziju, jelu i smrču (Kollman i Côte 1968)

Postoje brojna istraživanja koja prikazuju zavisnost gustine od širine prstena prirasta kod drveta smrče (Lukić-Simonović 1960, Hakkilla 1979, Kyrkjeeide 1990, Todorović 2006, Šoškić et al. 2007, Gryc i Horáček 2007). Svi oni prikazuju negativnu korelaciju između ova dva parametra koja je rezultat smanjenja učešća kasnog drveta sa povećanjem širine prstena prirasta. Utvrđeno je da su koeficijenti determinacije u intervalu od 0,25 do 0,60 (Lindström 1996).

Kod većine četinara gustina kasnog drveta je više od dva puta veća od gustine ranog drveta, tako da svako povećanje učešća kasnog drveta neminovno dovodi do povećanja gustine čitavog prstena prirasta (Ward 1975, Elliot 1970). Uticaj učešća kasnog drveta u prstenu prirasta na gustinu drveta istraživali su Lubardić i Nikolić (1970), Warren (1979), Taylor i Burton (1982), Petrović (2010) i dokazali da se sa povećanjem učešća kasnog drveta povećava i gustina.

Na Grafikonu 46. su prikazane srednje vrednosti gustine drveta u absolutno suvom stanju za različite intervale širine prstenova prirasta. Prosečne vrednosti gustine se kreću od 0,504 g/cm³ za interval širine prstenova prirasta 0,01-1 mm, do 0,385 g/cm³ za interval širine prstenova prirasta 6,01-7 mm, odakle zaključujemo da se sa porastom širine prstenova prirasta prosečna vrednost gustine drveta smanjuje. Malo variranje gustine drveta u unintervalu širine prstenova prirasta 6,01-7 mm može biti posledica malog broja uzoraka koji imaju prosečnu širinu prstenova prirasta u ovom intervalu.



Grafikon 46. Srednja vrednost, standardna devijacija i interval gustine drveta u absolutno suvom stanju u kome se nalazi 68 i 95% uzoraka za različite intervale širine prstenova prirasta

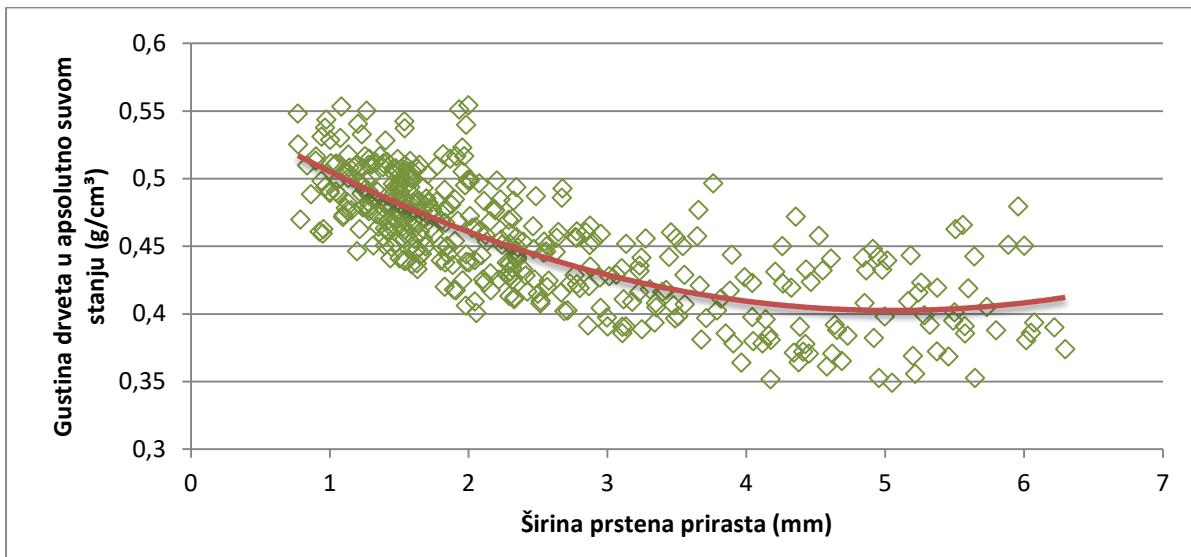
Negativnu korelaciju koja postoji između ova dva parametra možemo da uočimo sa Tabele 40. i Grafikona 46. Prema Roemer-Orphal-ovoj tabeli za jačinu korelacijske, na osnovu koeficijenta korelacijske koji iznosi 0,76, ova korelacija je vrlo jaka. Koeficijent determinacije iznosi 0,58, što znači da je 58% variranja gustine u absolutno suvom stanju objašnjeno variranjem širine prstena prirasta. Sve ovo potvrđuje prethodna istraživanja vezana za uticaj širine prirasta na gustinu drveta četinara. Jednačina regresije je:

$$\rho_0 = 0,0063x\ddot{pp}^2 - 0,0632x\ddot{pp} + 0,5621 \quad (27)$$

Sa Grafikona 47. negativna zavisnost se jasno uočava do prosečne širine prstena prirasta od 4 mm. Daljim povećanjem prosečne širine prstena prirasta (preko 4 mm) regresiona kriva prelazi u približno horizontalni položaj, što znači da dalje povećanje prosečne širine prstena prirasta nema poseban uticaj na gustinu drveta u absolutno suvom stanju. Ova činjenica ne iznenađuje s obzirom da učešće kasnog drveta postaje skoro konstantno za prstenove prirasta čija širina prelazi 4 mm što smo mogli videti sa Grafikona 29.

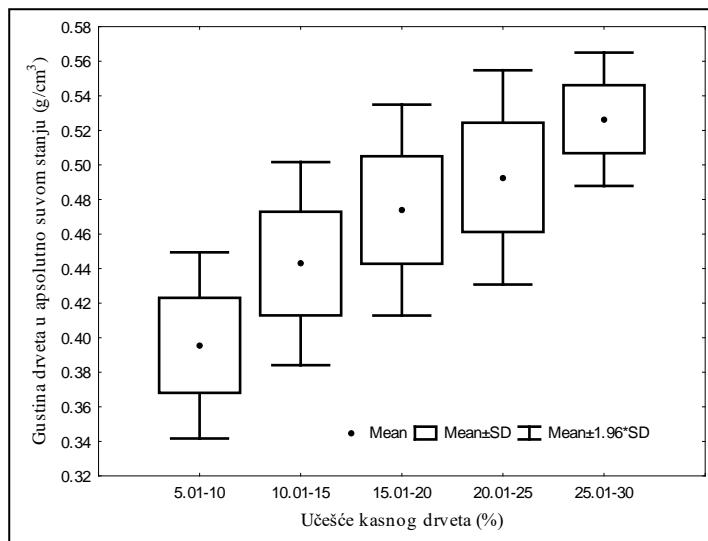
Tabela 40. Karakteristike regresije (zavisnost gustine drveta u absolutno suvom stanju od širine prstena prirasta)

Reg. koef.	Vrednost koefic.	Stand. greška koefic.	t	p	R	R ²	n
a	0,006257	0,000778	8,0465	0,000000	0,76	0,58	411
b	-0,06321	0,005089	-12,4207	0,000000			
c	0,562134	0,006853	82,0314	0,000000			



Grafikon 47. Zavisnost gustine drveta u absolutno suvom stanju od širine prstena prirasta

Na Grafikonu 48. su prikazane srednje vrednosti gustine drveta u absolutno suvom stanju za različite intervale učešća kasnog drveta. Prosečne vrednosti gustine se kreću od $0,396 \text{ g/cm}^3$ za interval učešća kasnog drveta 5,01-10%, do $0,526 \text{ g/cm}^3$ za interval učešća kasnog drveta 25,01-30%.



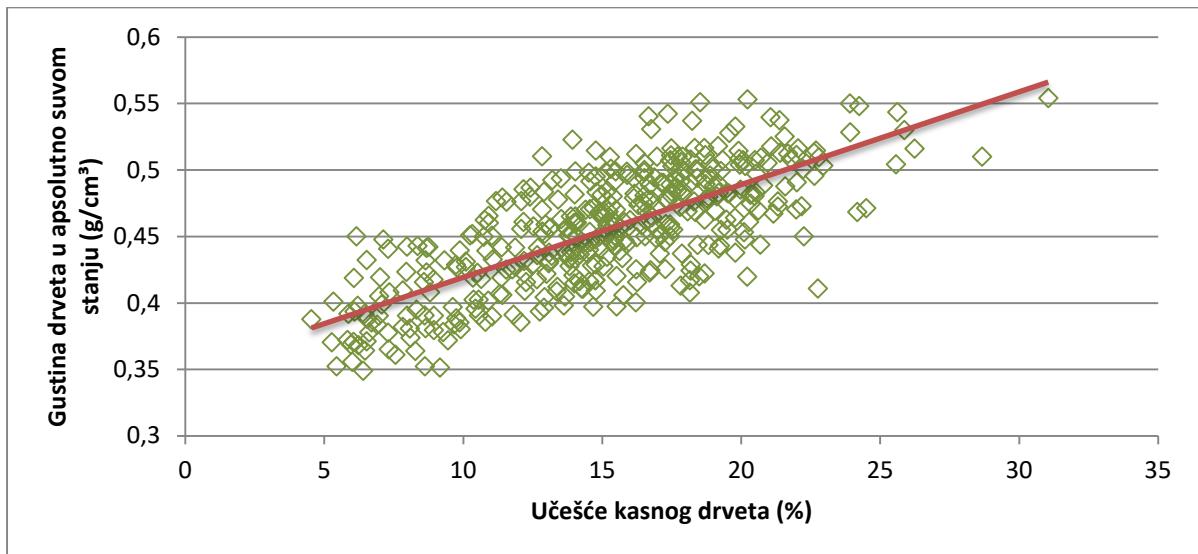
Grafikon 48. Srednja vrednost, standardna devijacija i interval gustine drveta u absolutno suvom stanju u kome se nalazi 68 i 95% uzoraka za različite intervale učešća kasnog drveta

Uticaj učešća kasnog drveta u prstenu prirasta na gustinu u absolutno suvom stanju prikazan je na Tabeli 41. i Grafikonu 49. Možemo videti da je postoji jaka pozitivna korelacija (koeficijent korelacijske iznosi 0,74), sa koeficijentom deteminacije 0,55. Jednačina regresije je:

$$\rho_0 = 0,007x_{ukd} + 0,3495 \quad (28)$$

Tabela 41. Karakteristike regresije (zavisnost gustine drveta u absolutno suvom stanju od učešća kasnog drveta)

Reg. koef.	Vrednost koefic.	Stand. greška koefic.	t	p	Stan. greš. St	R	R ²	F	p	n
a	0,00698	0,0003	22,173	0,00	0,029	0,74	0,55	491,64	0,0000	411
b	0,34952	0,0049	70,654	0,00						



Grafikon 49. Zavisnost gustine drveta u absolutno suvom stanju od učešća kasnog drveta

4.3.2.2. Gustina drveta u prosušenom stanju vlažnosti

Prosečne vrednosti absolutne vlažnosti epruveta pri ispitivanju gustine u prosušenom stanju iznosile su: za lokalitet Dubrava – 13,05 %, za lokalitet Srebrenica – 13,27 %, za lokalitet Gostilja 13,08 %, za lokalitet Stolac 1 – 13,03 % i za lokalitet Stolac 2 – 12,89 %. Prosečne vrednosti gustine u prosušenom stanju vlažnosti po lokalitetima su u intervalu od 0,436 g/cm³ (lokalitet Srebrenica) do 0,529 g/cm³ (lokalitet Stolac 1). Najmanju varijabilnost gustine drveta u prosušenom, ali i absolutno suvom stanju pokazuju stabla sa lokaliteta Gostilja, a najveću stabla sa lokaliteta Srebrenica (Tabela 42).

Tabela 42. Mere centralne tendencije i varijabiliteta gustine drveta u prosušenom stanju vlažnosti

		Lokalitet		KU	Lokalitet			PS
		DU	SR		GO	S1	S2	
n		553	301	854	664	859	740	2263
As	g/cm^3	0,457	0,436	0,450	0,504	0,529	0,501	0,513
-95		0,454	0,432	0,447	0,502	0,526	0,499	0,511
+95		0,460	0,441	0,452	0,507	0,531	0,504	0,514
SD		0,036	0,039	0,039	0,030	0,039	0,031	0,036
SG		0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Min		0,372	0,373	0,372	0,349	0,432	0,427	0,385
Max		0,605	0,603	0,605	0,645	0,624	0,638	0,645
CV	%	7,98	8,97	8,60	5,97	7,42	6,23	7,09

Prosečna vrednost gustine drveta u prosušenom stanju za stabla iz kultura iznosi $0,450 \text{ g/cm}^3$, dok je minimalna izmerena vrednost $0,372 \text{ g/cm}^3$, a maksimalna $0,605 \text{ g/cm}^3$. Koeficijent varijacije iznosi 8,60%. Za stabla iz prirodnih sastojina prosečna vrednost gustine u prosušenom stanju iznosi $0,513 \text{ g/cm}^3$, sa minimalnom vrednošću od $0,385 \text{ g/cm}^3$, a maksimalnom $0,645 \text{ g/cm}^3$. Variranje ove gustine je nešto manje za stabla iz prirodnih sastojina i iznosi 7,09%.

Lukić-Simonović (1955) je u svojim istraživanjima prirodnih sastojina omorike došla je do rezultata da prosečna gustina drveta pri 15 % vlažnosti iznosi $0,482 \text{ g/cm}^3$, što je dosta manje u odnosu na ove rezultate, iako je procenat vlage nešto veći. Kommert (1993) je ispitivao gustinu drveta omorike iz kultura u prosušenom stanju vlažnosti (tačnije pri 12% vlažnosti) starosti od 22 do 54 godine sa četrnaest lokacija u Nemačkoj. Uvidom u te podatke nalazimo da je prosečna gustina $0,467 \text{ g/cm}^3$, što je nešto veća vrednost u odnosu na naše kulture gde je prosečna gustina $0,450 \text{ g/cm}^3$. Aanerød (2014) je u svojim istraživanjima smrče sa područja Norveške došla do rezultata da njena gustina pri vlažnosti od 12% iznosi $0,450 \text{ g/cm}^3$, sa koeficijentom varijacije od 9,4%.

4.3.2.3. Gustina drveta u sirovom stanju vlažnosti

Prosečne vrednosti apsolutne vlažnosti epruveta pri ispitivanju gustine u sirovom stanju iznosile su: za lokalitet Dubrava – 134,35 %, za lokalitet Srebrenica – 148,48 %, za lokalitet Gostilja 116,35 %, za lokalitet Stolac 1 – 109,3 % i za lokalitet Stolac 2 – 121,39 %. Iz Tabele 43. možemo videti da se prosečne vrednosti gustine u sirovom stanju vlažnosti kreću od 0,869 g/cm³ za lokalitet Dubrava do 0,892 g/cm³ za lokalitet Stolac 2. Koeficijenti varijacije se nalaze u intervalu od 6,56 % (lokalitet Dubrava) do 6,97 % (lokalitet Srebrenica).

Tabela 43. Mere centralne tendencije i varijabiliteta gustine drveta u sirovom stanju vlažnosti

		Lokalitet		KU	Lokalitet			PS
		DU	SR		GO	S1	S2	
n		553	301	854	665	859	740	2263
As	g/cm ³	0,869	0,888	0,875	0,885	0,889	0,892	0,889
-95		0,864	0,881	0,871	0,881	0,885	0,888	0,887
+95		0,874	0,895	0,879	0,890	0,894	0,897	0,892
SD		0,057	0,062	0,059	0,059	0,062	0,061	0,061
SG		0,002	0,004	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
Min		0,702	0,728	0,702	0,729	0,732	0,757	0,729
Max		1,064	1,071	1,071	1,053	1,052	1,129	1,129
CV	%	6,56	6,97	6,79	6,68	6,96	6,82	6,84

Prosečna vrednost gustine u sirovom stanju vlažnosti za stabla iz kultura iznosi 0,875 g/cm³, a koeficijent varijacije 6,79%, dok za stabla iz prirodnih sastojina prosečna gustina iznosi 0,889 g/cm³, a koeficijent varijacije je 6,84%. Minimalna gustina u sirovom stanju vlažnosti za stabla iz kultura je 0,702 g/cm³, a maksimalna 1,071 g/cm³, dok je za prirodne sastojine minimalna 0,729 g/cm³, a maksimalna 1,129 g/cm³.

4.3.2.4. Nominalna gustina drveta

U Tabeli 44. date su srednje vrednosti nominalne gustine na svih pet lokaliteta, kao i ostali statistički pokazatelji. Možemo videti da najmanju prosečnu nominalnu gustinu imaju stabla sa lokalitetom Srebrenica - $0,359 \text{ g/cm}^3$, sa koeficijentom varijacije 8,78 %, a najveću stabla sa lokalitetom Stolac 1 - $0,425 \text{ g/cm}^3$, sa koeficijentom varijacije 6,99 %.

Tabela 44. Mere centralne tendencije i varijabiliteta nominalne gustine drveta

		Lokalitet		KU	Lokalitet			PS
		DU	SR		GO	S1	S2	
n		553	301	851	665	859	740	2263
As	g/cm^3	0,372	0,359	0,367	0,410	0,425	0,404	0,414
-95		0,369	0,355	0,365	0,408	0,423	0,402	0,413
+95		0,374	0,362	0,369	0,411	0,427	0,405	0,415
SD		0,028	0,031	0,030	0,022	0,030	0,023	0,027
SG		0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Min		0,300	0,307	0,300	0,356	0,352	0,350	0,350
Max		0,479	0,488	0,488	0,516	0,515	0,516	0,516
CV	%	7,60	8,78	8,19	5,47	6,99	5,81	6,63

Prosečne vrednosti nominalne gustine drveta za stabla iz kultura iznosi $0,367 \text{ g/cm}^3$, dok je minimalna izmerena vrednost $0,300 \text{ g/cm}^3$, a maksimalna $0,488 \text{ g/cm}^3$. Koeficijent varijacije iznosi 8,19%. Za stabla iz prirodnih sastojina prosečna vrednost nominalne gustine iznosi $0,414 \text{ g/cm}^3$, sa minimalnom vrednošću od $0,350 \text{ g/cm}^3$, a maksimalnom $0,516 \text{ g/cm}^3$. Variranje ove gustine je manje za stabla iz prirodnih sastojina i iznosi 6,63%.

Lukić-Simonović (1970) navodi da prosečne vrednosti nominalne gustine omorike sa tri različita staništa iznose: za stanište A - $0,380 \text{ g/cm}^3$, za stanište B - $0,394 \text{ g/cm}^3$ i za stanište C – $0,367 \text{ g/cm}^3$ i one su znatno manje od nominalnih vrednosti gustine drveta iz prirodnih sastojina dobijenih u ovom radu.

4.3.3. Svojstva računski izvedena iz gustine drveta

4.3.3.1. Zapreminska poroznost

Zapreminska poroznost predstavlja odnos zapremine pora prema ukupnoj zapremini drveta. U Tabeli 45. predstavljene su prosečne vrednosti zapremske poroznosti po lokalitetima, kao i ostali statistički pokazatelji. Kako zapreminska poroznost direktno zavisi od gustine drveta u apsolutno suvom stanju, vidimo da najmanju prosečnu poroznost imaju stabla sa lokaliteta Stolac 1 – 66,49% koja ujedno imaju i najveću prosečnu gustinu u apsolutno suvom stanju. Najveću prosečnu poroznost imaju stabla sa lokaliteta Srebrenica – 72,89%. Varijabilnost zapreminke poroznosti je veoma mala. Koeficijent varijacije kreće se od u intervalu od 2,87% za lokalitet Gostilja, do 3,98% za lokalitet Stolac 1.

Tabela 45. Mere centralne tendencije i varijabiliteta zapremske poroznosti

Visina preseka	Lokalitet		KU	Lokalitet			PS
	DU	SR		GO	S1	S2	
0,3	72,30	73,30	72,72	69,84	68,07	69,08	68,97
1,3	71,75	72,43	72,05	68,96	67,90	68,26	68,35
3,3	71,27	72,17	71,61	68,06	67,03	68,12	67,73
5,3	71,09	73,44	72,10	67,61	66,29	68,64	67,53
7,3	71,25	73,43	71,90	68,02	66,33	68,49	67,60
9,3	70,54	72,97	71,06	67,71	66,05	68,13	67,28
11,3	70,86	70,94	70,87	67,64	66,15	68,19	67,26
13,3	70,33			67,11	66,22	67,98	67,04
15,3	70,05			66,85	65,72	66,65	66,22
17,3				66,86	65,08	67,09	66,14
19,3					64,25		
21,3					64,07		
n	553	301	854	664	859	740	2263
As	%	71,35	72,89	71,89	68,19	66,49	68,21
-95		71,15	72,61	71,72	68,04	66,31	68,06
+95		71,56	73,16	72,06	68,33	66,66	68,36
SD		2,42	2,45	2,54	1,96	2,65	2,05
SG		0,10	0,14	0,09	0,08	0,09	0,08
Min		62,46	62,40	62,40	59,74	59,94	60,05
Max		77,17	77,22	77,22	73,06	73,01	73,09
CV		3,40	3,36	3,53	2,87	3,98	3,01

Prosečna zapreminska poroznost za stabla iz kultura iznosi 71,89%. Minimalna utvrđena vrednost je 62,40%, a maksimalna 77,22%. Koeficijent varijacije je mali i iznosi 3,53%. Za stabla iz prirodnih sastojina prosečna zapreminska poroznost iznosi 67,55%, minimalna 59,74%, a maksimalna 73,09%. Koeficijent varijacije je 3,58%. Prosečne vrednosti zapreminske poroznosti opadaju sa visinom stabla, što proizilazi iz toga da se sa visinom gustina drveta omorike povećava.

Analizom varijanse zapreminske poroznosti utvrđeno je da postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 46). Primenom Duncan testa lokaliteti su svrstani u četiri homogene grupe (Tabela 47).

Tabela 46. Analiza varijase zapreminske poroznosti između lokaliteta

Zapreminska poroznost	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
	4	13718	3429	638	0,00
	3112	16723	5		
	3116	30441			

Tabela 47. Duncan test – zapreminska poroznost

Lokalitet	Zapreminska poroznost Aritm. sred.	Homogene grupe			
		1	2	3	4
S1	66,49		****		
GO	68,19	****			
S2	68,21	****			
DU	71,35		****		
SR	72,89			****	

Primena t-testa pri analizi zapreminske poroznosti pokazala je da između sastojina različitog porekla (kultura i prirodnih sastojina) postoji statistički značajna razlika ($t=44,10$; $p=0,00$).

4.3.3.2. Površinska poroznost

Prosečne vrednosti površinske poroznosti po lokalitetima i ostali statistički parametri su prikazani u Tabeli 48. Najveću prosečnu površinsku poroznost imaju stabla sa lokaliteta Srebrenica (41,51%), a najmanju stabla sa lokaliteta Stolac 1 (32,17%). Koeficijenti varijacije se kreću u intervalu od 8,25% (lokalitet Gostilja) do 12,02% (lokalitet Stolac 1).

Prosečna vrednost površinske poroznosti za stabla iz kultura iznosi 40,06%, dok je variranje 9,25%. Minimalna utvrđena poroznost iznosi 26,20%, a maksimalna 47,83%. Za stabla iz prirodnih sastojina utvrđena prosečna površinska poroznost iznosi 33,72%, dok je variranje 10,48%. Vrednosti ove poroznosti se nalaze u intervalu od minimalnih 22,32%, do maksimalnih 41,81%. Prosečne vrednosti površinske poroznosti, kao i kod zapreminske, se smanjuju sa visinom stabla.

Tabela 48. Mere centralne tendencije i varijabiliteta površinske poroznosti

Visina preseka	Lokalitet		KU	Lokalitet			PS
	DU	SR		GO	S1	S2	
0,3	40,65	42,11	41,27	37,06	34,49	35,95	35,80
1,3	39,85	40,85	40,29	35,78	34,23	34,76	34,90
3,3	39,15	40,47	39,65	34,47	32,96	34,55	33,99
5,3	38,89	42,32	40,37	33,81	31,89	35,32	33,70
7,3	39,13	42,31	40,08	34,41	31,95	35,09	33,79
9,3	38,09	41,64	38,85	33,96	31,54	34,57	33,33
11,3	38,55	38,67	38,56	33,85	31,69	34,66	33,31
13,3	37,79			33,09	31,79	34,35	32,98
15,3	37,37			32,70	31,05	32,41	31,78
17,3				32,72	30,12	33,05	31,67
19,3					28,90		
21,3					28,64		
n	553	301	854	664	859	740	2263
As	39,27	41,51	40,06	34,65	32,17	34,69	33,72
-95	38,98	41,11	39,81	34,43	31,91	34,47	33,58
+95	39,57	41,92	40,31	34,87	32,43	34,90	33,87
SD	3,54	3,57	3,71	2,86	3,87	3,00	3,53
SG	0,15	0,21	0,13	0,11	0,13	0,11	0,07
Min	26,29	26,20	26,20	22,32	22,61	22,77	22,32
Max	47,77	47,83	47,83	41,77	41,70	41,81	41,81
CV	9,01	8,61	9,25	8,25	12,02	8,64	10,48

Analiza varijanse površinske poroznosti pokazala je da postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 49), a primenom Duncan testa lokaliteti su svrstani u četiri homogene

grupe (Tabela 50), odakle vidimo da nema statistički značajne razlike jedino između lokaliteta Gostilja i Stolac 2.

Tabela 49. Analiza varijase površinske poroznosti između lokaliteta

Površinska poroznost	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
3112	4	29241	7310	638,2	0,00
	3112	35646	11		
	3116	64888			

Tabela 50. Duncan test – površinska poroznost

Lokalitet	Aritm. sred.	Homogene grupe			
		1	2	3	4
S1	32,17		****		
GO	34,65	****			
S2	34,69	****			
DU	39,27			****	
SR	41,51				****

Primena t-testa pri analizi površinske poroznosti pokazala je da između sastojina različitog porekla (kultura i prirodnih sastojina) postoji statistički značajna razlika ($t=44,10$; $p=0,00$).

4.3.3.3. Tačka zasićenosti vlakanaca

U Tabeli 51. prikazane su srednje vrednosti i ostali statistički pokazatelji tačke zasićenosti vlakanaca po lokalitetima. Najmanju prosečnu vrednost tačke zasićenosti vlakanaca imaju stabla sa lokaliteta Srebrenica (33,11%), a najveću stabla sa lokaliteta Stolac 2 (37,86%). Koeficijenti varijacije se kreću u intervalu od 10,10% (lokalitet Stolac 1) do 12,45% (lokalitet Srebrenica).

Prosečna vrednost tačke zasićenosti vlakanaca za stabla iz kultura iznosi 34,90%, a koeficijent varijacije 12,45%. Za stabla iz prirodnih sastojina prosečna vrednost tačke zasićenosti vlakanaca je 36,13%, a koeficijent varijacije iznosi 11,74%. Prosečne vrednosti tačke zasićenosti vlakanaca se sa visinom različito menjaju. Najmanje prosečne vrednosti tačke zasićenosti vlakanaca utvrđene su na visini od 0,3 m.

Tabela 51. Mere centralne tendencije i varijabiliteta tačke zasićenosti vlakanaca

Visina preseka	Lokalitet		KU	Lokalitet			PS
	DU	SR		GO	S1	S2	
0,3	32,49	31,27	31,99	31,10	34,62	34,10	33,27
1,3	35,00	32,82	34,05	33,11	35,94	38,06	35,75
3,3	37,66	33,50	36,04	35,85	36,00	38,00	36,64
5,3	38,04	35,50	36,99	34,97	36,77	38,08	36,70
7,3	36,69	34,54	36,04	35,64	36,59	38,29	36,89
9,3	35,60	33,71	35,19	36,04	36,62	39,16	37,34
11,3	38,30	30,03	37,29	35,40	36,89	39,99	37,43
13,3	37,01			35,33	35,40	38,76	36,38
15,3	35,83			35,25	36,28	38,35	36,66
17,3				35,78	35,69	37,86	36,48
19,3					34,31		
21,3					35,35		
n	548	295	843	662	859	737	2258
As	35,86	33,11	34,90	34,44	35,94	37,86	36,13
-95	35,49	32,64	34,60	34,12	35,70	37,54	35,95
+95	36,24	33,59	35,21	34,75	36,19	38,17	36,30
SD	4,447	4,122	4,53	4,150	3,632	4,330	4,24
SG	0,190	0,240	0,16	0,161	0,124	0,160	0,09
Min	20,17	20,66	20,17	16,51	19,15	15,18	15,18
Max	50,40	42,10	50,40	42,65	43,60	44,68	44,68
CV	12,40	12,45	12,97	12,05	10,10	11,44	11,74

Analiza varijanse tačke zasićenosti vlakanaca pokazala je da postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 52), a primenom Duncan testa lokaliteti su svrstani u četiri

homogene grupe (Tabela 53). Na osnovu njega vidimo da ne postoji statistički značajna razlika između lokaliteta Dubrava i Stolac 1.

Tabela 52. Analiza varijase tačke zasićenosti vlakanaca između lokaliteta

Tačka zasićenosti vlakanaca	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
	4	6499	1625	96,1	0,00
	3096	52320	17		
	3100	58819			

Tabela 53. Duncan test – tačka zasićenosti vlakanaca

Lokalitet	TZV	Homogene grupe			
		1	2	3	4
SR	Aritm. sred. 33,11		****		
GO	34,44			****	
DU	35,86	****			
S1	35,94	****			
S2	37,86			****	

Primena t-testa pri analizi tačke zasićenosti vlakanaca pokazala je da između sastojina različitog porekla (kultura i prirodnih sastojina) postoji statistički značajna razlika ($t=7,02$; $p=0,00$).

4.3.4. Bubrenje drveta

Da bi se odredilo radijalno, tangencijalno, aksijalno i zapreminska bubrenje, epruvete koje su bile osušene do apsolutno suvog stanja su uronjene u vodu, gde su ostale do postizanja sirovog stanja vlažnosti. Zbog načina izračunavanja bubrenje ima veće vrednosti od utezanja za istu promenu dimenzija, tako da se o tome mora voditi računa pri upoređivanju dobijenih rezultata sa onima iz literature.

4.3.4.1. Radijalno bubrenje

Prosečne vrednosti i ostali statistički parametri radijalnog bubrenja po lokalitetima su prikazane u Tabeli 54. Vidimo da se jasno izdvajaju kulture sa manjim procentom radijalnog bubrenja čiji je prosek 3,70% za lokalitet Srebrenica i 3,78% za lokalitet Dubrava, dok je za prirodne sastojine srednja vrednost radijalnog bubrenja 4,99% za lokalitet Gostilja, 5,50% za lokalitet Stolac 2 i 5,54 % za lokalitet Stolac 1. Vrednosti koeficijenata varijacije su u intervalu od 17,43% (lokalitet Stolac 1) do 21,27% (lokalitet Dubrava).

Tabela 54. Mere centralne tendencije i varijabiliteta radijalnog bubrenja

Visina preseka	Lokalitet		KU	Lokalitet			PS
	DU	SR		GO	S1	S2	
0,3	3,34	3,54	3,42	4,20	5,04	4,53	4,60
1,3	3,64	3,58	3,61	4,47	5,17	5,29	4,99
3,3	3,89	3,70	3,81	5,21	5,38	5,67	5,42
5,3	3,96	3,90	3,93	5,14	5,62	5,45	5,42
7,3	3,77	3,83	3,78	5,11	5,69	5,57	5,47
9,3	3,93	3,99	3,94	5,25	5,82	5,68	5,60
11,3	4,18	4,24	4,19	5,17	5,68	5,78	5,56
13,3	4,13			5,51	5,39	5,81	5,55
15,3	4,44			5,45	5,80	5,89	5,75
17,3				6,33	5,86	6,01	6,00
19,3					6,00		
21,3					6,27		
n	548	295	843	662	859	737	2258
As	3,78	3,70	3,75	4,99	5,54	5,50	5,37
-95	3,71	3,62	3,70	4,92	5,48	5,43	5,33
+95	3,85	3,78	3,80	5,07	5,61	5,57	5,41
SD	0,80	0,70	0,77	0,95	0,97	1,02	1,01
SG	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	0,02
Min	1,61	2,11	1,61	2,17	2,47	2,06	2,06
Max	6,28	6,62	6,62	8,58	8,63	8,53	8,63
CV	21,27	19,06	20,56	19,13	17,43	18,47	18,79

Prosečna vrednost radijalnog bubrenja omorike za stabla iz kultura iznosi 3,75%, a granične vrednosti se kreću od 1,61% do 6,62%. Koeficijent varijacije iznosi 20,56%. Za stabla iz prirodnih sastojina radijalno bubrenje iznosi 5,37%, sa minimalnom vrednošću od 2,06% i maksimalnom 8,63%. Koeficijent varijacije iznosi 18,79%. Prosečne vrednosti radijalnog bubrenja za ispitana stabla rasla u kulturama, kao i za stabla rasla u prirodnim sastojinama rastu sa visinom stabla.

Prosečna vrednost radijalnog utezanja omorike koje u svojim istraživanjima navodi Lukić-Simonović (1970) iznosi 4,49%, dok se granične vrednosti kreću od 2,49% do 7,63%. Ta vrednost je manja od dobijenih srednjih vrednosti radijalnog bubrenja za stabla iz prirodnih sastojina (uzimajući u obzir i razliku u računanju utezanja i bubrenja), što naročito važi za stabla sa lokaliteta Stolac 1 i Stolac 2.

Radijalno bubrenje drveta omorike iz kultura je znatno manje od onih iz prirodnih sastojina. Ove vrednosti su približne onoj koje navodi Ugrenović (1950) za radijalno utezanje smrče, a iznosi 3,60%. Todorović (2006) je u svojim istraživanjima došao do rezultata da radijalno utezanje smrče iznosi 3,12%, Šoškić et al. (2007) - 3,90 %, dok Lukić-Simonović (1970) navodi da je ta vrednost 5,39%.

Razlog manjeg radijalnog bubrenja drveta iz kultura može biti pre svega njegova manja gustina. Još jedan razlog može biti veći udeo juvenilnog drveta koje ima kraće traheide sa velikim uglom mikrofibrila, koje prema mnogim autorima smanjuje transverzalno utezanje, odnosno bubrenje (Meylan 1968, Arganbright et al. 1970).

Analiza varijanse radijalnog burenja je pokazala da postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 55). Primenom Duncan testa lokaliteti su svrstani u tri homogene grupe (Tabela 56). U jednoj grupi su lokaliteti na kojima se nalaze kulture, dok su lokaliteti na kojima se nalaze prirodne sastojine raspoređene u dve grupe.

Tabela 55. Analiza varijanse radijalnog bubrenja po lokalitetima

Radijalno bubrenje	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
	4	1739,48	434,87	505,65	0,00
	3096	2662,60	0,86		
	3100	4402,07			

Tabela 56. Duncan test - radijalno bubrenje

Lokalitet	Radijalno bubrenje		Homogene grupe	
	Aritm. sred.	1	2	3
SR	3,70	****		
DU	3,78	****		
GO	4,99			****
S2	5,50		****	
S1	5,54		****	

Primena t-testa pri analizi radijalnog bubrenja pokazala je da između kultura i prirodnih sastojina postoji statistički značajna razlika ($t=42,19$; $p=0,00$).

Prosečne vrednosti radijalnog bubrenja drveta za prvih četrdesetak godina rasta stabla koje potiče iz prirodnih sastojina, kao i ostali statistički pokazatelji prikazani su u Tabeli 57. odakle vidimo da najmanju prosečnu vrednost radijalnog bubrenja imaju stabla sa lokalitetom Gostilja (4,43%). Na ovom lokalitetu je i najmanje variranje radijalnog bubrenja (15,54%). Lokalitet Stolac 2 koji ima najveću gustinu drveta za ovaj period rasta, ima i najveće prosečno radijalno bubrenje (5,41%) i najveći koeficijent varijacije (19,88%). Kada uporedimo radijalno bubrenje drveta za prvih četrdesetak godina rasta stabla i radijalno bubrenje svih epruveta sa ovih lokaliteta, možemo da zaključimo da na lokalitetu Stolac 1 postoji najveća razlika, a na lokalitetu Stolac 2 najmanja razlika između ovih prosečnih vrednosti radijalnog bubrenja.

Tabela 57. Mere centralne tendencije i varijabiliteta radijalnog bubrenja drveta za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina

Radijalno bubrenje	Lokalitet			PS
	GO	S1	S2	
n	100	134	111	345
As	%	4,43	4,58	5,41
-95		4,25	4,46	5,20
+95		4,60	4,70	5,61
SD		0,87	0,71	1,07
SG		0,09	0,06	0,10
Min		2,53	2,98	2,66
Max		6,74	6,29	7,75
CV		19,67	15,54	19,88
	%			20,42

Analiza varijanse radijalnog burenja za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina je pokazala da postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 58). Primenom Duncan testa lokaliteti su svrstani dve homogene grupe (Tabela 59).

Tabela 58. Analiza varijanse radijalnog bubrenja za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina

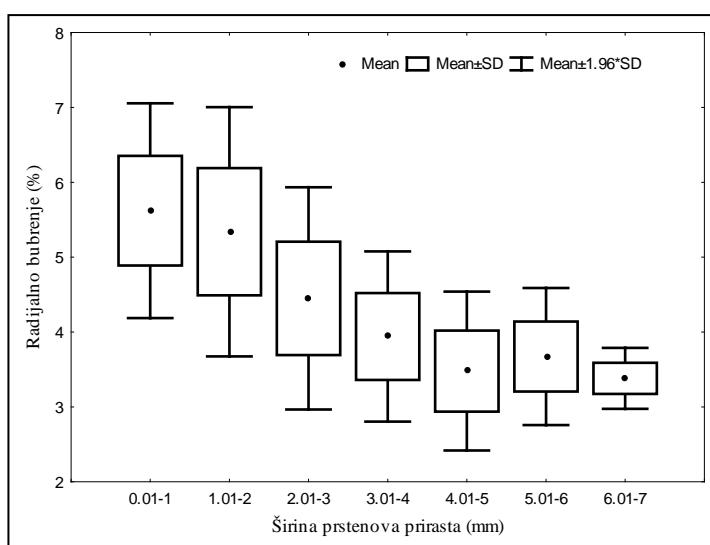
Radijalno bubrenje	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
	2	61,167	30,584	38,813	0,000000
	342	269,488	0,788		
	344	330,655			

Tabela 59. Duncan test - radijalno bubrenje za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina

Lokalitet	Radijalno bubrenje		Homogene grupe	
	Aritm. sred.	1	2	
GO	4,43	****		
S1	4,58	****		
S2	5,41		****	

4.3.4.1.1. Zavisnost radijalnog bubrenja od širine prstena prirasta, učešća kasnog drveta i gustine drveta

Na Grafikonu 50. su prikazane srednje vrednosti radijalnog bubrenja za različite intervale širine prstenova prirasta. Prosečne vrednosti radijalnog bubrenja se kreću od 5,62% za interval širine prstenova prirasta 0,01-1 mm, do 3,38% za interval širine prstenova prirasta 6,01-7 mm. Ono što možemo još možemo videti sa Grafikona je da se sa porastom širine prstenova prirasta prosečna vrednost radijalnog bubrenja smanjuje, ali samo do intervala širine prstenova prirasta 4,01-5 mm.



Grafikon 50. Srednja vrednost, standardna devijacija i interval radijalnog bubrenja u kome se nalazi 68 i 95% uzoraka za različite intervale širine prstenova prirasta

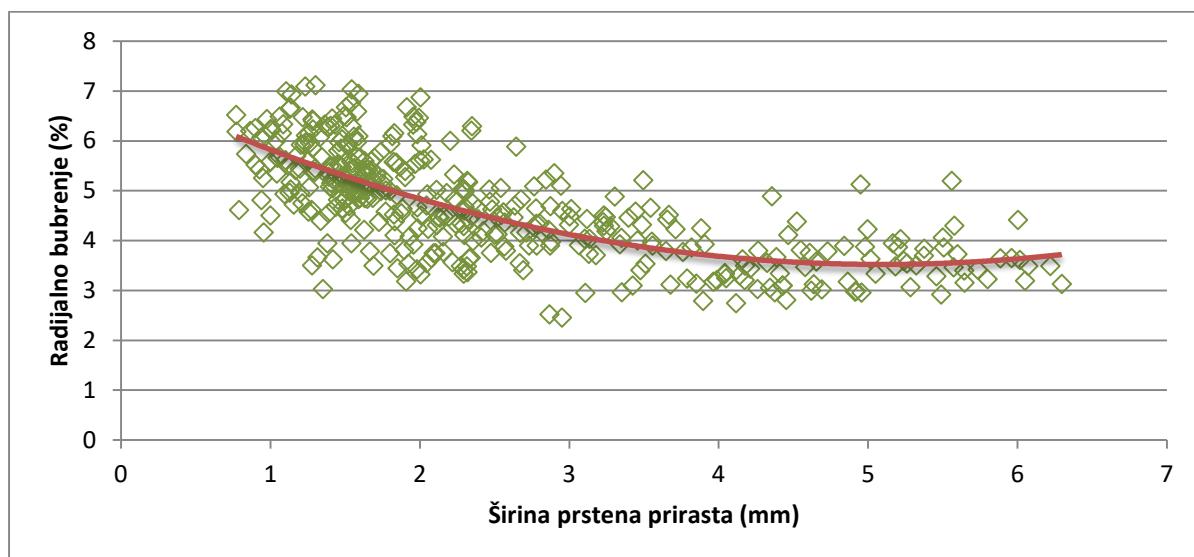
Posmatrajući uticaj širine prstena prirasta na radijalno bubrenje sa Tabele 60. i Grafikona 51. možemo uočiti da je utvrđena negativna korelacija, što znači da sa povećanjem širine prstena prirasta opada vrednost radijalnog bubrenja. Ova korelacija je jaka, što nam pokazuje koeficijent korelacijske koeficijente koji iznosi 0,72. Na osnovu koeficijenta determinacije 51% variranja radijalnog bubrenja je objašnjeno variranjem širine prstena prirasta. Jednačina regresije je:

$$\beta r = 0,1375x\bar{pp}^2 - 1,4006x\bar{pp} + 7,0884 \quad (29)$$

Posmatrajući regresionu krivu možemo uočiti da sa povećanjem širine prstena prirasta prosečna vrednost radijalnog bubrenja opada ali samo do 4 mm širine prstena prirasta, odakle kriva ima gotovo horizontalan položaj. Ovo potvrđuje ono što je konstatovano i na Grafikonu 49.

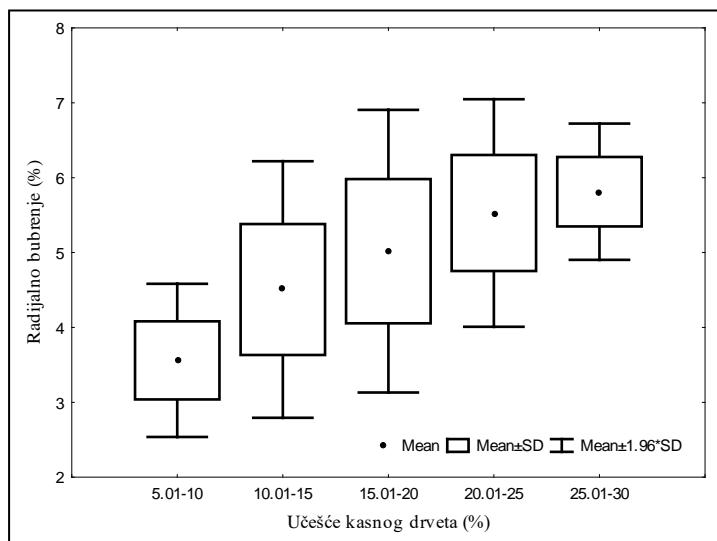
Tabela 60. Karakteristike regresije (zavisnost radijalnog bubrenja od širine prstena prirasta)

Reg. koef.	Vrednost koefic.	Stand. greška koefic.	t	p	R	R ²	n
a	0,13750	0,020021	6,8674	0,0000	0,72	0,51	407
b	-1,40057	0,131136	-10,6803	0,0000			
c	7,08845	0,176627	40,1323	0,0000			



Grafikon 51. Zavisnost radijalnog bubrenja od širine prstena prirasta

Na Grafikonu 52. su prikazane srednje vrednosti radijalnog bubrenja za različite intervale učešća kasnog drveta. Prosečne vrednosti radijalnog bubrenja se kreću od 3,56% za interval učešća kasnog drveta 5,01-10%, do 5,81% za interval učešća kasnog drveta 25,01-30%.



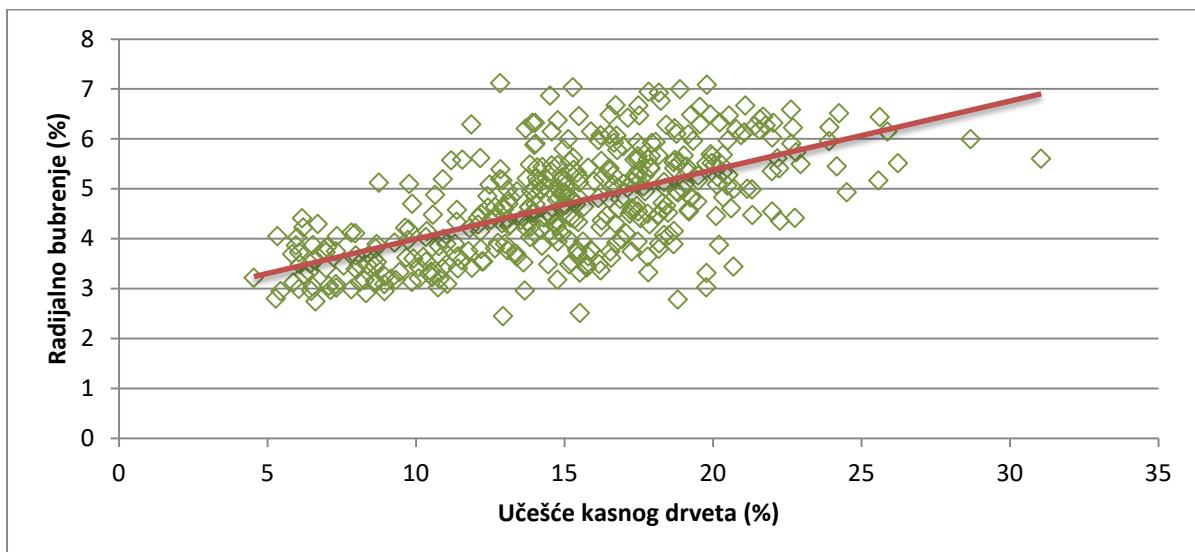
Grafikon 52. Srednja vrednost, standardna devijacija i interval radijalnog bubrenja u kome se nalazi 68 i 95% uzoraka za različite intervale učešća kasnog drveta

Uticaj učešća kasnog drveta na radijalno bubrenje moguće je uočiti i sa Tabele 61. i Grafikona 53. Korelacija je pozitivna i jaka. Koeficijent korelacije iznosi 0,62, a koeficijent determinacije 0,38. Jednačina regresije je:

$$\beta r = 0,1382x_{ukd} + 2,6152 \quad (30)$$

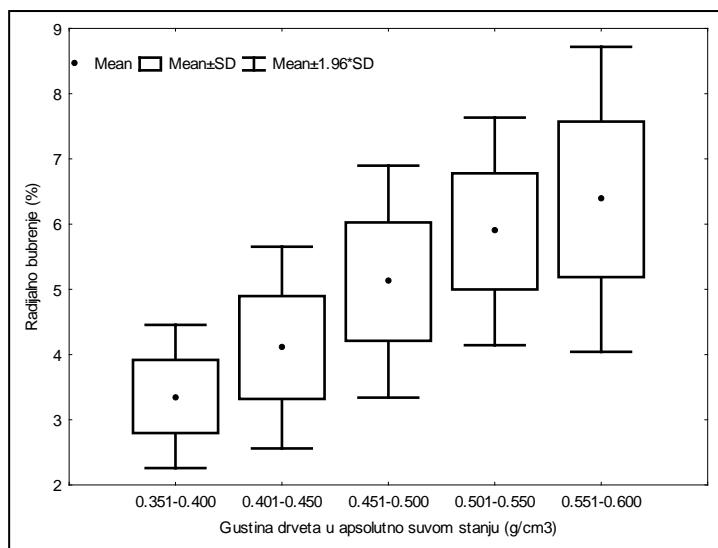
Tabela 61. Karakteristike regresije (zavisnost radijalnog bubrenja od učešća kasnog drveta)

Reg. koef.	Vrednost koefic.	Stand. greška koefic.	t	p	Stan. greš. St	R	R ²	F	p	n
a	0,13821	0,0088	15,697	0,0000	0,820	0,62	0,38	246,40	0,0000	407
b	2,61521	0,1385	18,887	0,0000						



Grafikon 53. Zavisnost radijalnog bubrenja od učešća kasnog drveta

Na Grafikonu 54. su prikazane srednje vrednosti radijalnog bubrenja za različite intervale gustine drveta u absolutno suvom stanju.



Grafikon 54. Srednja vrednost, standardna devijacija i interval radijalnog bubrenja u kome se nalazi 68 i 95% uzoraka za različite intervale gustine drveta u absolutno suvom stanju

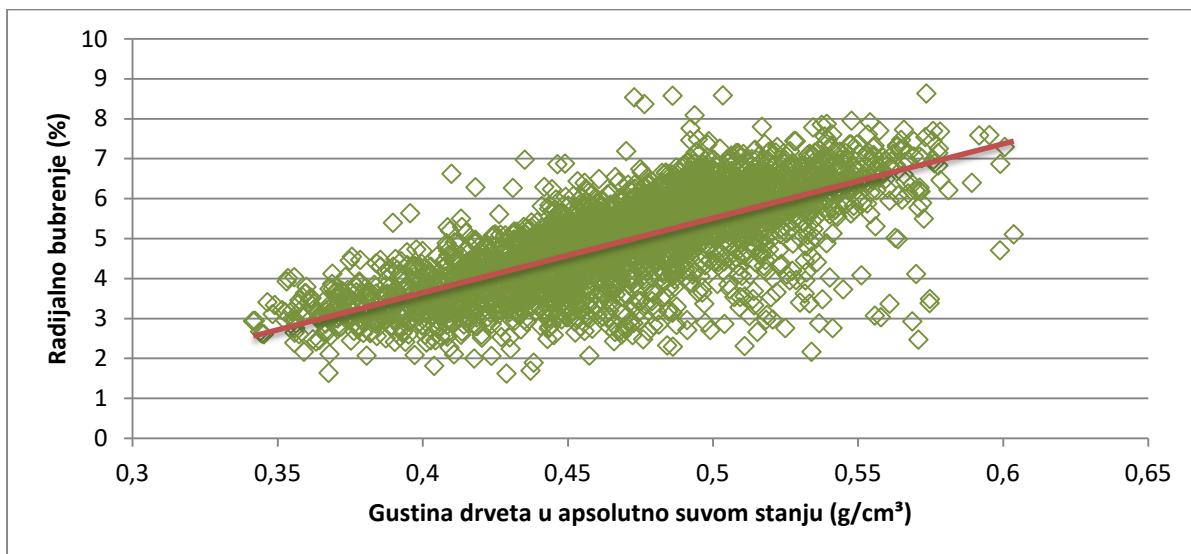
Prosečne vrednosti radijalnog bubrenja se kreću od 3,36% za interval gustine drveta u absolutno suvom stanju 0,351-0,400 g/cm³, do 6,38% za interval gustine drveta 0,551-0,600 g/cm³. Iako je broj ispitanih uzoraka koji imaju prosečnu gustinu u absolutno suvom stanju u intervalu 0,551-0,600 g/cm³ najmanji, u ovom intervalu imamo najveće variranje radijalnog bubrenja.

Najveći uticaj na radijalno bubrenje ima gustina drveta što se vidi i iz Tabele 62. i Grafikona 55. Uočava se da sa porastom gustine raste i radijalno bubrenje, a koeficijent korelacije koji iznosi 0,73 pokazuje da je korelacija jaka. Na osnovu koeficijenta determinacije 54% variranja radijalnog bubrenja je objasnjeno variranjem gustine drveta. Jednačina regresije je:

$$\beta r = 18,627x\rho_0 - 3,8054 \quad (31)$$

Tabela 62. Karakteristike regresije (zavisnost radijalnog bubrenja od gustine drveta u absolutno suvom stanju)

Reg. koef.	Vrednost koefic.	Stand. greška koefic.	t	p	Stan. greš. St	R	R ²	F	p	n
a	18,627	0,3119	59,712	0,00	0,813	0,73	0,54	3565,5	0,0000	3101
b	-3,8054	0,1470	-25,890	0,00						



Grafikon 55. Zavisnost radijalnog bubrenja od gustine drveta u absolutno suvom stanju

4.3.4.2. Tangencijalno bubrenje

Prosečne vrednosti tangencijalnog bubrenja kao i ostali statistički pokazatelji prikazani su u Tabeli 63. Najmanje prosečne vrednosti tangencijalnog bubrenja imaju stabla sa lokaliteta Srebrenica (8,54%), a najveće stabla sa lokaliteta Stolac 2 (11,19%). Koeficijenti varijacije su manji od koeficijenata varijacije za radijalno bubrenje i kreću se u intervalu od 12,56 % (lokalitet Stolac 1) do 15,93 % (lokalitet Dubrava).

Za stabla iz kultura prosečno tangencijalno bubrenje iznosi 9,82%, minimalna vrednost je 3,64%, a maksimalna 14,56%. Koeficijent varijacije iznosi 18,13%. Prosečna vrednost tangencijalnog bubrenja za stabla iz prirodnih sastojina iznosi 10,87%. Minimalno tangencijalno bubrenje iznosi 4,13%, a maksimalno 15,11%. Variranje je nešto manje od onog za stabla iz kultura i iznosi 13,62%.

Tabela 63. Mere centralne tendencije i varijabiliteta tangencijalnog bubrenja

Visina preseka	Lokalitet		KU	Lokalitet			PS
	DU	SR		GO	S1	S2	
0,3	9,10	7,66	8,49	8,71	10,25	9,91	9,63
1,3	10,03	8,75	9,48	9,73	10,85	11,41	10,69
3,3	11,18	9,07	10,37	10,69	11,08	11,15	10,98
5,3	11,43	9,07	10,42	10,56	11,53	11,17	11,11
7,3	10,91	8,78	10,27	10,72	11,33	11,16	11,08
9,3	10,65	8,53	10,20	10,97	11,32	11,65	11,33
11,3	11,41	7,63	10,95	10,77	11,57	11,87	11,42
13,3	11,17			10,59	11,11	11,41	11,03
15,3	10,51			10,81	11,38	11,88	11,40
17,3				10,15	11,37	11,36	11,13
19,3					10,83		
21,3					11,18		
n	552	301	853	663	859	740	2262
As	10,51	8,54	9,82	10,22	11,11	11,19	10,87
-95	10,37	8,41	9,70	10,11	11,02	11,08	10,81
+95	10,65	8,67	9,93	10,32	11,20	11,29	10,93
SD	1,67	1,14	1,78	1,42	1,40	1,44	1,48
SG	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,03
Min	3,64	5,55	3,64	5,01	5,71	4,13	4,13
Max	14,56	11,89	14,56	13,99	13,96	15,11	15,11
CV	15,93	13,39	18,13	13,91	12,56	12,91	13,62

Prosečne vrednosti tangencijalnog bubrenja su približne onima koje za omoriku navodi Lukić-Simonović (1970). Ona je istražujući omoriku sa dva različita staništa došla do rezultata da na jednom staništu tangencijalno utezanje omorike iznosi 9,69%, a na drugom staništu 9,31%. Tangencijalno utezanje omorike je nešto veće od onih koje možemo naći u literaturi za smrču. Lukić-Simonović (1970) ispitujući smrču sa istih staništa na kojima je ispitana omorika navodi da je tangencijalno utezanje smrče sa prvog staništa 8,97%, a sa drugog 8,81%. Ugrenović (1950) navodi da su prosečne vrednosti tangencijalnog utezanja smrče 7,8%, Šokić et al (2007) – 8,1%, Todorović (2006) - 7,71%.

Najmanja prosečna vrednost tangencijalnog bubrenja drveta sa lokaliteta Srebrenica se može objasniti pre svega najvećim prisustvom juvenilnog drveta (stabla su najmlađa, pa samim tim imaju najmanje zrelog drveta) i najmanjom gustinom drveta.

Analiza varijanse tangencijalnog burenja je pokazala da postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 64). Primenom Duncan testa lokaliteti su svrstani u četiri homogene grupe (Tabela 65). Na osnovu testa vidimo da jedino između lokaliteta Stolac 1 i Stolac 2 ne postoji statistički značajna razlika u pogledu tangencijalnog bubrenja.

Tabela 64. Analiza varijanse tangencijalnog bubrenja po lokalitetima

Tangencijalno bubrenje	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
	4	1860,7	465,2	223,0	0,00
	3110	6487,7	2,1		
	3114	8348,4			

Tabela 65. Duncan test – tangencijalno bubrenje

Lokalitet	Tangencijalno bubrenje	Homogene grupe			
		Aritm. sred.	1	2	3
SR	8,54		****		
GO	10,22			****	
DU	10,51				***
S1	11,11	****			
S2	11,19	****			

Primena t-testa pri analizi tangencijalnog bubrenja pokazala je da između kultura i prirodnih sastojina postoji statistički značajna razlika ($t=16,78$; $p=0,00$).

Prosečne vrednosti tangencijalnog bubrenja drveta za prvih četrdesetak godina rasta stabla koje potiče iz prirodnih sastojina, kao i ostali statistički pokazatelji su prikazani u Tabeli 66. Možemo videti da najmanju prosečnu vrednost tangencijalnog bubrenja imaju stabla sa lokalitetom Gostilja (9,18%). Lokalitet Stolac 2 ima najveće prosečno tangencijalno bubrenje (10,64%) i najveći koeficijent varijacije (15,76%). Kada uporedimo tangencijalno bubrenje drveta za prvih četrdesetak godina rasta stabla i tangencijalno bubrenje svih epruveta sa lokalitetom prirodnih sastojina, možemo da zaključimo da na lokalitetu Gostilja postoji najveća razlika, a na lokalitetu Stolac 2 najmanja razlika između ovih prosečnih vrednosti tangencijalnog bubrenja.

Tabela 66. Mere centralne tendencije i varijabiliteta tangencijalnog bubrenja drveta za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina

Tangencijalno bubrenje	Lokalitet			PS
	GO	S1	S2	
n	100	134	112	346
As	%	9,18	10,28	10,64
-95		8,90	10,05	10,32
+95		9,45	10,50	10,95
SD		1,40	1,31	1,68
SG		0,14	0,11	0,16
Min		5,01	6,23	4,13
Max		11,52	13,64	13,01
CV	%	15,24	12,77	15,76
				15,64

Analiza varijanse tangencijalnog burenja za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina je pokazala da postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 67). Primenom Duncan testa lokaliteti su svrstani u dve homogene grupe (Tabela 68).

Tabela 67. Analiza varijanse tangencijalnog bubrenja za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina

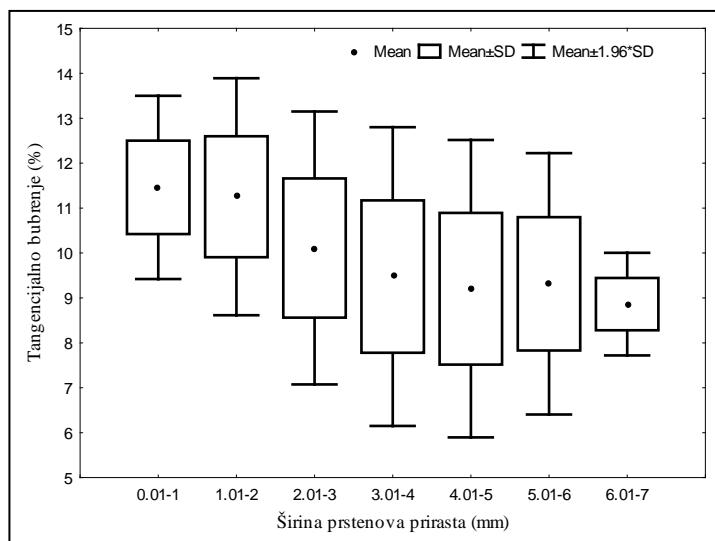
Tangencijalno bubrenje	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
	2	121,89	60,95	28,45	0,000000
	343	734,74	2,14		
	345	856,63			

Tabela 68. Duncan test – tangencijalno bubrenje za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina

Lokalitet	Tangencijalno bubrenje Aritm. sred.	Homogene grupe	
		1	2
GO	9,18		****
S1	10,28	****	
S2	10,64	****	

4.3.4.2.1. Zavisnost tangencijalnog bubrenja od širine prstena prirasta, učešća kasnog drveta i gustine drveta

Na Grafikonu 56. su prikazane srednje vrednosti tangencijalnog bubrenja za različite intervale širine prstenova prirasta. Prosečne vrednosti tangencijalnog bubrenja se kreću od 11,46% za interval širine prstenova prirasta 0,01-1 mm, do 8,86% za interval širine prstenova prirasta 6,01-7 mm. Ono što možemo još možemo uočiti sa ovog grafikona je da postoji velika varijabilnost po intervalima i da se sa porastom širine prstenova prirasta prosečna vrednost tangencijalnog bubrenja smanjuje, ali samo do intervala širine prstenova prirasta 4,01-5 mm, kao i kod radijalnog bubrenja.



Grafikon 56. Srednja vrednost, standardna devijacija i interval tangencijalnog bubrenja u kome se nalazi 68 i 95% uzoraka za različite intervale širine prstenova prirasta

I sa Tabele 69. i Grafikona 57. možemo videti da postoji negativna korelacija između širine prstenova prirasta i tangencijalnog bubrenja. Zavisnost nije jaka, odnosno koeficijent korelacije 0,50 pokazuje da je korelacija srednja. Koeficijent determinacije nam pokazuje da je

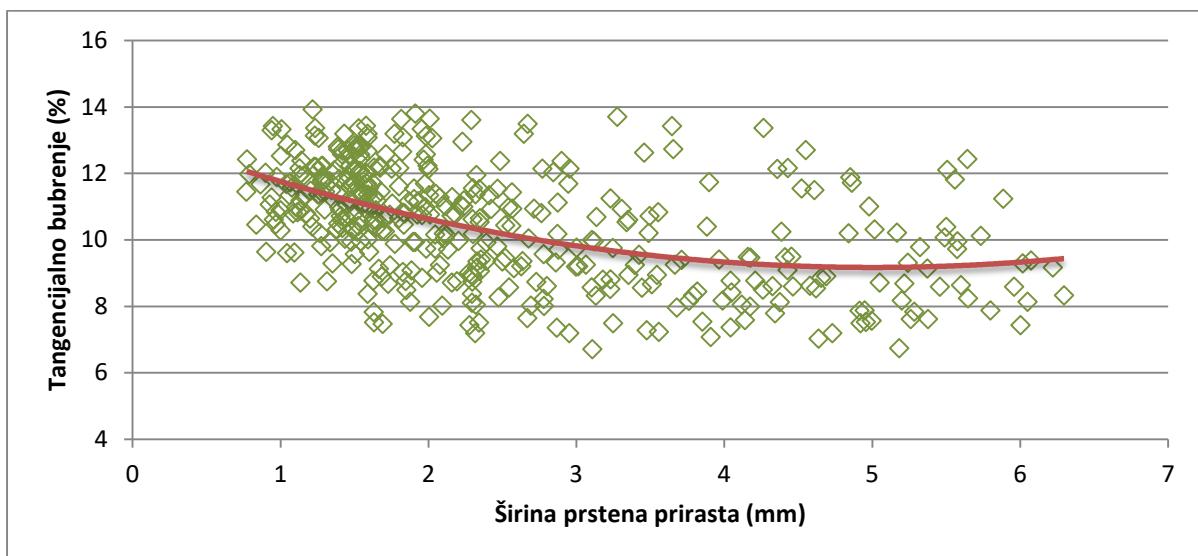
25 % variranja tangencijalnog bubrenja objašnjeno variranjem širine prstena prirasta. Jednačina regresije je:

$$\beta t = 0,1613x\dot{s}pp^2 - 1,6146x\dot{s}pp + 13,212 \quad (32)$$

Posmatrajući regresionu krivu možemo uočiti da sa povećanjem širine prstena prirasta prosečna vrednost tangencijalnog bubrenja opada samo do 4 mm širine prstena prirasta. Ovo potvrđuje ono što je konstatovano i na Grafikonu 55.

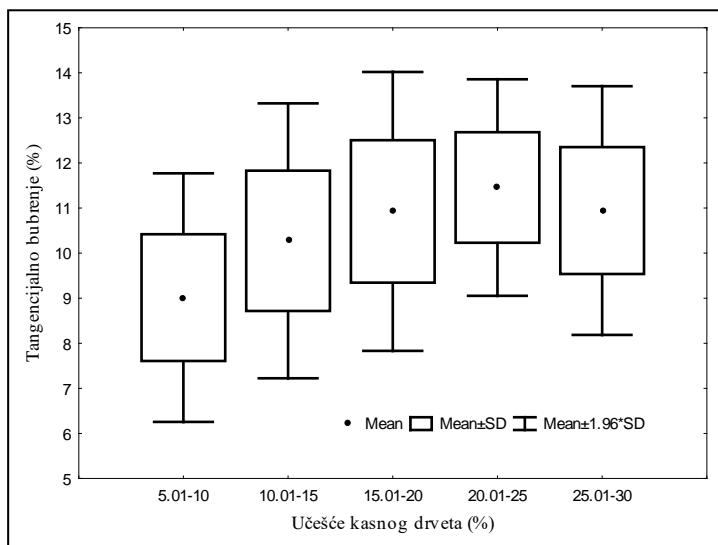
Tabela 69. Karakteristike regresije (zavisnost tangencijalnog bubrenja od širine prstena prirasta)

Reg. koef.	Vrednost koefic.	Stand. greška koefic.	t	p	R	R ²	n
a	0,16126	0,039828	4,04903	0,000062	0,50	0,25	411
b	-1,61460	0,260637	-6,19481	0,000000			
c	13,21183	0,350984	37,64230	0,000000			



Grafikon 57. Zavisnost tangencijalnog bubrenja od širine prstena prirasta

Na Grafikonu 58. su prikazane srednje vrednosti tangencijalnog bubrenja za različite intervale učešća kasnog drveta. Prosečne vrednosti tangencijalnog bubrenja se kreću od 9,01% za interval učešća kasnog drveta 5,01-10%, do 11,45% za interval učešća kasnog drveta 20,01-25%.



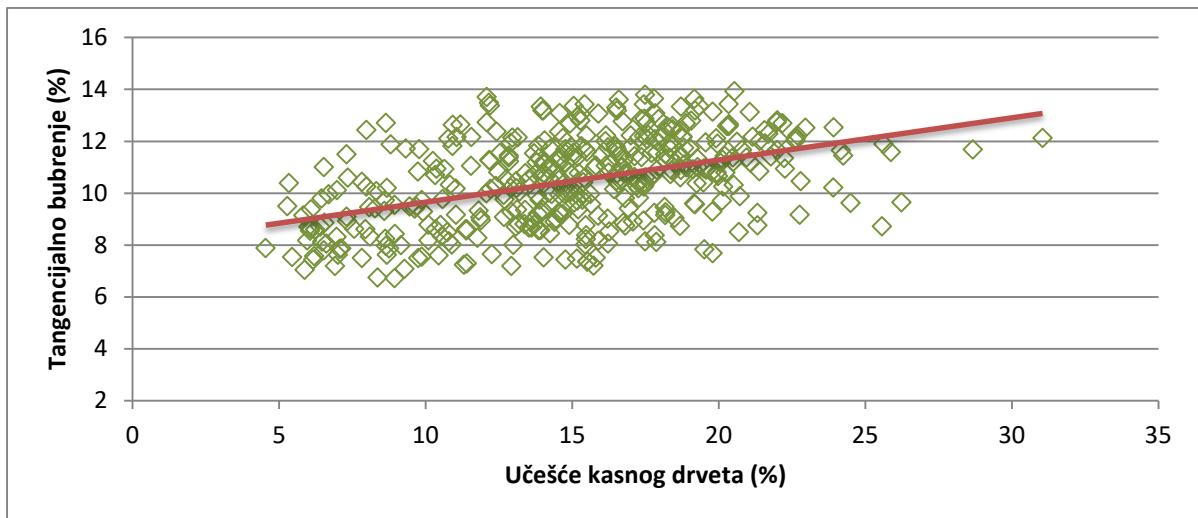
Grafikon 58. Srednja vrednost, standardna devijacija i interval tangencijalnog bubrenja u kome se nalazi 68 i 95% uzoraka za različite intervale učešća kasnog drveta

Uticaj učešća kasnog drveta na tangencijalno bubrenje takođe nije izraženo. Korelacija je pozitivna i srednja (koeficijent korelacije je 0,45). Koeficijent determinacije je 0,20 (Tabela 70. i Grafikon 59). Jednačina regresije je:

$$\beta t = 0,1626x_{ukd} + 8,0278 \quad (33)$$

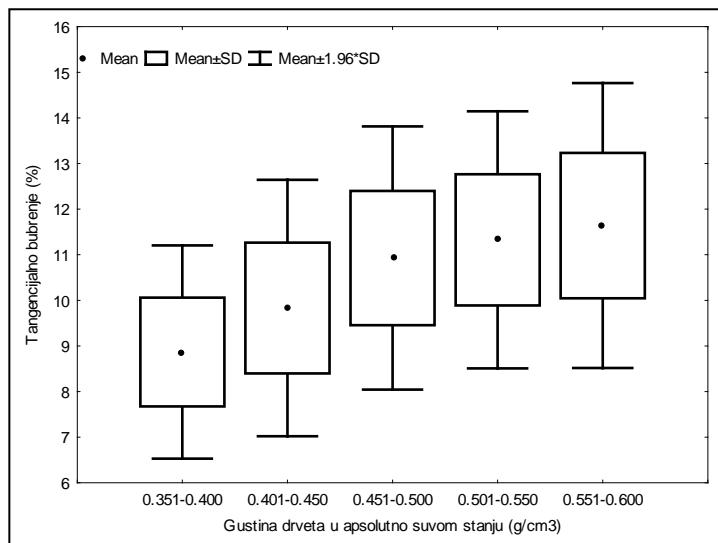
Tabela 70. Karakteristike regresije (zavisnost tangencijalnog bubrenja od učešća kasnog drveta)

Reg. koef.	Vrednost koefic.	Stand. greška koefic.	t	p	Stan. greš. St	R	R ²	F	p	n
a	0,16260	0,0160	10,158	0,0000	1,50	0,45	0,20	103,19	0,0000	411
b	8,02778	0,2516	31,909	0,0000						



Grafikon 59. Zavisnost tangencijalnog bubrenja od učešća kasnog drveta

Na Grafikonu 60. su prikazane srednje vrednosti tangencijalnog bubrenja za različite intervale gustine drveta u absolutno suvom stanju. Prosečne vrednosti tangencijalnog bubrenja se kreću od 8,87% za interval gustine drveta u absolutno suvom stanju 0,351-0,400 g/cm³, do 11,64% za interval gustine drveta 0,551-0,600 g/cm³.



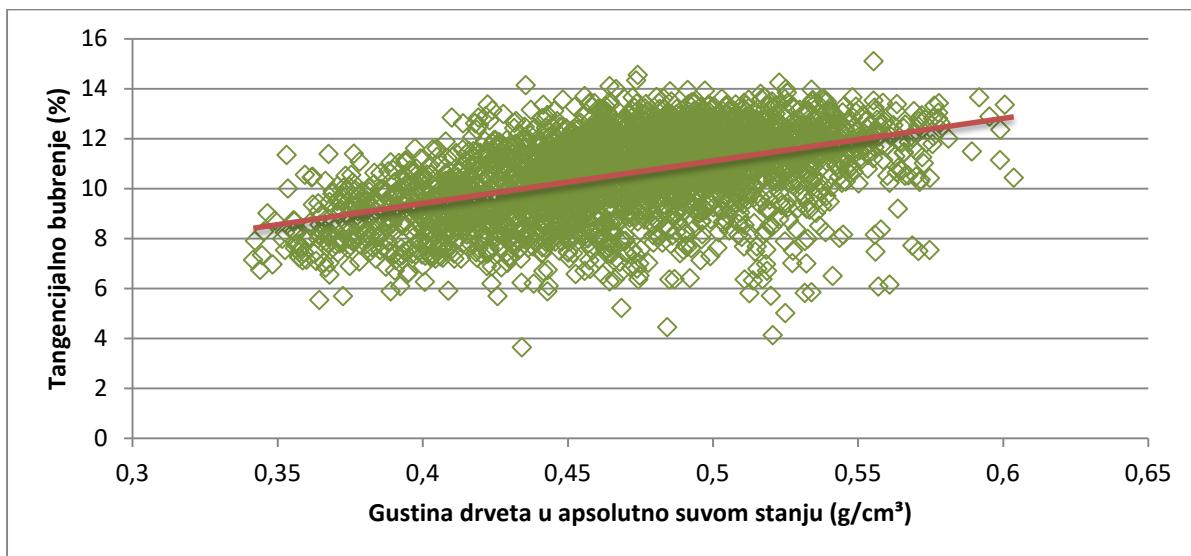
Grafikon 60. Srednja vrednost, standardna devijacija i interval tangencijalnog bubrenja u kome se nalazi 68 i 95% uzoraka za različite intervale gustine drveta u absolutno suvom stanju

Uticaj gustine drveta na tangencijalno bubrenje je manji od njenog uticaja na radijalno bubrenje. Korelacija je pozitivna, a na osnovu koeficijenta korelacije koji iznosi 0,49 vidimo da je srednja. Koeficijent determinacije iznosi 0,24 (Tabela 71. i Grafikon 61). Jednačina regresije je:

$$\beta t = 17,062x\rho_0 + 2,5857 \quad (34)$$

Tabela 71. Karakteristike regresije (zavisnost tangencijalnog bubrenja od gustine drveta u absolutno suvom stanju)

Reg. koef.	Vrednost koefic.	Stand. greška koefic.	t	p	Stan. greš. St	R	R ²	F	p	n
a	17,0625	0,5466	31,214	0,0000	1,43	0,49	0,24	974,31	0,0000	3115
b	2,58566	0,2575	10,042	0,0000						



Grafikon 61. Zavisnost tangencijalnog bubreњa od gustine drveta u apsolutno suvom stanju

4.3.4.3. Aksijalno bubrenje

Prosečne vrednosti aksijalnog bubrenja kao i ostali statistički pokazatelji prikazani su u Tabeli 72. Najveće prosečne vrednosti aksijalnog bubrenja imaju stabla sa lokaliteta Srebrenica (0,74%), a najmanje stabla sa lokaliteta Gostilja i Stolac 2 (0,62%). Koeficijenti varijacije se kreću u intervalu od 25,09% (lokalitet Stolac 2) do 27,69% (lokalitet Gostilja).

Tabela 72. Mere centralne tendencije i varijabiliteta aksijalnog bubrenja

Visina preseka	Lokalitet		KU	Lokalitet			PS
	DU	SR		GO	S1	S2	
0,3	0,63	0,81	0,71	0,65	0,66	0,63	0,65
1,3	0,67	0,72	0,69	0,64	0,60	0,63	0,62
3,3	0,65	0,70	0,67	0,61	0,65	0,62	0,63
5,3	0,58	0,73	0,64	0,61	0,63	0,60	0,61
7,3	0,64	0,69	0,65	0,63	0,67	0,64	0,65
9,3	0,61	0,70	0,63	0,62	0,68	0,63	0,64
11,3	0,57	0,70	0,59	0,60	0,67	0,63	0,63
13,3	0,60			0,64	0,67	0,59	0,64
15,3	0,53			0,59	0,68	0,62	0,64
17,3				0,57	0,67	0,54	0,61
19,3					0,77		
21,3					0,74		
n	553	301	854	664	859	740	2263
As	%	0,63	0,74	0,67	0,62	0,66	0,62
-95		0,61	0,72	0,65	0,61	0,65	0,61
+95		0,64	0,76	0,68	0,64	0,67	0,63
SD		0,17	0,19	0,19	0,17	0,18	0,16
SG		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
CV	%	27,35	26,18	28,10	27,69	27,12	25,09
							26,87

Za stabla iz kultura prosečno aksijalno bubrenje iznosi 0,67%, a koeficijent varijacije iznosi 28,10%. Prosečna vrednost aksijalnog bubrenja za stabla iz prirodnih sastojina iznosi 0,64%. Variranje je nešto manje od onog za stabla iz kultura i iznosi 26,87%.

Vrednosti aksijalnog bubrenja su nešto veće od onih koje možemo naći u literaturi za smrču. Tako Gorišek i Straže (2005) navode da je prosečno aksijalno utezanje drveta smrče po radijusu 0,36%, dok je Todorović (2006) ispitujući aksijalno utezanje smrče prosečne starosti 35 godina, došao do rezultata da prosečno aksijalno utezanje iznosi 0,371%.

Veće vrednosti aksijalnog bubrenja za stabla iz kultura, posebno za stabla sa lokalitetom Srebrenica, su očekivane s obzirom da je reč o mladim stablima gde je veliki ideo juvenilnog

drveta, kako smo već i naglasili kod radijalnog i tangencijalnog bubrenja. Kako navode Kollman i Côté (1968), kod juvenilnog i reakcionog drveta gde je ugao mikrofibrila u S₂ sloju sekundarnog zida veći, i samo aksijalno utezanje može biti veće i do deset puta nego kod normalnog drveta. Sama varijabilnost aksijalnog utezanja je dosta velika, ali do takvih podataka su došli i drugi autori (Foulger 1966, Čunderlik i Chovanec 1987, Gorišek i Straže 2005).

Analiza varijanse aksijalnog burenja je pokazala da postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 73). Primenom Duncan testa lokaliteti su svrstani u tri homogene grupe (Tabela 74). Na osnovu testa vidimo da između lokaliteta Stolac 2, Gostilja i Dubrava ne postoji statistički značajna razlika u pogledu aksijalnog bubrenja.

Tabela 73. Analiza varijanse aksijalnog burenja po lokalitetima

Aksijalno bubrenje	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
	4	3.899	0.975	32.77	0.00
	3112	92.556	0.030		
	3116	96.455			

Tabela 74. Duncan test – aksijalno bubrene

Lokalitet	Aritm. sred.	Homogene grupe		
		1	2	3
S2	0,62	****		
GO	0,62	****		
DU	0,63	****		
S1	0,66		****	
SR	0,74			****

Primena t-testa pri analizi aksijalnog burenja pokazala je da između kultura i prirodnih sastojina postoji statistički značajna razlika ($t=4,04$; $p=0,0001$).

Prosečne vrednosti aksijalnog burenja drveta za prvih četrdesetak godina rasta stabla koje potiče iz prirodnih sastojina kao i ostali statistički pokazatelji su prikazane u Tabeli 75. Prosečno aksijalno bubrene na lokalitetima Gostilja i Stolac 2 je 0,63% a na lokalitetu Stolac 1 0,68%. Najveće variranje aksijalnog burenja je na lokalitetu Gostilja (29,20%). Kada uporedimo aksijalno bubrene drveta za prvih četrdesetak godina rasta stabla i aksijalno bubrene svih epruveta sa lokaliteta prirodnih sastojina, možemo da zaključimo da su vrednosti aksijalnog burenja drveta za prvih četrdesetak godina rasta stabla za sva tri lokaliteta malo veće.

Tabela 75. Mere centralne tendencije i varijabiliteta aksijalnog bubrenja drveta za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina

Aksijalno bubrenje	Lokalitet			PS
	GO	S1	S2	
n	100	134	111	345
As	%	0,63	0,68	0,63
-95		0,60	0,65	0,63
+95		0,67	0,71	0,67
SD		0,19	0,18	0,15
SG		0,02	0,02	0,01
CV	%	29,20	26,56	23,58

Analiza varijanse aksijalnog burenja za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina je pokazala da ne postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 76).

Tabela 76. Analiza varijanse aksijalnog burenja za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina

Aksijalno bubrenje	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
	2	0,1702	0,0851	2,874	0,057822
	343	10,1548	0,0296		
	345	10,3250			

Regresiona analiza je pokazala da ne postoji zavisnost između aksijalnog bubrenja i širine prstena prirasta, učešća kasnog drveta, kao ni gustine drveta.

4.3.4.4. Zapreminska bubrenje

Prosečne vrednosti kao i ostali statistički pokazatelji zapreminskog bubrenja po lokalitetima su prikazani u Tabeli 77. Najmanje vrednosti zapreminskog bubrenja imaju stabla iz kultura sa lokaliteta Srebrenica (13,39%), dok stabla iz prirodnih sastojina imaju daleko veće vrednosti zapreminskog bubrenja, čak 18,05% (lokaliteti Stolac 1 i Stolac 2). Koeficijenti varijacije, slično kao i kod tangencijalnog bubrenja, se kreću od 12,44% (lokalitet Srebrenica) do 15,21% (lokalitet Dubrava).

Stabla iz kultura imaju prosečno zapreminska bubrenje 14,71%, sa graničnim vrednostima od 8,76% i 20,89%. Koeficijent varijacije iznosi 15,90%. Prosečno zapreminska bubrenje za stabla iz prirodnih sastojina iznosi 17,58%, dok je koeficijent varijacije 13,98%. Minimalna vrednost ovog bubrenja je 7,66%, a maksimalna 24,17%. Sa porastom visine stabla rastu i prosečne vrednosti zapreminskog bubrenja, kako u kulturama, tako i u prirodnim sastojinama.

Tabela 77. Mere centralne tendencije i varijabiliteta zapreminskog bubrenja

Visina preseka	Lokalitet		KU	Lokalitet			PS
	DU	SR		GO	S1	S2	
0,3	13,48	12,41	13,03	14,01	16,58	15,67	15,44
1,3	14,81	13,47	14,23	15,38	17,28	18,08	16,95
3,3	16,22	13,91	15,32	17,17	17,82	18,20	17,75
5,3	16,52	14,13	15,53	16,96	18,55	17,95	17,86
7,3	15,82	13,73	15,20	17,11	18,47	18,11	17,93
9,3	15,70	13,65	15,26	17,47	18,61	18,74	18,31
11,3	16,73	12,98	16,27	17,20	18,70	19,08	18,36
13,3	16,45			17,44	17,89	18,61	17,96
15,3	16,04			17,54	18,65	19,21	18,58
17,3				17,79	18,69	18,69	18,52
19,3					18,39		
21,3					19,02		
n	548	295	843	662	859	737	2258
As	15,41	13,39	14,71	16,44	18,05	18,05	17,58
-95	15,22	13,20	14,55	16,26	17,90	17,87	17,48
+95	15,61	13,59	14,86	16,62	18,21	18,22	17,68
SD	2,34	1,67	2,34	2,32	2,28	2,45	2,46
SG	0,10	0,10	0,08	0,09	0,08	0,09	0,05
Min	8,76	9,28	8,76	8,81	10,19	7,66	7,66
Max	20,89	17,33	20,89	21,66	23,31	24,17	24,17
CV	15,21	12,44	15,90	14,13	12,63	13,57	13,98

Kada uzmemo u obzir razliku koja se javlja pri računanju utezanja i bubrežnja, možemo utvrditi da se zapreminske bubrežnje za stabla iz prirodnih sastojina ne razlikuje puno od onog koje je dobila Lukić-Simonović (1970). Prema njenim istraživanjima prosečno zapreminske utezanje omorike iznosi 14,10 %, dok je prosečno zapriminsko utezanje smrče 14,40 %. Nešto niže rezultate zapreminskog utezanja smrče od 12 % navode Šoškić i Popović (2002) i Šoškić et al. (2007) prema kome zapreminske utezanje drveta smrče iz kulture iznosi 11,87 %.

Analiza varijanse zapreinskog burenja je pokazala da postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 78). Primenom Duncan testa lokaliteti su svrstani u četiri homogene grupe (Tabela 79), odnosno utvrđeno je da jedino između lokaliteta Stolac 1 i Stolac 2 ne postoji statistički značajna razlika u pogledu zapreinskog burenja.

Tabela 78. Analiza varijanse zapreinskog burenja po lokalitetima

Zapreminske bubrežnje	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
	4	7058,8	1764,7	336,3	0,00
	3096	16244,9	5,2		
	3100	23303,7			

Tabela 79. Duncan test – zapreminske bubrežnje

Lokalitet	Zapreminske bubrežnje Aritm. sred.	Homogene grupe			
		1	2	3	4
SR	13,39		****		
DU	15,41			****	
GO	16,44				****
S2	18,05	****			
S1	18,05	****			

Primena t-testa pri analizi zapreinskog burenja pokazala je da između kultura i prirodnih sastojina postoji statistički značajna razlika ($t=29,34$; $p=0,00$).

U Tabeli 80. su prikazane prosečne vrednosti zapreinskog burenja drveta za prvih četrdesetak godina rasta stabla koje potiče iz prirodnih sastojina kao i ostali statistički pokazatelji. Prosečno zapreminske bubrežnje je najmanje na lokalitetu Gostilja (14,74%), a najveće na lokalitetu Stolac 2 (17,41%). Najveće variranje zapreinskog burenja je na lokalitetu Stolac 2 (15,47%), a najmanje na lokalitetu Stolac 1 (11,51%). Kada uporedimo zapreminske bubrežnje drveta za prvih četrdesetak godina rasta stabla i zapreminske bubrežnje

svih epruveta sa lokaliteta prirodnih sastojina, možemo da uočimo da su vrednosti zapreminskog bubrenja drveta za prvih četrdesetak godina rasta stabla za sva tri lokaliteta manje.

Tabela 80. Mere centralne tendencije i varijabiliteta zapreminskog bubrenja drveta za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina

Zapreminska bubrenje	Lokalitet			PS
	GO	S1	S2	
n	100	134	111	345
As	14,74	16,12	17,41	16,13
	14,31	15,80	16,90	15,87
	15,17	16,43	17,92	16,39
	2,17	1,86	2,69	2,47
	0,22	0,16	0,26	0,13
	8,90	11,71	7,91	7,91
	18,31	21,28	21,09	21,28
	CV %	14,74	11,51	15,47
				15,31

Analiza varijanse zapreminskog burenja za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina je pokazala da postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 81). Primenom Duncan testa lokaliteti su svrstani u tri homogene grupe (Tabela 82).

Tabela 81. Analiza varijanse zapreminskog bubrenja za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina

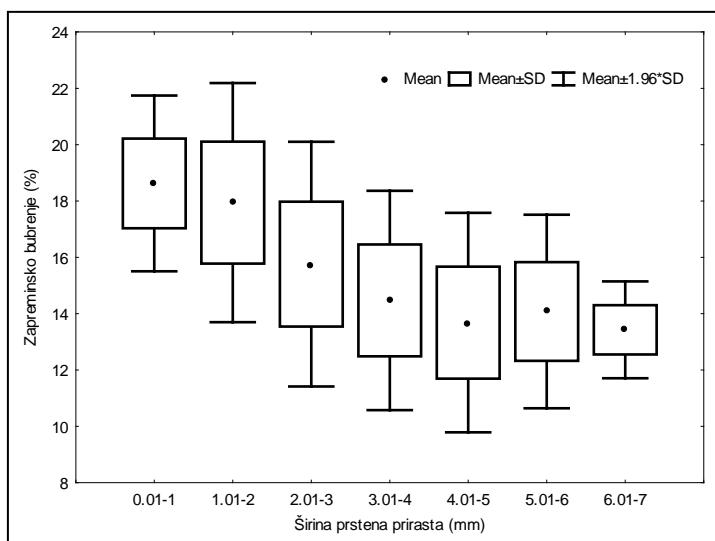
Zapreminska bubrenje	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
	2	375,10	187,55	37,24	0,000000
	342	1722,48	5,04		
	344	2097,57			

Tabela 82. Duncan test – zapreminska bubrenje za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina

Lokalitet	Zapreminska bubrenje	Homogene grupe		
		Aritm. sred.	1	2
GO	14,74	****		
S1	16,12		****	
S2	17,41			****

4.3.4.4.1. Zavisnost zapreminskog bubrenja od širine prstena prirasta, učešća kasnog drveta i gustine drveta

Na Grafikonu 62. su prikazane srednje vrednosti zapreminskog bubrenja za različite intervale širine prstenova prirasta. Prosečne vrednosti zapreminskog bubrenja se kreću od 18,62% za interval širine prstenova prirasta 0,01-1 mm, do 13,43% za interval širine prstenova prirasta 6,01-7 mm. Ono što možemo još možemo uočiti sa Grafikona je da se sa porastom širine prstenova prirasta prosečna vrednost zapreminskog bubrenja smanjuje, ali samo do intervala širine prstena prirasta 4,01-5 mm, kao i kod radijalnog i tangencijalnog bubrenja.



Grafikon 62. Srednja vrednost, standardna devijacija i interval zapreminskog bubrenja u kome se nalazi 68 i 95% uzoraka za različite intervale širine prstenova prirasta

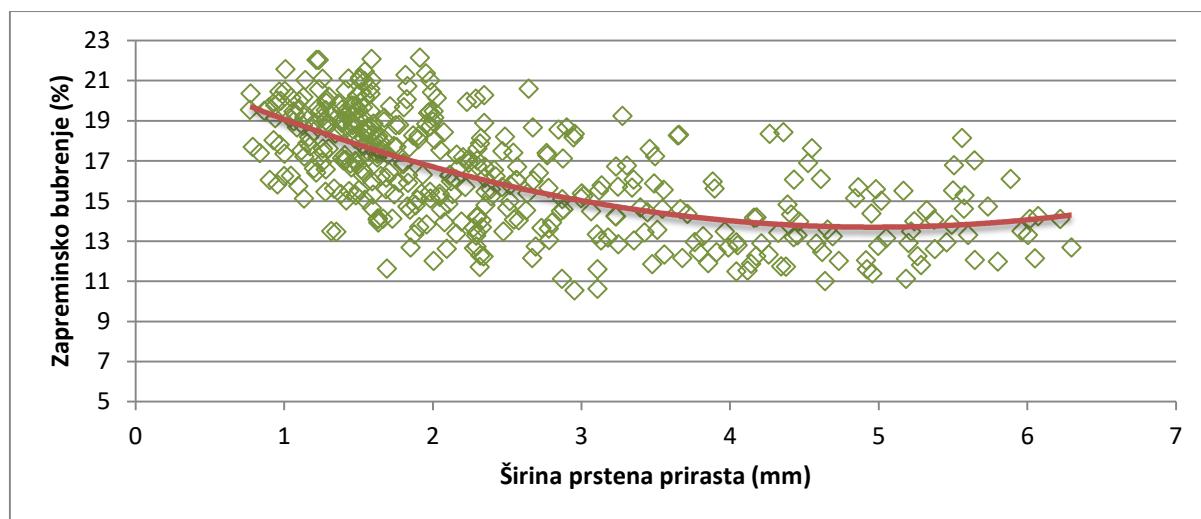
Širina prstena prirasta ima negativan uticaj na zapreminske bubrenje, kakav ima i na radijalno i tangencijalno bubrenje. Povećanjem širine prstena prirasta smanjuje se zapreminske bubrenje, a na osnovu koeficijenta korelacije od 0,65 možemo utvrditi da je korelacija jaka (Tabela 83. i Grafikon 63). Jednačina regresije je:

$$\beta v = 0,3414x\bar{sp}^2 - 3,3918x\bar{sp} + 22,124 \quad (35)$$

I u ovom slučaju kada posmatramo regresionu krivu možemo uočiti da sa povećanjem širine prstena prirasta prosečna vrednost zapreminskog bubrenja opada do mesta gde prosečna širina prstena prirasta iznosi 4 mm.

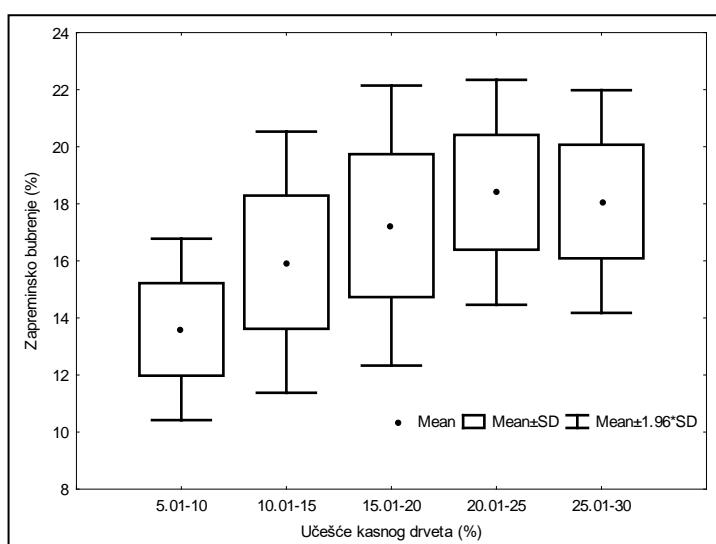
Tabela 83. Karakteristike regresije (zavisnost zapreminskega bubrenja od širine prstena prirasta)

Reg. koef.	Vrednost koefic.	Stand. greška koefic.	t	p	R	R ²	n
a	0,34136	0,056371	6,05566	0,0000	0,65	0,42	410
b	-3,39180	0,368880	-9,19487	0,0000			
c	22,12394	0,496774	44,53518	0,0000			



Grafikon 63. Zavisnost zapreminskega bubrenja od širine prstena prirasta

Na Grafikonu 64. su prikazane srednje vrednosti zapreminskega bubrenja za različite intervale učešća kasnog drveta. Prosečne vrednosti zapreminskega bubrenja se kreću od 13,60% za interval učešća kasnog drveta 5,01-10%, do 18,40% za interval učešća kasnog drveta 20,01-25%.



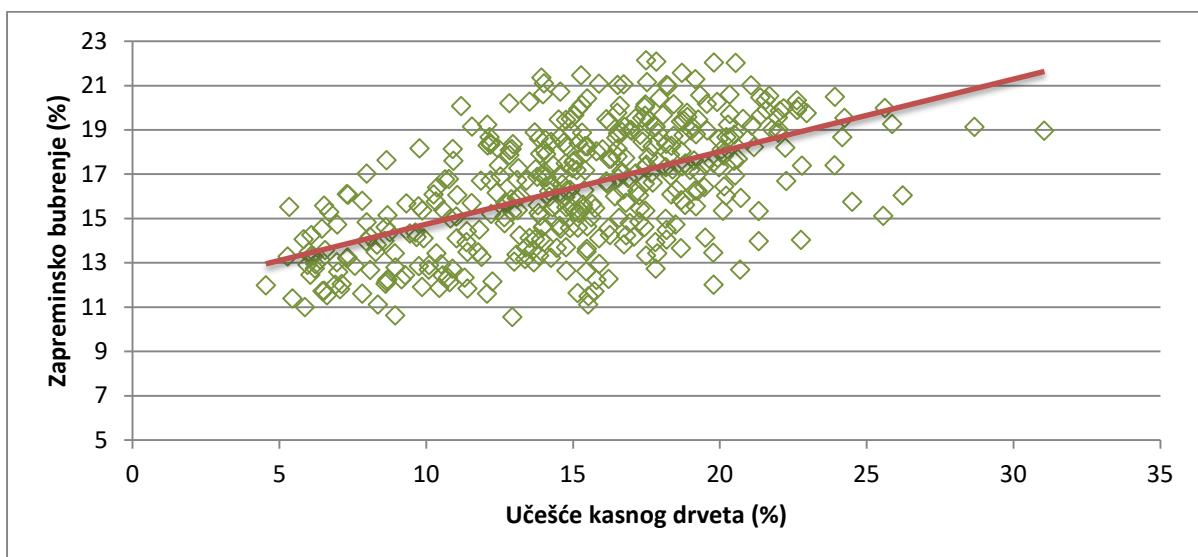
Grafikon 64. Srednja vrednost, standardna devijacija i interval zapreminskega bubrenja u kome se nalazi 68 i 95% uzoraka za različite intervale učešća kasnog drveta

Sa Tabele 84. i Grafikona 65. vidimo da učešće kasnog drveta ima pozitivan uticaj na zapreminske bubrene. Koeficijent korelacije nam pokazuje da je zavisnost jaka, a koeficijent determinacije da je 32% variranja zapreminskog bubrenja objašnjeno variranjem kasnog drveta. Jednačina regresije je:

$$\beta v = 0,3278x_{ukd} + 11,463 \quad (36)$$

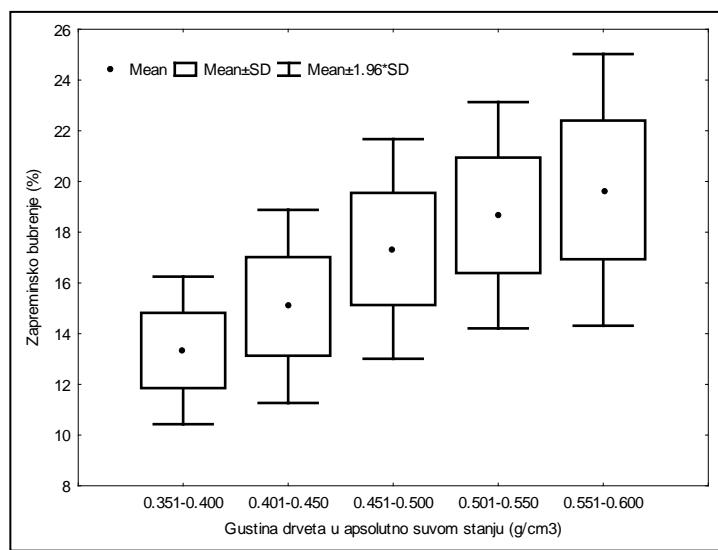
Tabela 84. Karakteristike regresije (zavisnost zapreminskog bubrenja od učešća kasnog drveta)

Reg. koef.	Vrednost koefic.	Stand. greška koefic.	t	p	Stan. greš. St	R	R ²	F	p	n
a	0,32782	0,0238	13,756	0,0000	2,22	0,56	0,32	189,22	0,0000	410
b	11,4629	0,3749	30,577	0,0000						



Grafikon 65. Zavisnost zapreminskog bubrenja od učešća kasnog drveta

Na Grafikonu 66. su prikazane srednje vrednosti zapreminskog bubrenja za različite intervale gustine drveta u absolutno suvom stanju. Prosečne vrednosti zapreminskog bubrenja se kreću od 13,34% za interval gustine drveta u absolutno suvom stanju 0,351-0,400 g/cm³, do 19,67% za interval gustine drveta 0,551-0,600 g/cm³. Sa ovog grafikona takođe možemo uočiti da sa porastom gustine raste i varijabilnost zapreminskog bubrenja.



Grafikon 66. Srednja vrednost, standardna devijacija i interval zapreminskega bubrenja u kome se nalazi 68 i 95% uzoraka za različite intervale gustine drveta u apsolutno suvom stanju

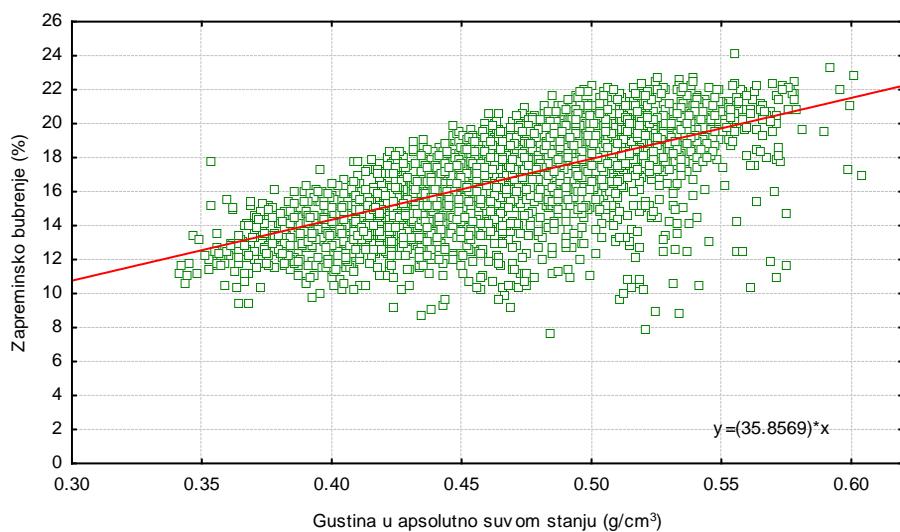
Uticaj gustine drveta u apsolutno suvom stanju vlažnosti na zapreminsko bubrenje je linearno proporcionalan. Sa Tabele 85. i Grafikona 67. možemo videti da je korelacija pozitivna i jaka (koeficijent korelacije je 0,66).

Koeficijent $a=35,86$ predstavlja u stvari tačku zasićenosti vlakanaca, a kada je uporedimo sa prosečnom vrednošću tačke zasićenosti vlakanaca za sve lokalitete koja iznosi 35,79 % vidimo da su vrednosti skoro iste. Jednačina regresije je:

$$\beta v = 35,86 \times \rho_0 \quad (37)$$

Tabela 85. Karakteristike regresije (zavisnost zapreminskega bubrenja od gustine drveta u apsolutno suvom stanju)

Reg. koef.	Vrednost koefic.	Stand. greška koefic.	t	R	R ²	p	n
a	35,8569	0,0786	456,01	0,66	0,43	0,00	3101



Grafikon 67. Zavisnost zapreminskog bubrenja od gustine drveta u apsolutno suvom stanju

4.4. MEHANIČKA SVOJSTVA DRVETA

4.4.1. Čvrstoća na savijanje

Napon na savijanje zajedno sa naponom na pritisak daje dobru osnovu za određivanje kvaliteta drveta, pa se zato jako često ispituje. Tabela 86. prikazuje prosečne vrednosti i ostale statističke pokazatelje maksimalnog napona (čvrstoće) na savijanje pri standardnoj vlažnosti po lokalitetima. Najmanje prosečne vrednosti čvrstoće na savijanje imaju stabla sa lokalitetom Srebrenica (56,73 MPa), a najveće stabla sa lokalitetom Stolac 1 (94,86 MPa). Vrednosti čvrstoće na savijanje kreću se od minimalnih 14,29 MPa (lokalitet Srebrenica) do maksimalnih 119,22 MPa (lokalitet Stolac 1). Najmanje variranje čvrstoće na savijanje je na lokalitetu Stolac 2 (12,19%), a najveće na lokalitetu Srebrenica (21,48%). Može se uočiti da vrednosti ove čvrstoće više variraju za uzorke iz kultura od onih iz prirodnih sastojina, što može biti posledica većeg broja grešaka na uzorcima.

Tabela 86. Mere centralne tendencije i varijabiliteta čvrstoće na savijanje

Visina preseka	Lokalitet		KU	Lokalitet			PS
	DU	SR		GO	S1	S2	
I	57,39	58,13	57,72	84,00	95,66	84,61	87,93
II	67,94	60,35	64,67	84,13	95,39	94,26	91,12
III	61,99	50,36	56,76	84,55	93,50	89,59	88,99
n	81	65	146	90	79	82	251
As	62,42	56,73	59,89	84,23	94,86	89,78	89,39
-95	59,68	53,71	57,83	81,37	92,13	87,37	87,76
+95	65,15	59,75	61,94	87,08	97,58	92,18	91,01
SD	12,38	12,19	12,58	13,62	12,15	10,94	13,04
SG	1,38	1,51	1,04	1,44	1,37	1,21	0,82
Min	33,82	14,29	14,29	43,59	62,77	47,04	43,59
Max	98,72	81,48	98,72	108,12	119,22	103,29	119,22
CV	%	19,84	21,48	21,00	16,17	12,81	12,19
							14,59

Za stabla iz kultura vrednosti čvrstoće na savijanje se kreću u intervalu od 14,29 MPa do 98,72 MPa, a prosečna vrednost iznosi 59,89 MPa. Koeficijent varijacije je 21%. Prosečna čvrstoća na savijanje za stabla iz prirodnih sastojina iznosi 89,39 MPa. Koeficijent varijacije je nešto niži i iznosi 14,59%. Minimalna izmerena vrednost ove čvrstoće je 43,59 MPa, a maksimalna 119,22 MPa.

Prosečna vrednost čvrstoće na savijanje za stabla iz prirodnih sastojina je približna čvrstoći pri standardnoj vlažnosti koju je u svojim istraživanjima dobila Lukić – Simonović

(1970) a koji iznosi 96,7 MPa za omoriku i 98,6 MPa za smrču. Šoškić i Popović (2002) navode da je prosečna čvrstoća na savijanje smrču po Horvatu 78 MPa, a po Ugolevu 68,5 MPa. Prema Karahasanoviću (1992) čvrstoća na savijanje za smrču pri vlažnosti od $12\pm3\%$ iznosi 64 MPa. Ispitujući smrču iz 23 različite sastojine iz Švedske, Finske i Francuske, Johansson i Kliger (2000) su došli su do rezultata da je prosečna vrednost čvrstoće na savijanje 47,6 MPa i da varira između 38,1 MPa do 58,5 MPa. Gorišek et al. (2004) navode da je prosečna čvrstoća na savijanje smrču iz Slovenije 77,4 MPa, dok koeficijent varijacije iznosi 14,4%. Aanerød (2014) je došla do rezultata da smrča sa područja Norveške pri vlažnosti od 12% i prosečnoj gustini od 450 g/cm^3 , ima prosečnu čvrstoću na savijanje 47,3 MPa, dok koeficijent varijacije iznosi 24,7%. Daleko veće vrednosti čvrstoće na savijanje smrču dobili su u svojim istraživanjima Pushinskis et al. (2002). Oni su ispitujući smrču iz zapadne Letonije došli do rezultata da prosečna čvrstoća na savijanje iznosi 106,42 MPa. Raiskila et al. (2006) navodi da prosečna čvrstoća na savijanje drveta smrču iz kultura pri standardnoj vlažnosti i prosečnoj gustini od $0,414 \text{ g/cm}^3$ iznosi $67,51 \pm 11,50 \text{ MPa}$.

Čvrstoće na savijanje za stabla iz kultura su znatno niže, što je i očekivano s obzirom da ova stabla imaju manju gustinu, a gustina ima veliki uticaj na čvrstoću na savijanje. Kommert (1993) je istražujući čvrstoću na savijanje omorike iz kultura u Nemačkoj došao do rezultata da se njene prosečne vrednosti nalaze u intervalu od 57,6 MPa (prosečna gustina ispitanih epruveta je $0,424 \text{ g/cm}^3$) do 86 MPa (prosečna gustina ispitanih epruveta je $0,510 \text{ g/cm}^3$), što je jako slično rezultatima dobijenim u ovom istraživanju. Rosner et al. (2007) su ispitujući mlade klonove smrču došli do podataka da čvrstoća na savijanje iznosi 58,03 MPa. Pored gustine na ovaj napon utiču i greške drveta, a kako ih je na epruvetama za ispitivanje iz kultura bilo više, to može biti još jedan razlog za niže vrednosti i veću varijabilnost čvrstoće na savijanje.

Analiza varijanse čvrstoće na savijanje je pokazala da postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 87). Primenom Duncan testa lokaliteti su svrstani u pet homogenih grupa (Tabela 88).

Tabela 87. Analiza varijanse čvrstoće na savijanje po lokalitetima

Čvrstoća na savijanje	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
	4	86268	21567	142,07	0,00
	392	59510	152		
	396	145778			

Tabela 88. Duncan test- čvrstoća na savijanje

Lokalitet	Čvrstoća na savijanje	Homogene grupe				
		Aritm. sred.	1	2	3	4
SR	56,73		****			
DU	62,42			****		
GO	84,23				****	
S2	89,78					****
S1	94,86					****

Primena t-testa pri analizi čvrstoće na savijanje pokazala je da između kultura i prirodnih sastojina postoji statistički značajna razlika ($t=22,02$; $p=0,00$).

U Tabeli 89. su prikazane prosečne vrednosti čvrstoće na savijanje drveta za prvih četrdesetak godina rasta stabla koje potiče iz prirodnih sastojina kao i ostali statistički pokazatelji. Prosečna čvrstoća na savijanje je najmanje na lokalitetu Gostilja (83,52 MPa), a najveće na lokalitetu Stolac 2 (88,06 MPa). Najveće variranje savojne čvrstoće je na lokalitetu Gostilja (16,80%), a najmanje na lokalitetu Stolac 1 (11,76%). Kada uporedimo savojnu čvrstoću drveta za prvih četrdesetak godina rasta stabla i savojnu čvrstoću svih epruveta sa lokaliteta prirodnih sastojina, možemo da uočimo da su vrednosti savojne čvrstoće drveta malo razlikuju za lokalitete Gostilja i Stolac 2, dok je za lokalitet Stolac 1 ta razlika značajnija.

Tabela 89. Mere centralne tendencije i varijabiliteta čvrstoće na savijanje drveta za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina

Čvrstoća na savijanje	Lokalitet			PS
	GO	S1	S2	
n	63	39	41	143
As	MPa	83,52	85,59	88,06
-95		79,99	82,33	83,73
+95		87,06	88,85	92,38
SD		14,03	10,06	13,70
SG		1,77	1,61	2,14
Min		43,59	62,77	47,04
Max		108,12	104,41	105,21
CV	%	16,80	11,76	15,56

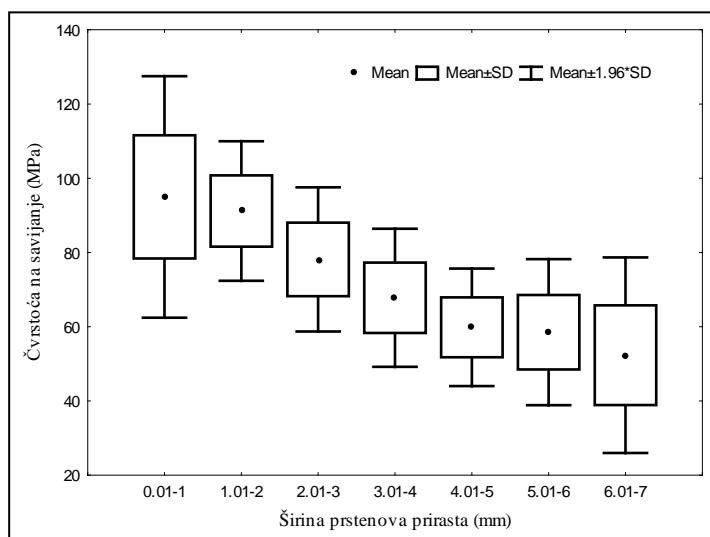
Analiza varijanse čvrstoće na savijanje za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina je pokazala da ne postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 90), za razliku od predhodne analize varijanse koja obuhvata sve godine rasta stabla, gde su tri lokaliteta prirodnih sastojina raspoređena u tri homogene grupe.

Tabela 90. Analiza varijanse čvrstoće na savijanje za prvi četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina

Čvrstoća na savijanje	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
	2	513	256	1,524	0,221439
	140	23562	168		
	142	24075			

4.4.1.1. Zavisnost čvrstoće na savijanje od širine prstena prirasta, učešća kasnog drveta i gustine drveta

Sa širinom prstenova prirasta menja se i čvrstoća na savijanje što možemo da vidimo na Grafikonu 68. gde su prikazane srednje vrednosti čvrstoće na savijanje i intervali u kojima se ona nalazi za 68% i 95% uzoraka, za različite intervale širine prstenova prirasta. Srednja vrednost čvrstoće na savijanje se kreće od 94,97 MPa za interval širine prstenova prirasta 0,01-1 mm, do 52,34 MPa za interval širine prstenova prirasta 6,01-7 mm.



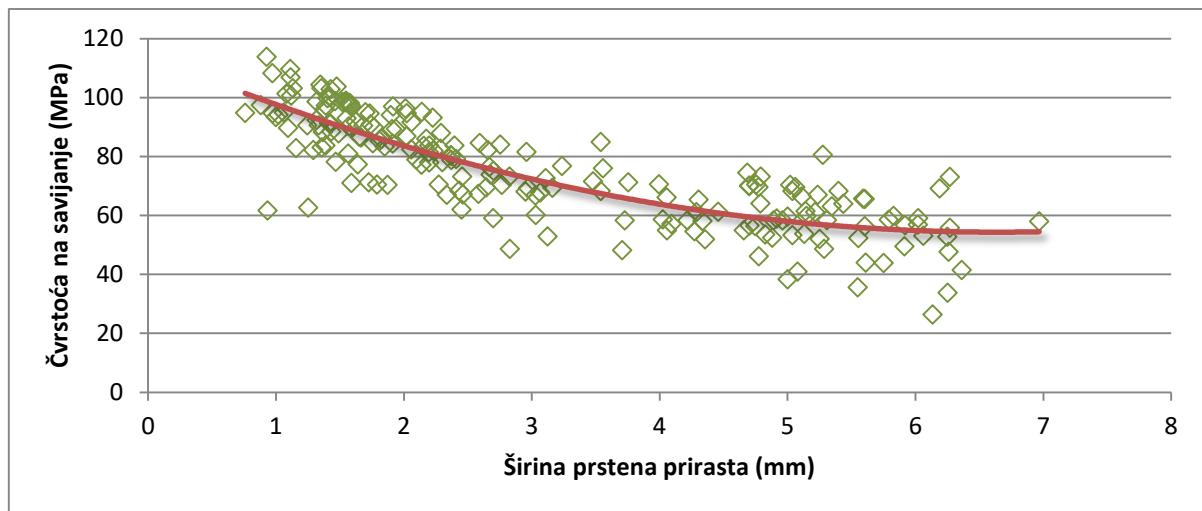
Grafikon 68. Srednje vrednosti čvrstoće na savijanje i intervali u kome se nalazi 68 i 95% uzoraka za različite intervale širine prstenova prirasta

Kako širina prstena prirasta utiče na čvrstoću na savijanje možemo videti sa Tabele 91. i Grafikona 69. Korelacije je negativna i vrlo jaka (koeficijent korelacijske je 0,84), a koeficijent determinacije je 0,70. Za razliku od ovih istraživanja, Lukić-Simonović (1970) je istražujući zavisnost čvrstoće na savijanje i širine prstenova prirasta omorike, došla do zaključka da korelacija praktično ne postoji (koeficijent korelacijske je 0,1), ali da sa povećanjem širine goda od 2,4 mm stabla imaju manju čvrstoću na savijanje. Jednačina regresije je:

$$\sigma_s = 1,3623x_{\text{špp}}^2 - 18,098x_{\text{špp}} + 114,4 \quad (38)$$

Tabela 91. Karakteristike regresije (zavisnost čvrstoće na savijanje od širine prstena prirasta)

Reg. koef.	Vrednost koefic.	Stand. greška koefic.	t	p	R	R ²	n
a	1,362	0,3147	4,3284	0,00	0,84	0,70	201
b	-18,089	2,2479	-8,0473	0,00			
c	114,401	3,2713	34,9717	0,00			



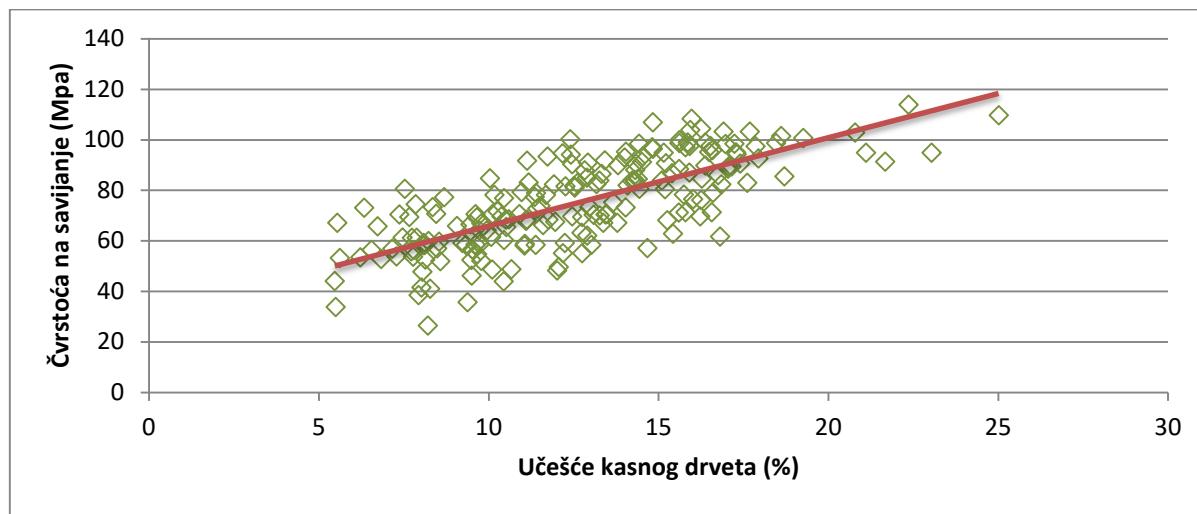
Grafikon 69. Zavisnost čvrstoće na savijanje od širine prstena prirasta

Sa porastom učešća kasnog drveta raste i čvrstoća na savijanje što možemo videti sa Tabele 92. i Grafikona 70. Korelacija je vrlo jaka (koeficijent korelacijske je 0,75), a koeficijent determinacije pokazuje da je 56% variranja čvrstoće na savijanje određeno variranjem učešća kasnog drveta. Jednačina regresije je:

$$\sigma_s = 3,4958x_{\text{ukd}} + 31,004 \quad (39)$$

Tabela 92. Karakteristike regresije (zavisnost čvrstoće na savijanje od učešća kasnog drveta)

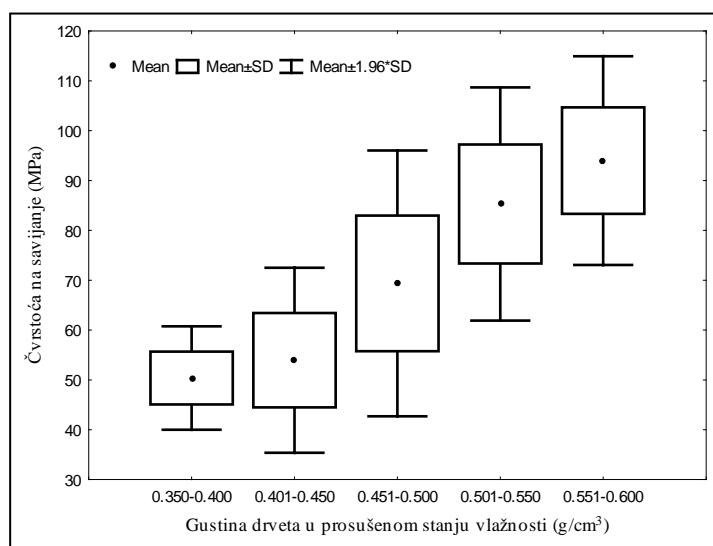
Reg. koef.	Vrednost koefic.	Stand. greška koefic.	t	p	Stan. greš. St	R	R ²	F	p	n
a	3,49579	0,2235	15,64251	0,0000	11,71	0,75	0,56	244,69	0,0000	197
b	31,00448	2,9394	10,54774	0,0000						



Grafikon 70. Zavisnost čvrstoće na savijanje od učešća kasnog drveta

Zavisnost čvrstoće na savijanje od gustine drveta su ispitivani od strane dosta istraživača. Tako Schlyter (1927) navodi da je ta zavisnost linearna, dok Baumann (1922) da je krivolinijska. U svakom slučaju sa porastom gustine drveta raste i čvrstoća na savijanje, što potvrđuje i ovo ispitivanje.

Na Grafikonu 71. su prikazane srednje vrednosti čvrstoće na savijanje i intervali u kojima se ona nalazi za 68% i 95% uzoraka, za različite intervale gustine u prosušenom stanju vlažnosti. Možemo da primetimo da sa povećanjem gustine raste i čvrstoća na savijanje, a njene prosečne vrednosti se kreću od 50,38 MPa za interval gustine 0,350-0,400 g/cm³, do 94 MPa za interval gustine 0,551-0,600 g/cm³.



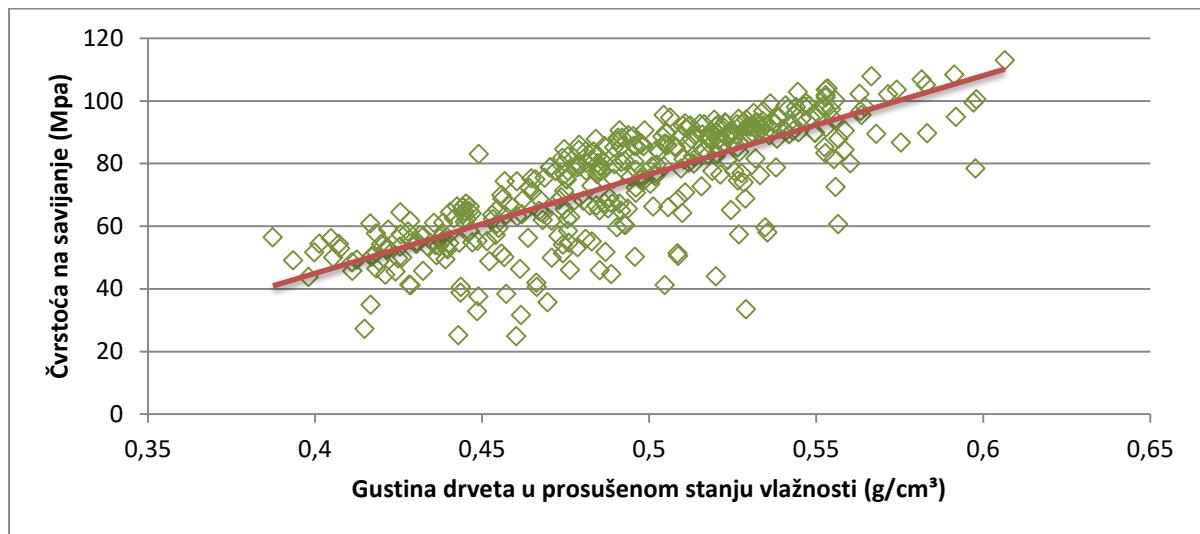
Grafikon 71. Srednje vrednosti čvrstoće na savijanje i intervali u kome se nalazi 68 i 95% uzoraka za različite intervale gustine u prosušenom stanju vlažnosti

Sa Tabele 93. i Grafikona 72. može se videti da je zavisnost čvrstoće na savijanje od gustine veoma jaka, što pokazuje koeficijent korelacije koji iznosi 0,79. Koeficijent determinacije je 0,62. Pri ispitivanju korelacije između gustine i čvrstoće na savijanje omorike Lukić-Simonović (1970) je dobila pozitivnu korelaciju sa koeficijentom korelacije 0,3, što je znatno manje od koeficijenta korelacije utvrđenog u ovom istraživanju. Pri ispitivanju ove zavisnosti kod smrče Raiskila et al. (2006) su dobili da je korelacija vrlo jaka i da koeficijent determinacije iznosi 0,76. Jednačina regresije je:

$$\sigma_s = 315,472x\rho_p - 81,229 \quad (40)$$

Tabela 93. Karakteristike regresije (zavisnost čvrstoće na savijanje od gustine drveta)

Reg. koef.	Vrednost koefic.	Stand. greška koefic.	t	p	Stan. greš. St	R	R ²	F	p	n
a	315,472	12,739	24,7638	0,0000	11,12	0,79	0,62	613,25	0,0000	385
b	-81,2287	6,3006	-12,8922	0,0000						



Grafikon 72. Zavisnost čvrstoće na savijanje od gustine drveta u prosušenom stanju vlažnosti

4.4.2. Napon na savijanje na granici proporcionalnosti

Pri ispitivanju epruveta osim čvrstoće na savijanje (maksimalnog napona na savijanje) utvrđen je i napon na granici proporcionalnosti, kao i odnos napona na granici proporcionalnosti i maksimalnog napona na savijanje. Prosečne vrednosti ovog napona pri stanardnoj vlažnosti kao i ostali statistički pokazatelji su prikazani u Tabeli 94.

Tabela 94. Mere centralne tendencije i varijabiliteta napona na savijanje na granici proporcionalnosti

Visina preseka	Lokalitet		KU	Lokalitet			PS
	DU	SR		GO	S1	S2	
I	30,61	31,50	31,02	41,17	49,67	42,73	44,63
II	34,54	31,92	33,41	41,47	47,10	45,45	44,68
III	33,82	26,32	30,44	43,89	47,85	42,78	44,84
n	81	65	146	90	88	83	261
As	MPa	32,89	30,21	31,70	42,18	48,21	44,72
-95		31,54	28,46	30,61	40,66	46,76	42,51
+95		34,24	31,96	32,79	43,70	49,66	45,01
SD		6,09	7,08	6,66	7,25	6,84	7,12
SG		0,68	0,88	0,55	0,76	0,73	0,44
Min		19,42	6,39	6,39	20,72	35,23	26,34
Max		53,52	46,08	53,52	62,69	70,36	56,15
CV	%	18,52	23,43	21,01	17,19	14,19	13,09
							15,92

Najmanje prosečne vrednosti savojnog napona na granici proporcionalnosti imaju stabla sa lokaliteta Srebrenica (30,21 MPa), a najveće stabla sa lokaliteta Stolac 1 (48,21 MPa). Vrednosti napona se kreću od minimalnih 6,39 MPa (lokalitet Srebrenica) do maksimalnih 70,36 MPa (lokalitet Stolac 1). Najmanje variranje ovog napona je na lokalitetu Stolac 2 (13,09%), a najveće na lokalitetu Srebrenica (23,43%).

Prosečna vrednost napona na savijanje na granici proporcionalnosti za stabla iz kultura iznosi 31,70 MPa, a za stabla iz prirodnih sastojina 44,72 MPa. Može se uočiti da vrednosti napona na granici proporcionalnosti više variraju za uzorke iz kultura (CV=21,01%) od onih iz prirodnih sastojina (CV=15,92%), kao što je slučaj i sa čvrstoćom na savijanje.

Analiza varijanse napona na savijanje na granici proporcionalnosti je pokazala da postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 95). Primenom Duncan testa lokaliteti su svrstani u četiri homogene grupe (Tabela 96). Samo lokaliteti Stolac 2 i Gostilja čine jednu homogenu grupu.

Tabela 95. Analiza varijanse napona na savijanje na granici proporcionalnosti po lokalitetima

Napon na savijanje na gran. prop.	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
	4	17863,7	4465,9	101,92	0,00
	402	17615,6	43,8		
	406	35479,3			

Tabela 96. Duncan test- napon na savijanje na granici proporcionalnosti

Lokalitet	Napon na savijanje na gran. prop.	Homogene grupe			
		Aritm. sred.	1	2	3
SR	30,21		****		
DU	32,89			****	
GO	42,18	****			
S2	43,76	****			
S1	48,21				****

Primena t-testa pri analizi napona na savijanje na granici proporcionalnosti pokazala je da između kultura i prirodnih sastojina postoji statistički značajna razlika ($t=-18,11$; $p=0,00$).

U Tabeli 97. su prikazane prosečne vrednosti napona na savijanje na granici proporcionalnosti drveta za prvih četrdesetak godina rasta stabla koje potiče iz prirodnih sastojina kao i ostali statistički pokazatelji. Prosečni napon je najmanji na lokalitetu Gostilja (41,50 MPa), a najveći na lokalitetu Stolac 2 (44,16 MPa). Najveće variranje napona na savijanje na granici proporcionalnosti je na lokalitetu Gostilja (17,85%), a najmanje na lokalitetu Stolac 1 (8,80%). I ovde, kao i kod čvrstoće na savijanje, najveća razlika u savojnom naponu na granici proporcionalnosti između uzorka koji obuhvata prvih četrdesetak godina rasta stabla i kompletognog uzorka se ispoljila na lokalitetu Stolac 1.

Tabela 97. Mere centralne tendencije i varijabiliteta napona na savijanje na granici proporcionalnosti za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina

Napon na savijanje na granici proporcionalnosti	Lokalitet			PS
	GO	S1	S2	
n	63	39	41	143
As	MPa	41,50	43,09	44,16
-95		39,64	41,86	42,20
+95		43,37	44,32	46,12
SD		7,41	3,79	6,21
SG		0,93	0,61	0,97
Min		20,72	35,23	26,34
Max		62,69	51,29	56,15
CV	%	17,85	8,80	14,06
				14,81

Analiza varijanse napona na savijanje na granici proporcionalnosti za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina je pokazala da ne postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 98).

Tabela 98. Analiza varijanse napona na savijanje na granici proporcionalnosti za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina

Napon na savijanje na gran. prop.	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
2	183,6	91,8	2,340	0,100108	
140	5492,7	39,2			
142	5676,3				

U Tabeli 99. prikazan je odnos napona na granici proporcionalnosti i maksimalnog napona na savijanje. Prosečno napon na granici proporcionalnosti za stabla iz kultura čini 53,56% od vrednosti maksimalnog napona, dok je za prirodne sastojine ta vrednost nešto niža i iznosi 50,18%. Variranje ovog odnosa je veće za drvo koje potiče iz kultura (koeficijent varijacije je 15,88%), dok za prirodne sastojine koeficijent varijacije iznosi 12,73%.

Tabela 99. Mere centralne tendencije i varijabiliteta odnosa napona na granici proporcionalnosti i maksimalnog napona na savijanje

Visina preseka	Lokalitet		KU	Lokalitet			PS
	DU	SR		GO	S1	S2	
I	53,58	55,10	54,27	49,53	52,35	51,61	51,14
II	51,23	53,01	52,00	49,50	49,16	48,01	48,88
III	55,97	52,88	54,58	52,67	51,14	47,82	50,63
n	81	65	146	90	88	83	261
As	53,39	53,78	53,56	50,57	50,88	49,03	50,18
-95	51,71	51,41	52,17	49,00	49,82	47,65	49,41
+95	55,08	56,14	54,95	52,14	51,94	50,42	50,96
SD	7,62	9,56	8,51	7,49	4,99	6,33	6,39
SG	0,85	1,19	0,70	0,79	0,53	0,70	0,40
Min	39,72	33,60	33,60	37,38	41,69	37,06	37,06
Max	75,64	89,93	89,93	74,29	67,04	75,12	75,12
CV	%	14,27	17,77	15,88	14,81	9,81	12,92
							12,73

Ovaj odnos, kako navodi Popović (1990), je dragocen podatak za određivanje sila iz područja proporcionalnosti za određivanje modula elastičnosti. Takođe ovaj podatak je bitan u praktičnoj primeni drveta gde se, ako znamo ovaj odnos, može sprečiti upotreba opterećenja koje prelazi ove vrednosti i dovodi do trajnih deformacija ili loma. Isti autor navodi da savojni napon na granici proporcionalnosti za bukvu iznosi prosečno 54,4% u radijalnom i 56% u tangencijalnom pravcu od vrednosti maksimalnog napona.

Analiza varijanse odnosa napona na granici proporcionalnosti i maksimalnog napona na savijanje je pokazala da postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 100). Primenom Duncan testa lokaliteti su svrstani u dve homogene grupe (Tabela 101). Jednu homogenu grupu čine stabla iz kultura (lokaliteti Dubrava i Srebrenica), a drugu stabla iz prirodnih sastojina (lokaliteti Stolac 1, Stolac 2 i Gostilja).

Tabela 100. Analiza varijanse odnosa napona na granici proporcionalnosti i maksimalnog napona na savijanje po lokalitetima

Odnos napona na gr. prop. i maks. nap. na savij.	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
	4	1239	310	5,95	0.000117
	402	20934	52		
	406	22173			

Tabela 101. Duncan test- odnos napona na granici proporcionalnosti i maksimalnog napona na savijanje

Lokalitet	Odnos napona na gr. prop. i maks. nap. na savijanje	Homogene grupe		
		Aritm. sred.	1	2
S2	49,03		****	
GO	50,57		****	
S1	50,88		****	
DU	53,39		****	
SR	53,78		****	

Primena t-testa pri analizi odnosa napona na granici proporcionalnosti i maksimalnog napona na savijanje pokazala je da između kultura i prirodnih sastojina postoji statistički značajna razlika ($t=4,53$; $p=0,00$).

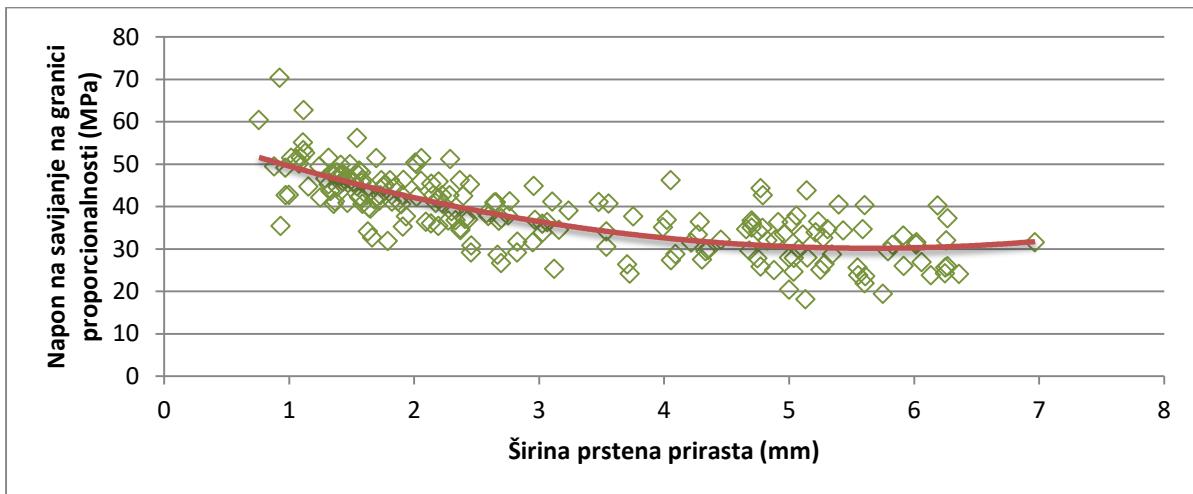
4.4.2.1. Zavisnost napona na savijanje na granici proporcionalnosti od širine prstena prirasta, učešća kasnog drveta i gustine drveta

Da širina prstena prirasta utiče negativno i na napon na savijanje na granici proporcionalnosti možemo videti sa Tabele 102. i Grafikona 73. Korelacije je vrlo jaka (koeficijent korelacije je 0,77), a koeficijent determinacije je 0,59. Jednačina regresije je:

$$\sigma_{sp} = 0,8969x\dot{sp}^2 - 10,13x\dot{sp} + 58,773 \quad (41)$$

Tabela 102. Karakteristike regresije (zavisnost napona na savijanje na granici proporcionalnosti od širine prstena prirasta)

Reg. koef.	Vrednost koefic.	Stand. greška koefic.	t	p	R	R ²	n
a	0,8969	0,184981	4,84881	0,000003	0,77	0,59	201
b	-10,1304	1,320813	-7,66981	0,000000			
c	58,7731	1,920062	30,60998	0,000000			



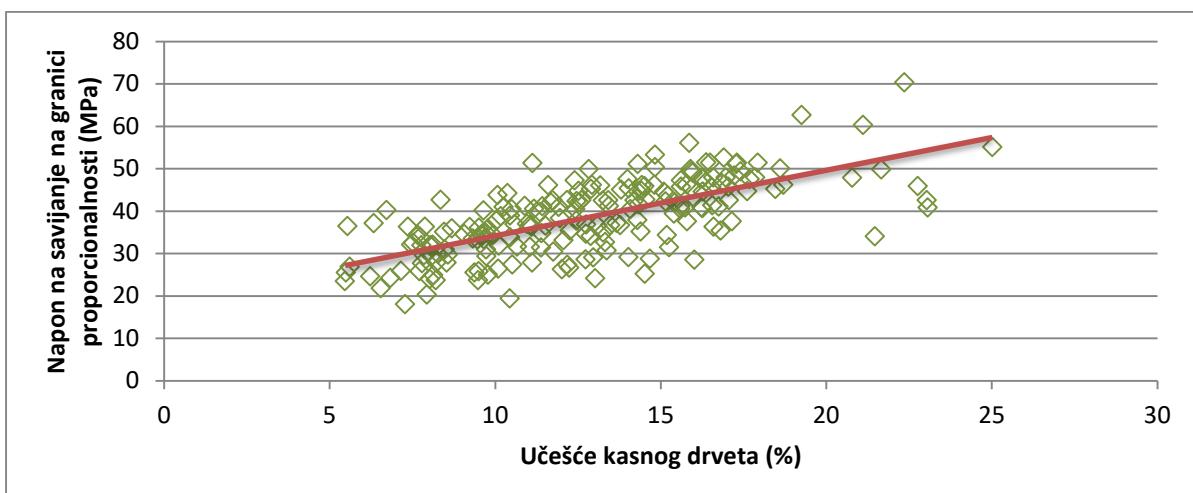
Grafikon 73. Zavisnost napona na savijanje na granici proporcionalnosti od širine prstena prirasta

Sa porastom učešća kasnog drveta povećava se i napon na savijanje na granici proporcionalnosti (Tabela 103. i Grafikon 74). Korelacija je jaka (koeficijent korelacije iznosi 0,69), dok je koeficijentom determinacije 47% variranja napona na savijanje na granici proporcionalnosti objašnjeno variranjem učešća kasnog drveta. Jednačina regresije je:

$$\sigma_{sp} = 1,5453x_{ukd} + 18,739 \quad (42)$$

Tabela 103. Karakteristike regresije (zavisnost napona na savijanje na granici proporcionalnosti od učešća kasnog drveta)

Reg. koef.	Vrednost koefic.	Stand. greška koefic.	t	p	Stan. greš. St	R	R ²	F	p	n
a	1,54534	0,1160	13,31307	0,0000	6,40	0,69	0,47	177,24	0,00	201
b	18,73865	1,5492	12,09565	0,0000						



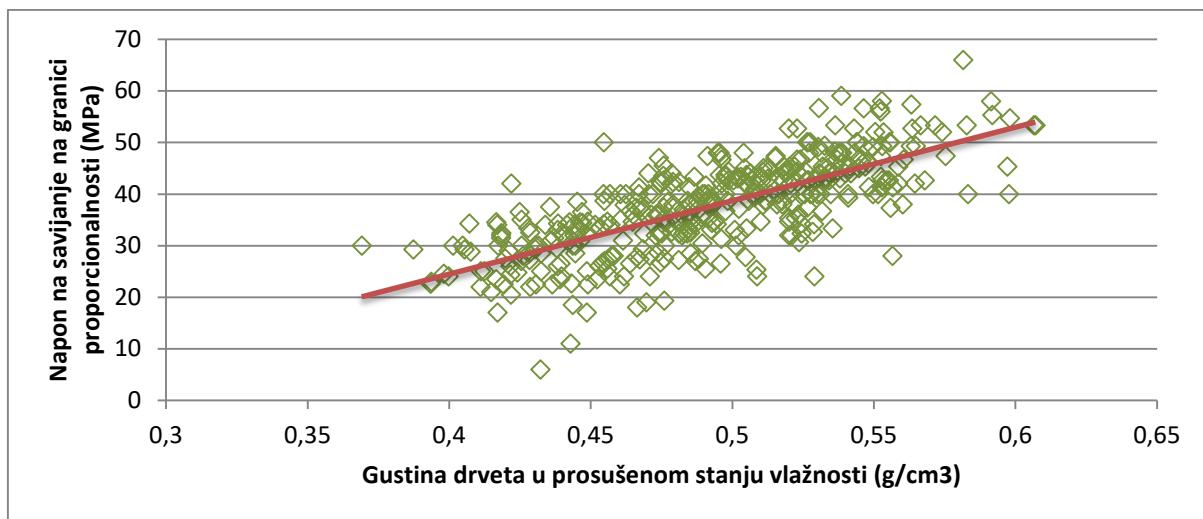
Grafikon 74. Zavisnost napona na savijanje na granici proporcionalnosti od učešća kasnog drveta

Zavisnost napona na savijanje na granici proporcionalnosti od gustine drveta u prosušenom stanju vlažnosti možemo videti sa Tabele 104. i Grafikona 75. Korelacija je pozitivna i jaka (koeficijent korelacije iznosi 0,73). Jednačina regresije je:

$$\sigma_{sp} = 142,42x\rho_p - 32,487 \quad (43)$$

Tabela 104. Karakteristike regresije (zavisnost napona na savijanje na granici proporcionalnosti od gustine drveta u prosušenom stanju vlažnosti)

Reg. koef.	Vrednost koefic.	Stand. greška koefic.	t	p	Stan. greš. St	R	R ²	F	p	n
a	142,4150	6,6298	21,48081	0,0000	6,06	0,73	0,54	461,43	0,00	400
b	-32,4872	3,2795	-9,90604	0,0000						



Grafikon 75. Zavisnost napona na savijanje na granici proporcionalnosti od gustine drveta u prosušenom stanju vlažnosti

4.4.3. Modul elastičnosti pri naponu na savijanje

Sa Tabele 105. možemo videti prosečne vrednosti modula elastičnosti pri naponu na savijanje pri standardnoj vlažnosti kao i ostale statističke parametre. Najmanju prosečnu vrednost modula elastičnosti imaju stabla sa lokaliteta Srebrenica (6936,40 MPa), a najveću stabla sa lokaliteta Stolac 2 (12161,92 MPa). Vrednosti modula elastičnosti kreću se od minimalnih 3609,03 MPa (lokalitet Srebrenica) do maksimalnih 22623,24 MPa (lokalitet Stolac 1). Najmanje variranje modula elastičnosti pri naponu na savijanje je na lokalitetu Stolac 2 (9,83%), a najveće na lokalitetu Dubrava (23,68%).

Stabla iz kultura imaju prosečnu vrednost modula elastičnosti pri naponu na savijanje 7289,81 MPa, dok je njegova minimalna vrednost 3609,03 MPa, a maksimalna 13233,61 MPa. Koeficijent varijacije iznosi 22,36%. Stabla iz prirodnih sastojina imaju daleko veći modul elastičnosti i njegova prosečna vrednost iznosi 11610,46 MPa. Minimalna vrednost ovog modula elastičnosti je 4572,29 MPa, a maksimalna 22623,24 MPa. Koeficijent varijacije za stabla iz prirodnih sastojina je, kao i kod čvrstoće na savijanje, niži u odnosu na koeficijent varijacije za stabla iz kultura i iznosi 16,54%.

Tabela 105. Mere centralne tendencije i varijabiliteta modula elastičnosti pri naponu na savijanje

Visina preseka	Lokalitet		KU	Lokalitet			PS
	DU	SR		GO	S1	S2	
I	6486,40	7175,63	6799,68	10674,33	11721,56	11699,33	11321,90
II	8400,39	7366,20	7954,27	10879,25	12182,87	12625,86	11886,10
III	7965,59	6078,84	7116,55	11308,40	11442,37	12074,75	11599,66
N	81	65	146	90	78	82	250
As	7573,41	6936,40	7289,81	10953,99	11788,18	12161,92	11610,46
-95	7176,93	6606,41	7023,15	10607,69	11217,91	11899,33	11371,31
+95	7969,89	7266,39	7556,47	11300,29	12358,46	12424,50	11849,61
SD	1793,07	1331,74	1630,20	1653,42	2529,33	1195,06	1919,86
SG	199,23	165,18	134,92	174,29	286,39	131,97	121,42
Min	4421,67	3609,03	3609,03	7139,96	4572,29	8696,43	4572,29
Max	13266,61	10756,72	13266,61	14059,81	22623,24	13975,26	22623,24
CV	%	23,68	19,20	22,36	15,09	21,46	9,83
							16,54

Prema Šoškiću i Popoviću (2002) vrednost modula elastičnosti pri naponu na savijanje za smrču se kreće od 7300 do 21400 MPa, a prosečno iznosi 11000 MPa, što je približno vrednostima modula elastičnosti za omoriku iz prirodnih sastojina. Johansson i Kliger (2000) navode da je prosečna vrednost modula elastičnosti pri naponu na savijanje za smrču 12500 MPa i da varira između 8000 MPa, za smrču koja ima najveće širine prstenova prirasta, do 15700

MPa. Prema Aanerød (2014) prosečni modul elastičnosti pri naponu na savijanje za smrču iznosi 12800 MPa, sa koeficijentom varijacije od 19,5%, dok prema Pushinskis et al. (2002) on iznosi 13660 MPa. Prema Raiskila et al. (2006) prosečni modul elastičnosti pri naponu na savijanje smrče iz kultura iznosi 9880 ± 1430 MPa pri standardnoj vlažnosti, dok je prosečna gustina ispitanih uzoraka $0,414 \text{ g/cm}^3$.

Primena t-testa pri analizi modula elastičnosti pri naponu na savijanje pokazala je da između kultura i prirodnih sastojina postoji statistički značajna razlika ($t=22,81; p=0,00$).

Analiza varijanse modula elastičnosti pri naponu na savijanje je pokazala da postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 106). Primenom Duncan testa lokaliteti su svrstani u četiri homogene grupe (Tabela 107), iz kojih se vidi da jedino između lokaliteta Stolac 1 i Stolac 2 ne postoji statistički značajna razlika.

Tabela 106. Analiza varijanse modula elastičnosti pri naponu na savijanje po lokalitetima

Modul ela. napona na savijanje	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
	4	1,801481E+09	4,503702E+08	144,07	0,00
	391	1,222311E+09	3,126116E+06		
	395	3,023792E+09			

Tabela 107. Duncan test-modul elastičnosti pri naponu na savijanje

Lokalitet	Mod. ela. napona na savijanje	Homogene grupe			
		Aritm. sred.	1	2	3
SR	6936,40			****	
DU	7573,41				****
GO	10953,99				
S1	11788,18	****			
S2	12161,92	****			

Prosečne vrednosti modula elastičnosti pri naponu na savijanje drveta za prvih četrdesetak godina rasta stabla koje potiče iz prirodnih sastojina kao i ostali statistički pokazatelji su prikazane u Tabeli 108. Prosečni modul elastičnosti je najmanji na lokalitetu Stolac 1 (10370,02 MPa), a najveći na lokalitetu Stolac 2 (12108,70 MPa). Najveće variranje modula elastičnosti je na lokalitetu Stolac 1 (25,66%), a najmanje na lokalitetu Stolac 2 (10,26%). I ovde

kao i kod čvrstoće na savijanje, razlika u modulu elastičnosti između uzorka koji obuhvata prvih četrdesetak godina rasta stabla i kompletног uzorka se jedino ispoljila na lokalitetu Stolac 1.

Tabela 108. Mere centralne tendencije i varijabiliteta modula elastičnosti pri naponu na savijanje drveta za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina

Modul elastičnosti	Lokalitet			PS
	GO	S1	S2	
n	63	34	40	137
As	10890,97	10370,02	12108,70	11117,23
-95	10461,47	9441,42	11711,25	10781,87
+95	11320,47	11298,63	12506,15	11452,58
SD	1705,402	2661,392	1242,744	1984,906
SG	214,86	456,425	196,495	169,582
Min	7139,957	1231,92	8949,07	1231,92
Max	14059,81	17869,11	13889,98	17869,11
CV	%	15,66	25,66	10,26
				17,85

Analiza varijanse modula elastičnosti pri naponu na savijanje za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina je pokazala da postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 109). Primenom Duncan testa lokaliteti su svrstani u dve homogene grupe (Tabela 110). Lokalitet Stolac 2 se izdvaja u posebnu homogenu grupu sa najvećom prosečnom vrednošću modula elastičnosti.

Tabela 109. Analiza varijanse modula elastičnosti pri naponu na savijanje za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina

Modul ela. napona na savijanje	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
	2	6,152808E+07	3,076404E+07	8,692	0,000282
	134	4,742919E+08	3,539492E+06		
	136	5,358200E+08			

Tabela 110. Duncan test-modul elastičnosti pri naponu na savijanje za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina

Lokalitet	Mod. ela. napona na savijanje	Homogene grupe	
		Aritm. sred.	
S1	10370,02	1	****
GO	10890,97	2	****
S2	12108,70		****

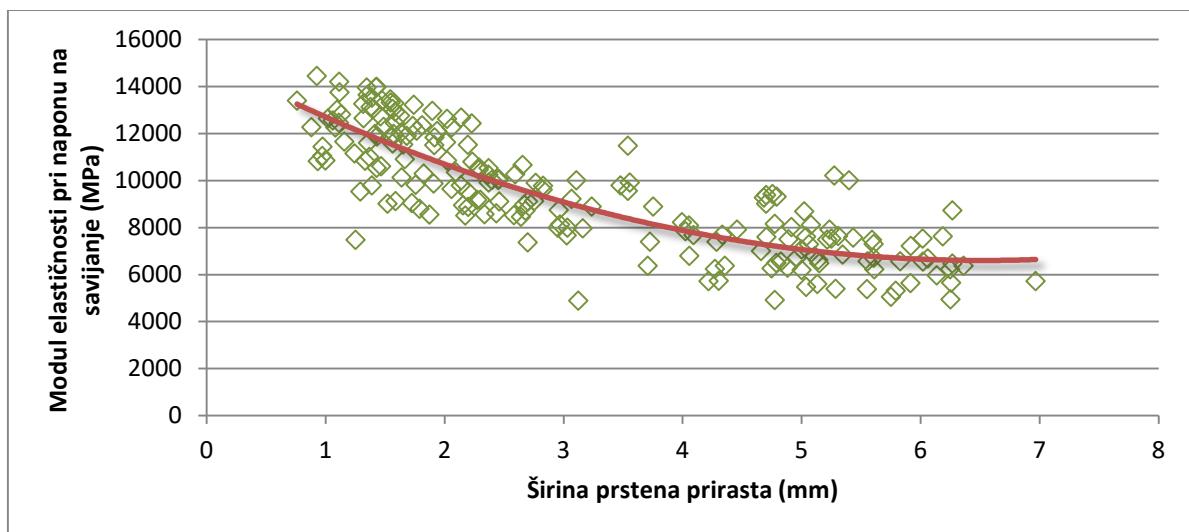
4.4.3.1. Zavisnost modula elastičnosti pri naponu na savijanje od širine prstena prirasta, učešća kasnog drveta i gustine drveta

Modul elastičnosti pri naponu na savijanje, kao i čvrstoća na savijanje, pokazuje veliku korelaciju sa širinom prstena prirasta (Tabela 111. i Grafikon 76). Korelacija je takođe negativna i vrlo jaka što pokazuje koeficijent korelacije 0,85. Koeficijent determinacije iznosi 0,71. Jednačina regresije je:

$$E_s = 200,1x\dot{sh}pp^2 - 2611,1x\dot{sh}pp + 15120 \quad (44)$$

Tabela 111. Karakteristike regresije (zavisnost modula elastičnosti pri naponu na savijanje od širine prstena prirasta)

Reg. koef.	Vrednost koefic.	Stand. greška koefic.	t	p	R	R ²	n
a	200,10	43,7226	4,5767	0,00	0,85	0,71	201
b	-2611,14	312,1238	-8,3657	0,00			
c	15120,02	453,8534	33,3148	0,00			



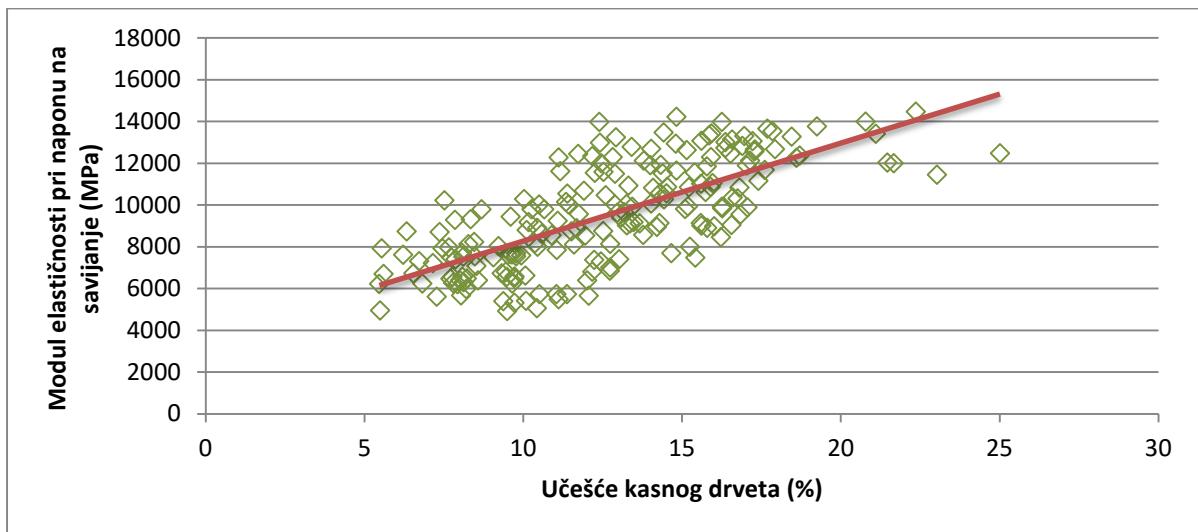
Grafikon 76. Zavisnost modula elastičnosti pri naponu na savijanje od širine prstena prirasta

Sa povećanjem učešća kasnog drveta povećava se modul elastičnosti pri naponu na savijanje, što se može videti sa Grafikona 77. Koeficijent korelacije iznosi 0,72 (Tabela 112), pa možemo konstatovati da je korelacija jaka. Na osnovu koeficijenta determinacije 52% variranja modula elastičnosti možemo objasniti variranjem učešća kasnog drveta. Jednačina regresije je:

$$E_s = 468,88xukd + 3581,2 \quad (45)$$

Tabela 112. Karakteristike regresije (zavisnost modula elastičnosti pri naponu na savijanje od učešća kasnog drveta)

Reg. koef.	Vrednost koefic.	Stand. greška koefic.	t	p	Stan. greš. St	R	R ²	F	p	n
a	468,885	32,3263	14,50476	0,0000						
b	3581,175	426,5110	8,39644	0,0000	1711,69	0,72	0,52	210,39	0,0000	195



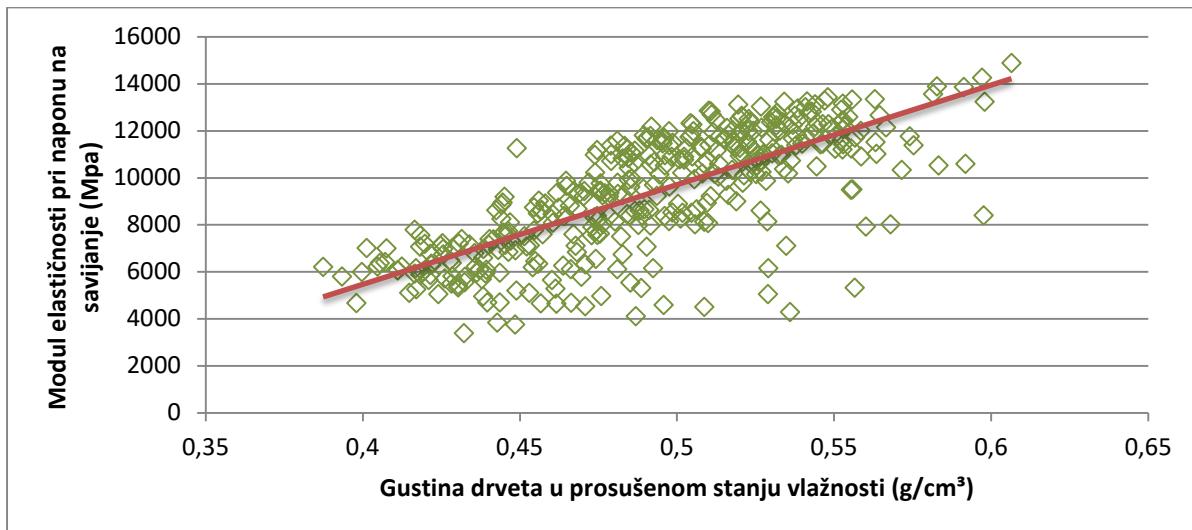
Grafikon 77. Zavisnost modula elastičnosti pri naponu na savijanje od učešća kasnog drveta

Sa povećanjem gustine drveta povećava se i modul elastičnosti pri naponu na savijanje. Ta zavisnost je linearna, što se može videti sa Tabele 113. i Grafikona 78. Korelacija je vrlo jaka (koeficijent korelacijske je 0,75), a koeficijent determinacije je 0,56. U svom istraživanju Raiskila et al. (2006) navode da je korelacija između gustine i modula elastičnosti drveta smrče nešto manja od korelacije između gustine i napona na savijanje, što je slučaj i u ovom istraživanju. U njihovom istraživanju koeficijent determinacije iznosi 0,47. Jednačina regresije je:

$$E_s = 42367x\rho_p - 11475,5 \quad (46)$$

Tabela 113. Karakteristike regresije (zavisnost modula elastičnosti pri naponu na savijanje od gustine drveta)

Reg. koef.	Vrednost koefic.	Stand. greška koefic.	t	p	Stan. greš. St	R	R ²	F	p	n
a	42366,9	1930,58	21,9451	0,0000						
b	-11475,5	954,29	-12,0252	0,0000	1684,93	0,75	0,56	481,59	0,0000	383



Grafikon 78. Zavisnost modula elastičnosti pri naponu na savijanje od gustine drveta u prosušenom stanju vlažnosti

4.4.3.2. Zavisnost čvrstoće na savijanje od modula elastičnosti

Istražujući korelaciju između čvrstoće na savijanje i modula elastičnosti kod smrče Johansson i Kliger (2000) su došli do rezultata da je koeficijent determinacije 0,51. Jednačina odnosa između savijanje i modula elastičnosti koju navodi Johansson et al. (1992) je:

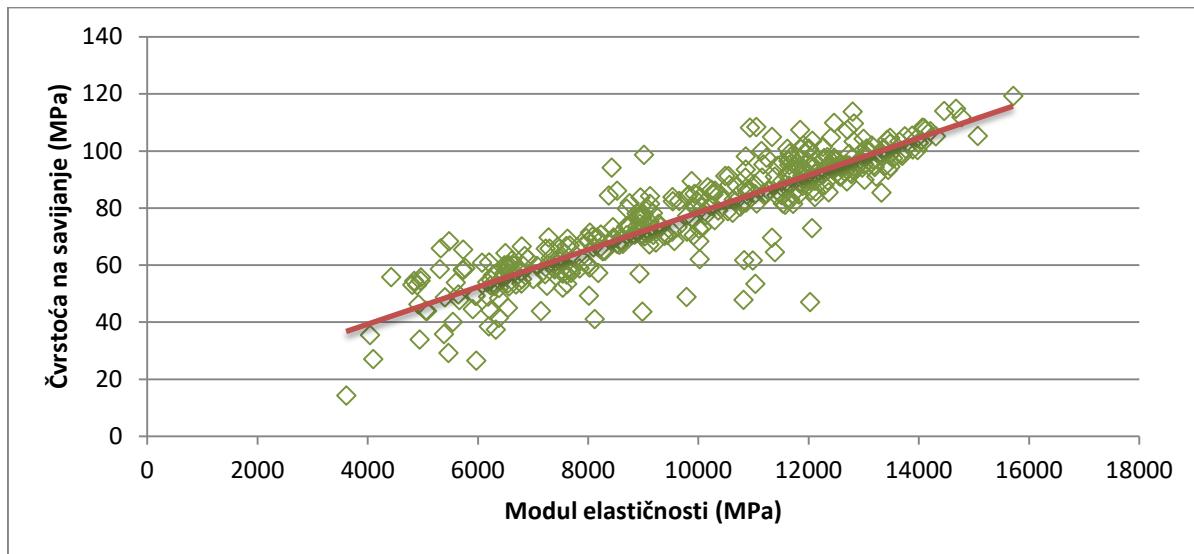
$$\sigma_s = 0,00383 \times E_s - 2,4.$$

Zavisnost čvrstoće na savijanje od modula elastičnosti ispitanih u ovom radu možemo videti sa Tabele 114. i Grafikona 79. Korelacija je linearна и pozitivна, а на основу коeficijenta korelacije koji iznosi 0,90, možemo zaključiti da je korelacija vrlo jaka. Jednačina regresije je:

$$\sigma_s = 0,0065 \times E_s + 13,2064 \quad (47)$$

Tabela 114. Karakteristike regresije (zavisnost čvrstoće na savijanje od modula elastičnosti)

Reg. koef.	Vrednost koefic.	Stand. greška koefic.	t	p	Stan. greš. St	R	R ²	F	p	n
a	0,0065	0,00016	41,032	0,00	8,36	0,90	0,81	1683,6	0,00	392
b	13,2056	1,64369	8,034	0,00						



Grafikon 79. Zavisnost čvrstoće na savijanje od modula elastičnosti

4.4.4. Čvrstoća na pritisak paralelno sa vlakancima

Srednje vrednosti maksimalnog napona (čvrstoće) na pritisak paralelno sa vlakancima pri standardnoj vlažnosti kao i ostali statistički parametri prikazani su u Tabeli 115. Najniže vrednosti ove čvrstoće imaju stabla sa lokaliteta Srebrenica (31,97 MPa), dok se lokalitet Stolac 1 izdvaja po najvišim vrednostima (49,63 MPa). Najmanje variranje čvrstoće na pritisak imaju stabla sa lokaliteta Stolac 2 (12,34%), a najveće stabla sa lokaliteta Dubrava (19,34%).

Prosečna vrednost čvrstoće na pritisak paralelno sa vlakancima za stabla iz kultura iznosi 32,44 MPa. Minimalna utvrđena vrednost ove čvrstoće je 20,97 MPa, a maksimalna 46,31 MPa. Koeficijent varijacije iznosi 16,95%. Za stabla iz prirodnih sastojina prosečna vrednost ove čvrstoće iznosi 46,08 MPa, minimalna 24,05 MPa, a maksimalna 71,98 MPa. Koeficijent varijacije je približan koeficijentu varijacije za stabla iz kultura i iznosi 17,56%.

Posmatrajući promenu vrednosti čvrstoće na pritisak po visini možemo da uočimo da ona raste sa visinom za stabla iz kultura, dok kod prirodnih sastojina njena prosečna vrednost opada.

Tabela 115. Mere centralne tendencije i varijabiliteta čvrstoće na pritisak paralelno sa vlakancima

Visina preseka	Lokalitet		KU	Lokalitet			PS
	DU	SR		GO	S1	S2	
I	29,13	31,16	30,14	44,40	50,86	48,26	47,84
II	35,19	31,83	33,57	39,12	50,99	46,36	45,63
III	34,35	32,98	33,69	42,62	47,06	44,55	44,74
n	45	43	88	44	45	45	134
As	32,89	31,97	32,44	42,11	49,63	46,39	46,08
-95	30,98	30,60	31,27	39,80	46,95	44,67	44,69
+95	34,80	33,34	33,61	44,43	52,32	48,11	47,46
SD	6,36	4,45	5,50	7,61	8,93	5,72	8,09
SG	0,95	0,68	0,59	1,15	1,33	0,85	0,70
Min	22,10	20,97	20,97	26,62	33,98	24,05	24,05
Max	46,31	39,94	46,31	59,49	71,98	58,53	71,98
CV	%	19,34	13,93	16,95	18,07	18,00	12,34
							17,56

Lukić-Simonović (1970) navodi da je čvrstoća na pritisak omorike pri standardnoj vlažnosti sa dva staništa 471 kp/cm^2 , odnosno 46,19 MPa, što je skoro identično rezultatima za prirodne sastojine iz ovog rada. Isti autor navodi da čvrstoća na pritisak smrče sa istih staništa pri standardnoj vlažnosti iznosi 45,31 MPa. Ispitujući smrču iz alpskih i subalpskih predela

Slovenije Gorišek et al. (2004) su došli do podataka da prosečna čvrstoća na pritisak pri standardnoj vlažnosti iznosi 41 MPa, sa koeficijentom varijacije od 14,2%. Slične rezultate za smrču je dobila u svojim istraživanjima Lukić-Simonović (1960) prema kojima vrednost čvrstoće na pritisak iznosi 41,7 MPa pri gustini od 0,448 g/cm³. Rosner et al. (2007) navode da napon na pritisak mladih stabala smrče iznosi 51,93 MPa. Gryc i Vavrčík (2009) ispitujući napon na pritisak smrče sa i bez reakcionog drveta došli do podataka da prosečni napon smrče bez reakcionog drveta iznosi 44,78 MPa, a sa reakcionim 45,06 MPa. Prema Šoškiću i Popoviću (2002) prosečna čvrstoća na pritisak za smrču pri standardnoj vlažnosti iznosi 50 MPa. Nešto veće vrednosti napona na pritisak paralelno sa vlakancima za smrču navode Pushinskis et al. (2002), koji su došli do rezultata da prosečni napon na pritisak iznosi 55,9 MPa, pri gustini drveta od 507 kg/m³. Ispitujući napon na pritisak paralelno sa vlakancima juvenilnog drveta smrče Šoškić et al. (2008) su došli do rezultata da taj napon pri standardnoj vlažnosti iznosi 38,01 MPa, sa koeficijentom varijacije od 12,2%, pri prosečnoj gustini od 0,441 g/cm³. Slične rezultate za ovaj napon su dobili Pazdrowski i Splawa-Neyman (2003) za drvo smrče između juvenilnog i zrelog, prema kojima ta vrednost iznosi 38,2 MPa.

Analiza varijanse čvrstoće na pritisak paralelno sa vlakancima pokazala je da postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 116). Primenom Duncan testa lokaliteti su svrstani u četiri homogene grupe (Tabela 117). Lokaliteti na kojima su kulture su svrstane u jednu homogenu grupu, dok su tri lokaliteta prirodnih sastojina odvojeni u tri homogene grupe.

Tabela 116. Analiza varijanse čvrstoće na pritisak paralelno sa vlakancima po lokalitetima

Čvrstoća na pritisak paralelno sa vlakancima	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
	4	11160,2	2790,1	60,209	0,00
	217	10055,7	46,3		
	221	21216,0			

Tabela 117. Duncan test - čvrstoća na pritisak paralelno sa vlakancima

Lokalitet	Čvrstoća na pritisak par. sa vl.	Homogene grupe				
		Aritm. sred.	1	2	3	4
SR	31,97	****				
DU	32,89	****				
GO	42,11		****			
S2	46,39			****		
S1	49,63				****	

Primena t-testa pri analizi čvrstoće na pritisak paralelno sa vlakancima pokazala je da između kultura i prirodnih sastojina postoji statistički značajna razlika ($t=13,84$; $p=0,00$).

U Tabeli 118. su prikazane prosečne vrednosti čvrstoće na pritisak paralelno sa vlakancima drveta za prvih četrdesetak godina rasta stabla koje potiče iz prirodnih sastojina kao i ostali statistički pokazatelji. Prosečna čvrstoća na pritisak je najmanja na lokalitetu Gostilja (39,52 MPa), a najveća na lokalitetu Stolac 2 (46,08 MPa). Najveće variranje ove čvrstoće je na lokalitetu Gostilja (17,60%), a najmanje na lokalitetu Stolac 2 (10,09%). Razlika u čvrstoći na pritisak između uzorka koji obuhvata prvih četrdesetak godina rasta stabla i kompletног uzorka se najviše ispoljila na lokalitetu Stolac 1, manje na lokalitetu Gostilja, a skoro da je nema na lokalitetu Stolac 2.

Tabela 118. Mere centralne tendencije i varijabiliteta čvrstoće na pritisak paralelno sa vlakancima drveta za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina

Čvrstoća na pritisak paralelno sa vlakancima	Lokalitet			PS
	GO	S1	S2	
n	29	24	23	76
As -95 +95 SD SG Min Max	39,52	43,36	46,08	42,72
	36,87	41,18	44,07	41,27
	42,16	45,55	48,09	44,17
	6,95	5,16	4,65	6,34
	1,29	1,05	0,97	0,73
	26,62	33,98	32,50	26,62
	59,49	55,64	53,52	59,49
CV	%	17,60	11,91	10,09
				14,83

Analiza varijanse čvrstoće na pritisak paralelno sa vlakancima za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina pokazala je da postoji statistički značajna razlika između ova tri lokaliteta (Tabela 119). Primenom Duncan testa lokaliteti su svrstani u dve homogene grupe (Tabela 120). Lokalitet Gostilja se nalazi u posebnoj homogenoj grupi kao lokalitet sa najmanjom prosečnom vrednošću čvrstoće na pritisak paralelno sa vlakancima.

Tabela 119. Analiza varijanse čvrstoće na pritisak paralelno sa vlakancima za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina

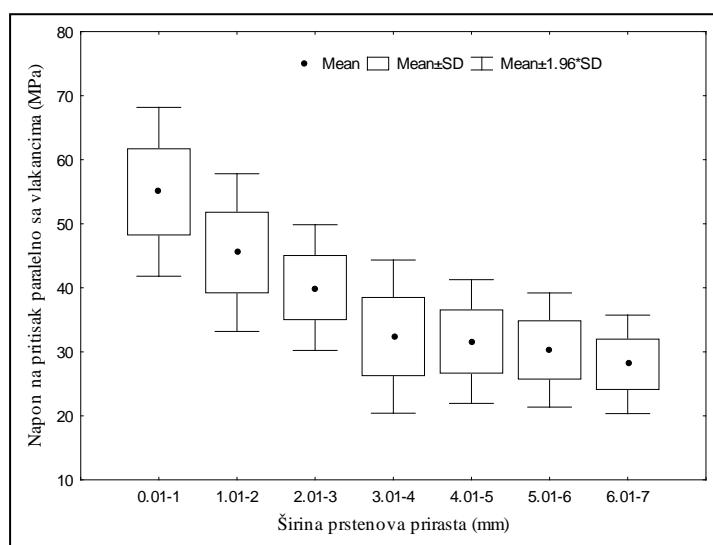
Čvrstoća na pritisak paralelno sa vlakancima	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
	2	567,5	283,8	8,480	0,000488
	73	2442,7	33,5		
	75	3010,3			

Tabela 120. Duncan test - čvrstoća na pritisak paralelno sa vlakancima za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina

Lokalitet	Čvrstoća na pritisak par. sa vlakancima	Homogene grupe		
		Aritm. sred.	1	2
GO	39,52			****
S1	43,36		****	
S2	46,08		****	

4.4.4.1. Zavisnost čvrstoće na pritisak paralelno sa vlakancima od širine prstena prirasta, učešća kasnog drveta i gustine drveta

Sa širinom prstenova prirasta menja se i čvrstoća na pritisak paralelno sa vlakancima što možemo da vidimo na Grafikonu 80. gde su prikazane srednje vrednosti čvrstoće na pritisak i intervali u kojima se ona nalazi za 68% i 95% uzoraka, za različite intervale širine prstenova prirasta. Srednja vrednost čvrstoće na savijanje se kreće od 54,99 MPa za interval širine prstenova prirasta 0,01-1 mm, do 28,05 MPa za interval širine prstenova prirasta 6,01-7 mm.



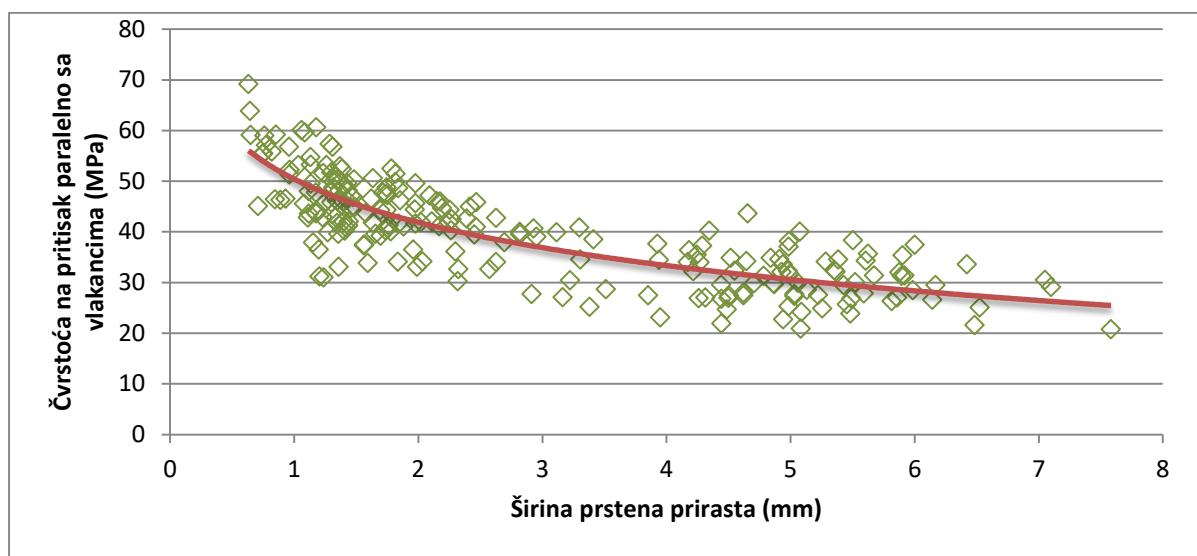
Grafikon 80. Srednja vrednost, standardna devijacija i interval napona na pritisak paralelno sa vlakancima u kome se nalazi 68 i 95% uzoraka za različite intervale širine prstena prirasta

Sa Tabele 121. i Grafikona 81. možemo videti da postoji jasna negativna korelacija između čvrstoće na pritisak paralelno sa vlakancima i širine prstenova prirasta. Korelacija je vrlo jaka na šta nam ukazuje koeficijent korelacije 0,82, dok koeficijent determinacije iznosi 0,67. Jednačina regresije je:

$$\sigma_p = -12,32 \ln(\dot{sh}pp) + 50,42 \quad (48)$$

Tabela 121. Karakteristike regresije (zavisnost čvrstoće na pritisak paralelno sa vlakancima od širine prstena prirasta)

Regr. koef.	Vrednost koefic.	Stand. greška koefic.	t	p	R	R ²	n
a	-12,316	0,57019	-21,600	0,00	0,82	0,68	221
b	50,418	0,61588	81,862	0,00			



Grafikon 81. Zavisnost čvrstoće na pritisak paralelno sa vlakancima od širine prstenova prirasta

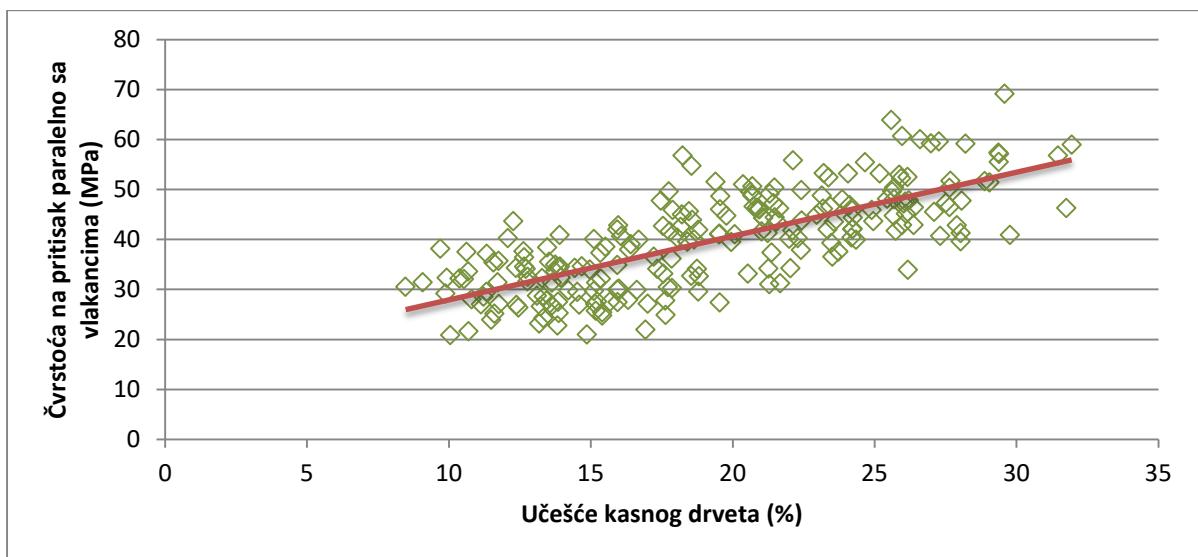
Ispitujući zavisnost čvrstoće na pritisak od širine prstena prirasta Lukić-Simonović (1970) je takođe došla do rezultata da drvo omorike užih prstenova prirasta ima veću čvrstoću na pritisak, ali je dobila jako mali koeficijent korelacije koji iznosi 0,1 koji pokazuje da korelacija između ova dva parametra praktično ne postoji. Ispitujući uticaj širine prstena prirasta drveta smrče na čvrstoću na pritisak paralelno sa vlakancima Šoškić et al. (2008) su došli do zaključka da postoji negativna korelacija logaritamskog oblika kao i u ovom istraživanju i da koeficijent determinacije iznosi 0,46.

Kada posmatramo zavisnost čvrstoće na pritisak paralelno sa vlakancima od učešća kasnog drveta možemo uočiti da postoji jaka pozitivna korelacija (Tabela 122. i Grafikon 82). Koeficijent korelacije iznosi 0,74. Jednačina regresije je:

$$\sigma_p = 1,2782x_{ukd} + 15,128 \quad (49)$$

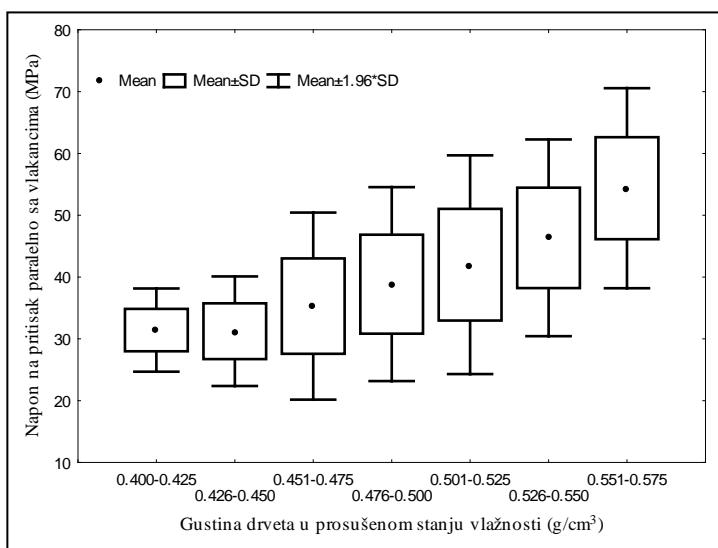
Tabela 122. Karakteristike regresije (zavisnost čvrstoće na pritisak paralelno sa vlakancima od učešća kasnog drveta)

Reg. koef.	Vrednost koefic.	Stand. greška koefic.	t	p	Stan. greš. St	R	R ²	F	p	n
a	1,27821	0,0779	16,417	0,0000		6,049	0,74	0,55	269,51	0,0000
b	15,1284	1,5628	9,6801	0,0000						221



Grafikon 82. Zavisnost čvrstoće na pritisak paralelno sa vlakancima od učešća kasnog drveta

Na Grafikonu 83. su prikazane srednje vrednosti čvrstoće na pritisak paralelno sa vlakancima i intervali u kojima se ona nalazi za 68% i 95% uzoraka, za različite intervale gustine u prosušenom stanju vlažnosti. Možemo da primetimo da sa povećanjem gustine raste i čvrstoća na pritisak, a njene prosečne vrednosti se kreću od 31,24 MPa za interval gustine 0,426-0,450 g/cm³, do 54,37 MPa za interval gustine 0,551-0,575 g/cm³.



Grafikon 83. Srednja vrednost, standardna devijacija i interval napona na pritisak paralelno sa vlakancima u kome se nalazi 68 i 95% uzoraka za različite intervale gustine drveta u prosušenom stanju vlažnosti

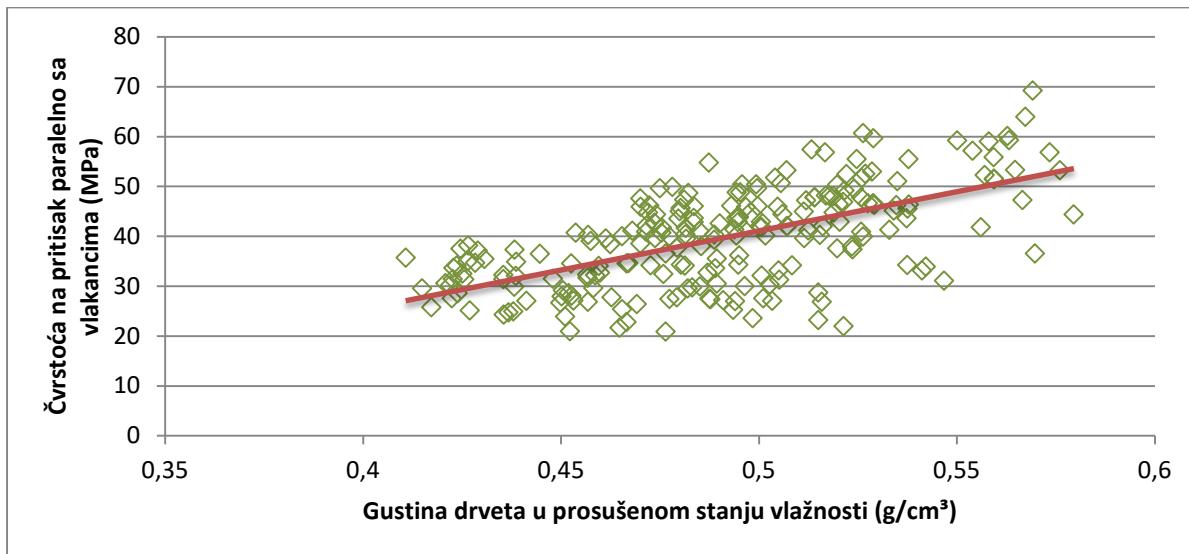
Da se povećanjem gustine drveta povećava i čvrstoća na pritisak paralelno sa vlakancima potvrđuje i ovo istraživanje. Sa Tabele 123. i Grafikona 84. možemo videti da postoji jaka pozitivna korelacija (koeficijent korelacije iznosi 0,62). Na osnovu koeficijenta determinacije 38% variranja čvrstoće na pritisak paralelno sa vlakancima objašnjeno je variranjem gustine drveta. Jednačina regresije je:

$$\sigma_p = 157,29x\rho_p - 37,534 \quad (50)$$

Kako gustina utiče na čvrstoću na pritisak paralelno sa vlakancima ispitivala je i Lukić-Simonović (1970), koja je došla do rezultata da koeficijent korelacije između ova dva svojstva iznosi 0,243 i dosta je manji od koeficijenta korelacije dobijenog u ovom radu. Prema Šoškić et al. (2008) korelacija između gustine juvenilnog drveta smrče i čvrstoće na pritisak paralelno sa vlakancima izražena je kvadratnom funkcijom sa koeficijentom determinacije od 0,43.

Tabela 123. Karakteristike regresije (zavisnost čvrstoće na pritisak paralelno sa vlakancima od gustine drveta)

Reg. koef.	Vrednost koefic.	Stand. greška koefic.	t	p	Stan. greš. St	R	R ²	F	p	n
a	157,2881	13,4376	11,705	0,0000	7,64	0,62	0,38	137,01	0,0000	222
b	-37,5336	6,6173	-5,6720	0,0000						



Grafikon 84. Zavisnost čvrstoće na pritisak paralelno sa vlakancima od gustine drveta u prosušenom stanju vlažnosti

4.4.5. Napon na pritisak upravno na vlakanca

Napon na pritisak upravno na vlakanca je značajno manji od napona na pritisak paralelno sa vlakancima i kao takav često može biti limitirajuće svojstvo za mnoge građevinske konstrukcije, nameštaj, parket i druge proizvode od drveta. Kada govorimo o ovom naponu moramo imati na umu da ne postoji maksimalni napon koji se registruje u trenutku neposredno pre loma, zato što se će drvo pri dejstvu sile upravno na vlakanca biti samo zbijeno. Iz ovih razloga za definisanje napona na pritisak upravno na vlakanca uzima se napon na granici proporcionalnosti ili napon pri deformaciji od 1% (Kollmann i Cote 1968).

Kod četinara i prstenasto poroznih lišćara dijagram sile je različit zavisno od toga da li je dejstvo sile u radijalnom ili u tangencijalnom pravcu. Ako je pravac dejstva sile u tangencijalnom pravcu dijagram napona je jednofazni, a ako je pravac dejstva sile u radijalnom pravcu dijagram napona je trofazni (Šoškić i Popović 2002).

4.4.5.1. Napon na pritisak upravno na vlakanca na granici proporcionalnosti pri dejstvu sile u tangencijalnom pravcu

U Tabeli 124. prikazane su prosečne vrednosti napona na pritisak na granici proporcionalnosti pri dejstvu sile u tangencijalnom pravcu po lokalitetima pri standardnoj vlažnosti, kao i ostali statistički parametri. Najmanju prosečnu vrednost ovog napona imaju stabla sa lokalitetom Srebrenica (2,84 MPa), a najveću stabla sa lokalitetom Stolac 1 (3,25 MPa). Koeficijent varijacije se kreće od 20,16% (lokalitet Dubrava) do 27,54% (lokalitet Stolac 1).

Tabela 124. Mere centralne tendencije i varijabiliteta napona na pritisak upravno na vlakanca na granici proporcionalnosti pri dejstvu sile u tangencijalnom pravcu

Visina preseka	Lokalitet		KU	Lokalitet			PS
	DU	SR		GO	S1	S2	
I	3,19	2,44	2,81	3,06	2,97	3,13	3,05
II	2,63	2,60	2,62	2,49	3,61	2,87	2,99
III	2,69	2,73	2,71	2,80	3,16	2,60	2,86
n	27	25	52	35	36	36	107
As	2,84	2,58	2,71	2,78	3,25	2,86	2,97
-95	2,61	2,30	2,54	2,56	2,95	2,60	2,81
+95	3,06	2,86	2,89	3,01	3,55	3,13	3,12
SD	0,57	0,68	0,63	0,66	0,89	0,78	0,81
SG	0,11	0,14	0,09	0,11	0,15	0,13	0,08
Min	1,61	1,41	1,41	1,55	1,90	1,66	1,55
Max	3,75	4,97	4,97	4,06	5,04	4,87	5,04
CV	%	20,16	26,37	23,35	23,85	27,54	27,17

Prosečna vrednost napona na pritisak upravno na vlakanca na granici proporcionalnosti pri dejstvu sile u tangencijalnom pravcu za stabla iz kultura iznosi 2,71 MPa, minimalna izmerena vrednost je 1,41 MPa, a maksimalna 4,97 MPa. Koeficijent varijacije iznosi 23,35%. Prosečna vrednost ovog napona za stabla iz prirodnih sastojina iznosi 2,97 MPa, minimalna 1,55 MPa, a maksimalna 5,04 MPa. Koeficijent varijacije je 27,17%.

Analiza varijanse napona na pritisak upravno na vlakanca na granici proporcionalnosti pri dejstvu sile u tangencijalnom pravcu pokazala je da postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 125). Primenom Duncan testa lokaliteti su svrstani u dve homogene grupe, i to tako da se u jednoj grupi nalazi lokalitet Stolac 1, a svi ostali lokaliteti u drugoj grupi (Tabela 126).

Tabela 125. Analiza varijanse napona na pritisak upravno na vlakanca na granici proporcionalnosti pri dejstvu sile u tangencijalnom pravcu po lokalitetima

Napon na pritisak upravno na vlakanca (T)	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
4	7,545	1,886	3,454	0,01	
154	84,100	0,546			
158	91,645				

Tabela 126. Duncan test - napon na pritisak upravno na vlakanca na granici proporcionalnosti pri dejstvu sile u tangencijalnom pravcu

Lokalitet	Napon na prit. uprav. na vlak. (T)	Homogene grupe	
		Aritm. sred.	
		1	2
SR	2,58	****	
GO	2,78	****	
DU	2,84	****	
S2	2,86	****	
S1	3,25		****

Primena t-testa pri analizi napona na pritisak upravno na vlakanca na granici proporcionalnosti pri dejstvu sile u tangencijalnom pravcu pokazala je da između kultura i prirodnih sastojina postoji statistički značajna razlika ($t=1,99$; $p=0,05$).

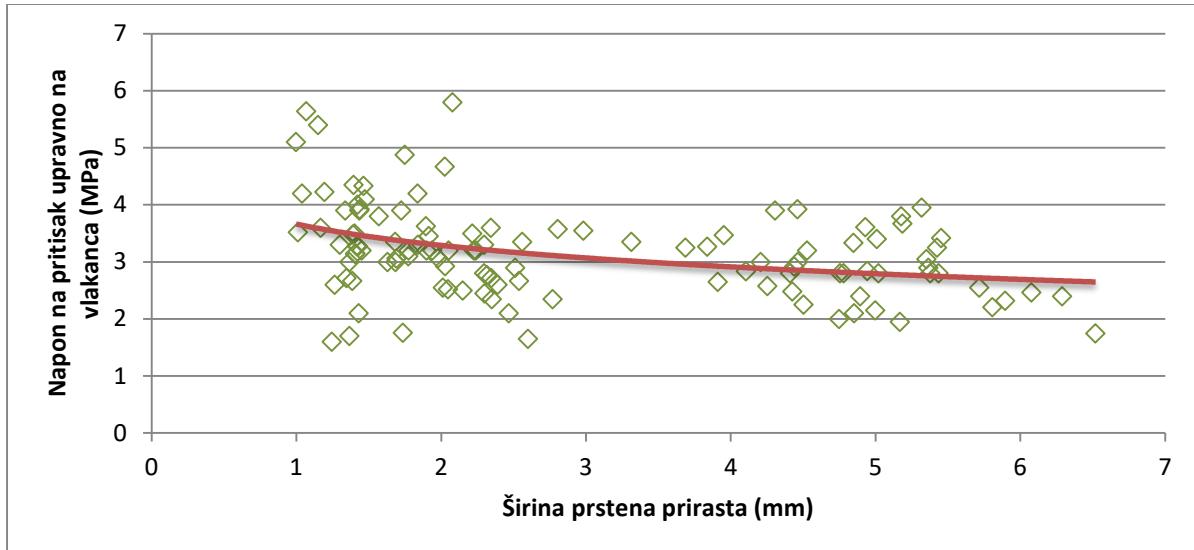
4.4.5.1.1. Zavisnost napona na pritisak upravno na vlakanca na granici proporcionalnosti pri dejstvu sile u tangencijalnom pravcu od širine prstena prirasta učešća kasnog drveta i gustine drveta

Posmatrajući uticaj širine prstena prirasta na pritisak upravno na vlakanca na granici proporcionalnosti pri dejstvu sile u tangencijalnom pravcu sa Tabele 127. i Grafikona 85. možemo uočiti da je utvrđena negativna korelacija. Međutim ova korelacija je slaba, što nam pokazuje koeficijent korelacije koji iznosi 0,38. Na osnovu koeficijenta determinacije samo 14% variranja ovog svojstva je objašnjeno variranjem širine prstenova prirasta. Jednačina regresije je:

$$\sigma_{put} = -0,542 \ln(\dot{shpp}) + 3,664 \quad (51)$$

Tabela 127. Karakteristike regresije (zavisnost napona na pritisak na granici proporcionalnosti upravno na vlakanca u tangencijalnom pravcu od širine prstena prirasta)

Regr. koef.	Vrednost koefic.	Stand. greška koefic.	t	p	R	R ²	n
a	-0,54166	0,12559	-4,3130	0,00003	0,38	0,14	115
b	3,66393	0,13600	26,9405	0,00000			



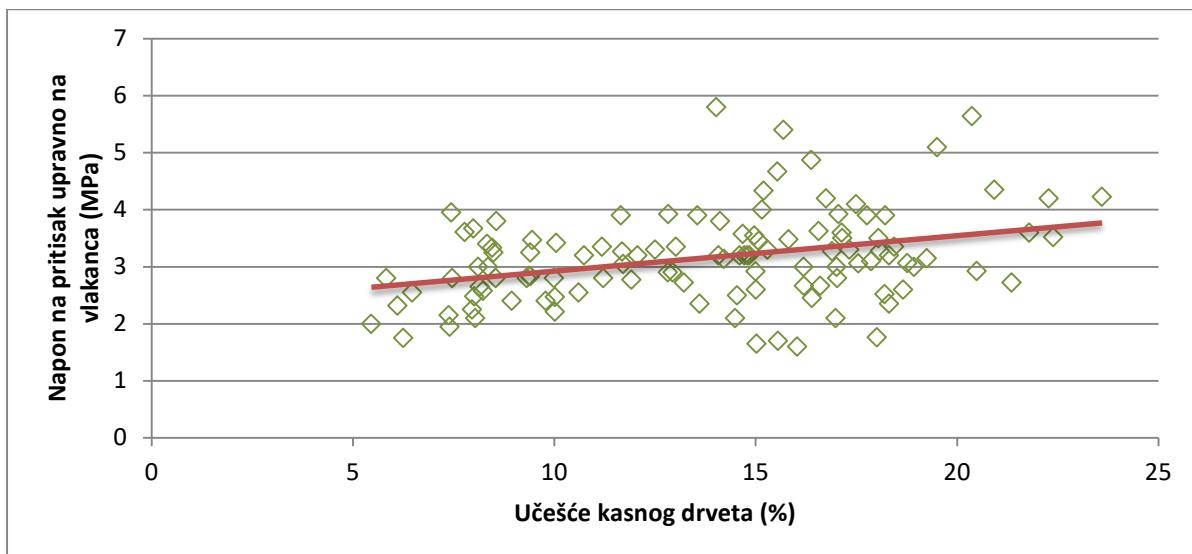
Grafikon 85. Zavisnost napona na pritisak na granici proporcionalnosti upravno na vlakanca u tangencijalnom pravcu od širine prstena prirasta

Sa Tabele 128. i Grafikona 86. možemo videti da se sa povećanjem učešća kasnog drveta povećava i napon na pritisak na granici proporcionalnosti upravno na vlakanca u tangencijalnom pravcu. Koeficijent korelacije iznosi 0,34, što nam govori da je korelacija slaba, isto kao i kod odnosa ovog napona i širine prstenova prirasta. Koeficijent determinacije iznosi 0,12. Jednačina regresije je:

$$\sigma_{put} = 0,0623x_{ukd} + 2,3006 \quad (52)$$

Tabela 128. Karakteristike regresije (zavisnost napona na pritisak na granici proporcionalnosti upravno na vlakanca u tangencijalnom pravcu od učešća kasnog drveta)

Regr. koef.	Vrednost koefic.	Stand. greška koefic.	t	p	Stan. greš. St	R	R ²	F	p	n
a	0,06231	0,0160	3,8901	0,0000						
b	2,30064	0,2312	9,9507	0,0002	0,748	0,34	0,12	15,13	0,0002	115



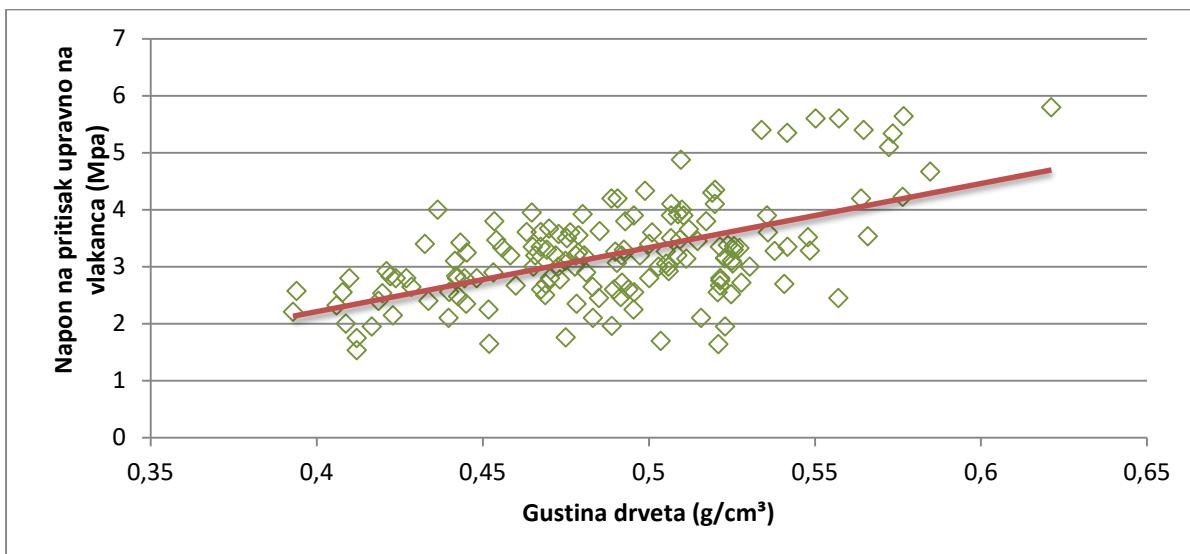
Grafikon 86. Zavisnost napona na pritisak na granici proporcionalnosti upravno na vlakanca u tangencijalnom pravcu od učešća kasnog drveta

Kako gustina drveta utiče na napon na pritisak na granici proporcionalnosti upravno na vlakanca u tangencijalnom pravcu možemo videti sa Tabele 129. i Grafikona 87. Korelacija je pozitivna i jaka, sa koeficijentom korelacije 0,57. Na osnovu koeficijenta determinacije 33% variranja ovog svojstva je objašnjeno variranjem gustine drveta. Jednačina regresije je:

$$\sigma_{put} = 11,256x\rho_p - 2,2901 \quad (53)$$

Tabela 129. Karakteristike regresije (zavisnost napona na pritisak na granici proporcionalnosti upravno na vlakanca u tangencijalnom pravcu od gustine drveta u prosušenom stanju vlažnosti)

Regr. koef.	Vrednost koefic.	Stand. greška koefic.	t	p	Stan. greš. St	R	R ²	F	p	n
a	11,25597	1,3068	8,6133	0,0000						
b	-2,29011	0,6412	-3,5713	0,0005	0,705	0,57	0,33	74,19	0,0000	154



Grafikon 87. Zavisnost napona na pritisak na granici proporcionalnosti upravno na vlakanca u tangencijalnom pravcu od gustine drveta u prosušenom stanju vlažnosti

4.4.5.2. Napon na pritisak upravno na vlakanca na granici proporcionalnosti pri dejstvu sile u radikalnom pravcu

Srednje vrednosti napona na pritisak upravno na vlakanca na granici proporcionalnosti pri dejstvu sile u radikalnom pravcu, kao i ostali statistički parametri prikazani su u Tabeli 130. Srednje vrednosti se kreću od 2,69 MPa (lokalitet Stolac 2) do 3,68 MPa (lokalitet Dubrava). Najveće variranje ovog napona je na lokalitetu Stolac 2 (30,65%), a najmanje na lokalitetu Srebrenica (16,23%).

Prosečna vrednost napona na pritisak upravno na vlakanca na granici proporcionalnosti pri dejstvu sile u radikalnom pravcu za stabla iz kultura iznosi 3,36 MPa, dok je koeficijent varijacije 21,25%. Minimalna izmerena vrednost iznosi 1,80 MPa, a maksimalna 5,38 MPa. Za stabla iz prirodnih sastojina prosečna vrednost ovog napona je 2,98 MPa, minimalna 1,50 MPa, a maksimalna 6,21 MPa. Koeficijent varijacije je 25,78%.

Tabela 130. Mere centralne tendencije i varijabiliteta napona na pritisak upravno na vlakanca na granici proporcionalnosti pri dejstvu sile u radijalnom pravcu

Visina preseka	Lokalitet		KU	Lokalitet			PS
	DU	SR		GO	S1	S2	
I	4,08	2,95	3,48	2,84	3,05	2,69	2,87
II	3,30	3,00	3,16	2,95	3,53	2,89	3,12
III	3,68	3,11	3,43	3,26	3,10	2,50	2,95
n	25	23	48	36	36	35	107
As	3,68	3,01	3,36	3,02	3,23	2,69	2,98
-95	3,38	2,80	3,16	2,80	2,98	2,41	2,84
+95	3,99	3,23	3,57	3,24	3,48	2,98	3,13
SD	0,75	0,49	0,71	0,65	0,75	0,83	0,77
SG	0,15	0,10	0,10	0,11	0,12	0,14	0,07
Min	2,33	1,80	1,80	1,98	1,78	1,50	1,50
Max	5,38	3,67	5,38	4,27	4,68	6,21	6,21
CV	%	20,26	16,23	21,25	21,49	23,17	30,65
							25,78

Analiza varijanse napona na pritisak upravno na vlakanca na granici proporcionalnosti pri dejstvu sile u radijalnom pravcu pokazala je da postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 131). Primenom Duncan testa lokaliteti su svrstani u tri homogene grupe (Tabela 132), odakle vidimo da se lokalitet Dubrava statistički značajno razlikuje od svih ostalih lokaliteta, dok se lokalitet Stolac 1 statistički značajno razlikuje od lokaliteta Stolac 2.

Tabela 131. Analiza varijanse napona na pritisak upravno na vlakanca na granici proporcionalnosti pri dejstvu sile u radijalnom pravcu po lokalitetima

	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
Napon na prit. uprav. na vlak. (R)	4	15,351	3,838	7,565	0,00
	150	76,101	0,507		
	154	91,452			

Tabela 132. Duncan test - napon na pritisak upravno na vlakanca na granici proporcionalnosti pri dejstvu sile u radijalnom pravcu

Lokalitet	Napon na prit. uprav. na vlak. (R)	Homogene grupe		
		Aritm. sred.	1	2
S2	2,69	****		
SR	3,01	****	****	
GO	3,02	****	****	
S1	3,23		****	
DU	3,68			****

Primena t-testa pri analizi napona na pritisak upravno na vlakanca na granici proporcionalnosti pri dejstvu sile u radijalnom pravcu pokazala je da između kultura i prirodnih sastojina postoji statistički značajna razlika ($t=2,91$; $p=0,004$).

Upoređujući napon na pritisak upravno na vlakanca na granici proporcionalnosti pri dejstvu sile u tangencijalnom i pri dejstvu sile u radijalnom pravcu, možemo videti da stabla iz kultura koja imaju manju gustinu od stabala iz prirodnih sastojina, pokazuju manji napon na pritisak u tangencijalnom pravcu, a veći u radijalnom pravcu od stabala iz prirodnih sastojina. Rothmund (1949) je ispitivajući napon na pritisak upravno na vlakanca smrče došao do rezultata da smrča koja ima manju gustinu ima veći napon na pritisak u radijalnom pravcu, a smrča veće gustine ima veći napon na pritisak u tangencijalnom pravcu, što je slučaj i kod ovih istraživanja. Kao razlog ovakvih rezultata može se navesti to što pri dejstvu sile u radijalnom pravcu napon je određen samo ranim drvetom (Schneeweiß i Felber 2013), a njegovo učešće je veće kod drveta manje gustine. Napon u radijalnom pravcu je određen najslabijim slojem ranog drveta, dok se slojevi kasnog drveta ponašaju kao distributeri opterećenja. Na napona na pritisak pri dejstvu sile u tangencijalnom pravcu kasno drvo ima daleko veći uticaj od ranog.

Između napona na pritisak upravno na vlakanca na granici proporcionalnosti pri dejstvu sile u radijalnom pravcu i širine prstena prirasta, učešća kasnog drveta i gustine drveta, korelacija nije utvrđena.

4.4.6. Dinamički napon na savijanje

Prosečne vrednosti dinamičkog napona na savijanje (napona na udar) po lokalitetima kao i osnovni statistički parametri dati su u Tabeli 133. Možemo primetiti da najmanju prosečnu vrednost napona na udar imaju stabla sa lokaliteta Srebrenica - $3,13 \text{ J/cm}^2$ i stabla sa lokaliteta Dubrava – $3,15 \text{ J/cm}^2$, odnosno stabla iz kultura. Najveću prosečnu vrednost imaju stabla sa lokaliteta Stolac 2 – $5,44 \text{ J/cm}^2$, dok stabla sa lokaliteta Gostilja i Stolac 1 imaju napon na udar oko 5 J/cm^2 .

Tabela 133. Mere centralne tendencije i varijabiliteta dinamičkog napon na savijanje

Visina preseka	Lokalitet		KU	Lokalitet			PS
	DU	SR		GO	S1	S2	
I	2,82	3,24	3,03	5,21	5,01	5,90	5,36
II	3,21	3,02	3,11	4,74	4,89	5,47	5,03
III	3,40	3,13	3,28	4,90	5,21	4,98	5,03
n	45	42	87	44	45	44	135
As	J/cm^2	3,15	3,13	3,14	4,94	5,04	5,44
-95		2,92	2,90	2,98	4,70	4,83	5,19
+95		3,37	3,35	3,29	5,19	5,24	5,69
SD		0,76	0,73	0,74	0,81	0,68	0,81
SG		0,11	0,11	0,08	0,12	0,10	0,12
Min		1,94	2,12	1,94	2,96	3,54	4,15
Max		5,29	4,71	5,29	6,73	6,50	7,77
CV	%	24,16	23,18	23,56	16,31	13,43	14,84
							15,27

Vrednosti dinamičkog napona za stabla iz kultura kreću se od minimalnih $1,94 \text{ J/cm}^2$ do maksimalnih $5,29 \text{ J/cm}^2$, dok njegova prosečna vrednost iznosi $3,14 \text{ J/cm}^2$. Koeficijent varijacije je 23,56%. Za stabla iz prirodnih sastojina prosečni dinamički napon na savijanje iznosi $5,14 \text{ J/cm}^2$, dok je minimalna izmerena vrednost $2,96 \text{ J/cm}^2$, a maksimalna $7,77 \text{ J/cm}^2$. Koeficijent varijacije je dosta manji i iznosi 15,27%.

Šoškić i Popović (2002) navode da dinamički napon na savijanje varira u širokim granicama i da koeficijent varijacije ovog svojstva iznosi 32%, što znači da i najmanje odstupanje u strukturi građe drveta, prisustvo grešaka kao i sama zdravost drveta utiču na ovo svojstvo. To dokazuju i ova istraživanja, iako koeficijenti varijacije nemaju tako visoke vrednosti. Naime, stabla iz kulture imaju veći koeficijent varijacije (Dubrava - 24,16% i

Srebrenica - 23,18%) od stabala iz prirodnih sastojina (Gostilja – 16,31%, Stolac 1 – 13,43% i Stolac 2 – 14,84%). To se može objasniti strukturom građe drveta kao i manjim greškama koje su postojale na epruvetama i pored nastojanja da se smanje na najmanju moguću meru.

Ispitujući napon na udar omorike Lukić-Simonović (1970) je došla do rezultata da ovaj napon prosečno iznosi $0,37 \text{ kpm/cm}^2$, odnosno $3,63 \text{ J/cm}^2$, što je u ovom radu približnije rezultatima dobijenim za kulture. Isti autor navodi da prosečna vrednost ovog napona za smrču iznosi $0,33 \text{ kpm/cm}^2$, dok je prema Šoškiću i Popoviću (2002) ta vrednost $3,9 \text{ J/cm}^2$. Upoređujući ove rezultate možemo zaključiti da i stabla iz kultura što se tiče napona na udar imaju dosta visoke vrednosti.

Analiza varijanse dinamičkog napona na savijanje pokazala je da postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 134). Primenom Duncan testa lokaliteti su svrstani u tri homogene grupe (Tabela 135). U jednu grupu su izdvojeni lokaliteti na kojima su kulture, dok su lokaliteti na kojima su prirodne sastojine izdvojeni u dve homogene grupe.

Tabela 134. Analiza varijanse dinamičkog napona na savijanje po lokalitetima

Dinamički napon na savijanje	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
	4	218,066	54,516	95,904	0,00
	217	123,354	0,568		
	221	341,420			

Tabela 135. Duncan test- dinamički napon na savijanje

Lokalitet	Dinamički napon na savijanje Aritm. sred.	Homogene grupe		
		1	2	3
SR	3,13	****		
DU	3,15	****		
GO	4,95		****	
S1	5,04		***	
S2	5,44			****

Primena t-testa pri analizi dinamičkog napona na savijanje pokazala je da između sastojina različitog porekla (kultura i prirodnih sastojina) postoji statistički značajna razlika ($t=18,98$; $p=0,00$).

U Tabeli 136. su prikazane prosečne vrednosti dinamičkog napona na savijanje drveta za prvih četrdesetak godina rasta stabla koje potiče iz prirodnih sastojina kao i ostali statistički pokazatelji. Prosečna vrednost dinamičkog napona na savijanje je najmanja na lokalitetu Stolac 1 ($4,69 \text{ J/cm}^2$), a najveća na lokalitetu Stolac 2 ($5,25 \text{ J/cm}^2$). Najveće variranje ovog napona je na lokalitetu Gostilja (17,28%), a najmanje na lokalitetu Stolac 1 (14,33%). Razlika u dinamičkom naponu na savijanje između uzorka koji obuhvata prvih četrdesetak godina rasta stabla i kompletног uzorka se najviše ispoljila na lokalitetu Stolac 1, manje na lokalitetu Stolac 2, a skoro da se nije ispoljila na lokalitetu Gostilja.

Tabela 136. Mere centralne tendencije i varijabiliteta dinamičkog napona na savijanje drveta za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina

Dinamički napon na savijanje	Lokalitet			PS
	GO	S1	S2	
n	22	18	22	62
As -95 +95 SD SG Min Max	4,96	4,69	5,25	4,98
	4,58	4,35	4,89	4,78
	5,34	5,02	5,61	5,19
	0,86	0,67	0,81	0,81
	0,18	0,16	0,17	0,10
	2,96	3,54	4,15	2,96
	6,44	6,15	7,10	7,10
CV	%	17,28	14,33	15,45
				16,27

Analiza varijanse dinamičkog napona na savijanje za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina pokazala je da ne postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 137). Ovaj rezultat se razlikuje od rezultata predhodne analize varijanse gde se lokalitet Stolac 2 sa najvećom prosečnom vrednošću dinamičkog napona na savijanje izdvojio u posebnu homogenu grupu.

Tabela 137. Analiza varijanse dinamičkog napona na savijanje za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina

Dinamički napon na savijanje	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
	2	3,199	1,600	2,558	0,086042
	59	36,896	0,625		
	61	40,095			

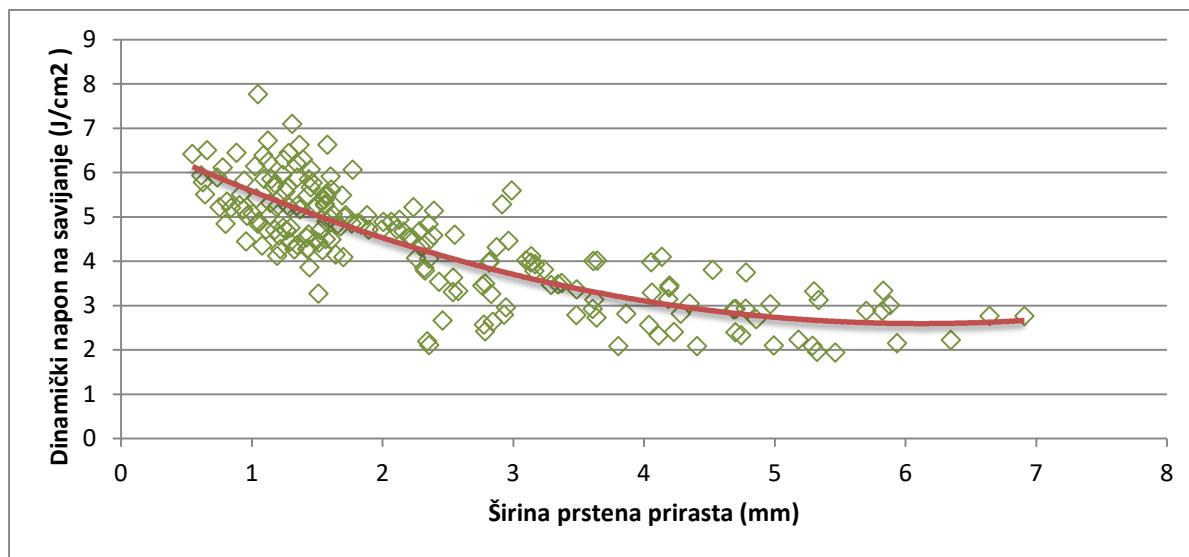
4.4.6.1. Zavisnost dinamičkog napon na savijanje od širine prstenova prirasta, učešća kasnog drveta i gustine drveta

Posmatrajući uticaj širine prstena prirasta na dinamički napon na savijanje za sve uzorke koji su ispitani sa Tabele 138. i Grafikona 88. možemo uočiti da je utvrđena negativna korelacija, što znači da sa povećanjem širine prstena prirasta opada vrednost dinamičkog napona. Ova korelacija je vrlo jaka, što nam pokazuje koeficijent korelacije koji iznosi 0,82. Jednačina regresije je:

$$\sigma_u = 0,1141x_{\text{špp}}^2 - 1,3965x_{\text{špp}} + 6,8655 \quad (54)$$

Tabela 138. Karakteristike regresije (zavisnost dinamičkog napona na savijanje od širine prstena prirasta za sve ispitane uzorke)

Reg. koef.	Vrednost koefic.	Stand. greška koefic.	t	p	R	R ²	n
a	0,11409	0,022900	4,98235	0,000001	0,82	0,67	199
b	-1,39652	0,148768	-9,38728	0,000000			
c	6,86547	0,193622	35,45804	0,000000			



Grafikon 88. Zavisnost dinamičkog napona na savijanje od širine prstena prirasta za sve ispitane uzorke

Ispitujući uticaj širine prstena prirasta na dinamički napon na savijanje omorike Lukić-Simonović (1970) je došla do rezultata da je prema koeficijentu korelacije od 0,12, između pomenutih svojstava korelacija praktično ne postoji. Ovi rezultati se znatno razlikuju od onih koja su dobijena u ovom istraživanju. Prema Ghelmeziu (1937/38) širina prstenova prirasta ne utiče puno na ovaj napon, iako četinari sa velikom širinom prstenova prirasta pokazuju niske

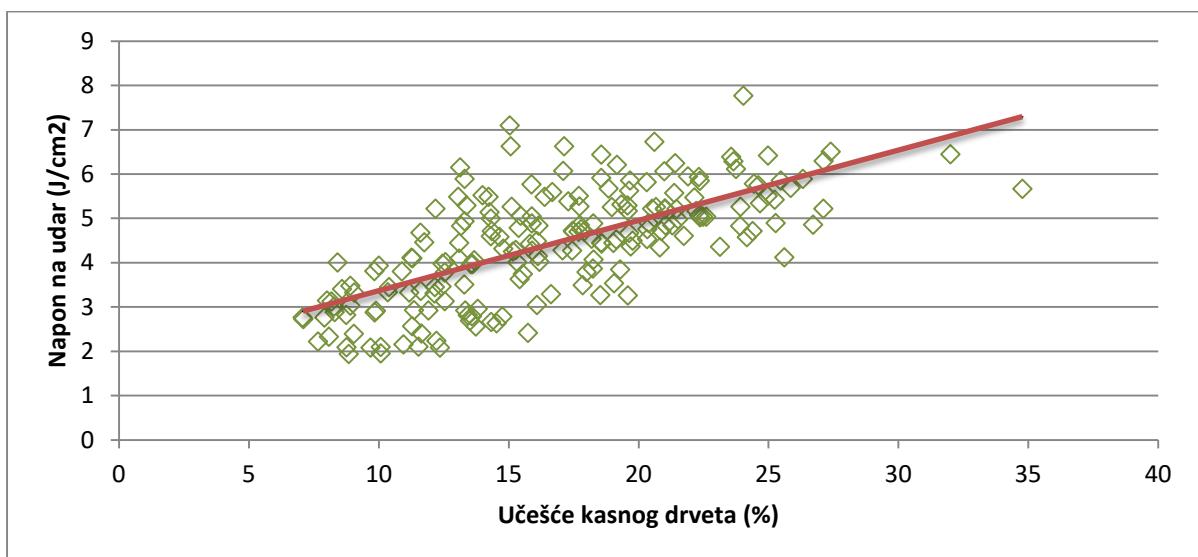
vrednosti napona na udar. Na veće vrednosti napona na udar kod uzoraka uzetih iz prirodnih sastojina, pored male širine prstenova prirasta uticala je pre svega finoća građe drveta.

Tabela 139. kao i Grafikon 89. prikazuju zavisnost dinamičkog napona na savijanje od učešća kasnog drveta. Može se videti da je korelacija pozitivna, odnosno da sa povećanjem učešća kasnog drveta u prstenovima prirasta raste i dinamički napon na savijanje. Koeficijent korelacije iznosi 0,69, što znači da je korelacija jaka. Jednačina regresije je:

$$\sigma_u = 0,1586x_{ukd} + 1,78 \quad (55)$$

Tabela 139. Karakteristike regresije (zavisnost dinamičkog napona na savijanje od učešća kasnog drveta)

Reg. koef.	Vrednost koefic.	Stand. greška koefic.	t	p	Stan. greš. St	R	R ²	F	p	n
a	0,158596	0,01203	13,1885	0,0000	0,895	0,69	0,47	173,94	0,0000	197
b	1,779950	0,21099	8,4363	0,0000						



Grafikon 89. Zavisnost dinamičkog napona na savijanje od učešća kasnog drveta

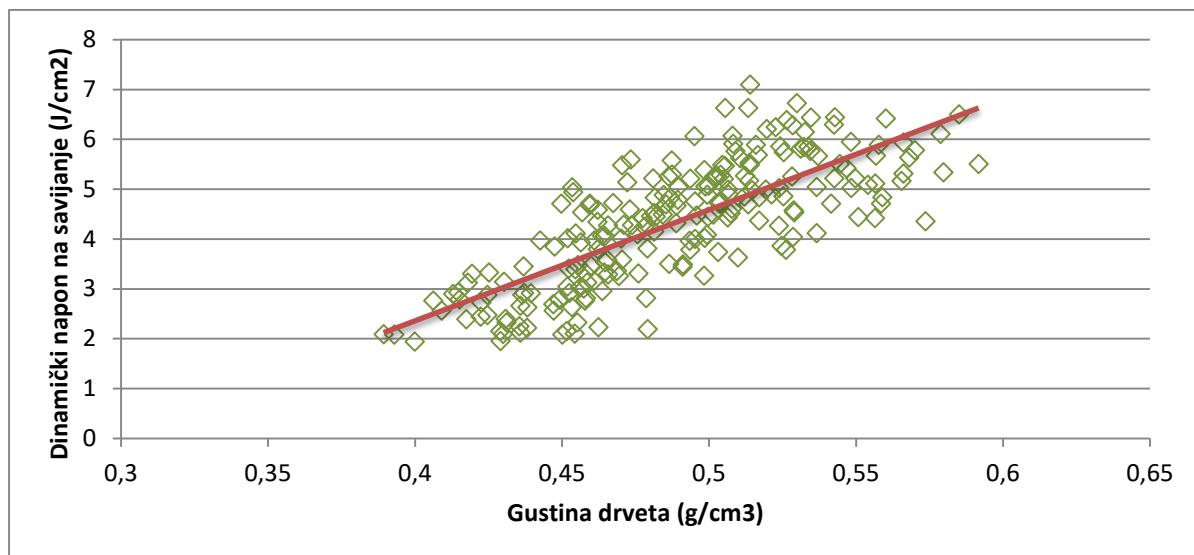
Kako navode Ugrenović (1950) i Šoškić i Popović (2002) smatra se da gustina pozitivno utiče na dinamički napon na savijanje, ali da postoje razlike između četinara i lišćara, tako de se to ne može generalizovati. Lukić-Simonović (1970) je došla do rezultata da su najveće čvrstoće na udar kod omorike bile vezane za najveće gustine, dok najmanje čvrstoće na udar nisu nađene kod epruveta sa najmanjom gustinom. Samim tim se potvrđuje pretpostavka da gustina sama po sebi ne može biti pouzdano merilo za dinamički napon na savijanje.

Zavisnost dinamičkog napona na savijanje od gustine u prosušenom stanju (vlažnost u trenutku ispitivanja je bila u proseku 12,9%) za sve epruvete prikazan je u Tabeli 140. i Grafikonu 90. Na osnovu koeficijenta korelacije koji iznosi 0,77, može se zaključiti da je korelacija vrlo jaka. Jednačina regresije je:

$$\sigma_u = 22,28x\rho_p - 6,5545 \quad (56)$$

Tabela 140. Karakteristike regresije (zavisnost dinamičkog napona na savijanje od gustine drveta)

Reg. koef.	Vrednost koefic.	Stand. greška koefic.	t	p	Stan. greš. St	R	R ²	F	p	n
a	22,27955	1,24213	17,9365	0,0000	0,778	0,77	0,60	321,72	0,0000	218
b	-6,55455	0,60999	-10,7454	0,0000						



Grafikon 90. Zavisnost dinamičkog napona na savijanje od gustine drveta

4.4.7. Tvrdoća drveta

4.4.7.1. Tvrdoća drveta u aksijalnom pravcu

U Tabeli 141. prikazane su vrednosti tvrdoće ispitane u aksijalnom pravcu. Najniže prosečne vrednosti tvrdoće drveta u aksijalnom pravcu (čeone ili poprečne tvrdoće) imaju stabla sa lokalitetom Srebrenica (31,61 MPa), dok najveću prosečnu čeonu tvrdoću imaju stabla sa lokalitetom Stolac 1 (43,83 MPa). Vrednosti ove tvrdoće se kreću od minimalnih 11,94 MPa (lokalitet Gostilja) do maksimalnih 58,67 MPa (lokalitet Stolac 1). Koeficijenti varijacije su u intervalu od 9,01% (lokalitet Stolac 2) do 21,50% (lokalitet Dubrava).

Za stabla iz kultura vrednosti poprečne tvrdoće se kreću u intervalu od 17,86 MPa do 53,46 MPa, a prosečna vrednost iznosi 32,57 MPa. Koeficijent varijacije je 20,78%. Prosečna tvrdoća u aksijalnom pravcu za stabla iz prirodnih sastojina iznosi 41,42 MPa. Koeficijent varijacije je nešto niži i iznosi 13,12%. Minimalna izmerena vrednost ove tvrdoće je 11,94 MPa, a maksimalna 58,67 MPa.

Tabela 141. Mere centralne tendencije i varijabiliteta tvrdoće drveta omorike u aksijalnom pravcu

Visina preseka	Lokalitet		KU	Lokalitet			PS
	DU	SR		GO	S1	S2	
I	30,79	32,68	31,59	39,09	43,90	39,85	41,22
II	35,16	31,11	33,39	40,27	43,98	41,35	41,90
III	34,41	30,80	32,89	40,09	43,00	40,32	41,09
n	79	59	138	85	79	67	237
As	MPa	33,29	31,61	32,57	39,85	43,83	40,58
-95		31,69	30,01	31,43	38,66	42,49	39,68
+95		34,89	33,21	33,71	41,03	45,17	41,47
SD		7,16	6,14	6,77	5,49	5,98	3,66
SG		0,81	0,80	0,58	0,60	0,67	0,45
Min		19,32	17,86	17,86	11,94	29,77	33,59
Max		53,46	47,50	53,46	50,35	58,67	48,90
CV	%	21,50	19,42	20,78	13,79	13,65	9,01
							13,12

Ovi podaci se znatno razlikuju od podataka koje je dobila Lukić-Simonović (1970). Po njenim istraživanjima vrednosti poprečne tvrdoće drveta po metodu Brinela variraju od 4,9 do 9,8 kp/mm², dok prosečna vrednost iznosi 7,4 kp/mm² (72,6 MPa), što je dosta veće od vrednosti dobijenih u ovom istraživanju. Isti autor navodi da prosečna vrednost tvrdoće ispitane po metodu Brinela za smrču iznosi 5,5 kp/mm², odnosno 54 MPa, što je približnije našim rezultatima. Po Karahasanoviću (1992) ta tvrdoća za smrču iznosi 31,4 MPa, dok Šoškić et al. (2008) navode da

je prosečna vrednost poprečne tvrdoće juvenilnog drveta smrče 21,3 MPa, sa koeficijentom varijacije od 28%.

Analiza varijanse tvrdoće drveta u aksijalnom pravcu pokazala je da postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 142). Primenom Duncan testa lokaliteti su svrstani u tri homogene grupe (Tabela 143). U jednoj grupi su se izdvojili lokaliteti na kojima se nalaze kulture, dok su lokaliteti na kojima su prirodne sastojine izdvojeni u dve homogene grupe.

Tabela 142. Analiza varijanse tvrdoće drveta u aksijalnom pravcu po lokalitetima

Tvrdoća drveta u aksijalnom pravcu	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
	4	7610,8	1902,7	56,47	0,00
	370	12466,8	33,7		
	374	20077,6			

Tabela 143. Duncan test- tvrdoća drveta u aksijalnom pravcu

Lokalitet	Aritm. sred.	Tvrdoća drveta u aksijalnom pravcu			Homogene grupe
		1	2	3	
SR	31,61	****			
DU	33,29	****			
GO	39,85		****		
S2	40,58		****		
S1	43,66			****	

Primena t-testa pri analizi tvrdoće drveta u aksijalnom pravcu pokazala je da između sastojina različitog porekla (kultura i prirodnih sastojina) postoji statistički značajna razlika ($t=13,87$; $p=0,00$).

U Tabeli 144. su prikazane prosečne vrednosti tvrdoće drveta u aksijalnom pravcu za prvi četrdesetak godina rasta stabla koje potiče iz prirodnih sastojina, kao i ostali statistički pokazatelji. Prosečna vrednost tvrdoće drveta u aksijalnom pravcu je najmanja na lokalitetu Gostilja (39,07 MPa) a najveća na lokalitetu Stolac 2 (40,98 MPa). Najveće variranje ovog napona je na lokalitetu Gostilja (15,40%), a najmanje na lokalitetu Stolac 1 (9,50%). Razlika u tvrdoći drveta u aksijalnom pravcu između uzorka koji obuhvata prvi četrdesetak godina rasta stabla i kompletognog uzorka je najveća na lokalitetu Stolac 1, dok je na lokalitetima Gostilja i Stolac 2 ta razlika gotovo zanemariva.

Tabela 144. Mere centralne tendencije i varijabiliteta tvrdoće drveta u aksijalnom pravcu za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina

Tvrdoća drveta u aksijalnom pravcu	Lokalitet			PS	
	GO	S1	S2		
n	59	37	30	126	
As	39,07	40,84	40,98	MPa	40,04
-95	37,50	38,84	39,52		39,05
+95	40,64	42,84	42,43		41,03
SD	6,02	5,99	3,89		5,61
SG	0,78	0,98	0,71		0,50
Min	11,94	29,77	34,44		11,94
Max	48,90	58,67	48,90		58,67
CV	%	15,40	14,66		9,50
					14,01

Analiza varijanse tvrdoće drveta u aksijalnom pravcu za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina pokazala je da ne postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 145), za razliku od analize koja je obuhvatila sve godine rasta stabla gde se Stolac 1 izdvojio u posebnu homogenu grupu kao lokalitet sa najvećom prosečnom vrednošću aksijalne tvrdoće.

Tabela 145. Analiza varijanse tvrdoće drveta u aksijalnom pravcu za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina

Tvrdoća drveta u aksijalnom pravcu	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
	2	105,3	52,7	1,691	0,188550
	123	3830,6	31,1		
	125	3935,9			

4.4.7.2. Tvrdoća drveta u radijalnom pravcu

Na Tabeli 146. možemo uočiti da najniže prosečne vrednosti tvrdoće drveta u radijalnom pravcu imaju stabla sa lokaliteta Dubrava (15,18 MPa), a najveće stabla sa lokaliteta Stolac 1 (18,6 MPa). Vrednosti ove tvrdoće se kreću od minimalnih 8,80 MPa (lokalitet Dubrava i Srebrenica) do maksimalnih 36,23 MPa (lokalitet Stolac 1). Koeficijenti varijacije su u intervalu od 14,60% (lokalitet Gostilja) do 26,86% (lokalitet Dubrava).

Prosečna vrednost tvrdoće drveta u radijalnom pravcu za stabla iz kultura iznosi 15,20 MPa, a koeficijent varijacije je 26,32%. Minimalna izmerena vrednost iznosi 8,80 MPa, a maksimalna 28,41 MPa. Za stabla iz prirodnih sastojina minimalna vrednost tvrdoće u radijalnom pravcu iznosi 11,33 MPa, maksimalna 36,23 MPa, dok je prosečna vrednost ove tvrdoće 17,08 MPa. Koeficijent varijacije je 18,10%.

Tabela 146. Mere centralne tendencije i varijabiliteta tvrdoća drveta omorike u radijalnom pravcu

Visina preseka	Lokalitet		KU	Lokalitet			PS
	DU	SR		GO	S1	S2	
I	17,01	14,65	16,01	16,27	18,62	15,76	17,10
II	13,47	15,15	14,21	16,66	18,88	16,45	17,38
III	14,78	16,14	15,35	16,41	17,74	16,07	16,73
n	79	59	138	85	79	67	237
As	15,18	15,23	15,20	16,45	18,60	16,13	17,08
-95	14,27	14,21	14,53	15,94	17,78	15,51	16,68
+95	16,09	16,25	15,87	16,97	19,42	16,74	17,47
SD	4,08	3,93	4,00	2,40	3,65	2,51	3,09
SG	0,46	0,51	0,34	0,26	0,41	0,31	0,20
Min	8,80	8,80	8,80	11,53	13,50	11,33	11,33
Max	28,41	26,54	28,41	22,30	36,23	21,84	36,23
CV	%	26,86	25,80	26,32	14,60	19,62	15,54
							18,10

Prosečna tvrdoća juvenilnog drveta smrče koje navode Šoškić et al. (2008) u radijalnom pravcu iznosi 12 N/mm², dok koeficijent varijacije iznosi 27,5%.

Analiza varijanse tvrdoće drveta u radijalnom pravcu pokazala je da postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 147). Primenom Duncan testa stabla su svrstana u tri homogene grupe (Tabela 148).

Tabela 147. Analiza varijanse tvrdoće drveta u radijalnom pravcu po lokalitetima

Tvrdoća drveta u radijalnom pravcu	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
	4	562,83	140,71	12,422	0,0000
	370	4191,23	11,33		
	374	4754,06			

Tabela 148. Duncan test- tvrdoća drveta u radijalnom pravcu

Lokalitet	Tvrdoća drveta u radijalnom pravcu	Homogene grupe		
		Aritm. sred.	1	2
DU	15,18	****		
SR	15,23	****		
S2	16,13	****	****	
GO	16,45		****	
S1	18,45			****

Primena t-testa pri analizi tvrdoće drveta u radijalnom pravcu pokazala je da između kultura i prirodnih sastojina postoji statistički značajna razlika ($t=5,08$; $p=0,00$).

Prosečne vrednosti tvrdoće drveta u radijalnom pravcu za prvih četrdesetak godina rasta stabla koje potiče iz prirodnih sastojina, kao i ostali statistički pokazatelji su prikazane u Tabeli 149. Prosečna vrednost tvrdoće juvenilnog drveta u radijalnom pravcu je najmanja na lokalitetu Stolac 2 (16,02 MPa) a najveća na lokalitetu Stolac 1 (16,64 MPa). Najveće variranje ovog napona je na lokalitetu Stolac 2 (15,04%), a najmanje na lokalitetu Stolac 1 (13,26%). Razlika u tvrdoći drveta u radijalnom pravcu između uzorka koji obuhvata prvih četrdesetak godina rasta stabla i komplettnog uzorka je najveća na lokalitetu Stolac 1.

Tabela 149. Mere centralne tendencije i varijabiliteta tvrdoće drveta u radijalnom pravcu za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina

Tvrdoća drveta u radijalnom pravcu	Lokalitet			PS	
	GO	S1	S2		
n	59	37	30	126	
As	16,19	16,64	16,02	MPa	16,28
-95	15,58	15,91	15,12		15,88
+95	16,80	17,38	16,92		16,69
SD	2,34	2,21	2,41		2,31
SG	0,30	0,36	0,44		0,21
Min	11,53	12,80	11,53		11,53
Max	22,30	21,39	21,84		22,30
CV	%	14,43	13,26		14,19

Analiza varijanse tvrdoće drveta u radijalnom pravcu za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina pokazala je da ne postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 150), odnosno imamo istupromenu na lokalitetu Stolac 1 kao i kod analize aksijalne tvrdoće.

Tabela 150. Analiza varijanse tvrdoće drveta u radijalnom pravcu za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina

Tvrdoća drveta u radijalnom pravcu	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
	2	7,39	3,70	0,689	0,504250
	123	660,29	5,37		
	125	667,68			

4.4.7.3. Tvrdoća drveta u tangencijalnom pravcu

Iz Tabele 151. možemo videti da je prosečna tvrdoća drveta u tangencijalnom pravcu najmanja za lokalitet Srebrenica (14,23 MPa), a najveća za lokalitet Stolac 1 (19,00 MPa). Minimalana vrednost ove tvrdoće je 7,83 MPa (lokalitet Dubrava), a maksimalna 29,77 MPa (lokalitet Stolac 1). Koeficijenti varijacije su u intervalu od 12,60% (lokalitet Gostilja) do 27,80% (lokalitet Srebrenica).

Minimalna izmerena vrednost tvrdoće drveta u tangencijalnom pravcu za stabla iz kultura iznosi 7,83 MPa, maksimalna 25,38 MPa, dok je prosečna vrednost ove tvrdoće 14,41 MPa. Koeficijent varijacije iznosi 23,17%. Stabla iz prirodnih sastojina imaju prosečnu vrednost tvrdoće u tangencijalnom pravcu 17,47 MPa. Minimalna izmerena vrednost ovog naponu je 10,77 MPa, a maksimalna 29,77 MPa. Koeficijent varijacije iznosi 16,01%.

Tabela 151. Mere centralne tendencije i varijabiliteta tvrdoća drveta omorike u tangencijalnom pravcu

Visina preseka	Lokalitet		KU	Lokalitet			PS
	DU	SR		GO	S1	S2	
I	14,82	13,87	14,42	16,89	19,27	16,63	17,79
II	14,26	14,01	14,15	16,48	18,82	17,50	17,61
III	14,51	15,01	14,72	16,40	18,45	16,27	17,02
n	79	59	138	85	79	67	237
As	14,54	14,23	14,41	16,58	19,00	16,83	17,47
-95	13,91	13,20	13,85	16,13	18,31	16,19	17,11
+95	15,17	15,26	14,97	17,03	19,70	17,47	17,83
SD	2,81	3,96	3,34	2,09	3,09	2,61	2,80
SG	0,32	0,51	0,28	0,23	0,35	0,32	0,18
Min	7,83	7,96	7,83	12,15	13,27	10,77	10,77
Max	23,27	25,38	25,38	21,39	29,77	23,27	29,77
CV	%	19,33	27,80	23,17	12,60	16,26	15,52
							16,01

Prema Šoškiću i Popoviću (2002) tvrdoća drveta smrče upravno na vlakanca iznosi 12 MPa. Istu vrednost bočne tvrdoće sa koeficijentom varijacije od 27,5% za juvenilno drvo smrče dobili su Šoškić et al. (2008).

Analiza varijanse tvrdoće drveta u tangencijalnom pravcu pokazala je da postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 152). Primenom Duncan testa lokaliteti su svrstani u tri homogene grupe (Tabela 153). U jednu grupu su izdvojeni lokaliteti na kojima su kulture, dok su lokaliteti na kojima su prirodne sastojine izdvojeni u dve homogene grupe.

Tabela 152. Analiza varijanse tvrdoće drveta u tangencijalnom pravcu po lokalitetima

Tvrdoća drveta u tangencijalnom pravcu	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
	4	1082,44	270,61	32,21	0,00
	370	3108,31	8,40		
	374	4190,75			

Tabela 153. Duncan test- tvrdoća drveta u tangencijalnom pravcu

Lokalitet	Aritm. sred.	Tvrdoća drveta u tangencijalnom pravcu			Homogene grupe
		1	2	3	
SR	14,23	****			
DU	14,54	****			
GO	16,58		****		
S2	16,83		****		
S1	18,87			****	

Primena t-testa pri analizi tvrdoće drveta u tangencijalnom pravcu pokazala je da između kultura i prirodnih sastojina postoji statistički značajna razlika ($t=9,51$; $p=0,00$).

U Tabeli 154. su prikazane prosečne vrednosti tvrdoće drveta u tangencijalnom pravcu za prvi četrdesetak godina rasta stabla koje potiče iz prirodnih sastojina kao i ostali statistički pokazatelji. Prosečna vrednost tvrdoće drveta u tangencijalnom pravcu je najmanja na lokalitetu Gostilja (16,26 MPa) a najveća na lokalitetu Stolac 1 (17,69 MPa). Najveće variranje ovog napona je na lokalitetu Stolac 1 (17,18%), a najmanje na lokalitetu Gostilja (12,16%). Razlika u tvrdoći drveta u tangencijalnom pravcu između uzorka koji obuhvata prvi četrdesetak godina rasta stabla i komplettnog uzorka je najveća na lokalitetu Stolac 1.

Tabela 154. Mere centralne tendencije i varijabiliteta tvrdoće drveta u tangencijalnom pravcu za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina

Tvrdoća drveta u tangencijalnom pravcu	Lokalitet			PS
	GO	S1	S2	
n	59	37	30	126
As	MP _a	16,26	17,69	16,56
-95		15,75	16,68	16,32
+95		16,78	18,71	17,42
SD		1,98	3,04	2,30
SG		0,26	0,50	0,42
Min		12,15	13,27	11,14
Max		20,11	29,77	29,77
CV	%	12,16	17,18	13,88
				14,72

Analiza varijanse tvrdoće drveta u tangencijalnom pravcu za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina pokazala je da postoji statistički značajna razlika između lokaliteta (Tabela 155). Primenom Duncan testa lokaliteti su svrstani u dve homogene grupe (Tabela 156). Lokalitet Stolac 1 je i ovde izdvojen u posebnu homogenu grupu.

Tabela 155. Analiza varijanse tvrdoće drveta u tangencijalnom pravcu za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina

Tvrdoća drveta u tangencijalnom pravcu	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F računsko	p
	2	48,06	24,03	4,148	0,018058
	123	712,51	5,79		
	125	760,57			

Tabela 156. Duncan test- tvrdoća drveta u tangencijalnom pravcu za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina

Lokalitet	Tvrdoća drveta u tangencijalnom pravcu Aritm. sred.	Homogene grupe	
		1	2
GO	16,26	****	
S2	16,56	****	
S1	17,69		****

4.4.7.4. Zavisnost tvrdoće drveta od gustine

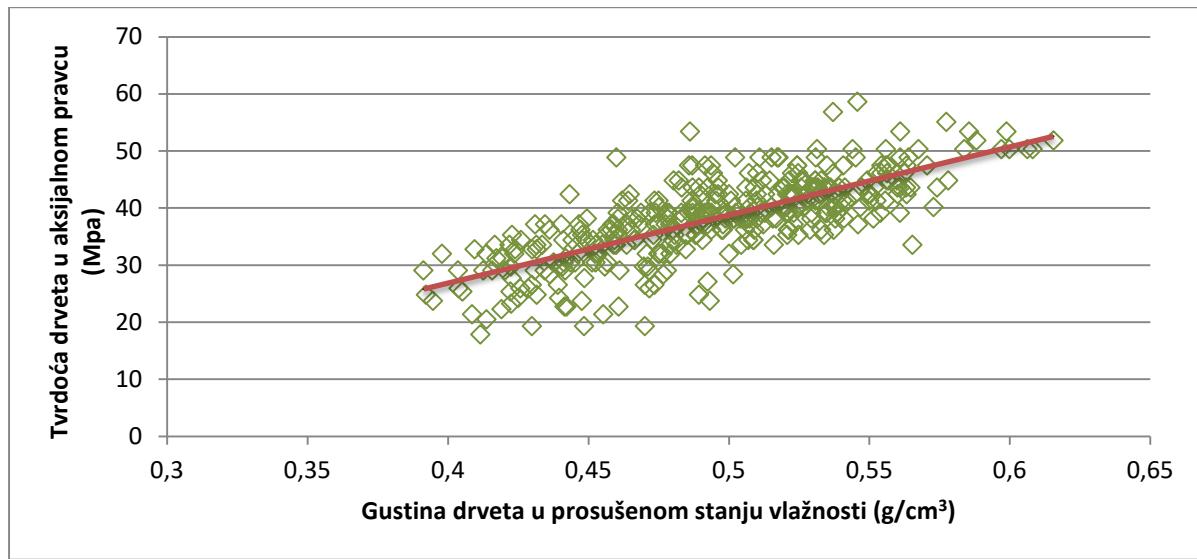
Na tvrdoću drveta utiče više faktora. Tu je pre svega vrsta drveta, anatomski pravac (da li je pri ispitivanju pravac dejstva sile u aksijalnom, radijalnom ili tangencijalnom pravcu), vlažnost drveta i gustina drveta. Kako u ovom istraživanju imamo istu vrstu drveta, sa prosečnom vlažnošću od 12,9% u trenutku ispitivanja, u narednim tabelama i grafikonima je prikazano kako gustina drveta u prosušenom stanju vlažnosti utiče na tvrdoću za sva tri pravca.

U Tabeli 157. i Grafikonu 91. prikazana je korelacija gustine drveta u prosušenom stanju i tvrdoće drveta u aksijalnom pravcu. Korelacija je pozitivna i jaka, što nam pokazuje koeficijent korelacije koji iznosi 0,75. Na osnovu koeficijenta determinacije 57% variranja tvrdoće drveta u aksijalnom pravcu je objašnjeno variranjem gustine drveta. Jednačina regresije je:

$$H_a = 119,5x\rho_p - 20,97 \quad (57)$$

Tabela 157. Karakteristike regresije (zavisnost tvrdoće drveta u aksijalnom pravcu od gustine drveta u prosušenom stanju vlažnosti)

Regr. koef.	Vrednost koefic.	Stand. greška koefic.	t	p	Stan. greš. St	R	R ²	F	p	n
a	119,4968	5,4002	22,1280	0,0000	4,744	0,75	0,57	489,65	0,0000	374
b	-20,9698	2,6868	-7,8048	0,0000						



Grafikon 91. Zavisnost tvrdoće drveta u aksijalnom pravcu od gustine drveta u prosušenom stanju vlažnosti

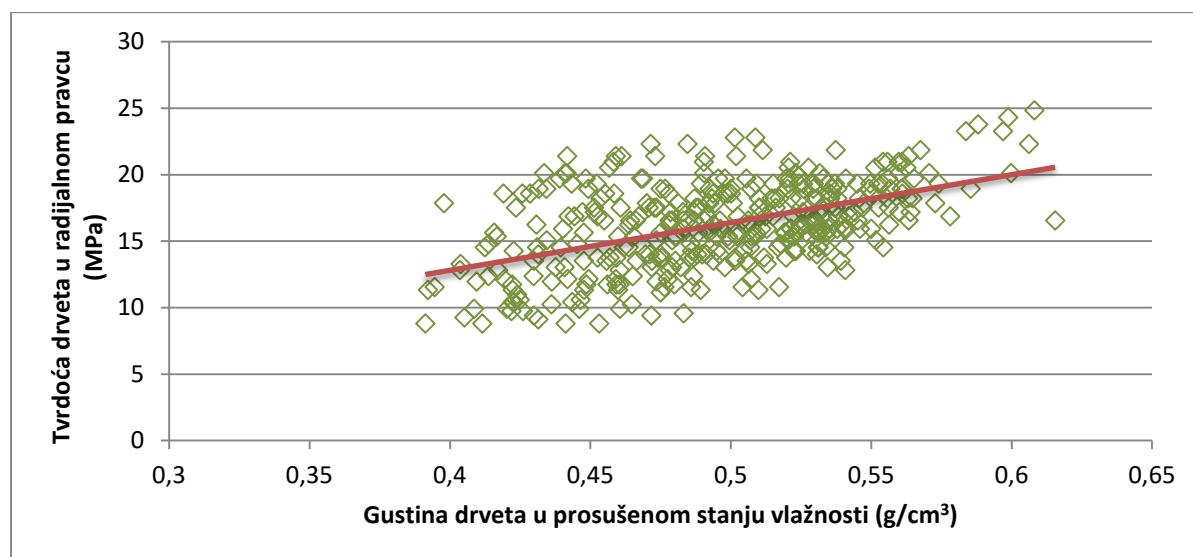
Ispitujući korelacionu zavisnost tvrdoće drveta u aksijalnom pravcu i gustine drveta za juvenilno drvo smrče, Šoškić et al. (2008) su došli do rezultata da postoji pozitivna linearna korelacija i da koeficijent determinacije iznosi 0,60.

Na Tabeli 158. i Grafikonu 92. prikazana je korelacija gustine drveta u prosušenom stanju i tvrdoće drveta u radijalnom pravcu. Korelacija je takođe pozitivna, ali je srednja, što nam pokazuje koeficijent korelacije koji iznosi 0,50. Na osnovu koeficijenta determinacije 26% variranja tvrdoće drveta u radijalnom pravcu je objašnjeno variranjem gustine drveta. Jednačina regresije je:

$$H_r = 36,027x\rho_p - 1,6163 \quad (58)$$

Tabela 158. Karakteristike regresije (zavisnost tvrdoće drveta u radijalnom pravcu od gustine drveta u prosušenom stanju vlažnosti)

Regr. koef.	Vrednost koeficijent a	Standardna greška koeficij.	t	p	Stan. greš. St	R	R ²	F	p	n
a	36,02689	3,192366	11,2853	0,0000	2,78	0,50	0,26	127,36	0,0000	371
b	-1,61625	1,587949	-1,0178	0,3094						



Grafikon 92. Zavisnost tvrdoće drveta u radijalnom pravcu od gustine drveta u prosušenom stanju vlažnosti

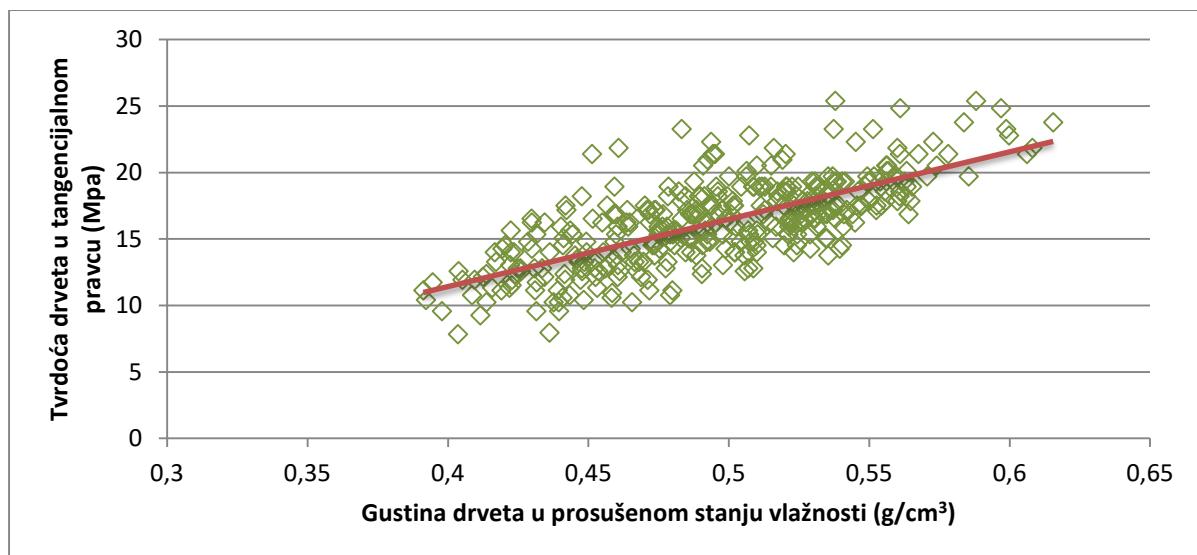
Korelacija između gustine i tvrdoće drveta u radijalnom pravcu koje su u svojim istraživanjima dobili Šoškić et al. (2008) za juvenilno drvo smrče je takođe pozitivna. Koeficijent determinacije iznosi 0,55 i veći je od onog koji je dobijen u ovom istraživanju.

Zavisnost tvrdoće drveta u tangencijalnom pravcu od gustine u prosušenom stanju prikazan je na Tabeli 159. i Grafikonu 93. Korelacija je pozitivna i jaka, što pokazuje koeficijent korelacije koji iznosi 0,72. Na osnovu koeficijenta determinacije 52% variranja tvrdoće drveta u tangencijalnom pravcu je objašnjeno variranjem gustine drveta. Jednačina regresije je:

$$H_t = 50,707x\rho_p - 8,8634 \quad (59)$$

Tabela 159. Karakteristike regresije (zavisnost tvrdoće drveta u tangencijalnom pravcu od gustine drveta u prosušenom stanju vlažnosti)

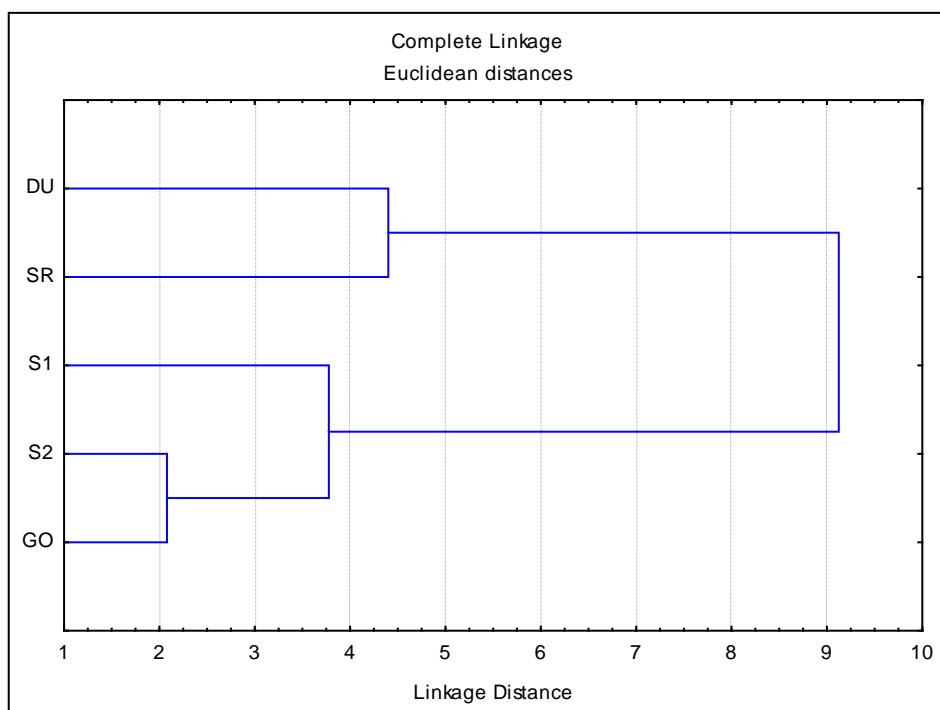
Regr. koef.	Vrednost koeficij.	Standardna greška koeficij.	t	p	Stan. greš. St	R	R ²	F	p	n
a	50,70694	2,53577	19,9967	0,0000	2,22	0,72	0,52	399,87	0,0000	372
b	-8,86340	1,26115	-7,0281	0,0000						



Grafikon 93. Zavisnost tvrdoće drveta u tangencijalnom pravcu od gustine drveta u prosušenom stanju vlažnosti

4.5. KLASTER ANALIZA

Kako su sprovedene analize varijansi posmatranih fizičkih i mehaničkih svojstava pokazale različite odnose između lokaliteta, urađena je klaster analiza koja grupiše lokalitete u relativno homogene grupe na osnovu utvrđenih vrednosti fizičkih i mehaničkih svojstava. Sa Grafikona 94. možemo da vidimo da su formirana dva klastera sa potpunom vezom. Prvi klaster čine lokaliteti Dubrava i Srebrenica (lokaliteti na kojima se nalaze kulture omorike) koji se povezuju na distanci od 4,40. Drugi klaster čine lokaliteti sa prirodnim sastojinama omorike (Gostilja, Stolac 1 i Stolac 2). Lokaliteti Stolac 2 i Gostilja se povezuju na distanci od 2,08. Povezivanje ova dva klastera može se objasniti sličnošću mikroekoloških uslova. Lokalitet Stolac 1 im se pridružuje na distanci od 3,78. Ova dva klastera se povezuju na distanci od 9,12.



Grafikon 94. Dendrogram klaster analize na osnovu fizičkih i mehaničkih svojstava

5. PREGLED REZULTATA I ZAKLJUČCI

Pančićeva omorika je vrsta koja je zaštićena zakonom u prirodnim populacijama i kao takva nije industrijski značajna. Međutim, osnivanjem kultura omorike većih površina na staništima koja bi dala optimalne uslove za njen rast, može se promeniti mišljenje o njenom industrijskom značaju. Ovaj rad je urađen u namjeri da ispitujući osnovna fizička i mehanička svojstva drveta omorike koja je rasla u prirodnim sastojinama i omorike iz kultura, utvrdi njihove vrednosti, zatim da li postoji statističke značajne razlike ovih svojstava između kultura i prirodnih sastojina i ako postoje da li su one toliko značajne u praksi.

Ispitivanjem i analizom svojstava drveta Pančićeve omorike iz veštački podignutih i prirodnih sastojina, dobijeni su sledeći rezultati:

Spoljašnje karakteristike stabala

Prosečna starost analiziranih stabala iz kultura na visini 0,3 m iznosi 36 godina, dok je prosečni prečnik na prsnoj visini 25,83 cm, a prosečna visina 17,85 m. Prosečni koeficijent biološke čistoće iznosi 0,48. Analizirana stabla iz prirodnih sastojina imaju nešto veći prosečni prečnik na prsnoj visini koji iznosi 30,03 cm i prosečnu visinu od 25,44 m, dok prosečna starost na visini 0,3 m iznosi 124 godine. Prosečni koeficijent biološke čistoće za stabla iz prirodnih satojina iznosi 0,35.

Makroskopske karakteristike stabala

Za stabla iz kultura kao i stabla iz prirodnih sastojina nema velike razlike u debljini kore. Stabla iz prirodnih sastojina imaju manju prosečnu debljinu kore (4,15 mm) od stabala iz kultura (4,35 mm). Variranje debljine kore stabala iz kultura je veće ($CV=29,75\%$) od variranja debljine kore stabala iz prirodnih sastojina ($CV=21,69\%$). Površinsko učešće kore za stabla iz kultura je veće i iznosi 10,3%, sa koeficijentom varijacije 34,2%, dok je za stabla iz prirodnih sastojina prosečno površinsko učešće kore 8,2%, sa koeficijentom varijacije 30,95%.

Statistička analiza (t-test) debljine kore pokazala je da između sastojina različitog porekla (kulture i prirodne sastojine) ne postoji statistički značajna razlika.

Prosečna vrednost širine prstenova prirasta za stabla iz kutura iznosi 3,83 mm, sa koeficijentom varijacije od 45,68%. Prosečna vrednost širine prstenova prirasta za stabla iz prirodnih sastojina iznosi 1,34 mm, dok koeficijent varijacije iznosi 47,12%.

Prosečna širina kasnog drveta za stabla iz kultura iznosi 0,40 mm, a za stabla iz prirodnih sastojina 0,32 mm. Koeficijent varijacije širine kasnog drveta je za stabla iz kultura daleko manji i iznosi 27,84%, dok za stabla iz prirodnih sastojina iznosi 41,44%.

Prosečno učešće kasnog drveta za stabla iz kultura je 12,70%, a za stabla iz prirodnih sastojina 24,99%. Koeficijent varijacije učešća kasnog drveta je za stabla iz kultura veći i iznosi 51,06%, dok za stabla iz prirodnih sastojina iznosi 26,32%.

Statistička analiza (t-test) širine prstenova prirasta, širine kasnog drveta i učešća kasnog drveta pokazala je da između sastojina različitog porekla (kulture i prirodne sastojine) postoji statistički značajna razlika.

Sa porastom širine prstena prirasta povećava se širina ranog i kasnog drveta. Korelacija između širine prstena prirasta i širine ranog drveta je potpuna ($R=0,9967$), dok je između širine prstena prirasta i širine ranog drveta jaka ($R=0,71$). Između širine prstena prirasta i učešća kasnog drveta postoji jaka negativna korelacija ($R=0,68$).

Fizička svojstva drveta

Najmanju prosečnu vlažnost u trenutku obaranja stabla izmerena je na lokalitetu Stolac 2 (46,08%), nešto veću na lokalitetu Gostilja (62,78%) i Stolac 1 (64,50%), još veću na lokalitetu Dubrava (82,15%), a najveću na lokalitetu Srebrenica gde je prosečna vlažnost 122,20%. Vlažnost se menja sa visinom i to tako što blago opada idući od panja do prsne visine (odnosno do visine od 3,3 m za lokalitete Stolac 1 i 2), zatim blago raste, a u visini krošnje taj rast je nešto izraženiji.

Prosečna vrednost gustine drveta u apsolutno suvom stanju povećava sa povećanjem visine stabla, bez obzira na promenu prosečne širina goda po visini stabla. Malo odstupanje postoji na lokalitetu Srebrenica na visini od 5,3 m beleži nagli pad, a zatim blagi porast prosečne gustine drveta sa visinom stabla.

Kada posmatramo promenu gustine drveta u apsolutno suvom stanju vlažnosti po radijsu i visini stabla, možemo videti da je za stabla iz kultura gustina najveća na periferiji, prema unutrašnjosti opada, a zatim ponovo raste prema srži. Kada posmatramo prirodne sastojine možemo videti da na lokalitetu Stolac 1 imamo konstantno povećanje gustine od srži prema kori, dok na lokalitetima Gostilja i Stolac 2 promena gustine po radijsu nije ista na svim visinama.

Prosečna gustina drveta u apsolutno suvom stanju vlažnosti za stabla iz kultura iznosi $0,421 \text{ g/cm}^3$, dok je variranje ove gustine 9,03%. Za stabla iz prirodnih sastojina utvrđena prosečna gustina u apsolutno suvom stanju iznosi $0,487 \text{ g/cm}^3$, dok je variranje 7,46%.

Statistička analiza (t-test) gustine drveta u apsolutno suvom stanju vlažnosti pokazala je da između kultura i prirodnih sastojina postoji statistički značajna razlika.

Sa porastom širine prstena prirasta opadaju vrednosti gustine drveta u apsolutno suvom stanju. Korelacija je vrlo jaka ($R=0,76$). Između učešća kasnog drveta i gustine drveta u apsolutno suvom stanju vlažnosti postoji jaka pozitivna korelacija ($R=0,74$).

Prosečna vrednost gustine drveta u prosušenom stanju za stable iz kultura iznosi $0,450 \text{ g/cm}^3$, a koeficijent varijacije iznosi 8,60%. Za stabla iz prirodnih sastojina prosečna vrednost gustine u prosušenom stanju iznosi $0,513 \text{ g/cm}^3$. Variranje ove gustine je nešto manje za stable iz prirodnih sastojina ($CV=7,09\%$).

Prosečna vrednost gustine u sirovom stanju vlažnosti za stabla iz kultura iznosi $0,875 \text{ g/cm}^3$, a koeficijent varijacije 6,79%, dok za stabla iz prirodnih sastojina prosečna gustina iznosi $0,889 \text{ g/cm}^3$, a koeficijent varijacije je 6,84%.

Prosečne vrednosti nominalne gustine drveta za stabla iz kultura iznosi $0,367 \text{ g/cm}^3$, dok koeficijent varijacije iznosi 8,19%. Za stabla iz prirodnih sastojina prosečna vrednost nominalne gustine iznosi $0,414 \text{ g/cm}^3$. Variranje ove gustine je manje za stabla iz prirodnih sastojina ($CV=6,63\%$).

Prosečna zapreminska poroznost za stabla iz kultura iznosi 71,89%. Koeficijent varijacije je mali i iznosi 3,53%. Za stabla iz prirodnih sastojina prosečna zapreminska poroznost iznosi 67,55%, a koeficijent varijacije je 3,58%.

Prosečna vrednost površinske poroznosti za stabla iz kultura iznosi 40,06%, dok je variranje 9,25%. Za stabla iz prirodnih sastojina utvrđena prosečna površinska poroznost iznosi 33,72%, dok je koeficijent varijacije 10,48%.

Prosečna vrednost tačke zasićenosti vlakanaca za stabla iz kultura iznosi 34,90%, a koeficijent varijacije 12,45%. Za stabla iz prirodnih sastojina prosečna vrednost tačke zasićenosti vlakanaca je 36,13%, a koeficijent varijacije iznosi 11,74%.

Prosečna vrednost radijalnog bubrenja za stabla iz kultura iznosi 3,75%. Koeficijent varijacije iznosi 20,56%. Za stabla iz prirodnih sastojina radijalno bubrenje iznosi 5,37%. Koeficijent varijacije je 18,79%.

Za stabla iz kultura prosečno tangencijalno bubrenje iznosi 9,82%, dok koeficijent varijacije iznosi 18,13%. Prosečna vrednost tangencijalnog bubrenja za stabla iz prirodnih sastojina iznosi 10,87%. Variranje je nešto manje od onog za stabla iz kultura ($CV=13,62\%$).

Prosečno aksijalno bubrenje za stabla iz kultura iznosi 0,67%, a koeficijent varijacije je 28,10%. Prosečna vrednost aksijalnog bubrenja za stabla iz prirodnih sastojina iznosi 0,64%. Variranje je nešto manje od onog za stabla iz kultura i iznosi 26,87%.

Stabla iz kultura imaju prosečno zapreminske bubrenje 14,71%. Koeficijent varijacije iznosi 15,90%. Prosečno zapreminske bubrenje za stabla iz prirodnih sastojina iznosi 17,58%, dok je koeficijent varijacije 13,98%.

Statistička analiza (t-test) zapreminske i površinske poroznosti, tačke zasićenosti vlakanaca, radijalnog, tangencijalnog, aksijalnog i zapreminskog bubrenja pokazala je da između kultura i prirodnih sastojina postoji statistički značajna razlika.

Širina prstena prirasta negativno utiče na radijalno, tangencijalno i zapreminske bubrenje. Najveći koeficijenti korelacije je između širine prstena prirasta i radijalnog bubrenja ($R=0,72$). Između širine prstena prirasta i tangencijalnog bubrenja koeficijent korelacije je niži ($R=0,50$), dok za širinu prstena prirasta i zapreminske bubrenje koeficijent korelacije iznosi 0,65. Širina prstena prirasta ne utiče na aksijalno bubrenje.

Sa povećanjem učešća kasnog drveta povećavaju se vrednosti radijalnog, tangencijalnog i zapreminskog bubrenja. Koeficijenti korelacije su 0,62; 0,45 i 0,56, respektivno. Učešće kasnog drveta takođe ne utiče na aksijalno bubrenje.

Gustina drveta u absolutno suvom stanju vlažnosti pozitivno utiče na radijalno, tangencijalno i zapreminske bubrenje. Najveći koeficijenti korelacije je između gustine i radijalnog bubrenja ($R=0,73$), dosta niži između gustine i tangencijalnog bubrenja ($R=0,49$), dok za gustinu i zapreminske bubrenje koeficijent korelacije iznosi 0,66. Gustina drveta u absolutno suvom stanju vlažnosti ne utiče na aksijalno bubrenje.

Mehanička svojstva drveta

Za stabla iz kultura prosečna vrednost čvrstoće na savijanje iznosi 59,89 MPa. Koeficijent varijacije je 21%. Prosečna čvrstoća na savijanje za stabla iz prirodnih sastojina iznosi 89,39 MPa. Koeficijent varijacije je nešto niži i iznosi 14,59%.

Prosečna vrednost napona na savijanje na granici proporcionalnosti za stabla iz kultura iznosi 31,70 MPa, a za stabla iz prirodnih sastojina 44,72 MPa. Može se uočiti da vrednosti napona na granici proporcionalnosti više variraju za uzorke iz kultura ($CV=21,01\%$) od onih iz prirodnih sastojina ($CV=15,92\%$).

Prosečno napon na granici proporcionalnosti za stabla iz kultura čini 53,56% od vrednosti maksimalnog napona, dok je za prirodne sastojine ta vrednost nešto niža i iznosi 50,18%. Variranje ovog odnosa je veće za drvo koje potiče iz kultura ($CV=15,88\%$), odog iz prirodnih sastojina ($CV=12,73\%$).

Stabla iz kultura imaju prosečnu vrednost modula elastičnosti pri naponu na savijanje 7289,81 MPa. Koeficijent varijacije iznosi 22,36%. Stabla iz prirodnih sastojina imaju daleko veći modul elastičnosti i njegova prosečna vrednost iznosi 11610,46 MPa. Koeficijent varijacije za stabla iz prirodnih sastojina je niži i iznosi 16,54%.

Statistička analiza (t-test) čvrstoće na savijanje, napona na savijanje na granici proporcionalnosti, odnosa napona na granici proporcionalnosti i maksimalnog napona na savijanje i modula elastičnosti pri naponu na savijanje pokazala je da između kultura i prirodnih sastojina postoji statistički značajna razlika.

Širina prstena prirasta negativno utiče na čvrstoću na savijanje ($R=0,84$), napon na savijanje na granici proporcionalnosti ($R=0,77$) i modul elastičnosti pri naponu na savijanje ($R=0,85$). Na čvrstoću na savijanje jak pozitivan uticaj ima učešće kasnog drveta ($R=0,75$) i gustina drveta u prosušenom stanju vlažnosti ($R=0,79$). Učešće kasnog drveta i gustina drveta u prosušenom stanju pozitivno utiču na napon na savijanje na granici proporcionalnosti i na modul elastičnosti pri naponu na savijanje. Koeficijent korelacije između učešća kasnog drveta i napona na savijanje na granici proporcionalnosti iznosi 0,69, a između učešća kasnog drveta i modula elastičnosti iznosi 0,72. Koeficijent korelacije između gustine drveta u prosušenom stanju i napona na granici proporcionalnosti iznosi 0,73, a između gustine i modula elastičnosti 0,75.

Prosečna vrednost čvrstoće na pritisak paralelno sa vlakancima za stabla iz kultura iznosi 32,44 MPa, dok koeficijent varijacije iznosi 16,95%. Za stabla iz prirodnih sastojina prosečna

vrednost ove čvrstoće iznosi 46,08 MPa. Koeficijent varijacije je približan koeficijentu varijacije za stabla iz kultura i iznosi 17,56%.

Statistička analiza (t-test) čvrstoće na pritisak paralelno sa vlakancima pokazala je da između kultura i prirodnih sastojina postoji statistički značajna razlika.

Sa povećanjem širine prstena prirasta opada vrednost čvrstoće na pritisak paralelno sa vlakancima ($R=0,82$). Učešće kasnog drveta ima pozitivan uticaj na čvrstoću na pritisak paralelno sa vlakancima ($R=0,74$), kao i gustine drveta u prosušenom stanju vlažnosti ($R=0,62$).

Prosečna vrednost napona na pritisak upravno na vlakanca na granici proporcionalnosti pri dejstvu sile u tangencijalnom pravcu za stabla iz kultura iznosi 2,71 MPa, a koeficijent varijacije je 23,35%. Prosečna vrednost ovog napona za stabla iz prirodnih sastojina iznosi 2,97 MPa, dok koeficijent varijacije iznosi 27,17%.

Prosečna vrednost napona na pritisak upravno na vlakanca na granici proporcionalnosti pri dejstvu sile u radijalnom pravcu za stabla iz kultura iznosi 3,36 MPa, dok je koeficijent varijacije 21,25%. Za stabla iz prirodnih sastojina prosečna vrednost ovog napona je 2,98 MPa. Koeficijent varijacije je 25,78%.

Statistička analiza (t-test) napona na pritisak upravno na vlakanca na granici proporcionalnosti pri dejstvu sile u tangencijalnom i radijalnom pravcu pokazala je da između kultura i prirodnih sastojina postoji statistički značajna razlika.

Napon na pritisak upravno na vlakanca na granici proporcionalnosti pri dejstvu sile u tangencijalnom pravcu ima slabu negativnu korelaciju sa širinom prstena prirasta ($R=0,38$), slabu pozitivnu korelaciju sa učešćem kasnog drveta ($R=0,34$) i jaku pozitivnu korelaciju sa gustom drveta ($R=0,57$). Između napona na pritisak upravno na vlakanca na granici proporcionalnosti pri dejstvu sile u radijalnom pravcu i i širine prstena prirasta, učešća kasnog drveta i gustine drveta nema korelacije.

Prosečna vrednost dinamičkog napona na savijanje za stabla iz kultura iznosi $3,14 \text{ J/cm}^2$. Koeficijent varijacije je 23,56%. Za stabla iz prirodnih sastojina prosečni dinamički napon na savijanje iznosi $5,14 \text{ J/cm}^2$, dok je koeficijent varijacije dosta manji i iznosi 15,27%.

Statistička analiza (t-test) dinamičkog napona na savijanje pokazala je da između kultura i prirodnih sastojina postoji statistički značajna razlika.

Dinamički napon na savijanje pokazuje veoma jaku negativnu zavisnost od širine prstenova prirasta za sve ispitane uzorke ($R=0,82$). Na ovaj napon jak pozitivan uticaj ima učešće kasnog drveta ($R=0,69$) i gustina drveta ($R=0,77$).

Za stabla iz kultura prosečna vrednost tvrdoće drveta u aksijalnom pravcu iznosi 32,57 MPa. Koeficijent varijacije je 20,78%. Prosečna tvrdoća u aksijalnom pravcu za stabla iz prirodnih sastojina iznosi 41,42 MPa. Koeficijent varijacije je nešto niži i iznosi 13,12%.

Prosečna vrednost tvrdoće drveta u radijalnom pravcu za stabla iz kultura iznosi 15,20 MPa, a koeficijent varijacije je 26,32%. Za stabla iz prirodnih sastojina prosečna vrednost ove tvrdoće iznosi 17,08 MPa, a koeficijent varijacije je 18,10%.

Prosečna vrednost tvrdoće drveta u tangencijalnom pravcu za stabla iz kultura je 14,41 MPa. Koeficijent varijacije iznosi 23,17%. Stabla iz prirodnih sastojina imaju prosečnu vrednost tvrdoće u tangencijalnom pravcu 17,47 MPa, dok je koeficijent varijacije nešto niži i iznosi 16,01%.

Statistička analiza (t-test) tvrdoće drveta u aksijalnom, radijalnom i tangencijalnom pravcu pokazala je da između kultura i prirodnih sastojina postoji statistički značajna razlika.

Tvrdoća drveta u aksijalnom pravcu ima jaku pozitivnu korelaciju sa gustom drveta ($R=0,75$), kao i tvrdoća drveta u tangencijalnom pravcu ($R=0,72$). Gustina drveta pozitivno utiče i na tvrdoću drveta u radijalnom pravcu, s tim što je korelacija slabija u odnosu na prethodne dve tvrdoće ($R=0,50$).

S obzirom da je starost kultura oko četrdeset godina u rezultatima istraživanja je, između ostalog, izdvojeno prvih četrdeset godina rasta stabla iz prirodnih sastojina. Za ovaj period su određene prosečne širine prstena prirasta, širina i učešće kasnog drveta i ispitana su fizička i mehanička svojstva na epruvetama koje obuhvataju ove godine rasta stabala. U ovom periodu bi se trebao prepoznati uticaj juvenilnog drveta koje je odraz početne faze rasta i razvoja stabla. Taj uticaj se trebao prepoznati u većoj širini prstena prirasta, manjoj gumi, većem aksijalnom a manjem radijalnom i tangencijalnom bubrenju i generalno lošijim mehaničkim svojstvima. Međutim, kada pogledamo rezultate istraživanja možemo primetiti da se jedino na lokalitetu Stolac 1 ispoljio uticaj juvenilnog drveta kroz skoro sve navedene parametre, dok je na druga dva lokaliteta uticaj jedva primetan. Razlog tome može biti što se jedino na lokalitetu Stolac 1 moglo uočiti odlike juvenilnog drveta u početnim godinama rasta stabla preko širine prstenova prirasta. Kada uporedimo dobijene prosečne vrednosti širine prstenova prirasta za prvih četrdeset godina razvoja stabla iz prirodnih sastojina i pratimo njihovu promenu po radijusu dolazimo do

zaključka da ne možemo govoriti o nekoj zakonomernosti u razvoju prstenova prirasta kod vrste, već možemo zaključiti da je on najvećim delom uslovjen položajem stabla u sastojini i stanišnim uslovima. Jedan od razloga zašto se nije ispoljio uticaj juvenilnog drveta može biti da pri uzimanju epruveta za ispitivanje fizičkih i mehaničkih svojstava nije obuhvaćeno svo juvenilno drvo. Prvo bi trebalo utvrditi koliko prstenova prirasta obuhvata juvenilno drvo konkretno za svako stablo, odnosno lokalitet. Znamo da ono u proseku obuhvata 10 do 20 godina, a prema nekim autorima i mnogo više, ali da bismo tačno utvrdili tranziciju između juvenilnog i zrelog drveta trebalo bi ispitati dužinu traheida ili ugao mikrofibrila.

Utvrđujući uticaj širine prstena prirasta na određena fizička i mehanička svojstva drveta omorike (gustina u apsolutno suvom stanju; radijalno, tangencijalno i zapreminske bubrenje; čvrstoća na savijanje, napon na savijanje na granici proporcionalnosti, modul elastičnosti pri naponu na savijanje; čvrstoća na pritisak paralelno sa vlakancima i čvrstoća na udar) regresionom analizom smo utvrdili da povećanjem prosečne širine prstena prirasta preko 4 mm regresiona kriva prelazi u približno horizontalni položaj, što znači da dalje povećanje prosečne širine prstena prirasta nema poseban uticaj na navedena fizička i mehanička svojstva. Razlog može biti to što sa povećanjem prosečne širine prstena prirasta preko 4 mm učešće kasnog drveta postaje skoro konstantno.

Na osnovu svih dobijenih i analiziranih podataka možemo zaključiti da se svojstva drveta iz kultura statistički značajno razlikuju od svojstava drveta iz prirodnih sastojina. Međutim, postavlja se pitanje da li je i koliko ta razlika bitna u praksi. Upoređujući drvo omorike iz kultura i drvo omorike iz prirodnih sastojina, možemo zapaziti jako bitnu činjenicu da stabla iz kultura (posmatrajući konkretno stabla sa lokalitetom Dubrava) starosti oko 40 godina mogu dostići vrednosti prečnika i visine stabala iz prirodnih sastojina koje su stare oko 120 godina, a pri tom imaju i veće koeficijente biološke čistoće. Dalje, drvo omorike iz kultura ima bolja svojstva i što se tiče promena dimenzija sa povećanjem vlažnosti, jer ima manje bubrenje u radijalnom i tangencijalnom pravcu, kao i zapreminske bubrenje. Što se tiče mehaničkih svojstava možemo da izdvojimo napon na pritisak upravno na vlakanca, gde drvo omorike iz kultura ima bolja svojstva. Napon na pritisak na granici proporcionalnosti pri dejstvu sile u tangencijalnom pravcu je približno isti za drvo omorike iz kultura i iz prirodnih sastojina, dok je u radijalnom pravcu taj napon čak veći za drvo iz kultura. Čak je i varijabilnost napona na pritisak upravno na vlakanca u oba pravca manji za drvo iz kultura. Za sve ostale ispitane parametre drvo omorike iz prirodnih sastojina ima bolja svojstva (veća gustina, veće vrednosti čvrstoće na savijanje, modula elastičnosti, napona na pritisak paralelno sa vlakancima, čvrstoće na udar, tvrdoće drveta), što je

i očekivano. Međutim mora se naglasiti da drvo omorike iz kultura, s obzirom na brzinu dostizanja određenog prečnika, ima sasvim zadovoljavajuća fizička i mehanička svojstva i kao takvo može imati veliku primenu u praksi.

Istraživanje svojstava drveta omorike iz prirodnih i veštački podignutih sastojina znatno su približile sliku o drvetu ove vrste. Dobijeni rezultati o makroskopskim karakteristikama, fizičkim i mehaničkim svojstvima drveta omorike mogu pomoći u izboru oblasti primene ove vrste drveta i mogu biti polazna osnova za unapređenja procesa prerade drveta omorike iz veštački podignutih sastojina, s obzirom da su njene prirodne sastojine zaštićene zakonom.

6. LITERATURA

- Aanerød, R., S. (2014): Modeling Density and Mechanical Properties in Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst) by Forest Inventory Data. Master Thesis. Norwegian University of Life Sciences Department of Ecology and Natural Resource Management.
- Aleksić, M. J., Geburek, T. (2010): Mitochondrial DNA reveals complex genetic structuring in a stenoendemic conifer *Picea omorika* [(Panč.) Purk.] caused by its long persistence within the refugial Balkan region. Plant Syst Evol. 285: 1–11.
- Aleksić, M. J., Geburek, T. (2013): Quaternary population dynamics of an endemic conifer, *Picea omorika*, and their conservation implications. Conserv Genet
- Aleksić, M. J., Schueler, S., Mengl, M., Geburek, T. (2009): EST-SSRs developed for other *Picea* species amplify in *Picea omorika* and reveal high genetic variation in two natural populations. Belg. J. Bot. 142 (1): 89-95.
- Arganbright, D. G., Bensend, D. W., Manwiller, F. G. (1970): Influence of Gelatinous fibers on the shrinkage of silver maple. Wood science 3 (2).
- Babić, Lj., Ocokoljić, M., Anastasijević, N. (2007): Analiza bioloških osobina Pančićeve omorike u Beogradu. 9th Symposium on Flora of Southeastern Serbia and Neighbouring Regions. Niš (Serbia), September 01-03, 2007. 195-197.
- Ballian, D. (2006): Kontrola podrijetla Pančićeve omorike (*Picea omorika* /Panč./ Purk.) iz plantaže kod Kaknja pomoću izoenzimskih biljega. Šumarski list br. 7–8. 295-304.
- Ballian, D., Gömöry, D., Longauer, R., Mikić, T., Paule L. (2004): Isoenzyme analyses including reproduction and conservation problem of Serbian spruce (*Picea omorika* Panč./Purk.) populations from Višegrad area. FORUM Genetik – Wald – Forstwirtschaft 2004: 320–329.
- Ballian, D., Longauer, R., Mikić, T., Paule, L., Kajba, D., Gömöry, D. (2006): Genetic structure of rare conifer, Serbian Spruce (*Picea omorika* (Panč.) Purkyne). Plant system and Evolution 260. 53-63.

- Baumann, R. (1922): Die bisherigen Ergebnisse der Holzprüfungen in der Materialprüfungsanstalt an der Tech. Hochschule Stuttgart, Forsch. Gebiete Ingenieurw. H. 231, Berlin
- Cave, I.D., Walker, J.C.F. (1994): Stiffness of wood in fast-grown plantation softwoods: the influence of microfibril angle. Forest Products Journal 44(5): 43-48.
- Cirule, D., Lagana, R., Hrols, J., Dolacis, J. (2006): Change in some mechanical properties along the stem and effect of scale factor of Norway spruce (*Picea abies* Karst.). Wood Structure and Properties '06. edited by S. Kurjatko, J. Kudela, R. Logana. Arbora Publishers, Zvolen, Slovakia. 195-198.
- Čolić, D. (1953): Stanište Pančićeve omorike na desnoj strani Drine. Naučna knjiga. Beograd
- Čolić, D. (1957): Neki pionirski karakteri Pančićeve omorike i njena uloga u sukcesiji biljnih zajednica. Arhiv bioloških nauka br. 9. Beograd
- Čolić, D. (1962): Nalazišta Pančićeve omorike na planini Rudomišlji. Zaštita prirode. Beograd. 21 -25.
- Čolić, D. (1965): Poreklo i sukcesija šumskih zajednica sa Pančićevom omorikom (*Picea omorika* Panč) na planini Tari. Zaštita prirode. 21 -26. Beograd
- Čunderlík, I., Chovanec, D. (1987): Pozdĺžne zosychanie reakčného dreva *Fagus sylvatica* L. Drevársky výskum, 32(112): 1-7.
- Cvjetković B., Mataruga, M., Isajev, V., Lević, J., Lučić, A., Trkulja, V., Kremenovic, Ž. (2013): Variability in germination and germination dynamics of differently treated seeds of Serbian spruce (*Picea omorika* Pancic/Purkyne). Genetika, Vol 45, No. 1, 109-119.
- Donaldson, L.A., Evans, R., Cown, D.J., Lausberg, M.J.F. (1995): Clonal variation of wood density variables in *Pinus radiata*. New Zealand Journal of Forestry Science 25(2): 175-188.
- Dukić, V., Mataruga, M., Maunaga, Z., Petrović, D., Cvjetković, B. (2012): Growth models of Serbian spruce (*Picea omorika* Pančić/Purkyně) trees in different biological positions in the seed culture 'Zanožje Vitez'. FORESTS IN THE FUTURE - Sustainable Use, Risks and Challenges“ 4-5. Oktobar 2012. Beograd. 73-80.

- Elliot, G.K. (1970): Wood density in conifers. Technical communication No. 8, Commonwealth Forestry Bureau, Oxford, England
- Foulger, A. N. (1966): Longitudinal shrinkage pattern in eas white pine stems. Forest products journal 16 (12): 45-47.
- Fukarek, P. (1935): Picea omorika, njezina vrijednost u šumarstvu i pitanje njenog areala. Šumarski list. Zagreb.
- Fukarek, P. (1950): Današnje rasprostranjenje Pančićeve omorike (*Picea omorika* Panč.) i neki podaci o njenim sastojinama. Godišnjak Biološkog instituta u Sarajevu. God. III. Sv. 1 – 2. Sarajevo
- Fukarek, P. (1951): Staništa Pančićeve omorike nakon šumskih požara u 1946/47. godini. Šumarski list. Zagreb
- Fukarek, P. (1957): Neke starije i novije rasprave o Pančićevoj omorici. Šumarstvo X. Sv. 3 – 4
- Ghelmeziu, N. (1937/38): Untersuchungen über die Schlagfestigkeit von Bauhölzern. Holz als Roh- und Werkstoff 1: 585-601.
- Gorišek, Ž., Straže, A. (2005): Utjecaj građe drva na savijanje smrekovine (*Picea abies* Karst.) u procesu sušenja. Sedmo međunarodno znanstveno savetovanje „Drvo u graditeljstvu“, zbornik radova. Šumarski fakultet. Sveučilište u Zagrebu.
- Gorišek, Z., Straže, A., Pervan, S. (2004): Juvenile wood in spruce (*Picea abies* Karst.) - limitation of use: comparison of physical and mechanical properties between juvenile and adult wood. Wood in the construction industry: rational utilisation of wood Proceedings, international conference, Zagreb, Croatia: 27-34.
- Gryc, V., Horáček, P. (2007): Variability in density of spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) wood with the presence of reaction wood. Journal of Forest Science, 53 (3): 129–137.
- Gryc, V., Vavrčík, H. (2009): Variability of spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) compression strength with present reaction wood. Journal of Forest Science, 55 (9): 415–422.
- Hadživukovic, S. (1991): Statistički metodi sa primenom u poljoprivrednim i biološkim istraživanjima. Poljoprivredni fakultet. Institut za ekonomiku poljoprivrede i sociologiju sela. Novi Sad

- Hadživuković, S., Zegnal, R., Čobanović, K. (1982): Regresiona analiza. Privredni pregled. Beograd
- Hakkila, P. (1979): Wood density survey and dry weight tables for pine, spruce and birch stems in Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* (96.3). Helsinki, Finland. 1-59.
- Harvald, C., Olesen, P.O. (1987): The variation of the basic density within the juvenile wood of Sitka spruce (*Picea sitchensis*). *Scandinavian Journal of Forest Research* 2: 525-537.
- Haygreen, J.G., Bowyer, J.L. (1996): *Forest Products and Wood Science (An introduction)*. 3rd ed. - Ames: Iowa State University Press 490
- Herman, M., Dutilleul, P., Avella-Shaw, T. (1998): Growth rate effects on temporal trajectories of ring width, wood density, and mean tracheid length in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Wood und Fiber Science* 30(1): 6-17.
- Hijmans R. J., Cameron S. E., Parra J. L., Jones P. G., Jarvis A. (2005): Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25(15): 1965–1978.
- Høibø, O., Vestøl, G., Fischer, C., Fjeld, L., Øvrumb, A. (2014): Bending properties and strength grading of Norway spruce: variation within and between stands. *Canadian Journal of Forest Research*. 44(2): 128-135.
- Ilić, M., Rešović, S. (2009): Klaster analiza. Pristupni rad. Ekonomski fakultet. Univerzitet u Kragujevcu
- Isajev, V. (1987): Oplemenjivanje omorike (*Picea omorika* /Panč./ Purkyne) na genetsko selekcionim osnovama. Doktorska disertacija, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd.
- Isajev, V., Tošić, M., Ljubisavlević, Lj. (1989): Generativna semenska plantaža omorike u Godoviku - genetska baza za dalje oplemenjivanje. Pregledni članak u monografiji: "Unapređenje šuma i šumarstva regiona Titovo Užice". Beograd. 27-40
- Ivetić, V., Aleksić, J.M. (2016): Response of rare and endangered species *Picea omorika* to climate change - The need for speed. *Reforesta* 2. Belgrade. 81-99.

- Johansson, C-J., Brundin, J., Gruber, R. (1992): Stress grading of Swedish and German timber. A comparison of machine stress grading and three visual grading systems. Swedish National Testing and Research Institute BuildingTechnology, SP Report:23.
- Johansson, M., Kliger, R. (2000): Variability in strength and stiffness of structural Norway Spruce timber - influence of raw material parameters. World Conference on Timber Engineering Whistler Resort, British Columbia, Canada.
- Jyske, T., Mäkinen, H., Saranpää, P. (2008): Wood density within Norway spruce stems. *Silva Fennica* 42(3): 439–455.
- Karahasanović, A. (1962): Tehnička svojstva bosanske prašumske jelovine. Separat: Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo i drvnu industriju u Sarajevu. God. VII br. 7. Sarajevo: 207-271.
- Karahasanović, A. (1992): Nauka o drvetu. Svjetlost Sarajevo. 426
- Kollmann, F., Côté, W. (1968): Principles of Wood Science and Technology. I. Solid Wood. Springer-Verlag New York. 592
- Kommert, R. (1990): Mitteilung über ausgewählte Holzeigenschaften der Serbischen Fichte (*Picea omorika* (PANČIĆ) PURK.) von Mittelgebirgsstandorten aus Sachsen und Thüringen. Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden .Vol. 39 No. 6 119-123.
- Kommert, R. (1993): Die Holzeigenschaften der Serbischen Fichte aus Anbauten im Freistaat Sachsen. *Holz als Roh- und Werkstoff* 51. 329–334.
- Kommert, R., Köhler, J. (1993): Untersuchungen der Faserlänge der Serbischen Fichte von Mittelgebirgsstandorten. *Holz als Roh- und Werkstoff* 51. 287–290.
- Koprivica, M. (1978): Proizvodne mogućnosti kultura Pančićeve omorike (*Picea omorika* Panč.) na Trebeviću kod Sarajeva. Šumarstvo i prerada drveta 1-3. Sarajevo. 23-33.
- Koprivica, M. (2015): Šumarska statistika. Šumarski fakultet. Univerzitet u Banjoj Luci 381
- Korać, M. (1965): Pančićeva omorika (*Picea omorica* Panč.) i jonizujuće zračenje. Šumarstvo. Beograd. 135-145.
- Král, D. (2002): Assessing the growth of *Picea omorika* [Panč.] Purkyně in the Masaryk Forest Training Forest Enterprise at Křtiny. *JOURNAL OF FOREST SCIENCE* 48, 388–398.

- Laasasenaho, J., Melkas, T., Aldén, S. (2005): Modelling bark thickness of *Picea abies* with taper curves. *Forest Ecology and Management*. 206: 35–47.
- Lakušić, R., Međedović, S. (1973): Ekološke i genetičke karakteristike vrste *Picea omorika* (Pančić) Purkinje. Zbornik radova sa jugoslovenskog simpozijuma o problemima flore i vegetacije jugoistočnih Dinarida. Andrijevica. 101-110.
- Lexa, J., Nečesaný, V., Pacلت, J., Tesařová, M., Štofkو, J. (1952): Mechanické a fyzikální vlastnosti dreva. Bratislava, Práca – Vydatelstvo ROH. 432
- Lindström, H. (1996a): Basic density in Norway spruce. Part I.A literature review. *Wood Fiber Science* 28 (1). 15-27.
- Lindström, H. (1996b): Basic density in Norway spruce. Part II. Predicted by stem taper mean growth ring width and factors related to crown development. *Wood Fiber Sciece* 28(2). 240-251.
- Lindström, H. (1996c): Basic density in Norway spruce. Part III. Development from pith outwards. *Wood Fiber Science* 28(3). 391-405.
- Lindström, H. (1997): Fiber length, tracheid diameter, and latewood percentage in Norway spruce: development from pith outwards. *Wood and Fiber Science*, 29(1). 21-34.
- Lubardić, S., Nikolić, M. (1970): Uticaj širine goda i procenta učešća kasnog drveta na neka fizička i mehanička svojstva gočkog bora. Šumarstvo 3-4. Beograd: 31-40.
- Lukić-Simonović, N. (1955): O osnovnim fizičkim svojstvima i njihovom međusobnom odnosu kod *Piceae omorice* Pančić. Glasnik Šumarskog fakulteta 10. Univerzitet u Beogradu. 237-266.
- Lukić-Simonović, N. (1960): Prilog poznавању техничких својстава смрче. Šumarstvo XIII 3-4. Beograd 201-208.
- Lukić-Simonović, N. (1970): Uporedna istraživanja tehnoloških svojstava drveta *Picea omorica* Panč. i *Picea excelsa* Lin. u vezi sa uticajem staništa. Doktorska disertacija. Glasnik Šumarskog fakulteta. Univerzitet u Beogradu, Beograd.
- Lundgren, C. (2004): Cell wall thickness and tangential and radial cell diameter of fertilized and irrigated Norway spruce. *Silva Fennica* 38(1): 95–106.

- Mataruga, M., Isajev, V., Lazarev, V., Balotic, P., Danicic, V. (2005): Registar šumskih sjemenskih objekata RS. Šumarski fakultet Banja Luka.
- Matijević, B. (1988) Anatomska građa drveta *Picea omorika* (Pančić) Purkyne sa lokaliteta Crvene stene – Tara. U: Gajić, M. (Ur.), Flora Nacionalnog parka Tara. Šumarski fakultet Beograd. Šumska sekcija Bajina Bašta. Beograd, Bajina Bašta. 557-561.
- Merforth, C. (2000): Formstabilität von Kanthölzern aus Fichte (*Picea abies* /L./ Karst.) unter dem Einfluß wachsender Holzfeuchte. [Dissertation.] Freiburg, Albert-Ludwigs Universität. 235
- Meyer, H. (1960): Die Omorikafichte - *Picea omorica* Pančić, eine Bereicherung unserer artenarmen Baumflora. Arch. f. Forstw. 9(7). 594-614.
- Meylan, B. A. (1968): High longitudinal shrinkage in wood. Forest products journal 18 (4).
- Molteberg, D., Høibø, 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.
- Nasri, N., Bojovic, S., Vendramin, G.G., Fady, B. (2008): Population genetic structure of the relict Serbian spruce, *Picea omorika*, inferred from plastid DNA. Plant Syst Evol 271: 1. 1-7.
- Olesen, P.O. (1976): The interrelation between basic density and ring width of Norway spruce. Det. Forstl. Forsvogsv. Danm. (34). 340-359.
- Ostojić, D., Dinić, A. (2009): Eksperimentalna fitocenološka ispitivanja prirodnog obnavljanja omorike (*Picea omorika* /Pančić/ Purkyně) u Nacionalnom parku Tara. Šumarstvo 1-2. Beograd. 23-35.
- Pazdrowski, W., Spława-Neyman, S. (2003): Stage growth of trees and its effect on selected properties of Norway spruce wood (*Picea abies* (L.) Karst.). Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. Volume 6. Issue 2.
- Petrović, D. (2010): Unutar i međulinijska varijabilnost svojstava drveta crnog bora (*Pinus nigra* Arnold) u semenskoj plantaži na Jelovoj gori. Magistarski rad. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu

- Pintarić, K. (1957): Uticaj starosti sjemena i djelovanje svjetla na proces klijanja kod sjemena Pančićeve omorike (*Picea omorica* Panč). Radovi Poljoprivredno – Šumarskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu. Godina II. Broj 2. 89-104.
- Pintarić, K. (1970): Konzerviranje sjemena Pančićeve omorike (*Picea omorica* Panč) u hermetički zatvorenim bocama i uticaj starosti na klijavost. Šumarstvo 5 – 6. Beograd. 3-12.
- Plavšić, S. (1936): Anatomische Untersuchungen über *Picea omorica*. Beih. z. Bot. Centralbl. Bd. LIV. 429-493.
- Pokorný, J. (1981): Smrk omorika. Lesn. Práce, 60. 183–184.
- Popović, Z. (1990): Uticaj vlažnosti i temperature na modul elastičnosti i savitljivost bukovog drveta. Magistarski rad. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu
- Prka, M. (2004): Debljina kore obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) u sječinama Bjelovarske Bilogore. Šumarski list br. 7-8: 391-403.
- Pushinskis, V., Priedkalns, G., Dolacis, J., Hrols, J. (2002): Selected mechanical properties of Norway spruce wood in Latvia. Wood Structure and Properties '02. edited by Jozef Kúdela, Stanislav Kurjatko, Jozel Kúdela. Arbora Publishers, Zvolen, Slovakia. 157-159.
- Raiskila, S., Saranpää, P., Fagerstedt, K., Laakso, T., Löijä, M., Mahlberg, R., Paajanen, L., Ritschkoff, A.-C. (2006): Growth rate and wood properties of Norway spruce cutting clones on different sites. Silva Fennica 40(2): 247–256.
- Reck, P. (2002): Das Bauwachstum von kronnenspungsfrei gewachsenen Fichten (*Picea abies* (L.) Karst.) unter besonderer Berücksichtigung der Holztechnologischen Eigenschaften. [Dissertation.] Freiburg, Albert-Ludwigs Universität. 260
- Rosner, S., Klein, A., Müller, U., Karlsson, B. (2007): Hydraulic and mechanical properties of young Norway spruce clones related to growth and wood structure. Tree Physiology 27. 1165–1178.
- Rothmund, A. (1949): About the Resistance of Wood Against Pressure Perpendicular to Grain. Bauplanung und Bautechnik, 3(12): 393-398.

- Schlyter, R. (1927): The strenght of Swedish redwood timber (Pine) and its dependence on moisture content and apparent specific gravity. Congrès international pour l'essai des matériaux. Amsterdam
- Schneeweiss, G., Felber, S. (2013): Review on the Bending Strength of Wood and Influencing Factors. American Journal of Materials Science, 3(3): 41-54.
- Šijačić-Nikolić, M. (2001): Analiza genetskog potencijala generativne semenske plantaže omorike (*Picea omorika* /Panč./Purkyne) primenom kontrolisane hibridizacije linija polusrodnika. Doktorska disertacija. Šumarski fakultet. Univerzitet u Beogradu.
- Šijačić-Nikolić, M., Isajev, V. (2002): Model of experimental seed orchard for the production of serbian spruce (*Picea omorika* /Panč./Purkyne) intraspecific hybrids. Genetika. Vol. 34. No. 1. 11-19.
- Sinković, T. (1995): Fizička svojstva juvenilnog drva jele (*Abies alba* Mill.) iz Gorskog Kotara. Drvna industrija 46 (2): 59-68.
- Šoškić, B., Govedar, Z., Todorović, N., Petrović, D. (2007): Osnovna fizička svojstva drveta smrče (*Picea abies* Karst.) iz kultura. Glasnik Šumarskog fakulteta. Beograd. 97-110.
- Šoškić, B., Govedar, Z., Todorović, N., Petrović, D. (2008): Čvrstoća na pritisak i tvrdoća drveta smrče (*Picea abies* Karst.) iz kultura. Šumarstvo 3. Beograd. 119-135.
- Šoškić, B., Popović, Z. (2002): Svojstva drveta. Šumarski fakultet Beograd. 298
- Stajić, B. (2003): Karakteristike rasta belog jasena na području Majdanpečke domene. Magistarski rad. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu
- Stevanović-Janežić, T., Vilotić, D., Bujanović, B. (1995): Hemiske i anatomske karakteristike ksilema i kore vrsta drveća značajnijih za preradu drveta u Srbiji. U: Monografija: Unapređenje tehnologija drveta u korelaciji sa svojstvima hemijskih konstituenata drveta. Beograd. p: 5-40.
- Stojanović, Lj. (1995): Pančićeva omorika na karakterističnim nalazištima u Srbiji – Uticaj nekih faktora staništa i sastojina na dinamiku razvitka stabala. Javno preduzeće Nacionalni park Tara – Bajina Bašta. Beograd

- Stojanović, O. (1959): Prirast i oblik stabala Pančićeve omorike na njenom prirodnom staništu. Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo i drvnu industriju u Sarajevu. p: 164-187.
- Taylor, FW., Burton, JD. (1982): Growth ring characteristics, specific gravity and fiber length of rapidly grown loblolly pine. Wood Fiber 14: 204-210.
- Todorović, N. (2006): Aksijalno utezanje drveta bukve (*Fagus moesiaca* C.), hrasta kitnjaka (*Quercus sessiliflora* S.) i smrče (*Picea excelsa* L.). Magistarski rad. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu
- Tomanić, L. (1991): Istraživanje Pančićeve omorike na Tari. Glasnik Šumarskog fakulteta. Univerzitet u Beogradu. Beograd. 259-263.
- Trendelenburg, R. (1939): Das Holz als Rohstoff. München, Berlin, Lehmanns Verlag. 435
- Tucović, A., Isajev, V. (1982): Uticaj različitih tipova opršivanja na neka svojstva šišarica i semena omorike (*Picea omorika*/ Panč. / Purkyne). Glasnik Šumarskog fakulteta. Ser. C, br. 59. Beograd. 59-65.
- Tucović, A., Isajev, V. (1988): Generativna semenska plantaža omorike u Godoviku. Izvođački projekat. Beograd. 1-40.
- Ugrenović, A. (1950): Tehnologija drveta, Zagreb 502
- Vasilj, Đ. (2000): Biometrika i eksperimentiranje u bilinogojstvu. Hrvatsko agronomsko društvo, str. 109, Zagreb.
- Vidaković, M., Franjić, J. (2004): Golosjemenjače. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb
- Vilotić, D. (1994): Anatomska građa stabla omorike (*Picea omorika* /Pančić/Purkyne) sa područja nacionalnog parka Tara. Monografija: Omorika /*Picea omorika*/ na području nacionalnog parka Tara. Bajina Bašta. 33-47.
- Vilotić, D. (2000): Uporedna anatomija drveta. Šumarski fakultet. Beograd. 176
- Ward, D. (1975): The influence of tree spacing upon tracheid length and density in Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr). M.Agr.Sc. Thesis, University College Dublin

Warren, WG. (1979): The contribution of earlywood and latewood specific gravities to overall wood specific gravity. Wood Fiber 11: 127-135.

Wettstein, R. (1890): Die Omorika-Fichte, *Picea omorica* (Pančić). Eine monographisch Studie. Sitzungsberichte der kaiserl. Akad. d. Wissenschaften zu Wien. Math. naturw. Classe. 503-557.

PRILOZI

Spisak tabela

Tabela 1. Koordinate, ekspozicija, nagib i nadmorska visina odabralih lokaliteta.....	10
Tabela 2. Prosečne količine padavina, minimalne, maksimalne i srednje temperature po mesecima za period od 1961-1990. godine.....	15
Tabela 3. Roemer-Orphal-ova tabela za određivanje jačine korelacione zavisnosti (prema Vasilj 2000).....	36
Tabela 4. Spoljašnje karakteristike stabala iz kultura.....	37
Tabela 5. Spoljašnje karakteristike stabala iz prirodnih sastojina	39
Tabela 6. Mere centralne tendencije i varijabiliteta debljine kore.....	41
Tabela 7. Analiza varijanse debljine kore po lokalitetima	42
Tabela 8. Duncan test – debljina kore po lokalitetima	42
Tabela 9. Mere centralne tendencije i varijabiliteta površinskog učešća kore	43
Tabela 10. Analiza varijanse površinskog učešća kore po lokalitetima	44
Tabela 11. Duncan test – površinsko učešće kore po lokalitetima.....	45
Tabela 12. Mere centralne tendencije i varijabiliteta širine prstenova prirasta	54
Tabela 13. Analiza varijanse širine prstenova prirasta između lokaliteta	55
Tabela 14. Duncan test - širine prstenova prirasta.....	55
Tabela 15. Mere centralne tendencije i varijabiliteta širine prstenova prirasta u prvih četrdeset godina rasta stabala iz prirodnih sastojina.....	56
Tabela 16. Analiza varijanse širine prstenova prirasta u prvih četrdeset godina rasta stabala iz prirodnih sastojina.....	56
Tabela 17. Duncan test - širine prstenova prirasta u prvih četrdeset godina rasta stabala iz prirodnih sastojina.....	57
Tabela 18. Mere centralne tendencije i varijabiliteta širine kasnog drveta	58
Tabela 19. Analiza varijanse širine kasnog drveta između lokaliteta.....	59
Tabela 20. Duncan test - širina kasnog drveta.....	59
Tabela 21. Mere centralne tendencije i varijabiliteta učešća kasnog drveta.....	60
Tabela 22. Analiza varijanse učešća kasnog drveta između lokaliteta	60
Tabela 23. Duncan test - učešće kasnog drveta.....	61

Tabela 24. Mere centralne tendencije i varijabiliteta širine i učešća kasnog drveta u prvih četrdeset godina rasta stabala iz prirodnih sastojina.....	61
Tabela 25. Analiza varijanse širine kasnog drveta u prvih četrdeset godina rasta stabala iz prirodnih sastojina.....	62
Tabela 26. Duncan test - širina kasnog drveta u prvih četrdeset godina rasta stabala iz prirodnih sastojina	62
Tabela 27. Analiza varijanse učešća kasnog drveta u prvih četrdeset godina rasta stabala iz prirodnih sastojina.....	62
Tabela 28. Duncan test - učešće kasnog drveta u prvih četrdeset godina rasta stabala iz prirodnih sastojina	62
Tabela 29. Karakteristike regresije (zavisnost širine ranog drveta od širine prstena prirasta)	63
Tabela 30. Karakteristike regresije (zavisnost širine kasnog drveta od širine prstena prirasta)	64
Tabela 31. Karakteristike regresije (zavisnost učešća kasnog drveta od širine prstena prirasta)	65
Tabela 32. Mere centralne tendencije i varijabiliteta vlažnosti drveta u trenutku obaranja	67
Tabela 33. Mere centralne tendencije i varijabiliteta gustine drveta u absolutno suvom stanju	76
Tabela 34. Analiza varijanse gustine drveta u absolutno suvom stanju vlažnosti između lokaliteta	77
Tabela 35. Duncan test - gustina drveta u absolutno suvom stanju vlažnosti	77
Tabela 36. Analiza varijanse po visini stabla za gustinu u absolutno suvom stanju	78
Tabela 37. Mere centralne tendencije i varijabiliteta gustine drveta u absolutno suvom stanju za prvih četrdesetak godina rasta stabala iz prirodnih sastojina.....	79
Tabela 38. Analiza varijanse gustine drveta u absolutno suvom stanju vlažnosti za prvih četrdesetak godina rasta stabala iz prirodnih sastojina.....	80
Tabela 39. Duncan test - gustina drveta u absolutno suvom stanju vlažnosti za prvih četrdesetak godina rasta stabala iz prirodnih sastojina	80
Tabela 40. Karakteristike regresije (zavisnost gustine drveta u absolutno suvom stanju od širine prstena prirasta).....	82
Tabela 41. Karakteristike regresije (zavisnost gustine drveta u absolutno suvom stanju od učešća kasnog drveta).....	84
Tabela 42. Mere centralne tendencije i varijabiliteta gustine drveta u prosušenom stanju vlažnosti....	85
Tabela 43. Mere centralne tendencije i varijabiliteta gustine drveta u sirovom stanju vlažnosti	86
Tabela 44. Mere centralne tendencije i varijabiliteta nominalne gustine drveta	87
Tabela 45. Mere centralne tendencije i varijabiliteta zapreminske poroznosti	88
Tabela 46. Analiza varijase zapreminske poroznosti između lokaliteta.....	89

Tabela 47. Duncan test – zapreminska poroznost	89
Tabela 48. Mere centralne tendencije i varijabiliteta površinske poroznosti	90
Tabela 49. Analiza varijase površinske poroznosti između lokaliteta.....	91
Tabela 50. Duncan test – površinska poroznost	91
Tabela 51. Mere centralne tendencije i varijabiliteta tačke zasićenosti vlakanaca.....	92
Tabela 52. Analiza varijase tačke zasićenosti vlakanaca između lokaliteta.....	93
Tabela 53. Duncan test – tačka zasićenosti vlakanaca	93
Tabela 54. Mere centralne tendencije i varijabiliteta radijalnog bubrenja	94
Tabela 55. Analiza varijanse radijalnog bubrenja po lokalitetima	95
Tabela 56. Duncan test - radijalno bubrenje.....	96
Tabela 57. Mere centralne tendencije i varijabiliteta radijalnog bubrenja drveta za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina.....	96
Tabela 58. Analiza varijanse radijalnog bubrenja za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina.....	97
Tabela 59. Duncan test - radijalno bubrenje za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina	97
Tabela 60. Karakteristike regresije (zavisnost radijalnog bubrenja od širine prstena prirasta).....	98
Tabela 61. Karakteristike regresije (zavisnost radijalnog bubrenja od učešća kasnog drveta)	99
Tabela 62. Karakteristike regresije (zavisnost radijalnog bubrenja od gustine drveta u apsolutno suvom stanju).....	100
Tabela 63. Mere centralne tendencije i varijabiliteta tangencijalnog bubrenja	102
Tabela 64. Analiza varijanse tangencijalnog bubrenja po lokalitetima.....	103
Tabela 65. Duncan test – tangencijalno bubrenje.....	103
Tabela 66. Mere centralne tendencije i varijabiliteta tangencijalnog bubrenja drveta za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina.....	104
Tabela 67. Analiza varijanse tangencijalnog bubrenja za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina.....	104
Tabela 68. Duncan test – tangencijalno bubrenje za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina.....	105
Tabela 69. Karakteristike regresije (zavisnost tangencijalnog bubrenja od širine prstena prirasta)....	106
Tabela 70. Karakteristike regresije (zavisnost tangencijalnog bubrenja od učešća kasnog drveta)	107

Tabela 71. Karakteristike regresije (zavisnost tangencijalnog bubrenja od gustine drveta u apsolutno suvom stanju)	108
Tabela 72. Mere centralne tendencije i varijabiliteta aksijalnog bubrenja	110
Tabela 73. Analiza varijanse aksijalnog bubrenja po lokalitetima	111
Tabela 74. Duncan test – aksijalno bubrenje	111
Tabela 75. Mere centralne tendencije i varijabiliteta aksijalnog bubrenja drveta za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina.....	112
Tabela 76. Analiza varijanse aksijalnog bubrenja za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina.....	112
Tabela 77. Mere centralne tendencije i varijabiliteta zapreminskog bubrenja	113
Tabela 78. Analiza varijanse zapreminskog bubrenja po lokalitetima	114
Tabela 79. Duncan test – zapreminske bubrenje	114
Tabela 80. Mere centralne tendencije i varijabiliteta zapreminskog bubrenja drveta za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina.....	115
Tabela 81. Analiza varijanse zapreminskog bubrenja za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina.....	115
Tabela 82. Duncan test – zapreminske bubrenje za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina.....	115
Tabela 83. Karakteristike regresije (zavisnost zapreminskog bubrenja od širine prstena prirasta)....	117
Tabela 84. Karakteristike regresije (zavisnost zapreminskog bubrenja od učešća kasnog drveta)	118
Tabela 85. Karakteristike regresije (zavisnost zapreminskog bubrenja od gustine drveta u apsolutno suvom stanju)	119
Tabela 86. Mere centralne tendencije i varijabiliteta čvrstoće na savijanje	121
Tabela 87. Analiza varijanse čvrstoće na savijanje po lokalitetima	122
Tabela 88. Duncan test- čvrstoća na savijanje.....	123
Tabela 89. Mere centralne tendencije i varijabiliteta čvrstoće na savijanje drveta za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina.....	123
Tabela 90. Analiza varijanse čvrstoće na savijanje za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina.....	124
Tabela 91. Karakteristike regresije (zavisnost čvrstoće na savijanje od širine prstena prirasta).....	125
Tabela 92. Karakteristike regresije (zavisnost čvrstoće na savijanje od učešća kasnog drveta)	125
Tabela 93. Karakteristike regresije (zavisnost čvrstoće na savijanje od gustine drveta).....	127
Tabela 94. Mere centralne tendencije i varijabiliteta napona na savijanje na granici proporcionalnosti	128

Tabela 95. Analiza varijanse napona na savijanje na granici proporcionalnosti po lokalitetima	129
Tabela 96. Duncan test- napon na savijanje na granici proporcionalnosti	129
Tabela 97. Mere centralne tendencije i varijabiliteta napona na savijanje na granici proporcionalnosti za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina	130
Tabela 98. Analiza varijanse napona na savijanje na granici proporcionalnosti za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina.....	130
Tabela 99. Mere centralne tendencije i varijabiliteta odnosa napona na granici proporcionalnosti i maksimalnog napona na savijanje	131
Tabela 100. Analiza varijanse odnosa napona na granici proporcionalnosti i maksimalnog napona na savijanje po lokalitetima.....	131
Tabela 101. Duncan test- odnos napona na granici proporcionalnosti i maksimalnog napona na savijanje	132
Tabela 102. Karakteristike regresije (zavisnost napona na savijanje na granici proporcionalnosti od širine prstena prirasta)	132
Tabela 103. Karakteristike regresije (zavisnost napona na savijanje na granici proporcionalnosti od učešća kasnog drveta).....	133
Tabela 104. Karakteristike regresije (zavisnost napona na savijanje na granici proporcionalnosti od gustine drveta u prosušenom stanju vlažnosti).....	134
Tabela 105. Mere centralne tendencije i varijabiliteta modula elastičnosti pri naponu na savijanje...135	
Tabela 106. Analiza varijanse modula elastičnosti pri naponu na savijanje po lokalitetima	136
Tabela 107. Duncan test-modul elastičnosti pri naponu na savijanje.....	136
Tabela 108. Mere centralne tendencije i varijabiliteta modula elastičnosti pri naponu na savijanje drveta za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina.....	137
Tabela 109. Analiza varijanse modula elastičnosti pri naponu na savijanje za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina	137
Tabela 110. Duncan test-modul elastičnosti pri naponu na savijanje za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina.....	137
Tabela 111. Karakteristike regresije (zavisnost modula elastičnosti pri naponu na savijanje od širine prstena prirasta)	138
Tabela 112. Karakteristike regresije (zavisnost modula elastičnosti pri naponu na savijanje od učešća kasnog drveta)	139
Tabela 113. Karakteristike regresije (zavisnost modula elastičnosti pri naponu na savijanje od gustine drveta).....	139
Tabela 114. Karakteristike regresije (zavisnost čvrstoće na savijanje od modula elastičnosti)	140
Tabela 115. Mere centralne tendencije i varijabiliteta čvrstoće na pritisak paralelno sa vlakancima.	142

Tabela 116. Analiza varijanse čvrstoće na pritisak paralelno sa vlakancima po lokalitetima.....	143
Tabela 117. Duncan test - čvrstoća na pritisak paralelno sa vlakancima	143
Tabela 118. Mere centralne tendencije i varijabiliteta čvrstoće na pritisak paralelno sa vlakancima drveta za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina.....	144
Tabela 119. Analiza varijanse čvrstoće na pritisak paralelno sa vlakancima za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina	145
Tabela 120. Duncan test - čvrstoća na pritisak paralelno sa vlakancima za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina.....	145
Tabela 121. Karakteristike regresije (zavisnost čvrstoće na pritisak paralelno sa vlakancima od širine prstena prirasta)	146
Tabela 122. Karakteristike regresije (zavisnost čvrstoće na pritisak paralelno sa vlakancima od učešća kasnog drveta)	147
Tabela 123. Karakteristike regresije (zavisnost čvrstoće na pritisak paralelno sa vlakancima od gustine drveta).....	148
Tabela 124. Mere centralne tendencije i varijabiliteta napona na pritisak upravno na vlakanca na granici proporcionalnosti pri dejstvu sile u tangencijalnom pravcu.....	150
Tabela 125. Analiza varijanse napona na pritisak upravno na vlakanca na granici proporcionalnosti pri dejstvu sile u tangencijalnom pravcu po lokalitetima	151
Tabela 126. Duncan test - napon na pritisak upravno na vlakanca na granici proporcionalnosti pri dejstvu sile u tangencijalnom pravcu	151
Tabela 127. Karakteristike regresije (zavisnost napona na pritisak na granici proporcionalnosti upravno na vlakanca u tangencijalnom pravcu od širine prstena prirasta)	152
Tabela 128. Karakteristike regresije (zavisnost napona na pritisak na granici proporcionalnosti upravno na vlakanca u tangencijalnom pravcu od učešća kasnog drveta)	153
Tabela 129. Karakteristike regresije (zavisnost napona na pritisak na granici proporcionalnosti upravno na vlakanca u tangencijalnom pravcu od gustine drveta u prosušenom stanju vlažnosti).....	153
Tabela 130. Mere centralne tendencije i varijabiliteta napona na pritisak upravno na vlakanca na granici proporcionalnosti pri dejstvu sile u radijalnom pravcu	155
Tabela 131. Analiza varijanse napona na pritisak upravno na vlakanca na granici proporcionalnosti pri dejstvu sile u radijalnom pravcu po lokalitetima.....	155
Tabela 132. Duncan test - napon na pritisak upravno na vlakanca na granici proporcionalnosti pri dejstvu sile u radijalnom pravcu	155
Tabela 133. Mere centralne tendencije i varijabiliteta dinamičkog napon na savijanje	157
Tabela 134. Analiza varijanse dinamičkog napona na savijanje po lokalitetima	158
Tabela 135. Duncan test- dinamički napon na savijanje	158

Tabela 136. Mere centralne tendencije i varijabiliteta dinamičkog napona na savijanje drveta za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina.....	159
Tabela 137. Analiza varijanse dinamičkog napona na savijanje za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina	159
Tabela 138. Karakteristike regresije (zavisnost dinamičkog napona na savijanje od širine prstena prirasta za sve ispitane uzorke)	160
Tabela 139. Karakteristike regresije (zavisnost dinamičkog napona na savijanje od učešća kasnog drveta)	161
Tabela 140. Karakteristike regresije (zavisnost dinamičkog napona na savijanje od gustine drveta).162	
Tabela 141. Mere centralne tendencije i varijabiliteta tvrdoće drveta omorike u aksijalnom pravcu.163	
Tabela 142. Analiza varijanse tvrdoće drveta u aksijalnom pravcu po lokalitetima	164
Tabela 143. Duncan test- tvrdoća drveta u aksijalnom pravcu.....	164
Tabela 144. Mere centralne tendencije i varijabiliteta tvrdoće drveta u aksijalnom pravcu za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina.....	165
Tabela 145. Analiza varijanse tvrdoće drveta u aksijalnom pravcu za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina	165
Tabela 146. Mere centralne tendencije i varijabiliteta tvrdoća drveta omorike u radijalnom pravcu .166	
Tabela 147. Analiza varijanse tvrdoće drveta u radijalnom pravcu po lokalitetima	167
Tabela 148. Duncan test- tvrdoća drveta u radijalnom pravcu.....	167
Tabela 149. Mere centralne tendencije i varijabiliteta tvrdoće drveta u radijalnom pravcu za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina.....	168
Tabela 150. Analiza varijanse tvrdoće drveta u radijalnom pravcu za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina	168
Tabela 151. Mere centralne tendencije i varijabiliteta tvrdoća drveta omorike u tangencijalnom pravcu	169
Tabela 152. Analiza varijanse tvrdoće drveta u tangencijalnom pravcu po lokalitetima	170
Tabela 153. Duncan test- tvrdoća drveta u tangencijalnom pravcu.....	170
Tabela 154. Mere centralne tendencije i varijabiliteta tvrdoće drveta u tangencijalnom pravcu za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina.....	171
Tabela 155. Analiza varijanse tvrdoće drveta u tangencijalnom pravcu za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina.....	171
Tabela 156. Duncan test- tvrdoća drveta u tangencijalnom pravcu za prvih četrdesetak godina rasta stabla iz prirodnih sastojina	171

Tabela 157. Karakteristike regresije (zavisnost tvrdoće drveta u aksijalnom pravcu od gustine drveta u prosušenom stanju vlažnosti)	172
Tabela 158. Karakteristike regresije (zavisnost tvrdoće drveta u radijalnom pravcu od gustine drveta u prosušenom stanju vlažnosti)	173
Tabela 159. Karakteristike regresije (zavisnost tvrdoće drveta u tangencijalnom pravcu od gustine drveta u prosušenom stanju vlažnosti)	174

Spisak grafikona

Grafikon 1. Prosečne vrednosti padavina po mesecima za period 1961-1990. godine po lokalitetima	16
Grafikon 2. Prosečne sume padavina (godišnje i u vegetacionom periodu) za period 1961-1990. godine po lokalitetima.....	16
Grafikon 3. Prosečne vrednosti temperature vazduha po mesecima za period 1961-1990. godine po lokalitetima.....	17
Grafikon 4. Prosečne srednje vrednosti temperature vazduha (godišnje i u vegetacionom periodu) za period 1961-1990. godine po lokalitetima.....	17
Grafikon 5. Promena debljine kore sa visinom stabla po lokalitetima.....	42
Grafikon 6. Promena površinskog učešća kore sa visinom stabla po lokalitetima	44
Grafikon 7. Promena širine prstena prirasta, širine i učešća kasnog drveta po radijusu stabla (Dubrava-stablo 1).....	47
Grafikon 8. Promena širine prstena prirasta, širine i učešća kasnog drveta po radijusu stabla (Dubrava-stablo 2).....	47
Grafikon 9. Promena širine prstena prirasta, širine i učešća kasnog drveta po radijusu stabla (Dubrava-stablo 3).....	47
Grafikon 10. Promena širine prstena prirasta, širine i učešća kasnog drveta po radijusu stabla (Srebrenica-stablo 1).....	48
Grafikon 11. Promena širine prstena prirasta, širine i učešća kasnog drveta po radijusu stabla (Srebrenica-stablo 2)	48
Grafikon 12. Promena širine prstena prirasta, širine i učešća kasnog drveta po radijusu stabla (Srebrenica-stablo 3)	48
Grafikon 13. Promena širine prstena prirasta, širine i učešća kasnog drveta po radijusu stabla (Gostilja-stablo 1).....	49
Grafikon 14. Promena širine prstena prirasta, širine i učešća kasnog drveta po radijusu stabla (Gostilja-stablo 2).....	49
Grafikon 15. Promena širine prstena prirasta, širine i učešća kasnog drveta po radijusu stabla (Gostilja-stablo 3)	49
Grafikon 16. Promena širine prstena prirasta, širine i učešća kasnog drveta po radijusu stabla (Stolac 1-stablo 1).....	50
Grafikon 17. Promena širine prstena prirasta, širine i učešća kasnog drveta po radijusu stabla (Stolac 1-stablo 2)	50
Grafikon 18. Promena širine prstena prirasta, širine i učešća kasnog drveta po radijusu stabla (Stolac 1-stablo 3)	50

Grafikon 19. Promena širine prstena prirasta, širine i učešća kasnog drveta po radijusu stabla (Stolac 2-stablo 1).....	51
Grafikon 20. Promena širine prstena prirasta, širine i učešća kasnog drveta po radijusu stabla (Stolac 2-stablo 2)	51
Grafikon 21. Promena širine prstena prirasta, širine i učešća kasnog drveta po radijusu stabla (Stolac 2-stablo 3).....	51
Grafikon 22. Promena širine prstena prirasta po visini stabla na lokalitetu Dubrava	52
Grafikon 23. Promena širine prstena prirasta po visini stabla na lokalitetu Srebrenica.....	52
Grafikon 24. Promena širine prstena prirasta po visini stabla na lokalitetu Gostilja	53
Grafikon 25. Promena širine prstena prirasta po visini stabla na lokalitetu Stolac 1	53
Grafikon 26. Promena širine prstena prirasta po visini stabla na lokalitetu Stolac 2.....	53
Grafikon 27. Promena širine ranog i kasnog drveta sa povećanjem širine prstena prirasta.....	63
Grafikon 28. Zavisnost širine ranog drveta od širine prstena prirasta	64
Grafikon 29. Zavisnost širine kasnog drveta od širine prstena prirasta	65
Grafikon 30. Zavisnost učešća kasnog drveta od širine prstena prirasta	66
Grafikon 31. Promena vlažnosti drveta sa visinom stabla za lokalitet Dubrava.....	68
Grafikon 32. Promena vlažnosti drveta sa visinom stabla za lokalitet Srebrenica.....	68
Grafikon 33. Promena vlažnosti drveta sa visinom stabla za lokalitet Gostilja.....	69
Grafikon 34. Promena vlažnosti drveta sa visinom stabla za lokalitet Stolac 1.....	69
Grafikon 35. Promena vlažnosti drveta sa visinom stabla za lokalitet Stolac 2	69
Grafikon 36. Promena gustine u absolutno suvom stanju vlažnosti po visini stabla za lokalitet Dubrava	71
Grafikon 37. Promena gustine u absolutno suvom stanju vlažnosti po visini stabla za lokalitet Srebrenica	71
Grafikon 38. Promena gustine u absolutno suvom stanju vlažnosti po visini stabla za lokalitet Gostilja	71
Grafikon 39. Promena gustine u absolutno suvom stanju vlažnosti po visini stabla za lokalitet Stolac 1	71
Grafikon 40. Promena gustine u absolutno suvom stanju vlažnosti po visini stabla za lokalitet Stolac 2	72
Grafikon 41. Promena prosečne gustine drveta u absolutno suvom stanju po radijusu i visini stabla za lokalitet Dubrava	73

Grafikon 42. Promena prosečne gustine drveta u apsolutno suvom stanju po radijusu i visini stabla za lokalitet Srebrenica.....	73
Grafikon 43. Promena prosečne gustine drveta u apsolutno suvom stanju po radijusu i visini stabla za lokalitet Gostilja	74
Grafikon 44. Promena prosečne gustine drveta u apsolutno suvom stanju po radijusu i visini stabla za lokalitet Stolac 1	75
Grafikon 45. Promena prosečne gustine drveta u apsolutno suvom stanju po radijusu i visini stabla za lokalitet Stolac 2.....	75
Grafikon 46. Srednja vrednost, standardna devijacija i interval gustine drveta u apsolutno suvom stanju u kome se nalazi 68 i 95% uzoraka za različite intervale širine prstenova prirasta.....	82
Grafikon 47. Zavisnost gustine drveta u apsolutno suvom stanju od širine prstena prirasta	83
Grafikon 48. Srednja vrednost, standardna devijacija i interval gustine drveta u apsolutno suvom stanju u kome se nalazi 68 i 95% uzoraka za različite intervale učešća kasnog drveta.....	83
Grafikon 49. Zavisnost gustine drveta u apsolutno suvom stanju od učešća kasnog drveta.....	84
Grafikon 50. Srednja vrednost, standardna devijacija i interval radijalnog bubrenja u kome se nalazi 68 i 95% uzoraka za različite intervale širine prstenova prirasta	97
Grafikon 51. Zavisnost radijalnog bubrenja od širine prstena prirasta	98
Grafikon 52. Srednja vrednost, standardna devijacija i interval radijalnog bubrenja u kome se nalazi 68 i 95% uzoraka za različite intervale učešća kasnog drveta.....	99
Grafikon 53. Zavisnost radijalnog bubrenja od učešća kasnog drveta.....	99
Grafikon 54. Srednja vrednost, standardna devijacija i interval radijalnog bubrenja u kome se nalazi 68 i 95% uzoraka za različite intervale gustine drveta u apsolutno suvom stanju.....	100
Grafikon 55. Zavisnost radijalnog bubrenja od gustine drveta u apsolutno suvom stanju	101
Grafikon 56. Srednja vrednost, standardna devijacija i interval tangencijalnog bubrenja u kome se nalazi 68 i 95% uzoraka za različite intervale širine prstenova prirasta	105
Grafikon 57. Zavisnost tangencijalnog bubrenja od širine prstena prirasta	106
Grafikon 58. Srednja vrednost, standardna devijacija i interval tangencijalnog bubrenja u kome se nalazi 68 i 95% uzoraka za različite intervale učešća kasnog drveta.....	107
Grafikon 59. Zavisnost tangencijalnog bubrenja od učešća kasnog drveta	107
Grafikon 60. Srednja vrednost, standardna devijacija i interval tangencijalnog bubrenja u kome se nalazi 68 i 95% uzoraka za različite intervale gustine drveta u apsolutno suvom stanju	108
Grafikon 61. Zavisnost tangencijalnog bubrenja od gustine drveta u apsolutno suvom stanju	109
Grafikon 62. Srednja vrednost, standardna devijacija i interval zapreminskog bubrenja u kome se nalazi 68 i 95% uzoraka za različite intervale širine prstenova prirasta	116

Grafikon 63. Zavisnost zapreminskog bubrenja od širine prstena prirasta	117
Grafikon 64. Srednja vrednost, standardna devijacija i interval zapreminskog bubrenja u kome se nalazi 68 i 95% uzoraka za različite intervale učešća kasnog drveta.....	117
Grafikon 65. Zavisnost zapreminskog bubrenja od učešća kasnog drveta	118
Grafikon 66. Srednja vrednost, standardna devijacija i interval zapreminskog bubrenja u kome se nalazi 68 i 95% uzoraka za različite intervale gustine drveta u apsolutno suvom stanju	119
Grafikon 67. Zavisnost zapreminskog bubrenja od gustine drveta u apsolutno suvom stanju	120
Grafikon 68. Srednje vrednosti čvrstoće na savijanje i intervali u kome se nalazi 68 i 95% uzoraka za različite intervale širine prstenova prirasta.....	124
Grafikon 69. Zavisnost čvrstoće na savijanje od širine prstena prirasta	125
Grafikon 70. Zavisnost čvrstoće na savijanje od učešća kasnog drveta.....	126
Grafikon 71. Srednje vrednosti čvrstoće na savijanje i intervali u kome se nalazi 68 i 95% uzoraka za različite intervale gustine u prosušenom stanju vlažnosti	126
Grafikon 72. Zavisnost čvrstoće na savijanje od gustine drveta u prosušenom stanju vlažnosti.....	127
Grafikon 73. Zavisnost napona na savijanje na granici proporcionalnosti od širine prstena prirasta.	133
Grafikon 74. Zavisnost napona na savijanje na granici proporcionalnosti od učešća kasnog drveta .	133
Grafikon 75. Zavisnost napona na savijanje na granici proporcionalnosti od gustine drveta u prosušenom stanju vlažnosti	134
Grafikon 76. Zavisnost modula elastičnosti pri naponu na savijanje od širine prstena prirasta	138
Grafikon 77. Zavisnost modula elastičnosti pri naponu na savijanje od učešća kasnog drveta	139
Grafikon 78. Zavisnost modula elastičnosti pri naponu na savijanje od gustine drveta u prosušenom stanju vlažnosti	140
Grafikon 79. Zavisnost čvrstoće na savijanje od modula elastičnosti.....	141
Grafikon 80. Srednja vrednost, standardna devijacija i interval napona na pritisak paralelno sa vlakancima u kome se nalazi 68 i 95% uzoraka za različite intervale širine prstena prirasta.....	145
Grafikon 81. Zavisnost čvrstoće na pritisak paralelno sa vlakancima od širine prstenova prirasta....	146
Grafikon 82. Zavisnost čvrstoće na pritisak paralelno sa vlakancima od učešća kasnog drveta	147
Grafikon 83. Srednja vrednost, standardna devijacija i interval napona na pritisak paralelno sa vlakancima u kome se nalazi 68 i 95% uzoraka za različite intervale gustine drveta u prosušenom stanju vlažnosti	148
Grafikon 84. Zavisnost čvrstoće na pritisak paralelno sa vlakancima od gustine drveta u prosušenom stanju vlažnost	149
Grafikon 85. Zavisnost napona na pritisak na granici proporcionalnosti upravno na vlakanca u tangencijalnom pravcu od širine prstena prirasta	152

Grafikon 86. Zavisnost napona na pritisak na granici proporcionalnosti upravno na vlakanca u tangencijalnom pravcu od učešća kasnog drveta.....	153
Grafikon 87. Zavisnost napona na pritisak na granici proporcionalnosti upravno na vlakanca u tangencijalnom pravcu od gustine drveta u prosušenom stanju vlažnosti.....	154
Grafikon 88. Zavisnost dinamičkog napona na savijanje od širine prstena prirasta za sve ispitane uzorke	160
Grafikon 89. Zavisnost dinamičkog napona na savijanje od učešća kasnog drveta.....	161
Grafikon 90. Zavisnost dinamičkog napona na savijanje od gustine drveta.....	162
Grafikon 91. Zavisnost tvrdoće drveta u aksijalnom pravcu od gustine drveta u prosušenom stanju vlažnosti	172
Grafikon 92. Zavisnost tvrdoće drveta u radijalnom pravcu od gustine drveta u prosušenom stanju vlažnosti	173
Grafikon 93. Zavisnost tvrdoće drveta u tangencijalnom pravcu od gustine drveta u prosušenom stanju vlažnosti	174
Grafikon 94. Dendrogram klaster analize na osnovu fizičkih i mehaničkih svojstava	175

Spisak slika

Slika 1. Položaj izabranih lokaliteta	11
Slika 2. Kultura omorike - lokalitet Dubrava (original, 2013).....	12
Slika 3. Kultura omorike - lokalitet Srebrenica (original, 2013)	12
Slika 4. Prirodna sastojina omorike - lokalitet Gostilja (original, 2013)	13
Slika 5. Prirodna sastojina omorike – lokalitet Stolac 1 (original, 2013)	14
Slika 6. Prirodna sastojina omorike – lokalitet Stolac 2 (original, 2013)	14
Slika 7. Obaranje stabala i izrezivanje koturova i trupaca (original, 2013).....	19
Slika 8. Izrezani trupci i koturovi (original, 2013)	19
Slika 9. Sušenje i brušenje koturova (original, 2013)	20
Slika 10. Skenirani koturovi (original, 2013)	21
Slika 11. Obeležene epruvete na koturu (original, 2014)	22
Slika 12. Izrezane epruvete (original, 2014)	23
Slika 13. Šema rezanja i obeležavanja epruveta	26
Slika 14. Proces izrade dasaka iz trupaca (rezanje i sušenje) (original, 2013)	27
Slika 15. Rendisanje i prerezivanja dasaka (original, 2013).....	27
Slika 16. Ispitivanje napona na savijanje (original, 2014)	29
Slika 17. Primer dijagrama <i>sila-deformacija</i>	30
Slika 18. Ispitivanje napona na pritisak paralelno sa vlakancima (original, 2015).....	31
Slika 19. Primer dijagrama <i>sila-deformacija</i>	31
Slika 20. Ispitivanje napona na pritisak upravno na vlakanca (original, 2015)	32
Slika 21. Primer dijagrama <i>napon-dilatacija</i>	33
Slika 22. Kora omorike (original, 2013).....	40
Slika 23. Poprečni presek kore omorike (original, 2014)	40
Slika 24. Zavisnost gustine drveta od širine prstenova prirasta za duglaziju, jelu i smrču (Kollman i Côté 1968).....	81

BIOGRAFIJA

Danijela Petrović je rođena 01.10.1978. godine u Kraljevu. Osnovnu školu i Gimnaziju je završila u Raški. Diplomirala je na Šumarskom fakultetu Univerziteta u Beogradu 2004. godine sa prosečnom ocenom 8,28.

Na Šumarskom fakultetu Univerziteta u Banjoj Luci u zvanje asistenta na predmetu Svojstva drveta je izabrana jula 2005. godine. Školske 2005/06. godine upisala je poslediplomske studije na Šumarskom fakultetu u Beogradu na katedri za Semenarstvo, rasadničarstvo i pošumljavanje, koje je završila sa prosečnom ocenom 10. Magistarski rad multidisciplinarnog karaktera pod nazivom „Unutar i međulinijska varijabilnost svojstava drveta crnog bora (*Pinus nigra* Arnold) u semenskoj plantaži na Jelovojoj gori“, odbranila je 2010. godine i stekla zvanje magistra nauka iz oblasti šumarstva.

Za višeg asistenta na užu naučnu oblast Korišćenje šumskih resursa izabrana je maja 2011. godine, a reizabrana januara 2018. godine. Na Šumarskom fakultetu Univerziteta u Banjoj Luci trenutno izvodi vežbe iz predmeta: Anatomija i svojstva drveta, Osnovi prerade drveta, Dendrochronologija i Mehanička prerada drveta na studijskom programu „Šumarstvo“ i iz predmeta Svojstva drveta I i II na studijskom programu „Osnovi prerade drveta“.

Učestvovala je na više naučnih skupova i nekoliko stručnih seminara. U svojstvu autora ili koautora, objavila je više naučnih radova kako u časopisima tako i na međunarodnim konferencijama.

Udata je i majka troje dece.

Izjava 1

IZJAVA O AUTORSTVU

**Izjavljujem
da je doktorska disertacija**

Naslov rada: Svojstva drveta omorike (*Picea omorika* (Pančić) Purkině) iz prirodnih sastojina i kultura na području Republike Srpske

Naslov rada na engleskom jeziku: Wood properties of Serbian spruce (*Picea omorika* (Pančić) Purkině) from natural stands and plantations in the Republic of Srpska

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada,
- da doktorska disertacija, u cjelini ili u dijelovima, nije bila predložena za dobijanje bilo koje diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova,
- da su rezultati korektno navedeni i
- da nisam kršio/la autorska prava i koristio intelektualnu svojinu drugih lica.

U Banjoj Luci

Potpis doktoranta

Izjava 2

Izjava kojom se ovlašćuje Univerzitet u Banjoj Luci da doktorsku disertaciju učini javno dostupnom

Ovlašćujem Univerzitet u Banjoj Luci da moju doktorsku disertaciju pod naslovom

Svojstva drveta omorike (*Picea omorika* (Pančić) Purkině) iz prirodnih sastojina i kultura na području Republike Srpske

koja je moje autorsko djelo, učini javno dostupnom.

Doktorsku disertaciju sa svim prilozima predao/la sam u elektronskom formatu pogodnom za trajno arhiviranje.

Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u digitalni repozitorijum Univerziteta u Banjoj Luci mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (*Creative Commons*) za koju sam se odlučio/la.

1. Autorstvo
2. Autorstvo – nekomercijalno
3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerade
4. Autorstvo – nekomercijalno – dijeliti pod istim uslovima
5. Autorstvo – bez prerade
6. Autorstvo – dijeliti pod istim uslovima

U Banjoj Luci

Potpis doktoranta

Izjava 3

Izjava o identičnosti štampane i elektronske verzije doktorske dissertacije

Ime i prezime autora Danijela Petrović

Naslov rada Svojstva drveta omorike (*Picea omorika* (Pančić) Purkině) iz prirodnih sastojina i
kultura na području Republike Srpske

Mentor Prof. dr Zdravko Popović

Izjavljujem da je štampana verzija moje doktorske disertacije identična elektronskoj verziji koju sam predao/la za digitalni repozitorijum Univerziteta u Banjoj Luci.

U Banjoj Luci

Potpis doktoranta
