Određivanje tvrdoće po Brinellu drva topole

Živković, Andrija

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:429898

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology

zir.nsk.hr

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

ŠUMARSKI FAKULTET

DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ

DRVNA TEHNOLOGIJA

ANDRIJA ŽIVKOVIĆ

ODREĐIVANJE TVRDOĆE PO BRINELLU DRVA TOPOLE

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB, (RUJAN, 2016)

AUTOR:	Andrija Živković 14.02.1995, Zagreb 0068220278
NASLOV:	Određivanje tvrdoće po Brinellu drva topole
PREDMET:	Tehnološke karakteristike drva
MENTOR:	doc. dr. sc. Marin Hasan
IZRADU RADA JE POMOGAO:	dr. sc. Tomislav Sedlar
RAD JE IZRAĐEN:	Sveučilište u Zagrebu – Šumarski fakultet Zavod za znanost o drvu
AKAD. GOD.:	2015/2016.
DATUM OBRANE:	23.09.2016.
RAD SADRŽI:	Stranica:30 Slika:24 Tablica:7 Navoda literature: 9

SAŽETAK:

U raduje ispitivana tvrdoća po Brinellu drva klona topole(*L-12*) i bijele topole (*Populus alba* L.). Tvrdoća po Brinellu se pratila kroz godove, od srčike prema kori. Na taj način se utvrdila radijalna distribucija tvrdoće po Brinellu. Uz radijalnu distribuciju ispitan je i utjecaj gustoće drva na tvrdoću po Brinellu.

AUTHOR:	Andrija Živković 14.02.1995, Zagreb 0068220278
TITLE:	Determination of Brinell hardness of poplar wood
TOPIC:	Technical characteristics of wood
MENTOR:	doc. dr. sc. Marin Hasan
MAKING WORK HELPED:	dr. sc. TomislavSedlar
WORK IS COMPLETED:	University of Zagreb – Faculty of Forestry Department of Wood Science
ACADEMIC YEAR:	2015/2016.
DATE OF DEFENSE:	23.09.2016.
WORK CONTAINS:	Pages:30 Pictures:24 Tables:7 According's of literature: 9

ABSTRACT:

In this work Briellhardness of wood poplar clones *(L-12)* and white poplar *(Populus alba L.)*was investigated.Brinell hardness was monitored through the rings from pith to bark to determine the radial distribution of Brinell hardness. The influence of wood density on Brinell hardness was also investigated.

SADRŽAJ

1. UVOD 1

2. CILJ RADA 4

3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA 5

4. MATERIJAL I METODE 7

4.1 Makroskopski i mikroskopski izgled drva 7

4.2 Metoda istraživanja 8

5. REZULTATI I DISKUSIJA 11

5.1.Sadržaj vode i gustoća 17

5.2. Udaljenost goda od srčike stabla 24

6 ZAKLJUČAK 28

7 LITERATURA 30

1. UVOD

Bijela topola (*Populus alba*L.)rasprostranjena je u Europi, sjevernoj Africi i Aziji. Nema velikih zahtjeva u pogledu kvalitete tla, rasprostire se na vlažnim nizinskim terenima, uz obale rijeka i otoka i u nizinskim Šumama.Čiste sastojne bijele topole u Hrvatskoj se nalaze uzduž naših velikih rijeka, Dunava, Drave i Save.

Raste kao stablo visine oko30 (40) m, s promjerom od oko 2 (3) m (*Slika 1*). Kora je na mladim stablima glatka, sivobjelkasta do zelenkasta, s karakterističnim narančastocrvenim lenticelama(*Slika 2*). Na starijim je tamnija, duboko ispucana, naročito na donjem dijelu debla(*Slika 3*).Sustav korijena je izuzetno razvijen, s dubokim i površinskim korijenjima. Pupovisu naizmjenično smješteni, ušiljeni, nisu ljepljivi, sivobijelo su dlakavi i pokriveni s više ljusaka. Listovi su, dok su mlađi, s obje strane dlakavi i tanki. Starije lišće je dosta kožasto, s gornje strane sjajno, tamnozeleno, a s donje, isto kao i na mlađim izbojcima i pupovima, snježnobijelo(*Slika 4*). Naizmjenično su smješteni na okruglim peteljkama.Muški cvjetovi su u debelim, visećim, 3-7 cm dugim resama. Ženske rese su duže i vitkije. Plod je višesjemeni goli tobolac na stapki, svjetlozelene boje, otvara se uzdužno na dva zaklopca. Sjemenka je oko 2 mm velika, svjetla svilenkasto dlakava. (Anatomija drva, interna skripta)

Bijela topola je listopadna, dvodomna, anemofilna, mezofilna, heliofilna (ali podnosi i zasjenu) i termofilna vrsta. Može doživjeti do 400 godina. Cvjeta u lll. mjesecu. Razmnožava se sjemenkom i vegetativno.



Slika 1. Bijela topola (Populus alba L.)



Slika 2. Mlada kora



Slika 3. Stara kora



Slika 4. List bijele topole(Populus alba L.)

U 17. stoljeću uvozom topole iz Amerike počeli su se pojavljivati euroamerički hibridni klonovi. Klonovi su ponajviše privukli pažnju zbog velike iskoristivosti u proizvodnji biomase u relativno kratkom vremenu.Ekspanzija euroameričkih hibrida dovela je do zanemarivanja europskih vrsta topole. Mnoge zemlje su tako razmijenile velike količine genetskog materijala, s ciljemprepoznavanja klonova prilagodljivih različitoj okolini. Skupljanje se koncentriralo uglavnom na vrste P.delitoides, P.termuloides, P.trichocarpa, P.nigra, P.alba i P.tremula. Svrha genetskih programa za proizvodnju brzorastućih listača je proizvodnja genetski kontroliranog materijala s brzim rastom, jakom

otpornosti na zaraze i insekte, vrlo visokim stupnjem preživljavanja i dobrom kvalitetom sirovine.Velika razlika tla i klimatskih uvjeta nameće i potrebu istraživanjasposobnosti klonova adaptiranju na stresne i nestresne uvjete.Brzorastući, genetski poboljšani klonovi topola (*Populus spp*.) i njihovih hibridi plantažirani su i u Hrvatskoj. Godišnje se u rasadnicima proizvede oko 220.000 sadnica selekcioniranih klonova topola i stablastih vrba. Selekcija topola i stablastih vrsta u nas vrši se s obzirom na različite namjene (Krstinić i sur., 1996).

Lokalitet klona bijele topole je gospodarska jedinica „Osječke podravske šume“. Nalazi se na području Uprave šume podružnice Osijek, Šumarije Osijek. Uz autohtone bijele topole (predjel Topolik. Odsjek 6c), na tom je lokalitetu u istom predjelu, ali odsjeku 6h, 1996. godine posađen klon ´L-12´.

Primjena genetike u suvremenom šumarstvu je našla veliku primjenu u oplemenjivanju šumskog drveća. Glavni cilj oplemenjivanja je dobivanje takvog genotipa šumskog drveća ili rasa koje će imati bolja svojstva od već postojećih vrsta i koje će na temelju genetičkih spoznaja svojim rastom, kvalitetom i otpornošću zadovoljiti postavljene uvjete. (Kajba, Ballian, 2007.)

2. CILJ RADA

Cilj istraživanja je ustanoviti da li postoji razlika tvrdoće po Brinellu drva topole (*Populus alba*L.),u odnosu na njezin klon (*L-12*). Rezultatimaistraživanja želimo pokazati razlike između te dvije vrste i međusobne razlike ovisne o presjeku i položaju uzorka na srednjači.

Potrebno je odrediti tvrdoću po Brinellu sva tri presjeka, te utječe li širina godova i broj godova na tvrdoću.

3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Kako bi se moglo provesti određeno ispitivanje neke vrste drva potrebno je poznavati osnovne parametre te vrste. Tvrdoća drva najčešće se ispituje u svrhu provjere kvalitete drvnih podloga ili konstrukcijskih dijelova od drva.

Godine 2008, Šoškić i sur. ispituju drvo smreke s područja Banja Luke. Rezultati istraživanjapokazuju da povećanje gustoće pozitivno utječe na tvrdoću radijalnog i tangencijalnog presjeka,tj. da drvo veće gustoće ima veću tvrdoću i da je ta ovisnost linearna. Ustanovljeno je negativan utjecaj povećanja širine goda na tvrdoću jer povećanjem širine goda povećava se udio ranog drva za koji znamo da ima provodnu ulogu u stablu, a ne mehaničku. Ovisnost širine goda i tvrdoće također je linearnog oblika. (http://webcache.googleusercontent.com/) Godine 2013 u Sloveniji, Merela M. i Čufar K. ispitivali su mehanička svojstva bijelog i crvenog hrasta namjenjenih za izradu željezničkih pragova. Ispitivana je i tvrdoća po Brinellu,a cilj ispitivanja bio je usporedba tvrdoće između bijeljike i srži pojedine vrste,te međusobna usporedba te dvije vrste. Tvrdoća je ispitivana prema normi EN 1534 (2000), metodom po Brinellu.Rezultati su pokazali da nema značajne razlike između svojstava drva bjeljike i srži, ali statistički značajne razlike pokazale su se između svojstava drva bijelog i crnog hrasta. Rezultati istraživanja proturječe mišljenju korisnika da su mehanička svojstva bijeljike lošija od mehaničkih svojstava drva srži. Rezultati ispitivanja tvrdoće po Brinellu prikazani su u tablici 1. (https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=166363)

Tablica 1. Prikaz rezultata ispitivanja tvrdoće po Brinellu Biotehničkog fakulteta Sveučilišta u Ljubljani, Odjel znanosti o drvu i drvne tehnologije, Ljubljana, Slovenija.

Brinell end-hardness / *Tvrdoća prema Brinellu na čelu* MPa

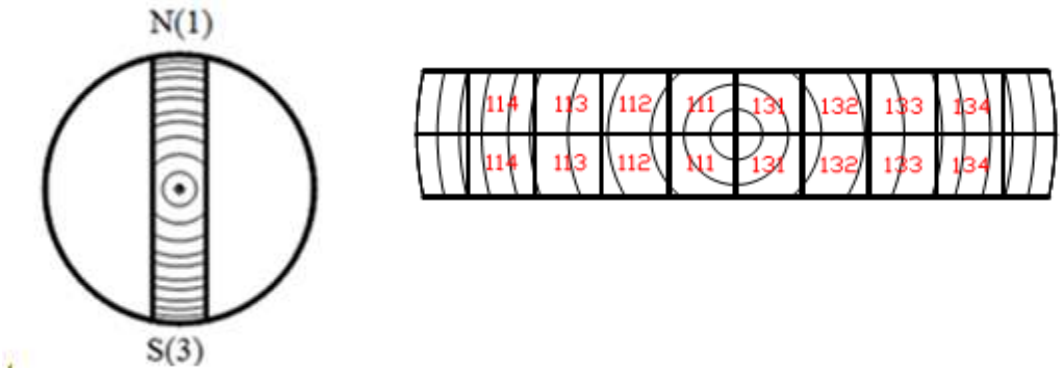
	RESULTS		LITERATURE (heartwood)				
	sapwood	heartwood	1*	2*	3*	4*	5*
Q. robur	37,9	42,9	66	X	65,7	X	X
Q. petraea			66	X	41.1 - 67.7 - 97	X	X
Q. cerris	X	X	X	X	64.7 - 77.9 - 96.1	X	X

Brinell side-hardness / *Tvrdoća prema Brinellu na bočnoj strani* MPa

	RESULTS		LITERATURE (heartwood)				
	sapwood	heartwood	1*	2*	3*	4*	5*
Q. robur	17,7	20,5	34	X	X	23 - 42	X
Q. petraea			34	X	X	23 - 42	X
Q. cerris	X	X	X	X	X	22 - 35	X

4. MATERIJAL I METODE

Stabla za ispitivanje odabrana su iz šume s područja Osijeka. Iz prosušenih srednjača izrađeni su uzorci 30 x 30 x 30 mm (R x T x L), te označeni prema položaju u stablu (*Slika 5*).



Slika 5. Srednjača (Sjever – Jug) i uzorci dimenzija 30 mm x 30 mm x 30 mm iz srednjače

4.1 Makroskopski i mikroskopski izgled drva

Makroskopski izgled drva je ono što vidimo golim okom, a mikroskopski ono što vidimo uz pomoć raznih pomagala kao što su mikoroskop ili razna povećala. Slika makroskopske strukture presjeka anatomskih elemanata na površini drveta naziva se tekstura drveta. Tekstura drva uvjetovana je dimenzijama, oblikom i smjerom nizanja elemenata građe, te rasporedom pojedinih elemenata u građi drva. Da je drvo nehomogen materijal najbolje se očituje na poprečnom presjeku gdje je vidljiva granica goda odnosno zona ranog i kasnog drva. God je sloj drveta koji se formira prirastom u toku jedne vegetacijske sezone. Na poprečnom presjeku izgledaju kao koncentrične kružnice.Kako smo već prije naveli, god se sastoji od manjih segmenata, tj. ranog i kasnog drva, dok se rano i kasno drvo sastoji od tzv. traheja kroz koje se obavlja provodnja.

Rano drvo u našim predjelima gotovo uvijek ima veće pore od kasnog drva jer se rano drvo formira dok je vegetacije u izobilju (ljetni mjeseci) kako bi se drvo moglo što više opskrbljivati hranjivim tvarima, mineralima i vodom. S druge strane, kasno drvo se formira dok je vegetacija oskudna (zimski mjeseci) kao posljedica smanjene potrebe za istim. Drvo topole pripada skupini listača kao rastresito - porozna vrsta drva (vrba, lipa, breza, bukva...), što nam govori da nema značajne razlike u veličini pora između ranog i kasnog drva, kao što je primjer kod prstenasto – poroznih vrsta drva (hrast, jasen, bagrem, orah...). (Franjić, Škvorc, 2010).

Kod mnogih vrsta drveća postoji razlika između centralnog dijela i perifernog dijela drva. Centralni dio drva naziva se srž, a periferni dio bjeljika *(Slika 8)*. Srž je tamniji dio drva koji više nema živih stanica i nema provodnu funkciju nego samo mehaničku, dok je bjeljika svjetliji dio koji se sastoji od živih stanica te ima provodnu funkciju. Topola pripada jedričavim vrstama drva, što znači da je drvo srži tamnije obojeno od bjeljike. Bitno fizikalno svojstvo drva je i gustoća koja se izražava kao omjer mase i volumena. Gustoća drva ima velik utjecaj na tvrdoću drva. Manja gustoća drva odražava se i na manju tvrdoću. Gustoća bijele topole iznosi oko 450 kg/m^3 u apsolutno suhom stanju, dok klon bijele topole ima gustoću od oko 350 kg/m^3. Ukupna linearna utezanja kod topolovine su: longitudinalno 0,3%, radijalno 3,3 do5,2% i tangencijalno 7,1 do 9,8% (Šoškić i Popović,2002). Tvrdoća drva najveća je na poprečnom presjeku odnosno kad sila djeluje longitudinalno. Tvrdoća poprečnog presjeka je do 2,5 puta većaod radijalnog i tangencijalnog presjeka odnosno kada sila dijeluje okomito u tangencijalnom i radijalnom smjeru. Tvrdoća radijalnog presjeka nešto je veća od tvrdoće tangencijalnog presjeka (Šoškić i Popović,2002).

4.2 Metoda istraživanja

U istraživanju je korišten univerzalni uređaj za ispitivanje mehaničkih svojstava koji ima visoku razinu mehaničke preciznosti, krutost okvira i traverze, te suvremenu upravljačku elektroniku. Mjerenje je izvedeno na 64 uzorka dimenzija 30 x 30 x 30 mm. 32 uzorka su bila klon topole i 32 uzorka su bila bijela topola. Mjerenje je izvedeno metodom po Brinellu.

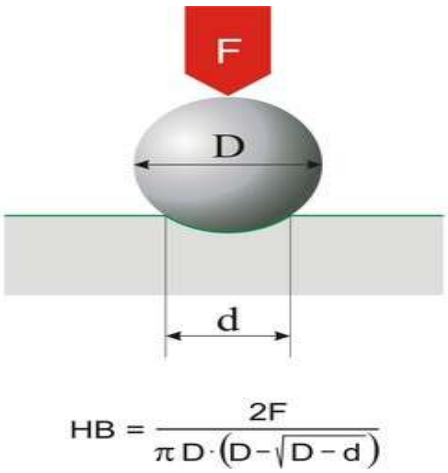
Prije samog ispitivanja uzoraka potrebno je napraviti neka od sljedećih mjerenja: izmjeriti dimenzije uzoraka u sva tri smjera pomičnim mjerilom s točnošću od 0,1 mm, izmjeriti masu uzoraka uz pomoć vage s točnošću mjerenja 0,01g, izrčunati gustoću uzoraka (računa se kao omjer mase i volumena), izmjeriti udaljenost sredine svakog uzorka od srčike na poprečnom presjeku drva, odrediti broj godova na svakom uzorku uz pomoć povećala, te izračunati prosječan broj godova na uzorku (računa se kao omjer dimenzije uzorka u radijalnom smjeru i broja godova na pojedinom uzorku).

Nakon što su odrađena predhodno navedana mjerenja slijedilo je mjerenje tvrdoće po Brinellu. Ispitivanje po Brinellu spada u grupu ispitivanja materijala bez razaranja tj. spada u grupu ispitivanja pomoću utiskivanja (penetracije). Mjerenjem će se dobiti promjeri otiska kuglice koji nam služe za izračunavanje tvrdoće po Brinellu. Tvrdoća će se međusobno uspoređivatiunutar jedne vrste, ali i između dvije vrste koje ispitujemo.

Prije samoga početka mjerenja potrebno je pripremiti stroj i pribor potreban za izvršavanje mjerenja. Potrebno je namjestiti i programirati kidalicu kako bi ispitivanje bilo sukladno normi po kojoj se radi. Kidalica se sastoji od nepomičnog postolja na koji se stavlja uzorak, te pomične glave koju postavljamo iznad uzorka kako bi se mogla vršiti potrebna sila za utiskivanje. Na gornji pomični dio se montira glava s kuglicom promjera 10 mm. Vrijeme konstantnog opterećenja od 500 N je 30 sekundi. Nakon cijelokupnog postavljanja i programiranja kidalice uz pomoć osobnog računala započinje se s ispitivanjem tvrdoće po Brinellu.

Nakon ispitivanjatvrdoće po Brinellu, uzorci se suše u sušionici na 103 ± 2 ºC 24-48 sati kako bi se osušili do apsolutno suhoga stanja, kako bi seodredio sadržaj vode u drvu u trenutku ispitivanja. Sadržaj vode bitan je da bi se odredila tvrdoća po Brinellu u uvjetima za koje je drvo namijenjeno.

Iznos tvrdoće po Brinellu (HB) dobiven je uz pomoć formule:



Slika 6. Prikaz metode po Brinellu i formula za izračunavanje tvrdoće

-gdje je **F** konstantna sila (500 N) kojom kuglica djeluje na uzorak, **D** promjer kuglice (10 mm) i **d** srednja vrijednost dvaju unakrsnih promjera utiska na uzorku. Unakrsne promjere smo mijerili uz pomoć povećala s ravnalom.

(https://hr.wikipedia.org/wiki/Tvrdo%C4%87a_po_Brinellu)

5. REZULTATI I DISKUSIJA

Tablica 2. Prikaz rezultata izmjerenih na poprečnom presjeku klona bijele topole

DRVA:	TOPOLA								PRESJEK:	POPREČNI								DATUM	
OJA:	OSIJEK																	ISPIT.: 20.04.2016.	
UDALJENOST SREDINE UZORKA OD SRCA	UDALJENOST SREDINE UZORKA OD SRCA	BROJ GODOVA NA UZORKU	PROSJEČNA ŠIRINA GODA	DIMENZIJA U RADIJALNOM SMJERU	DIMENZIJA U TANGENCIJALNOM SMJERU	DIMENZIJA U LONGITUDINALNOM SMJERU	PROMJER OTISKA (D1)	PROMJER OTISKA (D2)	SREDNJI PROMJER OTISKA (Ds)	MASA UZORKA PRIJE ISPITIVANJA	SILA	TVRDOĆA U TRENUTKU ISPITIVANJA	MASA UZORKA U APSOLUTNO SUHOM STANJU	SADRŽAJ VODE (m-m0)/m2*100	GUSTOĆA U TRENUTKU ISPIT	GUSTOĆA U APSOLUTNO SUHOM STANJU	GUSTOĆA KOD 12 % SADRŽAJA VODE	PRERAČUNSKI KOEFICIJENT (pep =0,04)	TVRDOĆA PO BRINELLU KOD 12% SADRŽAJA VODE
										m, m_M	P	HB	m_2, m_0	W	ρ_W	ρ_0	$\rho_{12\%}$	α	$HB_{12\%}$
mm	god	god	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	g	N	N/mm2	g	%	g/cm³	g/cm³	g/cm³		N/mm2
				0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,01	1	0,1	0,01	1	0,001	0,001	0,001		0
												DIN		HRN ISO	HRN ISO	HRN ISO	HRN ISO	FPL	DIN
							N	O	R	M	E	50351		3138-1975	3131:1999	3131:1999	3131:1999	Madison	50351
	4	6		30,73	30,64	31,03	4,50	4,50	4,50	11,18	500	29,8	10,29	8,6	0,383	0,361	0,391	0,040	25,8
	4	6		30,49	30,49	31,05	4,60	4,70	4,65	11,96	500	27,8	11	8,7	0,414	0,392	0,422	0,040	24,1
	8	3		30,88	30,61	30,84	4,50	4,50	4,50	10,53	500	29,8	9,69	8,7	0,361	0,341	0,369	0,040	25,8
	11	3		30,76	30,59	30,78	5,30	5,20	5,25	8,41	500	21,4	7,72	8,9	0,290	0,272	0,297	0,040	18,8
	14	3		30,62	30,73	30,70	4,70	4,90	4,80	8,73	500	25,9	8,01	9,0	0,302	0,283	0,308	0,040	22,8
	9	4		30,72	30,64	30,81	4,40	4,20	4,30	9,59	500	32,8	8,8	9,0	0,331	0,311	0,337	0,040	28,8
	12	3		30,65	30,67	31,10	5,00	5,20	5,10	8,47	500	22,8	7,77	9,0	0,290	0,271	0,296	0,040	20,1
	12	3		30,86	30,78	31,20	5,10	4,90	5,00	8,50	500	23,8	7,79	9,1	0,287	0,268	0,293	0,040	21,0
	4	5		30,05	30,68	31,00	4,40	4,50	4,45	11,52	500	30,5	10,58	8,9	0,403	0,381	0,411	0,040	26,7
	7	3		30,60	30,64	31,00	4,70	4,60	4,65	9,81	500	27,8	9,01	8,9	0,338	0,317	0,344	0,040	24,3
	11	4		30,83	30,65	30,82	5,00	4,80	4,90	9,24	500	24,8	8,50	8,7	0,317	0,298	0,324	0,040	21,6
	14	3		30,60	30,65	30,97	5,00	5,10	5,05	9,50	500	23,3	8,73	8,8	0,327	0,307	0,334	0,040	20,3
	17	3		30,44	30,66	31,02	4,60	4,50	4,55	10,91	500	29,1	10,00	9,1	0,377	0,355	0,384	0,040	25,7
	4	6		31,00	30,52	30,90	4,20	4,40	4,30	12,91	500	32,8	11,88	8,7	0,442	0,419	0,450	0,040	28,4
	9	4		30,51	30,63	31,02	4,30	4,20	4,25	12,09	500	33,6	11,15	8,4	0,417	0,395	0,426	0,040	28,8
	9	4		30,79	30,70	31,00	4,30	4,40	4,35	11,55	500	32,0	10,64	8,6	0,394	0,373	0,402	0,040	27,6
	12	3		30,62	30,58	30,89	4,40	4,30	4,35	11,88	500	32,0	10,95	8,5	0,412	0,390	0,420	0,040	27,5
	16	5		30,31	30,69	30,84	4,90	5,00	4,95	10,58	500	24,3	9,73	8,7	0,369	0,348	0,376	0,040	21,1
	7	5		30,76	30,61	31,01	4,90	4,70	4,80	9,89	500	25,9	9,10	8,7	0,339	0,319	0,346	0,040	22,5
	7	5		30,69	30,40	30,95	4,30	4,50	4,40	9,93	500	31,2	9,13	8,8	0,344	0,324	0,351	0,040	27,2
	12	5		30,71	30,55	30,81	5,20	5,10	5,15	8,83	500	22,3	8,14	8,5	0,305	0,287	0,313	0,040	19,2
	12	5		30,76	30,62	30,81	5,20	4,90	5,05	8,88	500	23,3	8,11	8,5	0,303	0,285	0,310	0,040	20,0
	7	7		30,65	30,25	31,01	4,80	5,00	4,90	10,33	500	24,8	9,50	8,7	0,359	0,339	0,367	0,040	21,6
	12	5		30,66	30,64	30,90	4,30	4,50	4,40	11,48	500	31,2	10,57	8,6	0,331	0,312	0,339	0,040	27,0
	5	7		30,90	30,53	31,00	4,40	4,70	4,55	9,97	500	29,1	9,17	8,7	0,341	0,321	0,348	0,040	25,3
	5	7		30,90	30,67	31,03	4,70	4,90	4,80	10,14	500	25,9	9,33	8,7	0,345	0,325	0,352	0,040	22,5
	10	3		30,95	30,57	31,13	4,90	5,00	4,95	8,60	500	24,3	7,93	8,4	0,292	0,274	0,299	0,040	20,8
	14	4		30,84	30,53	31,04	4,50	4,70	4,60	8,70	500	28,4	8,00	8,7	0,296	0,279	0,304	0,040	24,7
	5	7		30,58	30,74	31,05	4,40	4,20	4,30	10,76	500	32,8	9,90	8,7	0,369	0,348	0,376	0,040	28,4
	5	7		30,62	30,58	30,95	4,20	4,10	4,15	10,71	500	35,3	9,85	8,7	0,371	0,350	0,378	0,040	30,7
	11	5		30,63	30,81	31,03	5,50	5,50	5,50	9,18	500	19,3	8,46	8,5	0,313	0,295	0,321	0,040	16,6
	11	5		30,77	30,83	31,01	4,30	4,60	4,45	9,17	500	30,5	8,46	8,4	0,312	0,294	0,319	0,040	26,1

Tablica 3. Prikaz rezultata izmjerenih na radijalnom presjeku klona bijele topole

					PRESJEK: RADIJALNI												DATUM ISPIT.:	20.04.2016.
BROJ GODOVA NA UZORKU	PROSJEČNA ŠIRINA GODA	DIMENZIJA U RADIJALNOM SMJERU	DIMENZIJA U TANGENCIJALNOM SMJERU	DIMENZIJA U LONGITUDINALNOM SMJERU	PROMJER OTISKA (D1)	PROMJER OTISKA (D2)	SREDNJI PROMJER OTISKA (Dsr)	MASA UZORKA PRIJE ISPITIVANJA	SILA	TVRDOĆA U TRENUTKU ISPITIVANJA	MASA UZORKA U APSOLUTNO SUHOM STANJU	SADRŽAJ VODE (m1-m2)/m2*100	GUSTOĆA U TRENUTKU ISPIT	GUSTOĆA U APSOLUTNO SUHOM STANJU	GUSTOĆA KOD 12 % SADRŽAJA VODE	PRERAČUNSKI KOEFICIJENT (pop =0,025)	TVRDOĆA PO BRINELLU KOD 12% SADRŽAJA VODE
								m1, mw	P	HB	m2, m0	W	ρw	ρ0	ρ12%	α	HB12%
god	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	g	N	N/mm2	g	%	g/cm³	g/cm³	g/cm³		N/mm2
		0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,01	1	0,1	0,01	1	0,001	0,001	0,001		0
										DIN		HRN ISO	HRN ISO	HRN ISO	HRN ISO	FPL	DIN
					N	O	R	M	E	50351		3130-1975	3131:1999	3131:1999	3131:1999	Madison	50351
6		30,73	30,64	31,03	7,50	7,60	7,55	11,18	500	9,3	10,29	8,6	0,383	0,361	0,391	0,025	8,5
6		30,49	30,49	31,05	7,50	7,20	7,35	11,96	500	9,9	11	8,7	0,414	0,392	0,422	0,025	9,1
3		30,88	30,61	30,84	7,50	7,70	7,60	10,53	500	9,1	9,69	8,7	0,361	0,341	0,369	0,025	8,3
3		30,76	30,59	30,78	7,50	7,40	7,45	8,41	500	9,6	7,72	8,9	0,290	0,272	0,297	0,025	8,8
3		30,62	30,73	30,70	8,20	7,60	7,90	8,73	500	8,2	8,01	9,0	0,302	0,283	0,308	0,025	7,6
4		30,72	30,64	30,81	8,20	7,90	8,05	9,59	500	7,8	8,8	9,0	0,331	0,311	0,337	0,025	7,2
3		30,65	30,67	31,10	8,90	8,80	8,85	8,47	500	6,0	7,77	9,0	0,290	0,271	0,296	0,025	5,5
3		30,86	30,78	31,20	8,80	8,60	8,70	8,50	500	6,3	7,79	9,1	0,287	0,268	0,293	0,025	5,8
5		30,85	30,68	31,00	6,70	6,70	6,70	11,52	500	12,4	10,58	8,9	0,403	0,381	0,411	0,025	11,4
3		30,60	30,54	31,00	8,70	8,60	8,65	9,81	500	6,4	9,01	8,9	0,338	0,317	0,344	0,025	5,9
4		30,83	30,65	30,82	8,50	8,50	8,50	9,24	500	6,7	8,50	8,7	0,317	0,298	0,324	0,025	6,2
3		30,60	30,65	30,97	8,50	8,10	8,30	9,50	500	7,2	8,73	8,8	0,327	0,307	0,334	0,025	6,6
3		30,44	30,66	31,02	7,70	8,00	7,85	10,91	500	8,4	10,00	9,1	0,377	0,355	0,384	0,025	7,8
6		31,00	30,52	30,90	7,30	7,00	7,15	12,91	500	10,6	11,88	8,7	0,442	0,419	0,450	0,025	9,7
4		30,51	30,63	31,02	6,50	6,30	6,40	12,09	500	13,7	11,15	8,4	0,417	0,395	0,426	0,025	12,5
4		30,79	30,70	31,00	6,50	6,90	6,70	11,55	500	12,4	10,64	8,6	0,394	0,373	0,402	0,025	11,3
3		30,62	30,50	30,89	7,20	7,20	7,20	11,88	500	10,4	10,95	8,5	0,412	0,390	0,420	0,025	9,5
5		30,31	30,69	30,84	8,00	8,10	8,05	10,58	500	7,8	9,73	8,7	0,369	0,348	0,376	0,025	7,2
5		30,76	30,61	31,01	8,00	8,10	8,05	9,89	500	7,8	9,10	8,7	0,339	0,319	0,346	0,025	7,2
5		30,69	30,40	30,95	8,30	8,10	8,20	9,93	500	7,4	9,13	8,8	0,344	0,324	0,351	0,025	6,8
5		30,71	30,55	30,81	8,30	8,20	8,25	8,83	500	7,3	8,14	8,5	0,305	0,287	0,313	0,025	6,7
5		30,76	30,62	30,81	8,70	8,60	8,65	8,80	500	6,4	8,11	8,5	0,303	0,285	0,310	0,025	5,8
7		30,65	30,25	31,01	7,60	7,60	7,60	10,33	500	9,1	9,50	8,7	0,359	0,339	0,367	0,025	8,4
5		30,66	30,64	36,90	7,40	7,60	7,50	11,48	500	9,4	10,57	8,6	0,331	0,312	0,339	0,025	8,6
7		30,90	30,53	31,00	8,10	8,40	8,25	9,97	500	7,3	9,17	8,7	0,341	0,321	0,348	0,025	6,7
7		30,90	30,67	31,03	7,80	7,70	7,75	10,14	500	8,7	9,33	8,7	0,345	0,325	0,352	0,025	7,9
3		30,95	30,57	31,13	8,80	8,50	8,65	8,60	500	6,4	7,93	8,4	0,292	0,274	0,299	0,025	5,8
4		30,84	30,53	31,04	8,70	8,60	8,65	8,70	500	6,4	8,00	8,7	0,298	0,279	0,304	0,025	5,9
7		30,58	30,74	31,05	7,00	7,10	7,05	10,76	500	11,0	9,90	8,7	0,369	0,348	0,376	0,025	10,0
7		30,62	30,50	30,95	7,80	7,50	7,65	10,71	500	8,9	9,85	8,7	0,371	0,350	0,378	0,025	8,2
5		30,63	30,81	31,03	8,70	8,60	8,65	9,18	500	6,4	8,46	8,5	0,313	0,295	0,321	0,025	5,8
5		30,77	30,83	31,01	8,60	8,50	8,55	9,17	500	6,6	8,46	8,4	0,312	0,294	0,319	0,025	6,0

Tablica 4. Prikaz rezultata izmjerenih na tangencijalnom presjeku klona bijele topole

DRVA:	TOPOLA								PRESJEK:	TANGENCIJALNI								DATUM	
CIJA:	OSIJEK																	ISPIT.:	20.04.2016.
UDALJENOST SREDINE UZORKA OD SRCA	UDALJENOST SREDINE UZORKA OD SRCA	BROJ GODOVA NA UZORKU	PROSJEČNA ŠIRINA GODA	DIMENZIJA U RADIJALNOM SMJERU	DIMENZIJA U TANGENCIJALNOM SMJERU	DIMENZIJA U LONGITUDINALNOM SMJERU	PROMJER OTISKA (D1)	PROMJER OTISKA (D2)	SREDNJI PROMJER OTISKA (Ds)	MASA UZORKA PRIJE ISPITIVANJA	SILA	TVRDOĆA U TRENUTKU ISPITIVANJA	MASA UZORKA U APSOLUTNO SUHOM STANJU	SADRŽAJ VODE (m1-m2)/m2*100	GUSTOĆA U TRENUTKU ISPIT	GUSTOĆA U APSOLUTNO SUHOM STANJU	GUSTOĆA KOD 12 % SADRŽAJA VODE	PRERAČUNSKI KOEFICIJENT (psp =0,025)	TVRDOĆA PO BRINELLU KOD 12% SADRŽAJA VODE
										m_1; m_w	P	HB	m_2; m_s	W	ρ_w	ρ_0	$\rho_{12\%}$	α	HB12%
mm	god	god	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	g	N	N/mm2	g	%	g/cm³	g/cm³	g/cm³		N/mm2
				0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,01	1	0,1	0,01	1	0,001	0,001	0,001		0
												DIN		HRN ISO	HRN ISO	HRN ISO	HRN ISO	FPL	DIN
							N	O	R	M	E	50351		3130-1975	3131:1999	3131:1999	3131:1999	Madison	50351
	4	6		30,73	30,64	31,03	8,20	8,00	8,10	11,18	500	7,7	10,29	8,6	0,383	0,361	0,391	0,025	7,1
	4	6		30,49	30,49	31,05	6,50	6,50	6,50	11,96	500	13,3	11	8,7	0,414	0,392	0,422	0,025	12,2
	8	3		30,88	30,61	30,84	6,60	7,00	6,80	10,53	500	11,9	9,69	8,7	0,361	0,341	0,369	0,025	10,9
	11	3		30,76	30,59	30,78	8,40	8,30	8,35	8,41	500	7,1	7,72	8,9	0,290	0,272	0,297	0,025	6,5
	14	3		30,62	30,73	30,70	8,30	8,30	8,30	8,73	500	7,2	8,01	9,0	0,302	0,283	0,308	0,025	6,7
	9	4		30,72	30,64	30,81	7,20	7,00	7,10	9,59	500	10,8	8,8	9,0	0,331	0,311	0,337	0,025	10,0
	12	3		30,65	30,67	31,10	8,20	8,50	8,35	8,47	500	7,1	7,77	9,0	0,290	0,271	0,296	0,025	6,6
	12	3		30,86	30,78	31,20	8,50	8,70	8,60	8,50	500	6,5	7,79	9,1	0,287	0,268	0,293	0,025	6,0
	4	5		30,05	30,68	31,00	6,50	6,70	6,60	11,52	500	12,8	10,58	8,9	0,403	0,381	0,411	0,025	11,8
	7	3		30,60	30,64	31,00	6,80	6,50	6,65	9,81	500	12,6	9,01	8,9	0,338	0,317	0,344	0,025	11,6
	11	4		30,83	30,65	30,82	6,50	6,80	6,65	9,24	500	12,6	8,58	8,7	0,317	0,298	0,324	0,025	11,5
	14	3		30,60	30,65	30,97	7,30	7,30	7,30	9,50	500	10,1	8,73	8,8	0,327	0,307	0,334	0,025	9,3
	17	3		30,44	30,66	31,02	7,20	6,80	7,00	10,91	500	11,1	10,00	9,1	0,377	0,355	0,384	0,025	10,3
	4	6		31,00	30,52	30,90	6,20	6,00	6,10	12,91	500	15,3	11,88	8,7	0,442	0,419	0,450	0,025	14,1
	9	4		30,51	30,63	31,02	7,30	7,00	7,15	12,09	500	10,6	11,15	8,4	0,417	0,395	0,426	0,025	9,6
	9	4		30,79	30,70	31,00	7,30	7,20	7,25	11,55	500	10,2	10,64	8,6	0,394	0,373	0,402	0,025	9,4
	12	3		30,62	30,58	30,89	6,00	6,00	6,00	11,88	500	15,9	10,95	8,5	0,412	0,390	0,420	0,025	14,5
	16	5		30,31	30,69	30,94	7,50	7,50	7,50	10,58	500	9,4	9,73	8,7	0,369	0,348	0,376	0,025	8,6
	7	5		30,76	30,61	31,01	6,50	6,50	6,50	9,89	500	13,3	9,10	8,7	0,339	0,319	0,346	0,025	12,2
	7	5		30,69	30,48	30,95	6,70	7,00	6,85	9,93	500	11,7	9,13	8,8	0,344	0,324	0,351	0,025	10,8
	12	5		30,71	30,55	30,81	8,50	8,20	8,35	8,83	500	7,1	8,14	8,5	0,305	0,287	0,313	0,025	6,5
	12	5		30,76	30,62	30,81	8,10	8,40	8,25	8,80	500	7,3	8,11	8,5	0,303	0,285	0,310	0,025	6,7
	7	7		30,65	30,25	31,01	6,60	7,00	6,80	10,33	500	11,9	9,50	8,7	0,359	0,339	0,367	0,025	11,0
	12	5		30,66	30,64	30,90	7,30	7,30	7,30	11,48	500	10,1	10,57	8,6	0,331	0,312	0,339	0,025	9,2
	5	7		30,90	30,53	31,00	6,80	7,30	7,05	9,97	500	11,0	9,17	8,7	0,341	0,321	0,348	0,025	10,1
	5	7		30,90	30,67	31,03	7,00	7,00	7,00	10,14	500	11,1	9,33	8,7	0,345	0,325	0,352	0,025	10,2
	10	3		30,95	30,57	31,13	7,60	7,50	7,55	8,60	500	9,3	7,93	8,4	0,292	0,274	0,299	0,025	8,4
	14	4		30,84	30,53	31,04	7,60	7,60	7,60	8,70	500	9,1	8,00	8,7	0,298	0,279	0,304	0,025	8,4
	5	7		30,58	30,74	31,05	6,50	6,60	6,55	10,76	500	13,0	9,50	8,7	0,369	0,348	0,376	0,025	12,0
	5	7		30,62	30,58	30,95	6,00	6,30	6,15	10,71	500	15,1	9,85	8,7	0,371	0,350	0,378	0,025	13,8
	11	5		30,63	30,81	31,03	7,00	6,90	6,95	9,18	500	11,3	8,46	8,5	0,313	0,295	0,321	0,025	10,3
	11	5		30,77	30,83	31,01	7,50	7,40	7,45	9,17	500	9,6	8,46	8,4	0,312	0,294	0,319	0,025	8,7

Tablica 5. Prikaz rezultata izmjerenih na poprečnom presjeku bijele topole

							PRESJEK: POPREČNI									DATUM ISPIT.: 20.04.2016.	
BROJ GODOVA NA UZORKU	PROSJEČNA ŠIRINA GODA	DIMENZIJA U RADIJALNOM SMJERU	DIMENZIJA U TANGENCIJALNOM SMJERU	DIMENZIJA U LONGITUDINALNOM SMJERU	PROMJER OTISKA (D1)	PROMJER OTISKA (D2)	SREDNJI PROMJER OTISKA (Ds)	MASA UZORKA PRIJE ISPITIVANJA	SILA	TVRDOĆA U TRENUTKU ISPITIVANJA	MASA UZORKA U APSOLUTNO SUHOM STANJU	SADRŽAJ VODE $(m_1-m_2)/m_2*100$	GUSTOĆA U TRENUTKU ISPIT	GUSTOĆA U APSOLUTNO SUHOM STANJU	GUSTOĆA KOD 12 % SADRŽAJA VODE	PRERAČUNSKI KOEFICIJENT (pop.=0,04)	TVRDOĆA PO BRINELLU KOD 12% SADRŽAJA VODE
								m_1, m_w	P	HB	m_2, m_0	W	ρ_w	ρ_0	$\rho_{12\%}$	α	$HB_{12\%}$
god	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	g	N	N/mm2	g	%	g/cm³	g/cm³	g/cm³		N/mm2
		0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,01	1	0,1	0,01	1	0,001	0,001	0,001		0
										DIN		HRN ISO	HRN ISO	HRN ISO	HRN ISO	FPL	DIN
					N	O	R	M	E	50351		3130-1975	3131:1999	3131:1999	3131:1999	Madison	50351
7		30,32	30,53	31,59	3,80	3,80	3,80	13,69	500	42,5	12,67	8,1	0,468	0,446	0,478	0,040	35,7
7		30,33	30,49	30,17	3,60	3,70	3,65	12,68	500	46,2	11,72	8,2	0,454	0,433	0,464	0,040	39,1
6		30,54	30,56	31,66	4,00	3,90	3,95	13,27	500	39,2	12,28	8,1	0,449	0,428	0,459	0,040	33,0
6		30,76	30,46	30,35	3,90	3,80	3,85	12,92	500	41,3	11,96	8,0	0,454	0,433	0,465	0,040	34,7
6		30,88	30,59	32,54	3,90	3,80	3,85	12,90	500	41,3	11,94	8,0	0,420	0,399	0,430	0,040	34,8
5		30,57	30,52	32,78	4,10	4,00	4,05	13,83	500	37,2	12,78	8,2	0,452	0,430	0,462	0,040	31,5
5		30,60	30,67	31,03	3,50	3,50	3,50	14,85	500	50,4	13,76	7,9	0,510	0,488	0,521	0,040	42,1
5		30,87	30,25	30,93	4,10	4,10	4,10	13,38	500	36,2	12,40	7,9	0,463	0,442	0,474	0,040	30,3
4		30,43	30,46	30,20	3,80	3,70	3,75	14,51	500	43,6	13,49	7,6	0,518	0,497	0,530	0,040	35,9
4		30,78	30,40	31,09	3,70	3,80	3,75	15,00	500	43,6	13,94	7,6	0,516	0,494	0,527	0,040	36,0
4		30,99	30,26	30,61	3,90	3,80	3,85	12,90	500	41,3	11,95	7,9	0,449	0,428	0,460	0,040	34,6
4		30,64	30,15	30,67	4,10	4,20	4,15	12,42	500	35,3	11,47	8,3	0,438	0,417	0,448	0,040	30,1
7		30,50	30,62	30,99	3,60	3,50	3,55	13,29	500	48,9	12,30	8,0	0,459	0,438	0,469	0,040	41,2
7		30,49	30,60	31,05	3,90	4,00	3,95	12,85	500	39,2	11,89	8,1	0,444	0,422	0,454	0,040	33,0
6		30,52	30,61	31,23	4,00	3,80	3,90	12,89	500	40,2	11,93	8,0	0,442	0,421	0,452	0,040	33,9
5		30,39	30,70	30,87	3,90	4,00	3,95	12,72	500	39,2	11,74	8,3	0,442	0,420	0,451	0,040	33,4
5		30,91	30,69	31,00	4,10	3,80	3,95	12,62	500	39,2	11,66	8,2	0,429	0,408	0,439	0,040	33,3
5		30,56	30,48	31,00	3,70	4,00	3,85	12,82	500	41,3	11,84	8,3	0,444	0,422	0,453	0,040	35,2
7		30,16	30,11	31,00	3,60	3,60	3,60	13,27	500	47,5	12,32	7,7	0,471	0,450	0,483	0,040	39,4
7		30,92	30,53	30,88	3,80	3,80	3,80	13,50	500	42,5	12,52	7,8	0,463	0,442	0,474	0,040	35,4
7		30,65	30,55	30,98	3,70	3,80	3,75	13,67	500	43,6	12,68	7,8	0,471	0,450	0,482	0,040	36,3
8		30,80	30,42	31,03	4,10	4,10	4,10	12,98	500	36,2	12,00	8,2	0,446	0,425	0,456	0,040	30,7
8		30,83	30,36	30,63	4,30	4,20	4,25	12,97	500	33,6	11,99	8,2	0,452	0,431	0,462	0,040	28,5
8		29,35	30,49	30,96	3,80	4,00	3,90	12,84	500	40,2	11,84	8,4	0,463	0,441	0,473	0,040	34,5
8		30,33	30,41	31,14	4,00	4,20	4,10	12,83	500	36,2	11,87	8,1	0,447	0,425	0,457	0,040	30,6
6		30,33	30,63	30,92	3,80	3,90	3,85	12,59	500	41,3	11,68	7,8	0,438	0,418	0,449	0,040	34,4
6		30,27	30,56	31,05	3,80	3,70	3,75	12,78	500	43,6	11,89	7,5	0,445	0,425	0,456	0,040	35,8
7		30,50	30,47	31,05	3,70	3,80	3,75	12,69	500	43,6	11,67	8,7	0,440	0,417	0,448	0,040	38,0
7		30,64	30,54	30,83	4,30	4,20	4,25	12,40	500	33,6	11,41	8,7	0,430	0,407	0,438	0,040	29,1
7		30,46	30,54	31,08	4,30	4,30	4,30	12,64	500	32,8	11,64	8,6	0,437	0,415	0,446	0,040	28,3
7		30,67	30,68	30,91	3,90	3,90	3,90	12,88	500	40,2	11,86	8,6	0,443	0,420	0,451	0,040	34,7
7		30,51	30,49	31,02	3,80	3,70	3,75	12,62	500	43,6	11,71	7,8	0,437	0,417	0,448	0,040	36,3

Tablica 6. Prikaz rezultata izmjerenih na radijalnom presjeku bijele topole

VRSTA DRVA:	TOPOLA									PRESJEK:	RADIJALNI								DATUM	
LOKACIJA:	OSIJEK																		ISPIT.:	20.04.2016
OZNAKA UZORKA	UDALJENOST SREDINE UZORKA OD SRCA	UDALJENOST SREDINE UZORKA OD SRCA	BROJ GODOVA NA UZORKU	PROSJEČNA ŠIRINA GODA	DIMENZIJA U RADIJALNOM SMJERU	DIMENZIJA U TANGENCIJALNOM SMJERU	DIMENZIJA U LONGITUDINALNOM SMJERU	PROMJER OTISKA (D1)	PROMJER OTISKA (D2)	SREDNJI PROMJER OTISKA (Dsr)	MASA UZORKA PRIJE ISPITIVANJA	SILA	TVRDOĆA U TRENUTKU ISPITIVANJA	MASA UZORKA U APSOLUTNO SUHOM STANJU	SADRŽAJ VODE (m1-m2)/m2*100	GUSTOĆA U TRENUTKU ISPIT	GUSTOĆA U APSOLUTNO SUHOM STANJU	GUSTOĆA KOD 12 % SADRŽAJA VODE	PRERAČUNSKI KOEFICIJENT (pop =0,025)	TVRDOĆA PO BRINELLU KOD 12% SADRŽAJA VODE
											m_1, m_w	P	HB	m_2, m_o	W	ρ_w	ρ_0	$\rho_{12\%}$	α	$HB_{12\%}$
	mm	god	god	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	g	N	N/mm2	g	%	g/cm³	g/cm³	g/cm³		N/mm2
TOČNOST					0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,01	1	0,1	0,01	1	0,001	0,001	0,001		0
													DIN		HRN ISO	HRN ISO	HRN ISO	HRN ISO	FPL	DIN
								N	O	R	M	E	50351		3130-1975	3131:1999	3131:1999	3131:1999	Madison	50351
811		5	7		30,32	30,53	31,59	6,60	6,50	6,55	13,69	500	13,0	12,67	8,1	0,468	0,446	0,478	0,025	11,7
811*		5	7		30,33	30,49	30,17	6,30	6,10	6,20	12,68	500	14,8	11,72	8,2	0,454	0,433	0,464	0,025	13,4
812		12	6		30,54	30,56	31,66	6,30	6,10	6,20	13,27	500	14,8	12,28	8,1	0,449	0,428	0,459	0,025	13,3
812*		12	6		30,76	30,46	30,35	6,00	6,20	6,10	12,92	500	15,3	11,96	8,0	0,454	0,433	0,465	0,025	13,8
813		19	6		30,88	30,59	32,54	7,00	6,70	6,85	12,90	500	11,7	11,94	8,0	0,420	0,399	0,430	0,025	10,6
814		23	5		30,57	30,52	32,78	7,10	6,90	7,00	13,83	500	11,1	12,78	8,2	0,452	0,430	0,462	0,025	10,1
831		3	5		30,60	30,67	31,03	5,70	6,10	5,90	14,85	500	16,5	13,76	7,9	0,510	0,488	0,521	0,025	14,8
832		9	5		30,87	30,25	30,93	6,30	6,70	6,50	13,38	500	13,3	12,40	7,9	0,463	0,442	0,474	0,025	11,9
833		13	4		30,43	30,46	30,20	6,00	5,80	5,90	14,51	500	16,5	13,49	7,6	0,518	0,497	0,530	0,025	14,7
833*		13	4		30,78	30,40	31,09	5,30	5,40	5,35	15,00	500	20,5	13,94	7,6	0,516	0,494	0,527	0,025	18,3
835		22	4		30,99	30,26	30,61	6,50	6,20	6,35	12,90	500	14,0	11,95	7,9	0,449	0,428	0,460	0,025	12,6
836		26	4		30,64	30,15	30,67	6,10	6,00	6,05	12,42	500	15,6	11,47	8,3	0,438	0,417	0,448	0,025	14,2
911		5	7		30,50	30,62	30,99	6,30	6,40	6,35	13,29	500	14,0	12,30	8,0	0,459	0,438	0,469	0,025	12,6
912		12	7		30,49	30,60	31,05	6,50	6,40	6,45	12,85	500	13,5	11,89	8,1	0,444	0,422	0,454	0,025	12,2
912*		12	6		30,52	30,61	31,23	7,10	6,70	6,90	12,89	500	11,5	11,93	8,0	0,442	0,421	0,452	0,025	10,4
913		18	5		30,39	30,70	30,87	7,20	7,50	7,35	12,72	500	9,9	11,74	8,3	0,442	0,420	0,451	0,025	9,0
913*		18	5		30,91	30,69	31,00	7,20	7,50	7,35	12,62	500	9,9	11,66	8,2	0,429	0,408	0,439	0,025	9,0
914		23	5		30,56	30,48	31,00	6,50	6,10	6,30	12,82	500	14,3	11,84	8,3	0,444	0,422	0,453	0,025	12,9
931		5	7		30,16	30,11	31,00	6,30	6,10	6,20	13,27	500	14,8	12,32	7,7	0,471	0,450	0,483	0,025	13,2
932		11	7		30,92	30,53	30,88	6,30	6,60	6,45	13,50	500	13,5	12,52	7,8	0,463	0,442	0,474	0,025	12,1
932*		11	7		30,65	30,55	30,98	6,70	6,90	6,80	13,67	500	11,9	12,68	7,8	0,471	0,450	0,482	0,025	10,7
933		20	8		30,80	30,42	31,03	6,10	5,90	6,00	12,98	500	15,9	12,00	8,2	0,446	0,425	0,456	0,025	14,4
933*		20	8		30,83	30,36	30,63	6,30	6,20	6,25	12,97	500	14,5	11,99	8,2	0,452	0,431	0,462	0,025	13,1
1011		4	8		29,35	30,49	30,95	7,00	6,80	6,90	12,84	500	11,5	11,84	8,4	0,463	0,441	0,473	0,025	10,5
1012		13	8		30,33	30,41	31,14	6,30	6,00	6,15	12,83	500	15,1	11,87	8,1	0,447	0,425	0,457	0,025	13,6
1013		19	6		30,33	30,63	30,92	6,70	6,50	6,60	12,59	500	12,8	11,68	7,8	0,438	0,418	0,449	0,025	11,5
1013*		19	6		30,27	30,56	31,05	6,10	6,30	6,20	12,78	500	14,8	11,89	7,5	0,445	0,425	0,456	0,025	13,1
1031		6	7		30,50	30,47	31,05	6,40	6,50	6,45	12,69	500	13,5	11,67	8,7	0,440	0,417	0,448	0,025	12,4
1032		12	7		30,64	30,54	30,83	6,80	7,20	7,00	12,40	500	11,1	11,41	8,7	0,430	0,407	0,438	0,025	10,2
1032*		12	7		30,46	30,54	31,08	5,70	6,30	6,00	12,64	500	15,9	11,64	8,6	0,437	0,415	0,446	0,025	14,6
1033		19	7		30,67	30,68	30,91	6,00	6,40	6,20	12,88	500	14,8	11,86	8,6	0,443	0,420	0,451	0,025	13,5
1033*		19	7		30,51	30,49	31,02	6,00	6,50	6,25	12,62	500	14,5	11,71	7,8	0,437	0,417	0,448	0,025	13,0

Tablica 7. Prikaz rezultata izmjerenih na tangencijalnom presjeku bijele topole

VRSTA DRVA:	TOPOLA									PRESJEK: TANGENCIJALNI										DATUM	
LOKA CIJA:	OSIJEK																			ISPIT.:	20.04.2016
OZNAKA UZORKA	UDALJENOST SREDINE UZORKA OD SRCA	UDALJENOST SREDINE UZORKA OD SRCA	BROJ GODOVA NA UZORKU	PROSJEČNA ŠIRINA GODA	DIMENZIJA U RADIJALNOM SMJERU	DIMENZIJA U TANGENCIJALNOM SMJERU	DIMENZIJA U LONGITUDINALNOM SMJERU	PROMJER OTISKA (D1)	PROMJER OTISKA (D2)	SREDNJI PROMJER OTISKA (Ds)	MASA UZORKA PRIJE ISPITIVANJA	SILA	TVRDOĆA U TRENUTKU ISPITIVANJA	MASA UZORKA U APSOLUTNO SUHOM STANJU	SADRŽAJ VODE (m1-m2)/m2*100	GUSTOĆA U TRENUTKU ISPIT	GUSTOĆA U APSOLUTNO SUHOM STANJU	GUSTOĆA KOD 12 % SADRŽAJA VODE	PRERAČUNSKI KOEFICIJENT (pop =0,026)	TVRDOĆA PO BRINELLU KOD 12% SADRŽAJA VODE	
											m1, mv	P	HB	m2, m0	W	ρw	ρ0	ρ12%	α	HB12%	
	mm	god	god	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	g	N	N/mm2	g	%	g/cm³	g/cm³	g/cm³		N/mm2	
TOČNOST					0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,01	1	0,1	0,01	1	0,001	0,001	0,001		0	
													DIN		HRN ISO	HRN ISO	HRN ISO	HRN ISO	FPL	DIN	
								N	O	R	M	E	50351		3136-1975	3131:1999	3131:1999	3131:1999	Madison	50351	
811		5	7		30,32	30,53	31,59	6,00	5,80	5,90	13,69	500	16,5	12,67	8,1	0,468	0,446	0,478	0,025	14,9	
811*		5	7		30,33	30,49	30,17	5,30	5,50	5,40	12,68	500	20,1	11,72	8,2	0,454	0,433	0,464	0,025	18,2	
812		12	6		30,54	30,56	31,66	6,10	6,30	6,20	13,27	500	14,8	12,28	8,1	0,449	0,428	0,459	0,025	13,3	
812*		12	6		30,76	30,46	30,35	6,40	6,40	6,40	12,92	500	13,7	11,96	8,0	0,454	0,433	0,465	0,025	12,4	
813		19	6		30,88	30,59	32,54	6,20	6,00	6,10	12,90	500	15,3	11,94	8,0	0,420	0,399	0,430	0,025	13,8	
814		23	5		30,57	30,52	32,78	5,80	5,30	5,55	13,83	500	18,9	12,78	8,2	0,452	0,430	0,462	0,025	17,1	
831		3	5		30,60	30,67	31,03	5,50	5,60	5,55	14,85	500	18,9	13,76	7,9	0,510	0,488	0,521	0,025	17,0	
832		9	5		30,87	30,25	30,93	5,50	5,70	5,60	13,38	500	18,6	12,40	7,9	0,463	0,442	0,474	0,025	16,7	
833		13	4		30,43	30,46	30,20	5,70	5,50	5,60	14,51	500	18,6	13,49	7,6	0,518	0,497	0,530	0,025	16,5	
833*		13	4		30,78	30,40	31,09	6,20	5,50	5,85	15,00	500	16,9	13,94	7,6	0,516	0,494	0,527	0,025	15,0	
835		22	4		30,99	30,26	30,61	6,10	6,00	6,05	12,90	500	15,6	11,95	7,9	0,449	0,428	0,460	0,025	14,0	
836		26	4		30,64	30,15	30,67	5,60	6,00	5,80	12,42	500	17,2	11,47	8,3	0,438	0,417	0,448	0,025	15,6	
911		5	7		30,50	30,62	30,99	5,20	5,60	5,40	13,29	500	20,1	12,30	8,0	0,459	0,438	0,469	0,025	18,1	
912		12	7		30,49	30,60	31,05	6,10	6,50	6,30	12,85	500	14,3	11,89	8,1	0,444	0,422	0,454	0,025	12,9	
912*		12	6		30,52	30,61	31,23	6,10	6,00	6,05	12,89	500	15,6	11,93	8,0	0,442	0,421	0,452	0,025	14,1	
913		18	5		30,39	30,70	30,87	6,40	6,50	6,45	12,72	500	13,5	11,74	8,3	0,442	0,420	0,451	0,025	12,3	
913*		18	5		30,91	30,69	31,00	6,00	5,50	5,75	12,62	500	17,5	11,66	8,2	0,429	0,408	0,439	0,025	15,9	
914		23	5		30,56	30,48	31,00	5,40	6,00	5,70	12,82	500	17,9	11,84	8,3	0,444	0,422	0,453	0,025	16,2	
931		5	7		30,16	30,11	31,00	6,00	6,00	6,00	13,27	500	15,9	12,32	7,7	0,471	0,450	0,483	0,025	14,2	
932		11	7		30,92	30,53	30,88	6,00	6,50	6,25	13,50	500	14,5	12,52	7,8	0,463	0,442	0,474	0,025	13,0	
932*		11	7		30,65	30,55	30,98	6,10	6,40	6,25	13,67	500	14,5	12,68	7,8	0,471	0,450	0,482	0,025	13,0	
933		20	8		30,80	30,42	31,03	6,20	6,10	6,15	12,98	500	15,1	12,00	8,2	0,446	0,425	0,456	0,025	13,6	
933*		20	8		30,83	30,36	30,63	6,50	6,60	6,55	12,97	500	13,0	11,99	8,2	0,452	0,431	0,462	0,025	11,8	
1011		4	8		29,35	30,49	30,96	6,00	6,80	6,40	12,84	500	13,7	11,84	8,4	0,463	0,441	0,473	0,025	12,5	
1012		13	8		30,33	30,41	31,14	6,30	5,60	5,95	12,83	500	16,2	11,87	8,1	0,447	0,425	0,457	0,025	14,6	
1013		19	6		30,33	30,63	30,92	6,50	6,50	6,50	12,59	500	13,3	11,68	7,8	0,438	0,418	0,449	0,025	11,9	
1013*		19	6		30,27	30,56	31,05	6,20	6,60	6,40	12,78	500	13,7	11,89	7,5	0,445	0,425	0,456	0,025	12,2	
1031		6	7		30,50	30,47	31,05	6,50	6,40	6,45	12,69	500	13,5	11,67	8,7	0,440	0,417	0,448	0,025	12,4	
1032		12	7		30,64	30,54	30,83	6,50	6,10	6,30	12,40	500	14,3	11,41	8,7	0,430	0,407	0,438	0,025	13,1	
1032*		12	7		30,46	30,54	31,08	6,00	6,20	6,10	12,64	500	15,3	11,64	8,6	0,437	0,415	0,446	0,025	14,0	
1033		19	7		30,67	30,68	30,91	6,20	6,10	6,15	12,88	500	15,1	11,86	8,6	0,443	0,420	0,451	0,025	13,8	
1033*		19	7		30,51	30,49	31,02	6,00	6,00	6,00	12,62	500	15,9	11,71	7,8	0,437	0,417	0,448	0,025	14,2	

5.1.Sadržaj vode i gustoća

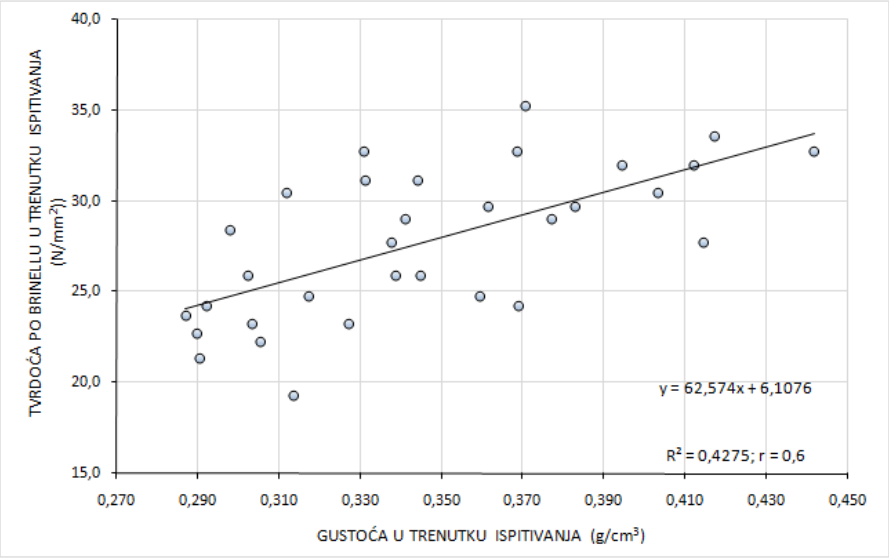
Sadržaj vode u drvu je vrlo bitna komponenta koja utječe na tvrdoću po Brinellu. Voda u drvu nalazi se u tri oblika: slobodna voda (kapilarna), vezana voda (higroskopska) i kemijska voda (konstitucijska).

Svaka odtih voda se međusobno razlikuje i u drvu nalazi na različitom mjestu. Slobodna voda se nalazi u porama traheja i nju je najlakše odstraniti. Vezanu vodu je teže odstraniti, te je za njeno odstranjivanje, za razliku od slobodne vode, potrebno duže sušenje u sušionici na 103 ± 2 ºC. Kemijska voda je svega 1% ukupnog sadržaja vode i specifična je po tome što se nikako ne može odstraniti na temperaturama na kojima se odstranjuje slobodna i vezana voda, bez obzira koliko dugo uzorak bio u sušionici. Ona se može odstraniti jedino na temperaturama većim od 160 ºC. Poznato je da se povećanjem sadržaja vode mehanička svojstva drva smanjuju do TZV-a, a nakon toga su manje-više konstantne vrijednosti, pa tako i tvrdoća drva. U mjerenju se navodi da se u drvu nalazi 12% sadržaja vode iz razloga što se u takvom okruženju drveni sortimenti najviše koriste. Taj sadržaj vode spada u gornju granicu sobosuhog (8-12%) i donju granicu zrakosuhog (12-18%) stanja. Tvrdoća po Brinellu kod 12% sadržaja vode proračunata je formulom:

$$\boldsymbol{HB12\% = HB \times (1 + (\alpha \times (W - 12))}$$

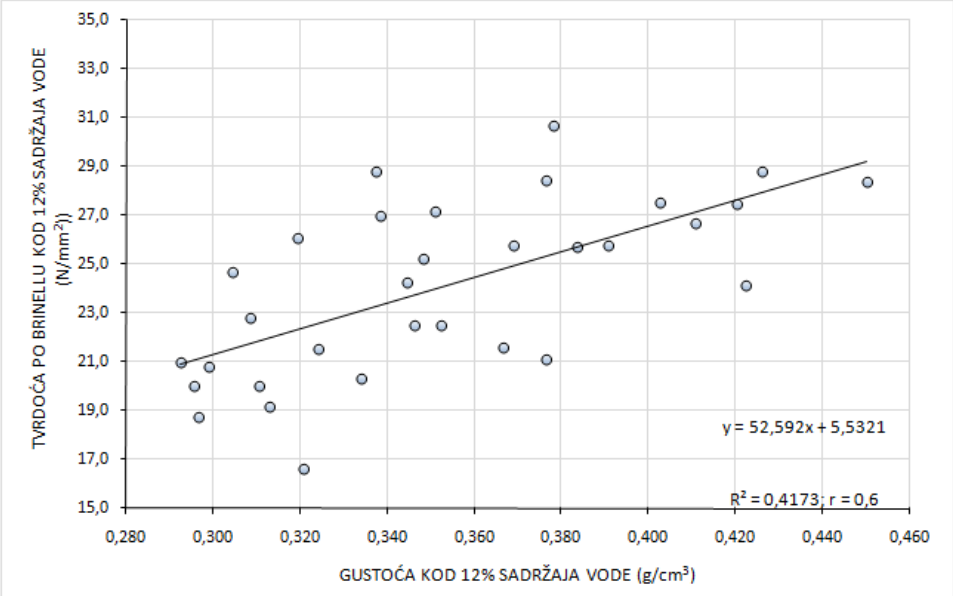
-gdje je: -**HB** tvrdoća po Brinellu u trenutku ispitivanja, **α**preračunski koeficijent (pop.=0,025) i **W** sadržaj vode u uzorku

Sadržaj vode utječe na promjenu gustoće drva. Povećanjem sadržaja vode u drvu gustoća se povećava, ali povećanjem gustoće drva pod utjecajem vode ne povećava se tvrdoća po Brinellu. Povećanjem sadržaja vode u drvu povećava se masa drva i njegove dimenzije, ali se smanjuju mehanička svojstva drva pa ujedno tako i tvrdoća po Brinellu.



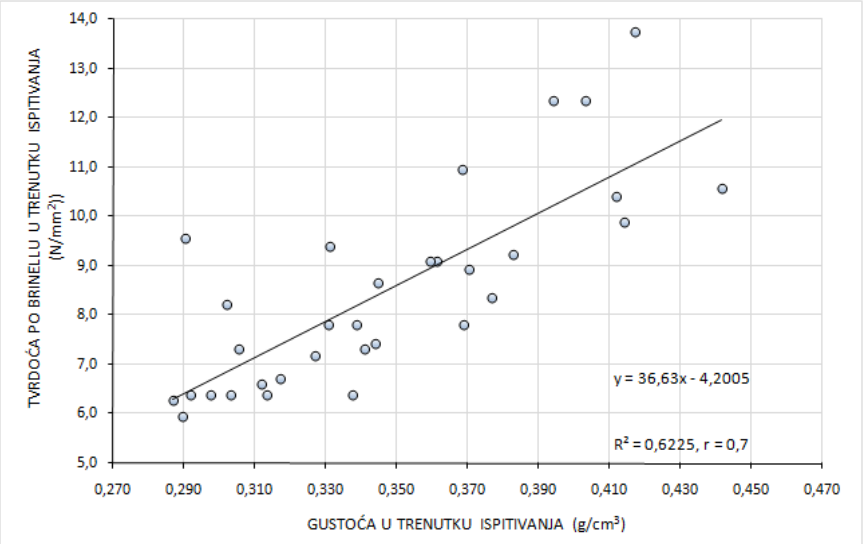
Slika 7. Graf ovisnostigustoće i tvrdoće po Brinellu poprečnog presjeka klona bijele topole u trenutku ispitivanja

Komentar: Povećanjem gustoće klona bijele topole u trenutku ispitivanja tvrdoća po Brinellu poprečnog presjeka raste.



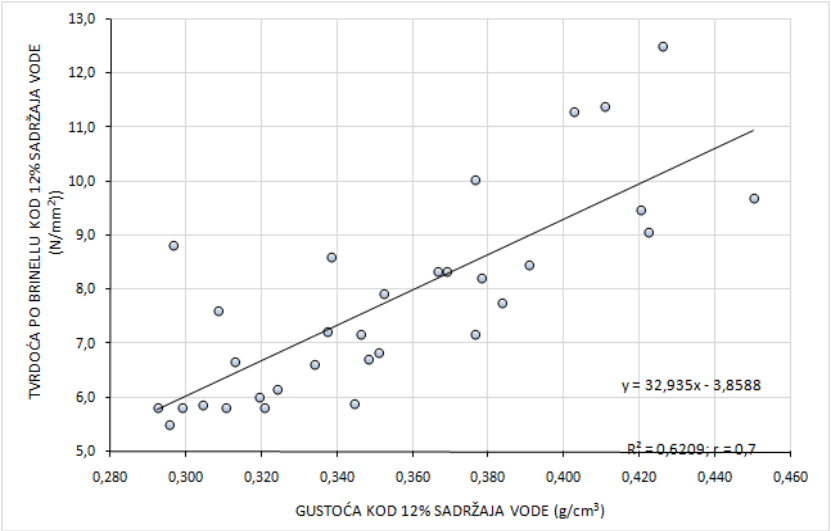
Slika 8. Graf ovisnosti gustoće i tvrdoće po Brinellu poprečnog presjeka klona bijele topole kod 12% sadržaja vode

Komentar: Povećanjem gustoće klona bijele topole kod 12% sadržaja vode tvrdoća po Brinellu poprečnog presjeka raste.



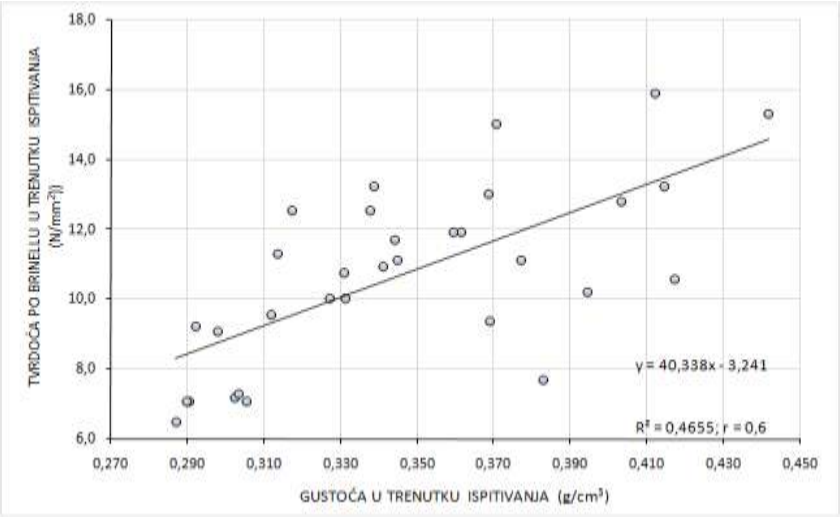
Slika 9. Graf ovisnosti gustoće i tvrdoće po Brinellu radijalnog presjeka klona bijele topole u trenutku ispitivanja

Komentar: Povećanjem gustoće klona bijele topole u trenutku ispitivanja tvrdoća po Brinellu radijalnog presjeka raste.



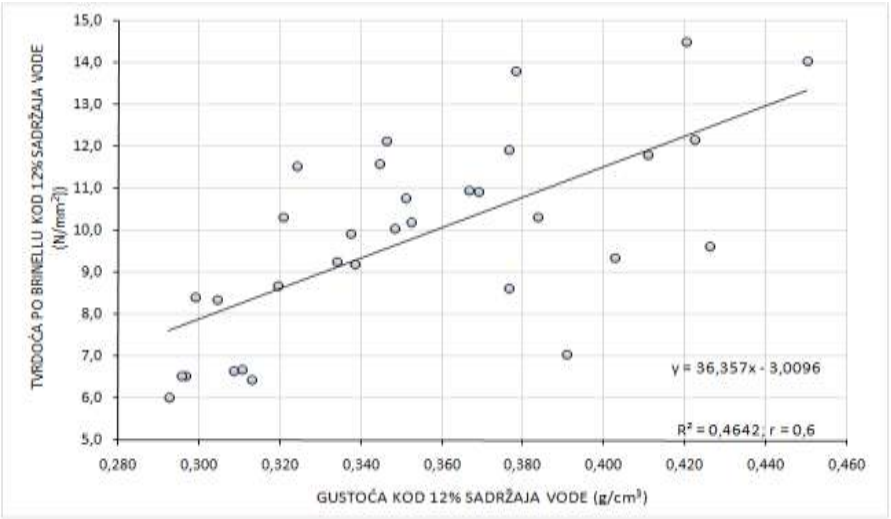
Slika 10. Graf ovisnosti gustoće i tvrdoće po Brinellu radijalnog presjeka klona bijele topole kod 12% sadržaja vode

Komentar: Povećanjem gustoće klona bijele topole kod 12% sadržaja vode tvrdoća po Brinellu radijalnog presjeka raste.



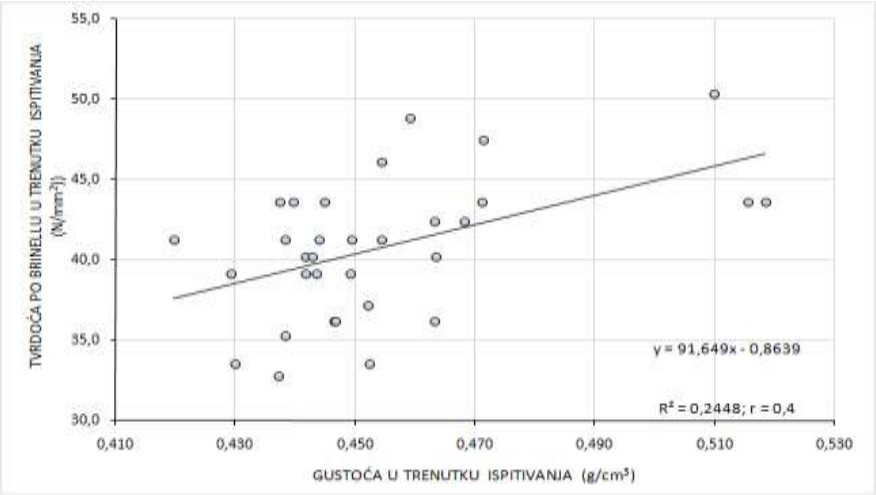
Slika 11. Graf ovisnosti gustoće i tvrdoće po Brinellu tangencijalnog presjeka klona bijele topole u trenutku ispitivanja

Komentar: Povećanjem gustoće klona bijele topole u trenutku ispitivanja tvrdoća po Brinellu tangencijalnog presjeka raste.



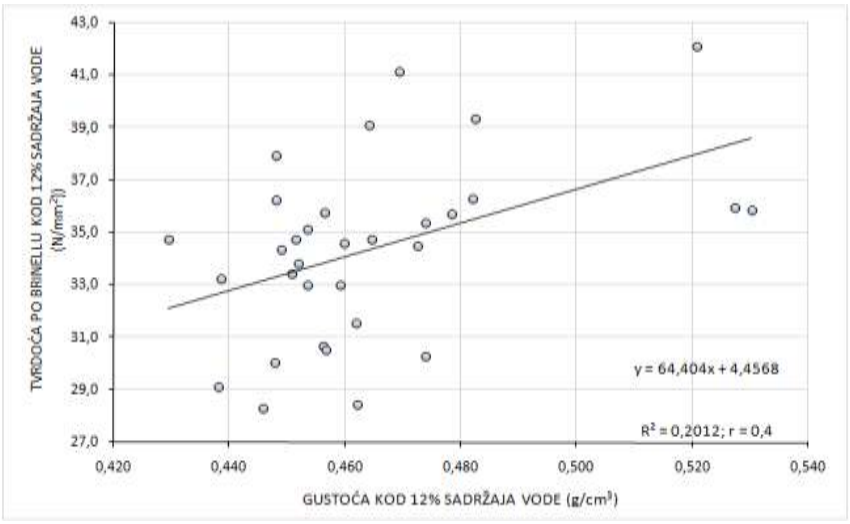
Slika 12. Graf ovisnosti gustoće i tvrdoće po Brinellu tangencijalnog presjeka klona bijele topole kod 12% sadržaja vode

Komentar: Povećanjem gustoće klona bijele topole kod 12% sadržaja vode tvrdoća po Brinellu tangencijalnog presjeka raste.



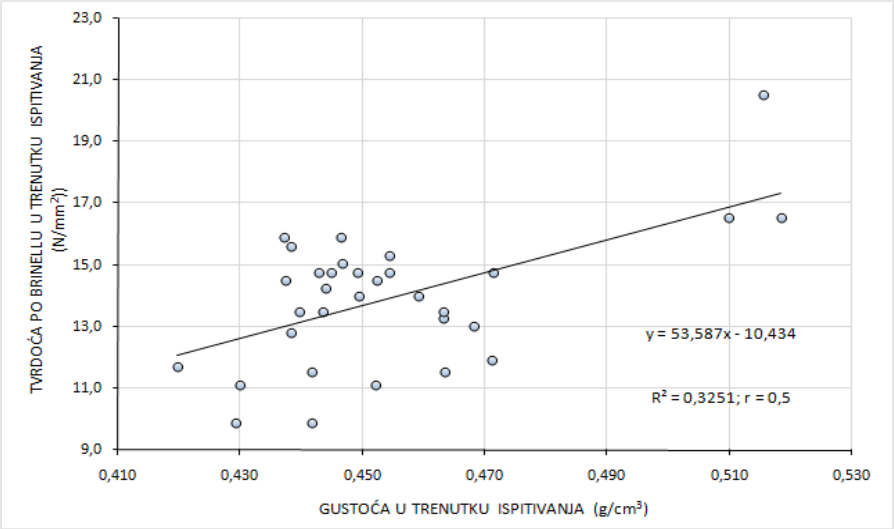
Slika 13. Graf ovisnosti gustoće i tvrdoće po Brinellu poprečnog presjeka bijele topole u trenutku ispitivanja

Komentar: Povećanjem gustoće bijele topole u trenutku ispitivanja tvrdoća po Brinellu poprečnog presjeka raste.



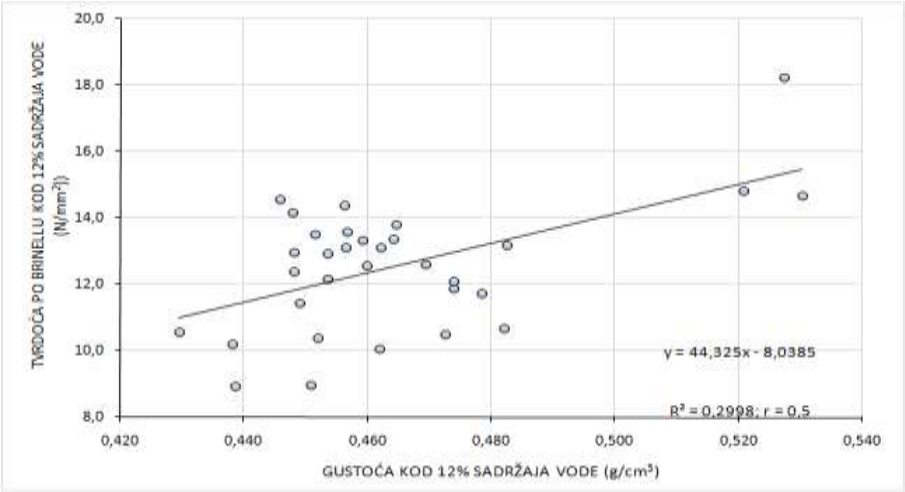
Slika 14. Graf ovisnosti gustoće i tvrdoće po Brinellu poprečnog presjeka bijele topole kod 12% sadržaja vode

Komentar: Povećanjem gustoće bijele topole kod 12% sadržaja vode tvrdoća po Brinellu poprečnog presjeka raste.



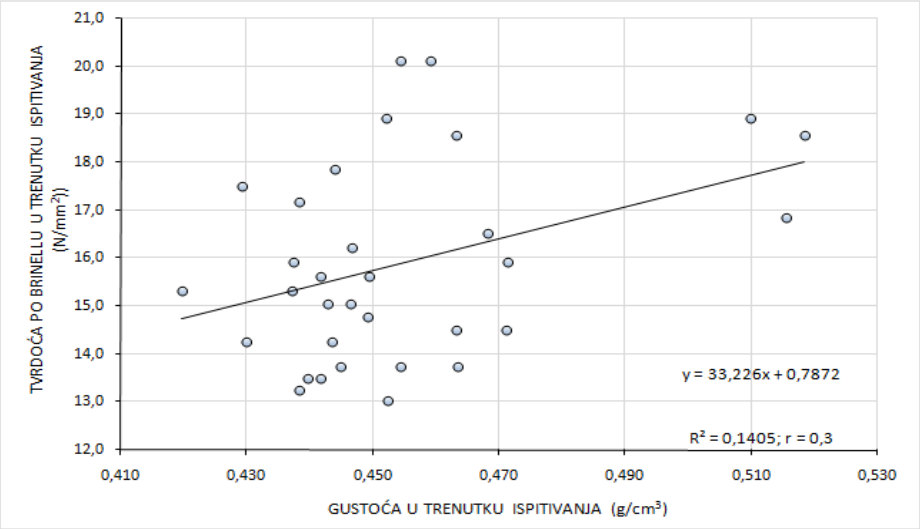
Slika 15. Graf ovisnosti gustoće i tvrdoće po Brinellu radijalnog presjeka bijele topole u trenutku ispitivanja

Komentar: Povećanjem gustoće bijele topole u trenutku ispitivanja tvrdoća po Brinellu radijalnog presjeka raste.



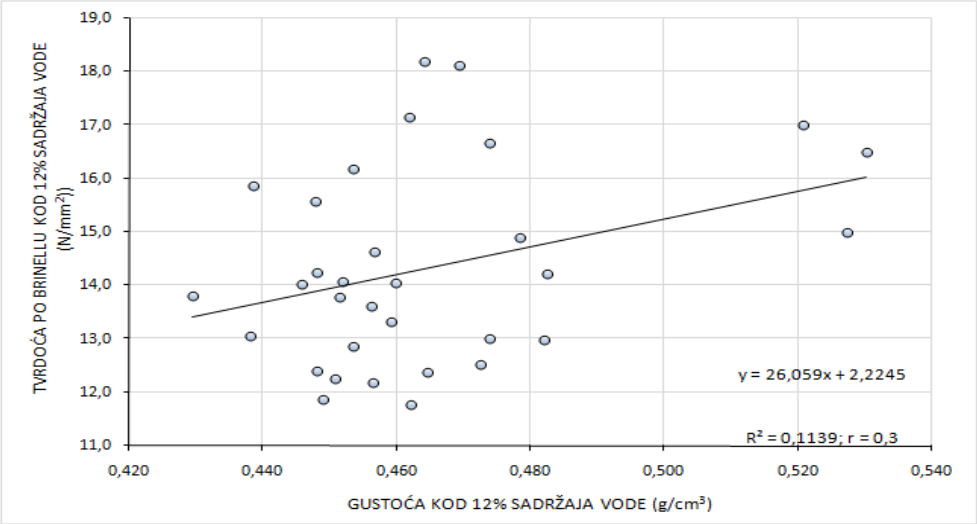
Slika 16. Graf ovisnosti gustoće i tvrdoće po Brinellu radijalnog presjeka bijele topole kod 12% sadržaja vode

Komentar: Povećanjem gustoće bijele topole kod 12% sadržaja vode tvrdoća po Brinellu radijalnog presjeka raste.



Slika 17. Graf ovisnosti gustoće i tvrdoće po Brinellu tangencijalnogpresjeka bijele topole u trenutku ispitivanja

Komentar: Povećanjem gustoće bijele topole u trenutku ispitivanja tvrdoća po Brinellu tangencijalnog presjeka raste.

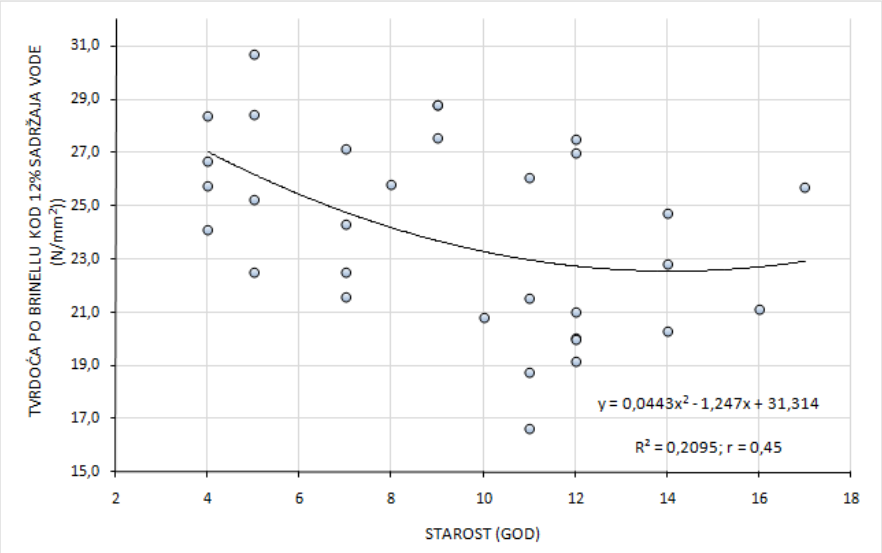


Slika 18. Graf ovisnosti gustoće i tvrdoće po Brinellu tangencijalnog presjeka bijele topole kod 12% sadržaja vode

Komentar: Povećanjem gustoće bijele topole kod 12% sadržaja vode tvrdoća po Brinellu tangencijalnog presjeka raste.

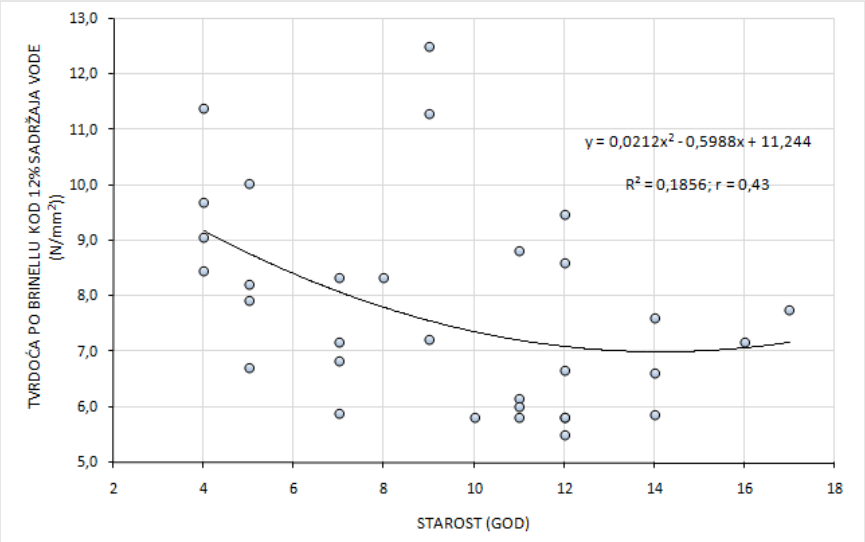
5.2. Udaljenost goda od srčike stabla

Bitan čimbeniku ispitivanju tvrdoće je udaljenost goda od srčike stabla. Bjeljika i srž, ovdje imaju velik utjecaj. Srž ima mehaničku funkciju, te se može zaključiti da će uzorci bliže srcu imati veću tvrdoću po Brinellu u odnosu na uzorke bliže kori. Usporedbom ispitanih uzoraka bijele topole i klona bijele topole, može se zaključiti da kod klona bijele topole povećanjem starosti goda tvrdoća po Brinellu na sva tri presjekaopada. Kod prirodne bijele topole tvrdoća po Brinellu poprečnog presjeka također opada, dok kod radijalnog presjeka ne postoji generalni zaključak zbog premalog koeficijenta korelacije, odnosno mogli bi reći da je tvrdoća konstantna od srčike prema kori (*Slika 23.*).Tvrdoća tangencijalnog presjeka do određenog vremena starosti opada, te nakon toga počinje rasti (*Slika 24.*).



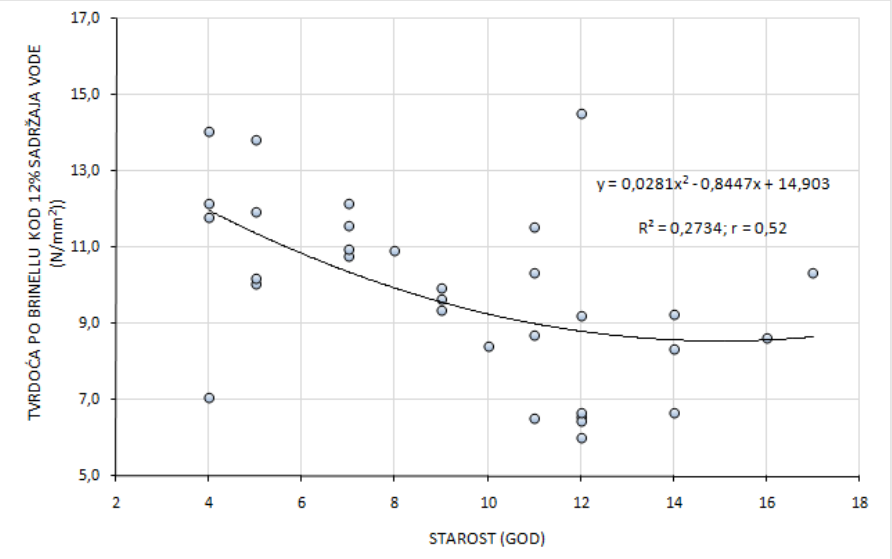
Slika 19. Distribucija tvrdoće po Brinellu klona bijele topole kod 12% sadržaja vode na poprečnom presjeku od srčike prema kori

Komentar: Iz krivulje trenda vidljivo je da tvrdoća po Brinellu poprečnog presjeka kod 12% sadržaja vode klona bijele topole pada od srčike do 14 godina starosti te nakon toga stagnira prema kori.



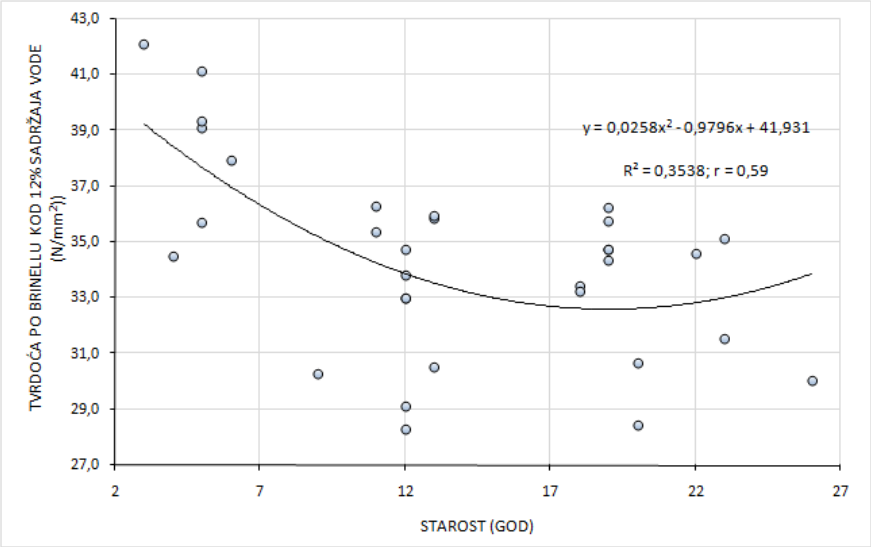
Slika 20. Distribucija tvrdoće po Brinellu klona bijele topole kod 12% sadržaja vode radijalnom presjeku od srčike prema kori

Komentar: Iz krivulje trenda vidljivo je da tvrdoća po Brinellu radijalnog presjeka kod 12% sadržaja vode klona bijele topole pada od srčikedo 14 godina starostite nakon toga stagnira prema kori.



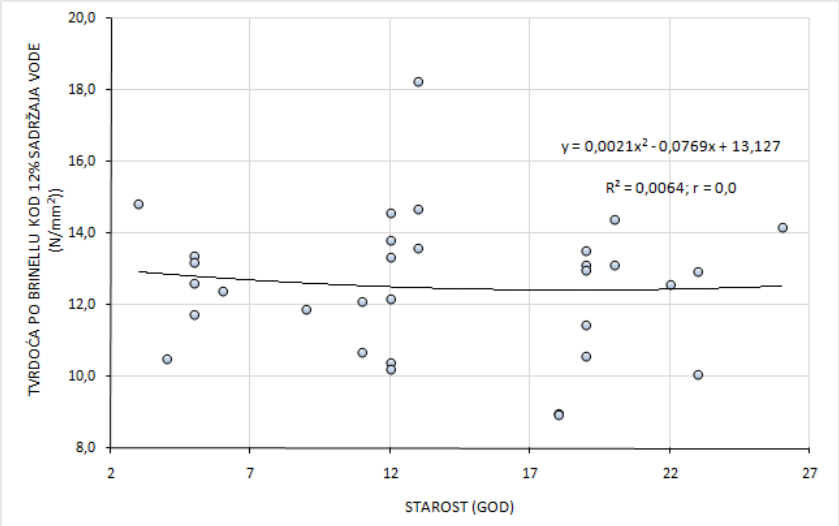
Slika 21. Distribucija tvrdoće po Brinellu klona bijele topole kod 12% sadržaja vode na tangencijalnom presjeku od srčike prema kori

Komentar: Iz krivulje trenda vidljivo je da tvrdoća po Brinellu tangencijalnog presjeka kod 12% sadržaja vode klona bijele topole pada od srčike do 14 godina starosti te nakon toga stagnira prema kori.



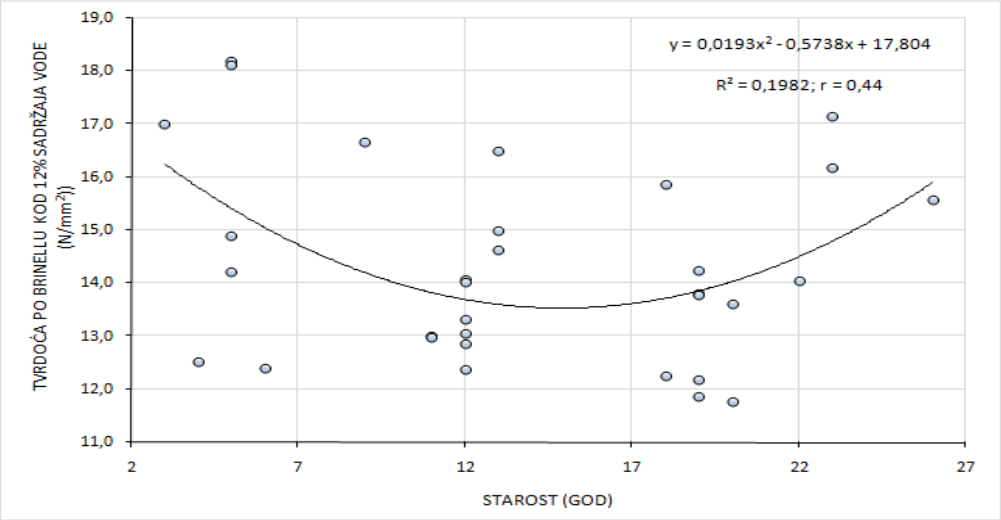
Slika 22. Distribucija tvrdoće po Brinellu bijele topole kod 12% sadržaja vode na poprečnom presjeku od srčike prema kori

Komentar: Iz krivulje trenda vidljivo je da tvrdoća po Brinellu tangencijalnog presjeka kod 12% sadržaja vode prirodne bijele topole pada od srčikedo 18 godine starosti te nakon toga počinje blago rasti prema kori.



Slika 23. Distribucija tvrdoće po Brinellu bijele topole kod 12% sadržaja vode na radijalnom presjeku od srčike prema kori

Komentar:Zbog velikog rasipanja podataka (mali koeficijent korelacije) nije moguće govoriti o trendu distribucije tvrdoće po Brinellu radijalnog presjeka kod 12% sadržaja vode u radijalnom smjeru od srčike prema kori.



Slika 24. Distribucija tvrdoće po Brinellu klona bijele topole kod 12% sadržaja vode na tangencijalnom presjeku od srčike prema kori

Komentar: Iz krivulje trenda vidljivoje da tvrdoća po Brinellu tangencijalnog presjeka kod 12% sadržaja vode prirodne bijele topole pada od srčike do 15 godina starosti te nakon toga počinje rasti prema kori.

6 ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazani su rezultati istraživanja i mjerenja fizikalnih svojstava drva (gustoća drva, masa drva, sadržaj vode u drvu, volumen drva), makroskopskih karakteristika drva (prosječna širina goda i broj godova na uzorku) i tvrdoća po Brinellu sva tri presjeka bijele topole(*Populus alba* L.) i klona bijele topole (*L-12*). Uzorci su ispitani u prosušenom stanju,a srednja vrijednost sadržaja vode kod bijele topole je iznosila 8,4 %, dok je kod klona bijele topole 8,5%. Tvrdoća po Brinellu preračunata je formulom kod 12% sadržaja vode.

Temeljem provedenih laboratorijskih izmjera, ispitivanja i proračuna ispitanih uzoraka, te na temelju sveukupne analize podataka, donijeti su sljedeći zaključci:

Tvrdoća po Brinellu poprečnog presjeka klona bijele topole u trenutku ispitivanja iznosi 19,3...26,7...30,5 MPa, a prirodne bijele topole iznosi 32,8...40.3...50,4 MPa. Prosječna vrijednost tvrdoće po Brinellu poprečnog presjeka kod drva klona bijele topole u trenutku ispitivanja je za 31% manja od tvrdoće po Brinellu poprečnog presjeka u trenutku ispitivanja kod drva prirodne bijele topole.

Tvrdoća po Brinellu radijalnog presjeka klona bijele topole u trenutku ispitivanja iznosi6,0...9,1...12,4 MPa, a prirodne bijele topole iznosi 9,9...13,5...15,9 MPa. Prosječna vrijednost tvrdoće po Brinellu radijalnog presjeka kod drva klona bijele topole u trenutku ispitivanja je za 39% manja od tvrdoće po Brinellu radijalnog presjeka u trenutku ispitivanja kod drva prirodne bijele topole.

Tvrdoća po Brinellu tangencijalnog presjeka klona bijele topole u trenutku ispitivanja iznosi 6,5...9,1...12,8 MPa, a prirodne bijele topole iznosi 13,0...16,2...20,1 MPa. Prosječna vrijednost tvrdoće po Brinellu tangencijalnog presjeka kod drva klona bijele topole u trenutku ispitivanja je za 32% manja od tvrdoće po Brinellu tangencijalnog presjeka u trenutku ispitivanja kod drva prirodne bijele topole.

Tvrdoća po Brinellu poprečnog presjeka klona bijele topole kod 12% sadržaja vode iznosi 16,6...25,7...30,7 MPa, a prirodne bijele topole iznosi 28,5...34,6...42,1 MPa. Prosječna vrijednost tvrdoće po Brinellu poprečnog presjeka kod drva klona bijele topole kod 12% sadržaja vode je za 29% manja od tvrdoće po Brinellu poprečnog presjeka kod 12% sadržaja vode drva prirodne bijele topole.

Tvrdoća po Brinellu radijalnog presjeka klona bijele topole kod 12% sadržaja vode iznosi 5,8...8,8...12,5 MPa, a prirodne bijele topole iznosi 9,0...14,2...18,3 MPa. Prosječna vrijednost tvrdoće po Brinellu radijalnog presjeka kod drva klona bijele topole kod 12% sadržaja vode je za 37% manja od tvrdoće po Brinellu radijalnog presjeka kod 12% sadržaja vode drva prirodne bijele topole.

Tvrdoća po Brinellu tangencijalnog presjeka klona bijele topole kod 12% sadržaja vode iznosi 6,5...9,6...14,6 MPa, a prirodne bijele topole iznosi 12,2...15,6...18,2 MPa. Prosječna vrijednost tvrdoće po Brinellu tangencijalnog presjeka kod drva klona bijele topole kod 12% sadržaja vode je za 29% manja od tvrdoće po Brinellu tangencijalnog presjeka kod 12% sadržaja vode drva prirodne bijele topole.

Kod klona bijele topole uočljivo je da tvrdoća po Brinellu na sva tri presjeka pada od srčikedo 14 godina starosti te nakon toga počinje rasti prema kori**.** Kod prirodne topole tvrdoća poprečnog presjeka se smanjuje od srčike do 18 godina starosti te nakon toga počinje rasti prema kori. Distribuciju tvrdoće po Brinellu od srčike prema kori radijalnog presjeka, zbog velikog rasipanja podataka ne možemo točno odrediti. Tvrdoća tangencijalnog presjeka bijele topole pada od srčike do goda starosti 15 godina te nakon toga počinje rasti prema kori.

7 LITERATURA

- popis literature

1. Anatomija drva, Interna skripta, Makroskopska građa drva
2. Anatomija drva, Makroskopska građa drva, tekst prilagođen iz Šumarske enciklopedije
3. Franjić J., Škvorc Ž., 2010: Šumsko drveće i grmlje Hrvatske. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet

4.Kajba, D., Ballian, D., 2007; ŠUMARSKA GENETIKA, Sveučilište u Zagreb, Šumarski fakultet; Sveučilište u Sarajevu, Šumarski fakultet,

5. Kristinic, A., Kajba, D., 1996: Unapređenje proizvodnje biomase šumskih ekosustava, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb

6. Šoškić M., Popović D., 2002: Svojstva drveta, Beograd

- elektronički izvori

1. https://hr.wikipedia.org/wiki/Tvrdo%C4%87a_po_Brinellu
2. http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:z8eIPL6Kj8QJ:www.srpskosumarskoudruzenje.org.rs/index.php%3Foption%3Dcom_content%26task%3Dview%26id%3D211+&cd=16&hl=en&ct=clnk&gl=us&client=firefox-b
3. https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=166363