

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:429898>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-13**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



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:	<p>U radu je ispitivana tvrdoća po Brinellu drva klona topole(L-12) i bijele topole (<i>Populus alba</i> 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.</p>

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. Tomislav Sedlar
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 (<i>L-12</i>) and white poplar (<i>Populus alba L.</i>) 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 oko 30 (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 ljušaka. 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 peteljka. 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 III. 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 ciljem prepoznavanja klonova prilagodljivih različitoj okolini. Skupljanje se koncentriralo uglavnom na vrste *P. deltooides*, *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 istraživanja sposobnosti 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). Rezultatima istraživanja 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 istraživanja pokazuju 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 bijeljike 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 / Tvrdća prema Brinellu na čelu MPa

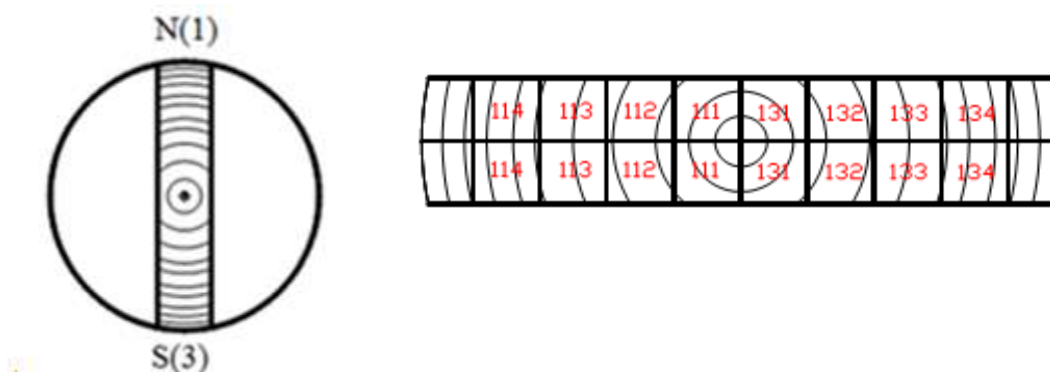
	RESULTS		LITERATURE (heartwood)				
	sapwood	heartwood	1*	2*	3*	4*	5*
<i>Q. robur</i>	37,9	42,9	66	X	65,7	X	X
<i>Q. petraea</i>			66	X	41.1 - 67.7 - 97	X	X
<i>Q. cerris</i>	X	X	X	X	64.7 - 77.9 - 96.1	X	X

Brinell side-hardness / Tvrdća prema Brinellu na bočnoj strani MPa

	RESULTS		LITERATURE (heartwood)				
	sapwood	heartwood	1*	2*	3*	4*	5*
<i>Q. robur</i>	17,7	20,5	34	X	X	23 - 42	X
<i>Q. petraea</i>			34	X	X	23 - 42	X
<i>Q. cerris</i>	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 mikroskop ili razna povećala. Slika makroskopske strukture presjeka anatomskih elemenata 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 do 5,2% 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 veća od radijalnog i tangencijalnog presjeka odnosno kada sila djeluje 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 $30 \times 30 \times 30 \text{ mm}$. 32 uzorka su bila klon topole i 32 uzorka su bila bijela topola. Mjerenje je izvedeno metodom po Brinellu.

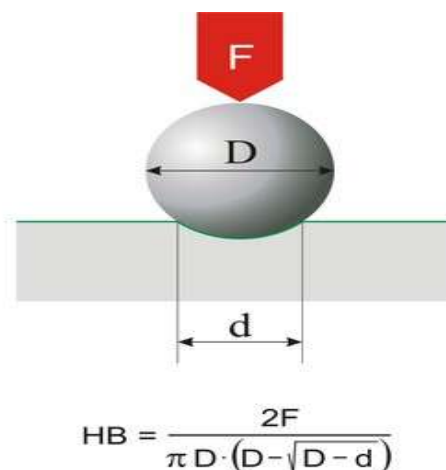
Prije samog ispitivanja uzoraka potrebno je napraviti neka od sljedećih mjerenja: izmjeriti dimenzije uzoraka u sva tri smjera pomičnim mjerilom s točnošću od 0,1 mm, izmjeriti masu uzoraka uz pomoć vage s točnošću mjerenja 0,01g, izračunati gustoću uzoraka (računa se kao omjer mase i volumena), izmjeriti udaljenost sredine svakog uzorka od srčike na poprečnom presjeku drva, odrediti broj godina na svakom uzorku uz pomoć povećala, te izračunati prosječan broj godina na uzorku (računa se kao omjer dimenzije uzorka u radijalnom smjeru i broja godina 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 uspoređivati unutar 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 cjelokupnog postavljanja i programiranja kidalice uz pomoć osobnog računala započinje se s ispitivanjem tvrdoće po Brinellu.

Nakon ispitivanja tvrdoće po Brinellu, uzorci se suše u sušionici na 103 ± 2 °C 24-48 sati kako bi se osušili do apsolutno suhoga stanja, kako bi se odredio 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 mjerili 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: OSUEK																				ISPIT: 20.04.2016.	
UDALJENOST SREDINE UZORKA OD SRCA	UDALJENOST SREDINE UZORKA OD SRCA	BIROJ 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 (D _{av})	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	PRERACUNSKI KOEFICIJENT (p _{op} =0,04)	TVRDOĆA PO BRINELLU KOD 12% SADRŽAJA VODE		
mm	god	god	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	g	N	HB	g	%	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³		N/mm ²		
				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		
							N	O	R	M	E	DIN	HRN ISO	HRN ISO	HRN ISO	HRN ISO	FPL	DIN			
												50351	3130-1975	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	0,6	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	0,7	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	0,7	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	0,9	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	0,9	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	0,9	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	0,7	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	0,8	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	0,7	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	0,4	0,417	0,395	0,426	0,040	28,8			
9	4		30,79	30,78	31,00	4,30	4,40	4,35	11,55	500	32,0	10,64	0,6	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	0,5	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	0,7	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	0,7	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	0,8	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	0,5	0,305	0,287	0,313	0,040	19,2			
12	5		30,76	30,62	30,81	5,20	4,90	5,05	8,80	500	23,3	8,11	0,5	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	0,7	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	0,6	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	0,7	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	0,7	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	0,4	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	0,7	0,298	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	0,7	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	0,7	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	8,45	0,5	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	8,45	0,4	0,312	0,294	0,319	0,040	25,1			

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 TANGENCIJALNOM SMJERU				DIMENZIJA U LONGITUDINALNOM SMJERU				PROMJER OTISKA (D1)	PROMJER OTISKA (D2)	SREDNJI PROMJER OTISKA (D _{av})	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 (p _{sp} =0,025)	TVRDOĆA PO BRINELLU KOD 12% SADRŽAJA VODE	
god	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	g	N	N/mm ²	g	%	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³	α	N/mm ²
	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.01	1	1	1	1	1	0.001	0.001	0.001	0.001		0
					N	O	R	M	E																	
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	9,50	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	30,64	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	9,58	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	9,19	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										
GAJ:	OSLEK															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 (D ₉)		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 =0,025)	TVRDOĆA PO BRINELLU KOD 12% SADRŽAJA VODE
mm	god	god	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	g	N	HB	M ₂ /M ₁	W	ρ _w	ρ _t	ρ _{12%}	α	HB12%	
				0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.01	1	0.1	0.01	HRN ISO	HRN ISO	HRN ISO	HRN ISO	HRN ISO	HRN ISO	HRN ISO	HRN ISO	HRN ISO	HRN ISO	HRN ISO	HRN ISO	HRN ISO	FPL	DN
														3130-1975	3131-1999	3131-1999	3131-1999	3131-1999	3131-1999	3131-1999	3131-1999	3131-1999	3131-1999	3131-1999	3131-1999	3131-1999	Madson	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	8.48	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	7.90	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	11.65	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	30.84	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	9.18	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	9.58	8.7	0.369	0.339	0.367	0.025	11.0										
12	5		30.66	30.64	30.90	7.30	7.30	7.30	11.49	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	9.90	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	8.45	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	8.45	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 (D _s)	MASA UZORKA PRIJE ISPITIVANJA	SILA	TVRDOĆA U TRENUTKU ISPITIVANJA	MASA UZORKA U AFSOLUTNO SUHOM STANJU	SADRŽAJ VODE (M ₁ -M ₂)/M ₂ *100	GUSTOĆA U TRENUTKU ISPIT	GUSTOĆA U AFSOLUTNO SUHOM STANJU	GUSTOĆA KOD 12 % SADRŽAJA VODE	PRERAČUNSKI KOEFICIJENT (pop.=0,04)	TVRDOĆA PO BRINELLU KOD 12% SADRŽAJA VODE	
god	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	g	N	HB	M ₂ /M ₀	W	ρ _w	ρ ₀	ρ _{12%}	a	HB _{12%}	
		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	
					N	O	R	M	E	DIN		HRN ISO	HRN ISO	HRN ISO	HRN ISO	FPL	DIN	
										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 LOKA	DRVA: CUA:	TOPOLA							PRESJEK: RADIJALNI										DATUM	
		OSUJEK																	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 (D _{av})	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	PRERACUNSKI KOEFICIJENT (pop. =0,026)	TVRDOĆA PO BRINELLU KOD 12% SADRŽAJA VODE
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
													DN		HRN ISO	HRN ISO	HRN ISO	HRN ISO	FPL	DN
								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	0.498	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
836	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			30.58	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	30.96	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 LOKA	DRVA: CUA	TOPOLA OSUEK	PRESJEK: TANGENCIJALNI													DATUM				
																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 (D _{av})	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 =0,026)	TVRDOĆA PO BRINELLU KOD 12% SADRŽAJA VODE
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
								N	O	R	M	E	DIN		HRN ISO	HRN ISO	HRN ISO	HRN ISO	FPL	DIN
								50351					50351		3130-1975	3131-1999	3131-1999	3131-1999	Madison	50351
811	5	7			30,32	30,53	31,59	6,00	5,60	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	5,56	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	5,56	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	15,5
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			29,36	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	5,96	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

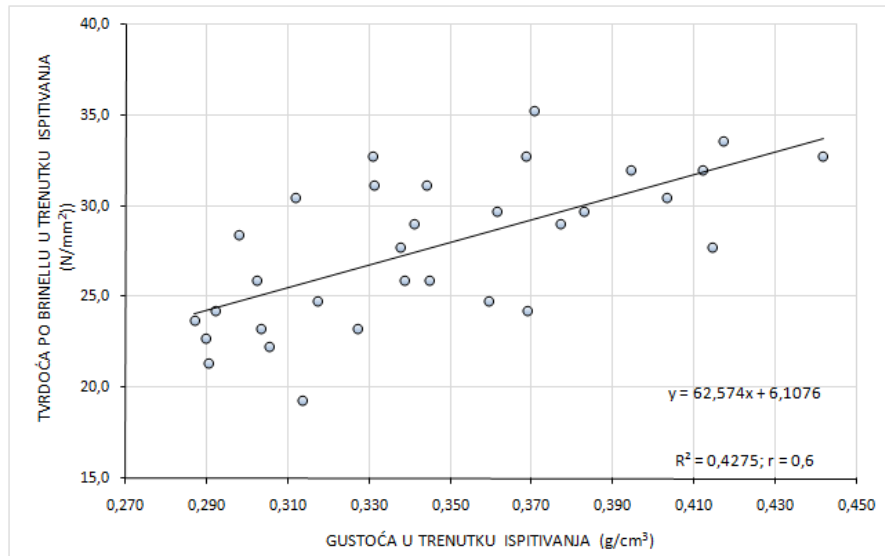
Sadržaj vode u drvu je vrlo bitna komponenta koja utječe na tvrdoću po Brinellu. Voda u drvu nalazi se u tri oblika: slobodna voda (kapilarna), vezana voda (higroskopska) i kemijska voda (konstitucijska).

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 °C. 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 °C. 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:

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

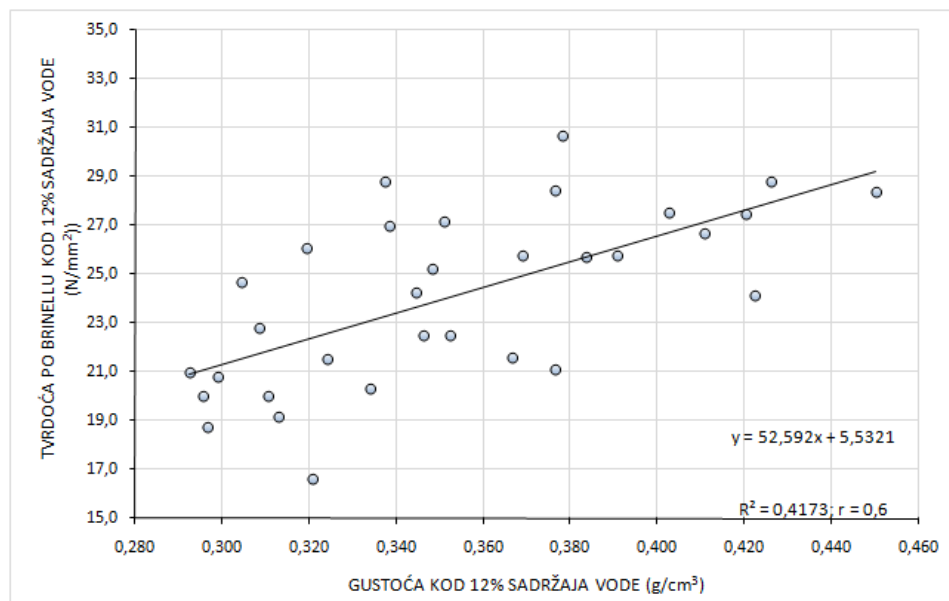
-gdje je: **HB** tvrdoća po Brinellu u trenutku ispitivanja, α preračunski koeficijent (pop.=0,025) i **W** sadržaj vode u uzorku

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.



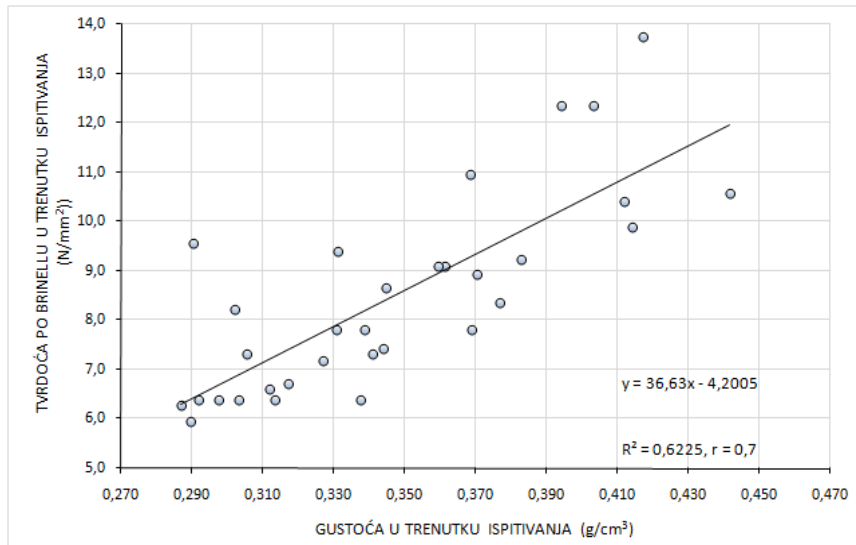
Slika 7. Graf ovisnostigustoće i tvrdoće po Brinellu poprečnog presjeka klona bijele topole u trenutku ispitivanja

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



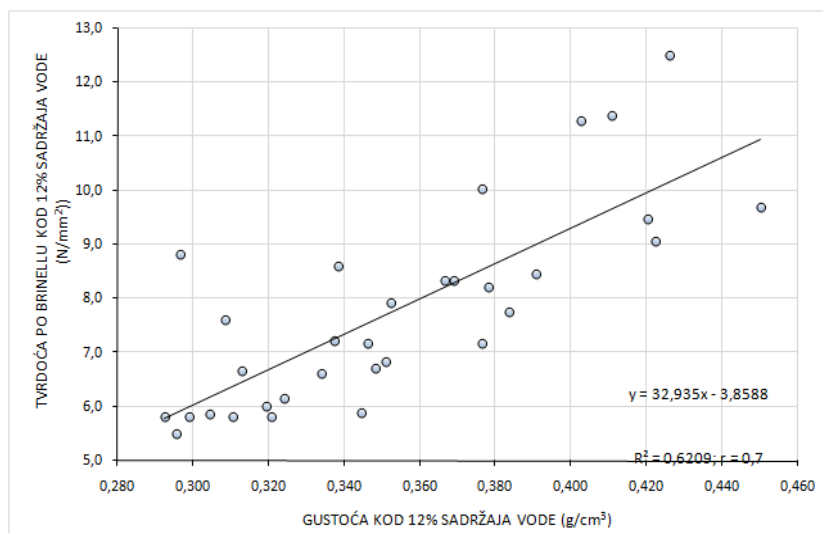
Slika 8. Graf ovisnosti gustoće i tvrdoće po Brinellu poprečnog presjeka klona bijele topole kod 12% sadržaja vode

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



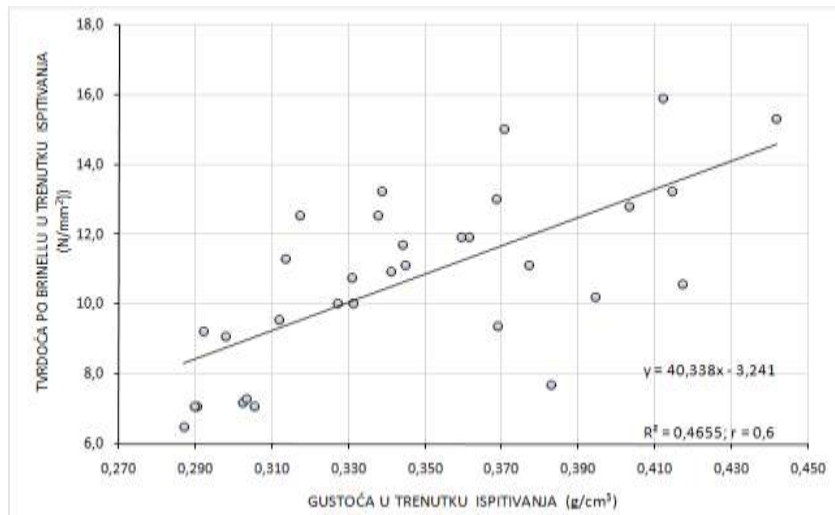
Slika 9. Graf ovisnosti gustoće i tvrdoće po Brinellu radijalnog presjeka klona bijele topole u trenutku ispitivanja

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



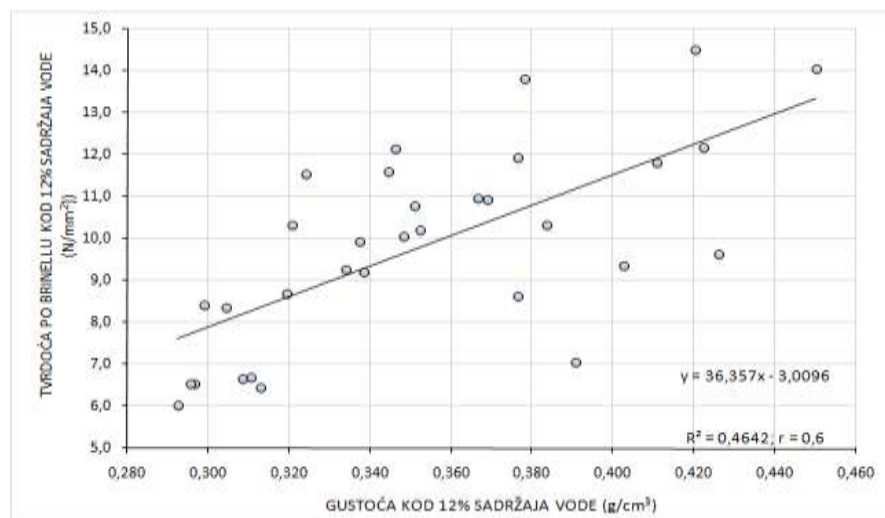
Slika 10. Graf ovisnosti gustoće i tvrdoće po Brinellu radijalnog presjeka klona bijele topole kod 12% sadržaja vode

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



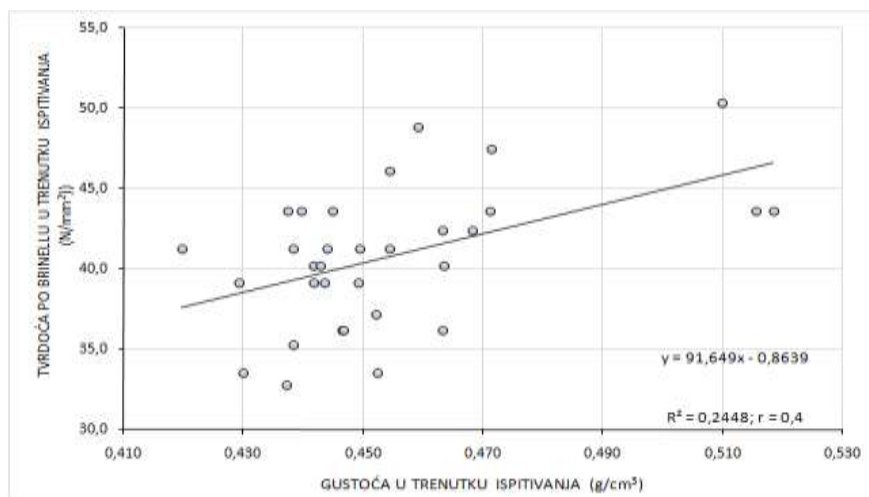
Slika 11. Graf ovisnosti gustoće i tvrdoće po Brinellu tangencijalnog presjeka klona bijele topole u trenutku ispitivanja

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



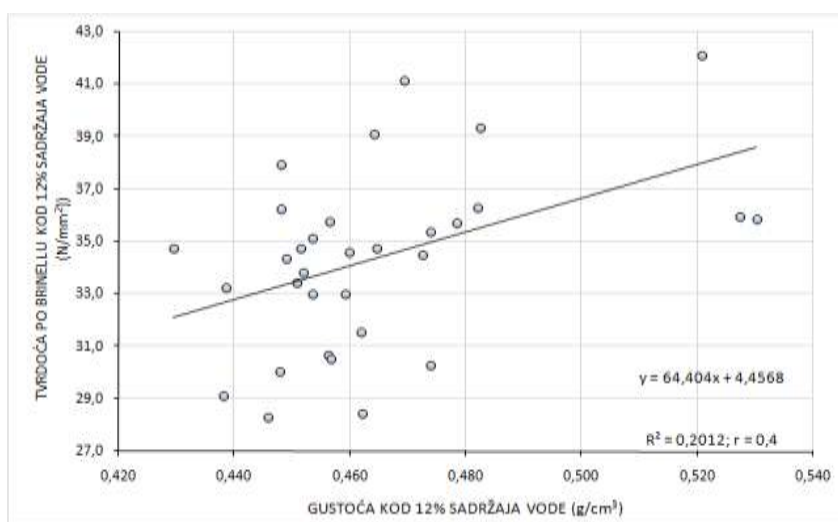
Slika 12. Graf ovisnosti gustoće i tvrdoće po Brinellu tangencijalnog presjeka klona bijele topole kod 12% sadržaja vode

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



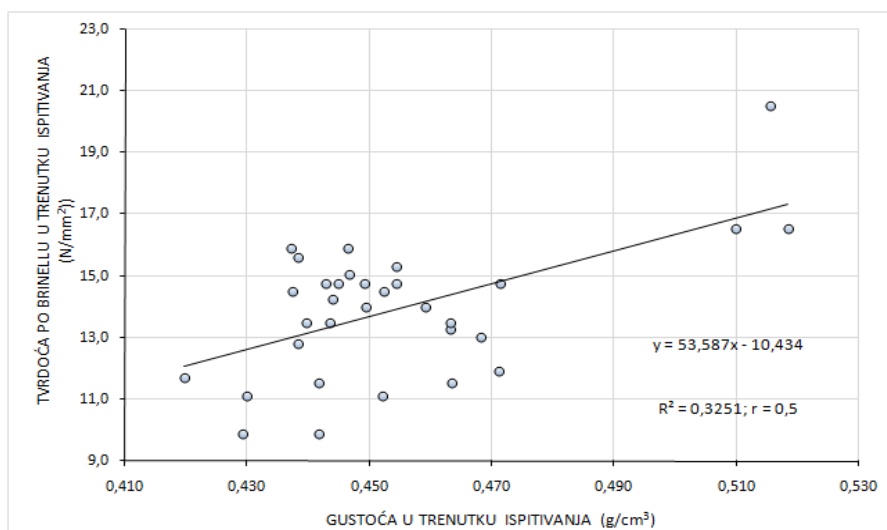
Slika 13. Graf ovisnosti gustoće i tvrdoće po Brinellu poprečnog presjeka bijele topole u trenutku ispitivanja

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



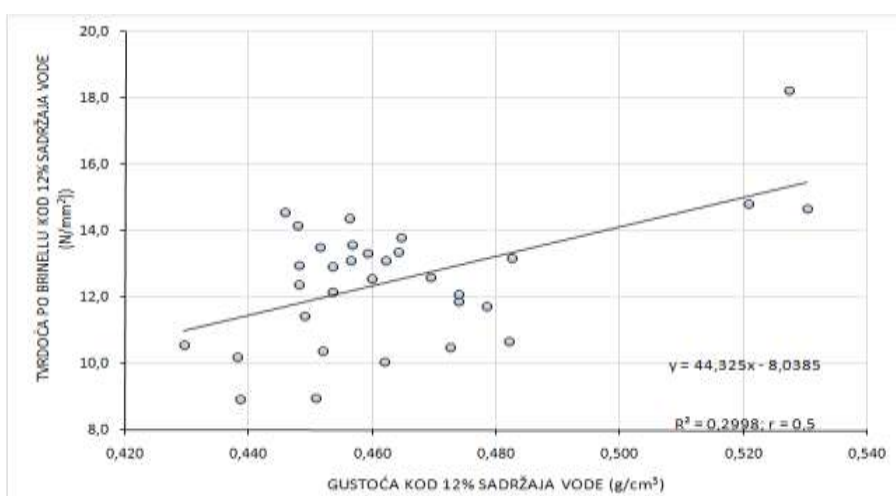
Slika 14. Graf ovisnosti gustoće i tvrdoće po Brinellu poprečnog presjeka bijele topole kod 12% sadržaja vode

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



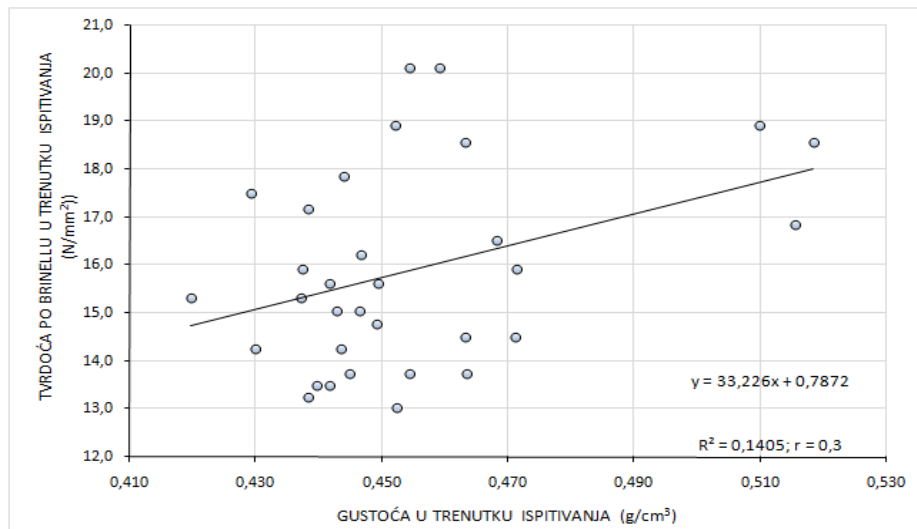
Slika 15. Graf ovisnosti gustoće i tvrdoće po Brinellu radijalnog presjeka bijele topole u trenutku ispitivanja

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



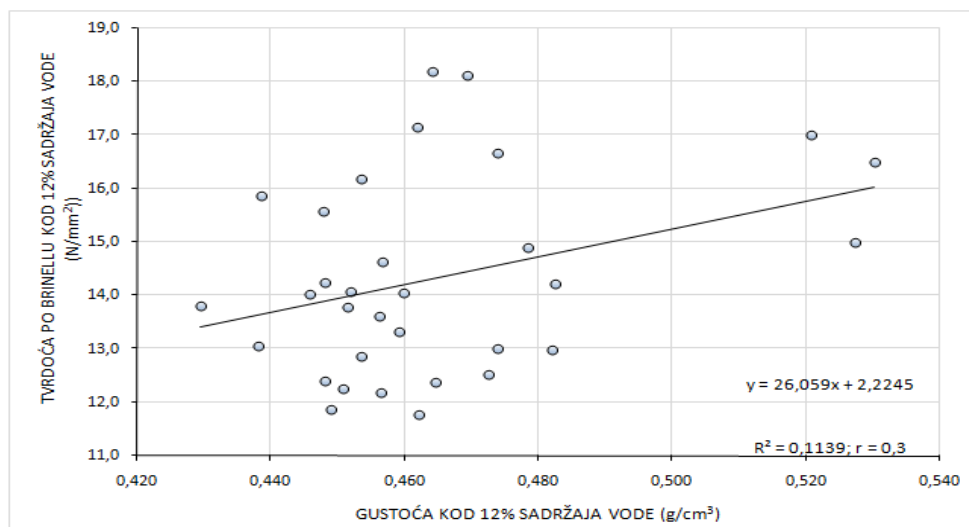
Slika 16. Graf ovisnosti gustoće i tvrdoće po Brinellu radijalnog presjeka bijele topole kod 12% sadržaja vode

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.

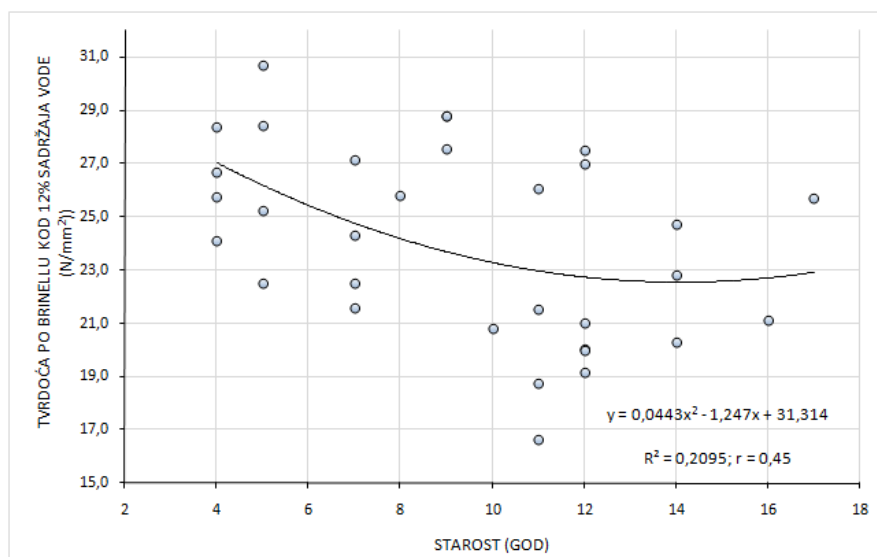


Slika 18. Graf ovisnosti gustoće i tvrdoće po Brinellu tangencijalnog presjeka bijele topole kod 12% sadržaja vode

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

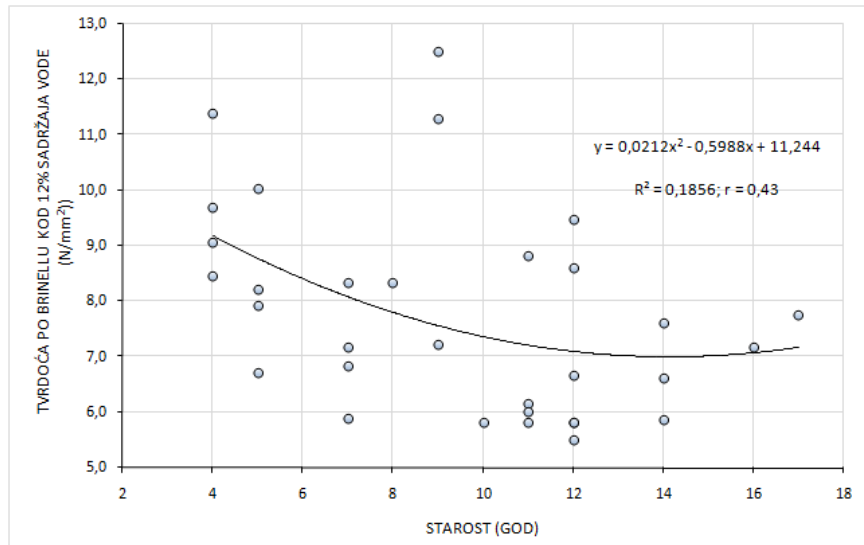
5.2. Udaljenost goda od srčike stabla

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*).



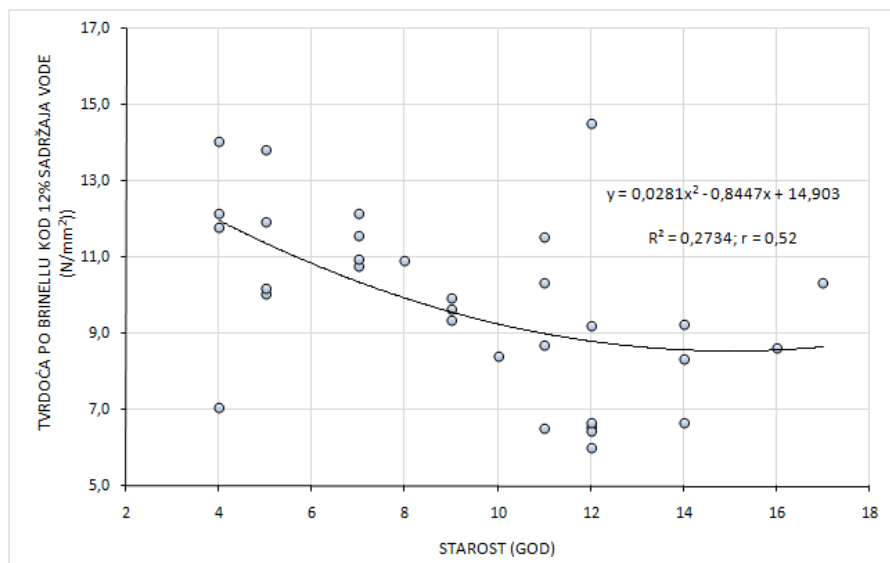
Slika 19. Distribucija tvrdoće po Brinellu klona bijele topole kod 12% sadržaja vode na poprečnom presjeku od srčike prema kori

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.



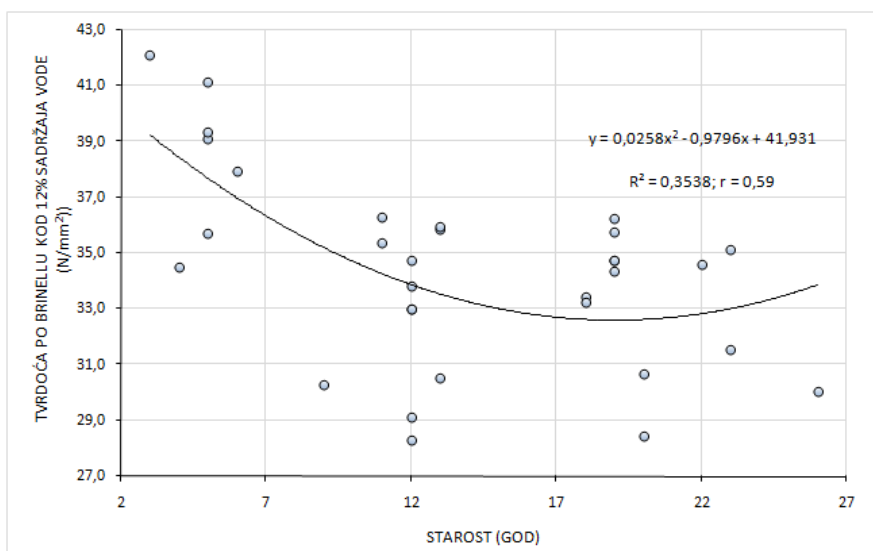
Slika 20. Distribucija tvrdoće po Brinellu klona bijele topole kod 12% sadržaja vode radijalnom presjeku od srčike prema kori

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.



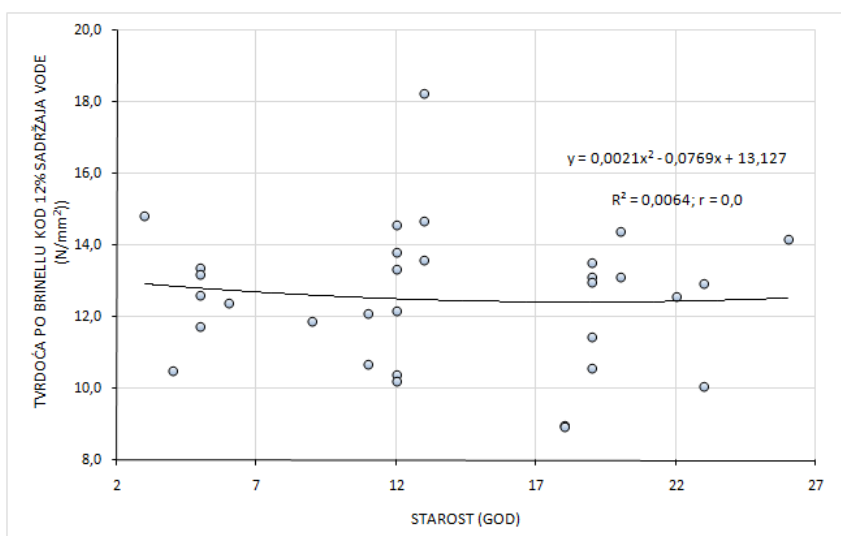
Slika 21. Distribucija tvrdoće po Brinellu klona bijele topole kod 12% sadržaja vode na tangencijalnom presjeku od srčike prema kori

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.



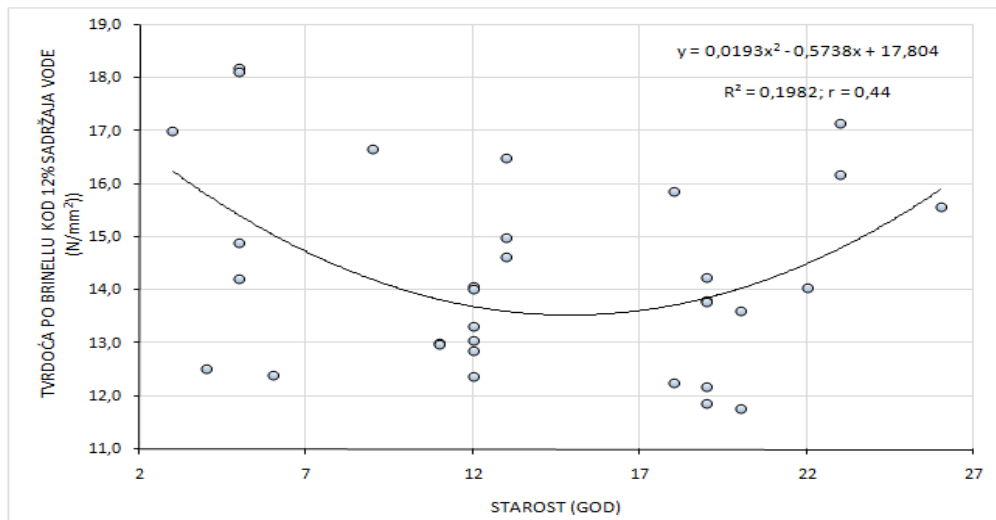
Slika 22. Distribucija tvrdoće po Brinellu bijele topole kod 12% sadržaja vode na poprečnom presjeku od srčike prema kori

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



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

Komentar: Zbog velikog rasipanja podataka (mali koeficijent korelacije) nije moguće govoriti o trendu distribucije tvrdoće po Brinellu radialnog presjeka kod 12% sadržaja vode u radialnom 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 vidljivo je 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 godina 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 iznosi 6,0...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.srpskosumariskoudruzenje.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