Određivanje čvrstoće na tlak paralelno s vlakancima kod topolovine

Veselčić, Filip

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:108:813487

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

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

ŠUMARSKI FAKULTET

DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK

PREDIPLOMSKI STUDIJ

DRVNA TEHNOLOGIJA

FILIP VESELČIĆ

ODREĐIVANJE ČVRSTOĆE NA TLAK PARALELNO S VLAKANCIMA KOD TOPOLOVINE

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB, (RUJAN , 2016)

AUTOR:	Filip Veselčić 03.10.1994, Vinkovci 0068223360
NASLOV:	Određivanje čvrstoće na tlak paralelno s vlakancima kod topolovine
PREDMET:	Tehnička svojstva drva 2
MENTOR:	Izv. prof. dr. sc. Tomislav Sinković
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:	16.09.2016
RAD SADRŽI:	Stranica: 22 Slika: 16 Tablica: 2 Navoda literature: 12

SAŽETAK:

U radu je provedeno ispitivanje čvrstoće na tlak paralelno s vlakancima drva klona topole *(Populus alba L-12)* i bijele topole *(Populus alba L.).* Čvrstoća na tlak pratila se kroz godove, od srčike prema kori. Na taj način utvrdila se radijalna distribucija čvrstoće na tlak paralelno s vlakancima. Uz radijalnu distribuciju ispitan je i utjecaj gustoće drva na čvrstoću na tlak.

AUTHOR:	Filip Veselčić 03.10.1994, Vinkovci 0068223360
TITLE:	Determination of ultimate stress in compression parallel to grain of poplar wood
TOPIC:	Technical characteristics of wood 2
MENTOR:	Izv. prof. dr. sc. Tomislav Sinković
MAKING WORK HELPED:	dr. sc. Tomislav Sedlar
WORK IS COMPLETED:	University of Zagrebu – Faculty of Forestry Department of Wood Science
ACADEMIC YEAR:	2015/2016.
DATE OF DEFENSE:	16.09.2016
WORK CONTAINS:	Pages: 22 Pictures: 16 Tables: 2 Accordings of literature: 12

ABSTRACT:

The work was carried out testing of the ultimate stress in compression parallel to the grain of cloned poplar *(Populus alba L-12)* and white poplar wood *(Populus alba L.).* The ultimate stress in compression was monitored through the rings from pith to bark. On that way, radial distribution of ultimate stress in compression parallel to the grain was determined. As radial distribution was tested, it was examined the influence of wood density on ultimate stress in compression.

SADRŽAJ

1 UVOD....1

2 CILJ RADA....4

3 PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA....5

4 MATERIJAL I METODE....8

4.1. Makroskopski i mikroskopski izgled drva....8

4.2. Metoda istraživanja....10

5 REZULTATI I DISKUSIJA....12

5.1. God....14

5.2. Sadržaj vode i gustoća....16

6 ZAKLJUČAK....20

7 LITERATURA....22

1 UVOD

Bijela topola *(Populus alba)* rasprostranjena je u Europi sve do područja srednje i zapadne Azije. Nema velikih zahtjeva u pogledu kvalitete tla, ali se najbolje razvija na svježim i bogatim tlima. Nalazimo je u vlažnim staništima, uz obale rijeka i potoka, najčešće u nizinskim šumama. Čiste sastojine 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. Pupovi imaju nekoliko smeđih ljuski koje na površini imaju sitne bijele dlačice, nisu ljepljive. 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)*. 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 svilenkastodlakava.

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. Mlađa kora



Slika 3. Starija kora



Slika 4. List bijele topole

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. 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 istraživanja sposobnosti klonova adaptiranju na stresne i ne stresne 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 ostali, 1996).

Lokalitet klona bijele topole je gospodrska 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.

2 CILJ RADA

Cilj rada je provedenim istraživanjem utvrditi da li postoji razlika čvrstoće na tlak paralelno s vlakancima drva bijele topole (*Populus alba)* u odnosu na njen klon *(Populus alba L-12),* te na temelju dobivenih rezultata odrediti njihova međusobna odstupanja. Cilj rada je ujedno i dobivenim rezultatima potaknuti što veću uporabu drva u odnosu na druge materijale, te primjenu različitih vrsta drva, kako u industriji tako i kućanstvu.

Bitno je odrediti raspored čvrstoće u radijalnom smjeru od srčike prema kori, isto tako i utječe li broj godova i prosječna širina goda na uzorku na čvrstoću na tlak. Cilj je i, usporediti čvrtoću na tlak u odnosu na sadržaj vode, koji nam je bitan pokazatelj i znatno utječe na čvrstoću na tlak.

3 PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Kako bi se provela neka istraživanja bitno je poznavati parametre vrste drva koju ispitujemo. Bijela topola ne glasi kao vrsta koja ima dobra mehanička svojstva u odnosu sa ostalim listačama.

Godine 2012. provedeno je istraživanje čvrstoće na tlak drva jele modificiranog limunskom kiselinom. Drvo obične jele *(Abies alba Mill.)* impregnirano je limunskom kiselinom (CA) uz dodatak natrij-dihidrogen-hipofosfita (SHP) kao katalizatora, odnosno1.3-dimethylol-4.5 dihydroxyethyleneureom (DMDHEU) uz dodatak magnezijevog klorida ($MgCl_2$) kao katalizatora, te termokondenzirano pri temperaturi 140 ºC u trajanju od 10 sati. U radu je uspoređena čvrstoća na tlak paralelno s vlakancima recentnog, termokondenziranog i modificiranog drva. Početni rezultati ukazuju na povećanje čvrstoće na tlak modificirane jele.

Katović i ostali (2004.) esterificirali su jelovinu i bukovinu limunskom kiselinom uz dodatak NaH_2PO_2 kao katalizatora, te su prvi rezultati pokazali poboljšanje stabilnosti dimenzija drva. Mehanička svojstva drva ovom metodom još uvijek nisu istražena, te je u navedenom radu drvo jele modificirano limunskom kiselinom uz dodatak NaH_2PO_2 kao katalizatora, odnosno DMDHEU-om uz dodatak $MgCl_2$ kao katalizatora, nakon čega je ispitana čvrstoća na tlak modificiranog drva, te uspoređena s čvrstoćom na tlak recentnog drva odnosno drva termokondenziranog pri povišenoj temperaturi.

Rezultati su pokazali da se, izlaganjem jelovine temperaturi 140 ºC, čvrstoća na tlak drva neznatno povećava u odnosu na recentno drvo, dok se kod drva jele, primjenom obje kemikalije, čvrstoća na tlak povećava. U slučaju primjene limunske kiseline, povećanje prosječno iznosi oko 10%. (Šefc i suradnici, 2012).

Istraživanje Jaića, 2013. provedeno je u svrhu saznanja utječe li širina goda i gustoća na čvrstoću na tlak drva divlje trešnje *(Prunus avium L.)*. Zaključak je bio da postoji vrlo slaba korelacija između prosječne širine goda i čvrstoće na tlak paralelno s vlakancima drva divlje trešnje *(Prunus avium L.)*. Ako bi se generaliziralo, zaključak bi bio da se u više slučajeva čvrstoća na tlak paralelno s

vlakancima drva divlje trešnje *(Prunus avium L.)* povećava sa smanjenjem širine goda, no postoji jaka korelacija između gustoće drva i čvrstoće na tlak paralelno s vlakancima. Neovisno o položaju uzorka u stablu prema stranama svijeta ili visini s koje je uzorak izrađen, kao i o udjelu zone bijeli odnosno zone srži od koje je uzorak sačinjen, sigurno je da se s povećanjem gustoće drva povećava i čvrstoća na tlak paralelno s vlakancima drva divlje trešnje *(Prunus avium L.).* Udaljavanjem od središta prema perifernom dijelu stabla vrijednost čvrstoće na tlak paralelno s vlakancima drva divlje trešnje *(Prunus avium L.)* opada. Sukladno tome zaključuje se da bjeljika ima lošija mehanička svojstva od srži. Razlog tome je prisustvo ekstraktivnih tvari u srži nakon odumiranja parenhima tijekom procesa osržavanja, što daje veću gustoću srži u odnosu na bijeljiku, te nastajanje radijalnih pukotina u zoni bijeli prilikom sušenja zbog znatno većeg sadržaja vode bjeljike u živom stablu u odnosu na srž.

U veljači 2015. godine provedeno je istraživanje čvrstoće na tlak kod drva bijele topole *(Populus alba L.)* u tri smjera, radijalni smjer (0), tangencijalni smjer (90) i tangencijalno-radijalni smjer (45). Uzorci su rezani na dimenzije 30 x 30 x 30 mm. Nakon rezanja, uzorci se se stavljali u tri različite klime. U svakoj komori stvorena je jedinstvena klima: suha klima (30% relativne vlage zraka i 30º C), normalna klima (65% relativne vlage zraka i 20º C), i vlažna klima (85% relativne vlage zraka i 30º C). Kada su uzorci postigli vlagu ravnoteže izmjeren im je sadržaj vode. Kod uzoraka kondicioniranim u suhoj klimi sadržaj vode je iznosio približno 6%, u normalnoj klimi 12%, a u vlažnoj klimi 15%.

Nakon ispitivanja čvrstoće na tlak drva bijele topole dobiveni su sljedeći rezultati:

Suha klima:

- srednja čvrstoća na tlak uzoraka ispitanih u radijalnom smjeru (0) iznosi 5 MPa
- srednja čvrstoća na tlak uzoraka ispitanih u tangencijalnom smjeru (90) iznosi 4,2 MPa

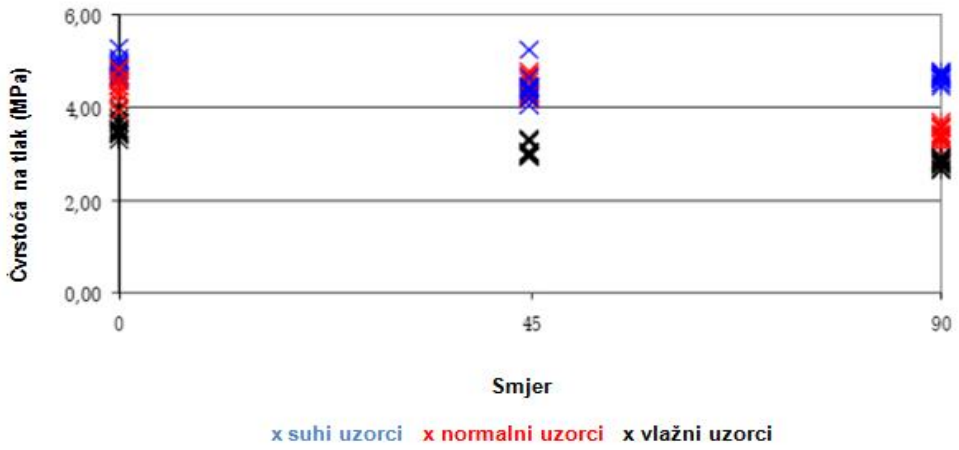
- srednja čvrstoća na tlak uzoraka ispitanih u tangencijalno-radijalnom smjeru (45) iznosi 4,5 MPa

Normalna klima:

- srednja čvrstoća na tlak uzoraka ispitanih u radijalnom smjeru (0) iznosi 4,3 MPa
- srednja čvrstoća na tlak uzoraka ispitanih u tangencijalnom smjeru (90) iznosi 4,2 MPa
- srednja čvrstoća na tlak uzoraka ispitanih u tangencijalno-radijalnom smjeru (45) iznosi 3,8 MPa

Vlaža klima:

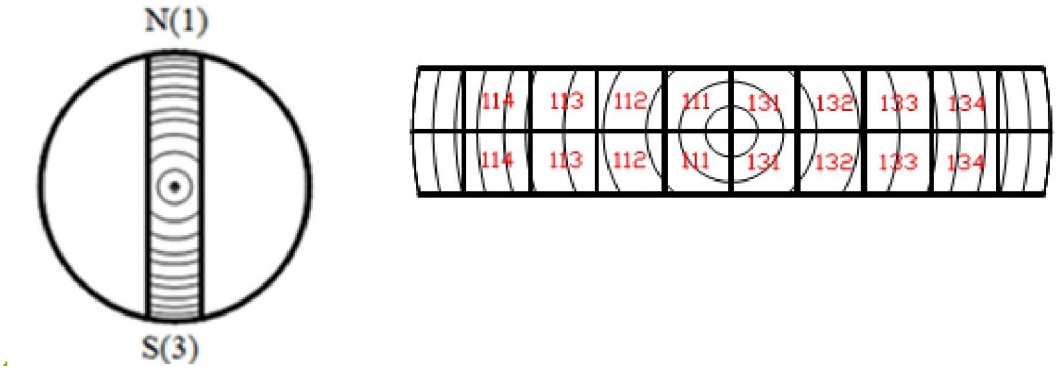
- srednja čvrstoća na tlak uzoraka ispitanih u radijalnom smjeru (0) iznosi 3,6 MPa
- srednja čvrstoća na tlak uzoraka ispitanih u tangencijalnom smjeru (90) iznosi 3 MPa
- srednja čvrstoća na tlak uzoraka ispitanih u tangencijalno-radijalnom smjeru (45) iznosi 2,6 MPa



Slika 5. Prikaz dobivenih rezultata čvrstoće na tlak drva prirodne bijele topole kroz suhu klimu, normalnu klimu i vlažnu klimu provedenih u radijalnom, tangencijalnom i tangencijalno-radijalnom smjeru

4 MATERIJAL I METODE

Stabla za ispitivanje odabrana su iz šume sa područja Osijeka. Iz prosušenih srednjača izrađeni su uzorci 20 x 20 x 40 mm (R x T x L), te označeni prema položaju u stablu *(slika 6).*



Slika 6. Srednjača (Sjever – Jug) i uzorci dimenzija 20 mm x 20 mm x 40 mm iz srednjače

4.1 Makroskopski i mikroskopski izgled drva

Pod nazivom makroskopski, podrazumijevamo izgled drva vidljiv golim okom, dok mikroskopski označava uporabu raznih pomalaga, npr. povećala, mikroskopa itd. Izgled drva na obrađenoj površini zove se tekstura. Tekstura drva uvjetovana je dimenzijama, oblikom i smjerom nizanja elemenata građe, te rasporedom pojedinih elemenata u građi drva. Drvo je nehomogen i anizotropan materijal. Najuočljivija posljedica nehomogenosti građe drva na poprečnom presjeku jest god i granica goda *(Slika 7)*. God ili godišnji prirast drva je sloj drva koji se formira po čitavom opsegu stabla u toku jedne vegetacijske godine. 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...).



Slika 7. Poprečni presjek drva topole

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 čvrstoću na tlak. Manja gustoća drva odražava se i na manju čvrstoću na tlak. 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. Drvo po svojoj anatomskoj građi ima najveću čvrstoću na tlak paralelno sa vlakancima jer protezanje drvnih traheja ide vertikalno kako bi se provodnja mogla vrštiti od zemlje do krošnje. Drvo kao prirodan materijal ima jako veliku čvrstoću na tlak, te ga se može usporediti, čak i biti konkurencija nekim umjetnim materijalima kao što su beton, čelik i sl.



Slika 8. Bjeljika i srž drva bijele topole

4.2 Metoda istraživanja

U istraživanju smo koristili univerzalni uređaj za ispitivanje mehaničkih svojstava koji ima visoku razinu mehaničke preciznosti, krutost okvira i traverze, te suvremenu upravljačku elektroniku. Mjerenje je vršeno na 76 uzoraka, od čega su 42 uzorka klonovi bijele topole, a ostatak, njih 34, uzorci prirodne bijele topole. Istraživanje je provedeno sukladno normi ISO 3787-1976 u svrhu dobivanja važećih rezultata. Prema normi ISO 3787-1976 dopušteno je ispitivanje uzoraka dimenzije 20 x 20 x 40 mm (mali uzorci) i dimenzije 50 x 50 x 100 mm (veliki uzorci). Prije samog ispitivanja uzoraka potrebno je napraviti neka od sljedećih mjerenja: točne dimenzije uzoraka u sva tri smjera uz pomoć pomične mjerke kako bi se mogli dobiti točni i valjani rezultati potrebne sile za lom, masu uzorka uz pomoć vage sa točnošću 0,01 g, gustoću uzorka (računa se kao omjer mase i volumena), udaljenost sredine uzorka od srčike drva, broj godova u svakom uzorku uz pomoć povećala, te prosječan broj godova u uzorku (računa se kao omjer dimenzije uzorka u radijalnom smjeru i broja godova na pojedinom uzorku). Nakon navedenih mjerenja provedenim na uzorcima slijedi ispitivanje čvrstoće na tlak. Mjerenjem ćemo dobiti rezultantnu silu koja dovodi do loma ispitivanog

uzorka, te ju usporediti sa ostalim rezultantnim silama unutar iste vrste i unutar drugih ispitivanih vrsta. Prije samog ispitivanja 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. Pomična glava se postavlja zbog mogućnosti pojave nepravilnosti površine na poprečnom presjeku. Do samog loma na uzorku, kako je zadano i prema normi, potrebno je doći u vremenu od 1-2 minute od početka opterećenja. Kidalica se programira na brzinu opterećenja od 1,5 mm/min. Nakon cijelokupnog postavljanja i programiranja kidalice, počinje se sa predviđenim ispitivanjem čvrstoće na tlak drva.

Nakon ispitivanja čvrstoće na tlak, uzorci se suše u sušionici na 103 ± 2 ºC 24-48 sati kako bi bili osušeni do apsolutno suhoga stanja i kako bi znali odrediti koliki je sadržaj vode u drvu bio prije sušenja. Sadržaj vode bitan je da bi se odredila čvrstoća na tlak u uvijetima za koje je drvo namijenjeno. Uzorci se izvade iz sušionice, te se ponovno mjere njihova masa, dimenzije i gustoća.

5 REZULTATI I DISKUSIJA

Tablica 1. Prikaz svih rezultata dobivenih mjerenjem na klonu bijele topole

VRSTA DRVA	TOPOLA						PRESJEK:	POPREČNI								DATUM	
LOKACIJA	OSIJEK															ISPIT.: 20.04.2016.	
OZNAKA UZORKA	UDALJENOST SREDINE UZORKA OD SRCA	BROJ GODOVA NA UZORKU	PROSJEČNA ŠIRINA GODA	DIMENZIJA U RADIJALNOM SMJERU	DIMENZIJA U TANGENCIJALNOM SMJERU	DIMENZIJA U LONGITUDINALNOM SMJERU	MASA UZORKA PRIJE ISPITIVANJA	SILA	ČVRSTOĆA NA TLAK II S VLAKANCIMA U TRENUTKU ISPITIVANJA	MASA UZORKA U APSOLUTNO SUHOM STANJU	SADRŽAJ VODE (m1-m2)/m2*100	GUSTOĆA U TRENUTKU ISPITIVANJA	GUSTOĆA U APSOLUTNO SUHOM STANJU	GUSTOĆA KOD 12 % SADRŽAJA VODE	PRERAČUNSKI KOEFICIJENT (pop.=0,055)	ČVRSTOĆA KOD 12% SADRŽAJA VODE
							m1, mW	F	σ_t	m2, mo	W	ρw	ρ0	ρ12%	α	$\sigma_{t12\%}$
	god	god	mm	mm	mm	mm	g	N	Mpa	g	%	g/cm³	g/cm³	g/cm³		Mpa
TOČNOST				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
							M	E			3130-1975	3131:1999	3131:1999	3131:1999	Madison	
111	2	4	5,07	20,26	20,59	40,37	6,06	13368	32,0	5,57	8,8	0,360	0,339	0,367	0,060	25,9
112	6	3	6,78	20,35	20,14	40,46	5,36	12459	30,4	4,94	8,5	0,323	0,304	0,331	0,060	24,0
113	8	2	9,85	19,70	20,49	40,40	5,40	13289	32,9	4,97	8,7	0,331	0,312	0,338	0,060	26,3
114	9	1	20,34	20,34	20,58	40,48	4,93	11309	27,0	4,55	8,4	0,291	0,274	0,298	0,060	21,1
115	11	2	10,29	20,57	20,10	40,50	4,86	10728	25,9	4,46	9,0	0,290	0,272	0,296	0,060	21,2
116	14	4	5,00	19,98	20,54	40,49	5,10	11452	27,9	4,69	8,7	0,307	0,288	0,314	0,060	22,5
131	2	4	5,01	20,04	20,46	40,39	6,40	12694	31,0	5,9	8,5	0,386	0,366	0,395	0,060	24,4
131	2	4	5,01	20,04	20,46	40,39	6,40	12694	31,0	5,9	8,5	0,386	0,366	0,395	0,060	24,4
132	6	3	6,75	20,25	20,67	40,50	6,37	13606	32,5	5,85	8,9	0,376	0,354	0,383	0,060	26,4
133	9	3	6,78	20,35	20,55	40,43	5,15	11722	28,0	4,76	8,2	0,305	0,287	0,313	0,060	21,6
134	11	2	10,37	20,73	20,23	40,41	4,75	10993	26,2	4,39	8,2	0,280	0,264	0,288	0,060	20,2
135	15	3	6,71	20,13	20,56	40,50	4,62	10613	25,6	4,27	8,2	0,276	0,259	0,283	0,060	19,8
211	3	3	6,91	20,72	19,95	40,54	6,80	13402	32,4	6,25	8,8	0,406	0,384	0,414	0,060	26,2
212	6	3	6,76	20,28	20,90	40,58	6,03	12882	30,4	5,54	8,8	0,351	0,330	0,358	0,060	24,6
213	9	3	6,73	20,19	21,03	40,47	5,88	13350	31,4	5,40	8,9	0,342	0,322	0,349	0,060	25,6
214	11	2	10,01	20,02	21,13	40,20	5,24	12537	29,6	4,84	8,3	0,308	0,290	0,316	0,060	23,0
215	14	3	6,71	20,12	20,99	40,52	5,57	11909	28,2	5,12	8,8	0,325	0,306	0,332	0,060	22,8
216	16	3	6,66	19,97	20,84	40,49	5,46	11839	28,4	5,01	9,0	0,324	0,304	0,330	0,060	23,3
231	4	3	6,69	20,06	20,63	40,34	7,09	13369	32,3	6,55	8,2	0,425	0,403	0,434	0,060	25,0
232	7	3	6,80	20,40	20,90	40,40	7,18	13904	32,6	6,62	8,5	0,417	0,395	0,426	0,060	25,7
233	9	2	10,01	20,01	21,09	40,35	6,41	13126	31,1	5,93	8,1	0,376	0,357	0,386	0,060	23,8
234	12	3	6,74	20,22	21,06	40,32	6,93	13649	32,1	6,42	7,9	0,404	0,383	0,414	0,060	24,3
235	14	3	7,00	21,00	19,89	40,42	5,78	11839	28,3	5,33	8,4	0,342	0,323	0,350	0,060	22,3
236	16	2	9,85	19,70	21,21	40,48	5,28	11319	27,1	4,84	9,1	0,312	0,293	0,318	0,060	22,4
411	4	3	6,99	20,98	19,96	40,43	5,78	13641	32,6	5,34	8,2	0,341	0,322	0,350	0,060	25,2
412	7	3	6,68	20,05	21,09	40,40	6,05	12815	30,3	5,58	8,4	0,354	0,334	0,362	0,060	23,8
413	10	2	10,52	21,04	20,13	40,69	4,94	11701	27,6	4,55	8,6	0,287	0,269	0,293	0,060	21,9
414	13	2	10,14	20,27	21,03	40,36	5,03	12230	28,7	4,63	8,6	0,292	0,274	0,299	0,060	22,9
415	15	3	6,63	19,90	20,96	40,38	5,23	12179	29,2	4,81	8,7	0,311	0,292	0,317	0,060	23,5
431	3	4	5,04	20,14	20,65	40,36	6,05	14194	34,1	5,58	8,4	0,360	0,340	0,369	0,060	26,8
432	6	3	6,60	19,81	20,88	40,51	5,87	13182	31,9	5,39	8,9	0,350	0,330	0,357	0,060	26,0
433	9	3	6,42	19,25	20,78	40,15	5,24	12351	30,9	4,84	8,3	0,326	0,308	0,334	0,060	24,0
434	12	3	6,67	20,02	20,60	40,41	5,21	11375	27,6	4,81	8,3	0,313	0,295	0,320	0,060	21,5
435	15	2	10,51	21,01	19,64	40,37	5,48	11373	27,6	5,05	8,5	0,329	0,310	0,337	0,060	21,8
511	3	4	5,05	20,21	20,96	40,40	5,86	13381	31,6	5,41	8,3	0,342	0,323	0,351	0,060	24,6
512	6	3	6,95	20,85	20,08	40,37	5,31	12594	30,1	4,91	8,1	0,314	0,296	0,322	0,060	23,1
513	9	3	6,73	20,18	20,84	40,46	4,81	11575	27,5	4,45	8,1	0,283	0,266	0,290	0,060	21,1
514	12	3	7,00	21,01	20,28	40,41	5,16	12426	29,2	4,77	8,2	0,300	0,282	0,308	0,060	22,5
515	14	2	10,44	20,87	20,00	40,39	5,20	12018	28,8	4,81	8,1	0,308	0,291	0,317	0,060	22,1
531	3	5	4,06	20,32	20,91	40,37	6,82	14690	34,6	6,28	8,6	0,398	0,376	0,406	0,060	27,5
532	6	3	6,74	20,23	20,99	40,52	6,46	14289	33,7	5,97	8,2	0,375	0,355	0,384	0,060	26,0
533	9	2	9,99	19,98	20,91	40,53	5,22	12462	29,8	4,83	8,1	0,308	0,291	0,316	0,060	22,8
534	13	3	7,01	21,02	20,04	40,39	5,40	11927	28,3	4,99	8,2	0,317	0,299	0,325	0,060	21,9

Tablica 2. Prikaz svih rezultata dobivenih mjerenjem na prirodnoj bijeloj topoli

VRSTA DRVA	TOPOLA					PRESJEK:	POPREČNI								DATUM	
LOKACIJA	OSIJEK														ISPIT.: 20.04.2016.	
OZNAKA UZORKA	UDALJENOST SREDINE UZORKA OD SRCA	BROJ GODOVA NA UZORKU	PROSJEČNA ŠIRINA GODA	DIMENZIJA U RADIJALNOM SMJERU	DIMENZIJA U TANGENCIJALNOM SMJERU	DIMENZIJA U LONGITUDINALNOM SMJERU	MASA UZORKA PRIJE ISPITIVANJA	SILA	ČVRSTOĆA NA TLAK II S VLAKANCIMA U TRENUTKU ISPITIVANJA	MASA UZORKA U APSOLUTNO SUHOM STANJU	SADRŽAJ VODE (m1-m2)/m2*100	GUSTOĆA U TRENUTKU ISPITIVANJA	GUSTOĆA U APSOLUTNO SUHOM STANJU	GUSTOĆA KOD 12 % SADRŽAJA VODE	PRERAČUNSKI KOEFICIJENT (pop.=0,055)	ČVRSTOĆA KOD 12% SADRŽAJA VODE
							m1, mW	F	σ_t	m2, mo	W	ρw	ρ0	ρ12%	α	$\sigma_{t12\%}$
	god	god	mm	mm	mm	mm	g	N	Mpa	g	%	g/cm³	g/cm³	g/cm³		Mpa
TOČNOST				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
							M	E			3130-1975	3131:1999	3131:1999	3131:1999	Madison	
811	3	4	5,17	20,67	20,15	40,48	7,98	18154	43,6	7,38	8,1	0,473	0,451	0,483	0,060	33,5
812	10	8	2,49	19,91	20,61	40,43	7,15	17199	41,9	6,62	8,0	0,431	0,410	0,441	0,060	31,9
813	16	6	3,39	20,36	20,45	40,57	7,50	20122	48,3	6,95	7,9	0,444	0,423	0,454	0,060	36,5
814	22	4	5,07	20,26	20,42	40,76	7,69	20508	49,6	7,11	8,2	0,456	0,434	0,466	0,060	38,1
815	26	5	3,97	19,86	20,44	40,36	7,05	15972	39,3	6,46	9,1	0,430	0,407	0,437	0,060	32,6
831	2	4	4,96	19,85	20,22	40,35	7,34	16513	41,1	6,75	8,7	0,453	0,430	0,462	0,060	33,1
832	5	3	6,73	20,19	20,53	40,45	7,44	17747	42,8	6,86	8,5	0,444	0,421	0,453	0,060	33,7
833	8	2	10,11	20,21	20,60	40,37	6,55	14328	34,4	6,05	8,3	0,390	0,369	0,399	0,060	26,7
834	10	3	6,73	20,20	20,49	40,46	6,80	15375	37,1	6,27	8,5	0,406	0,385	0,415	0,060	29,2
835	14	4	5,07	20,28	20,78	40,39	7,52	16207	38,5	6,95	8,2	0,442	0,420	0,451	0,060	29,7
836	18	3	6,71	20,12	20,83	40,40	7,76	16407	39,1	7,13	8,8	0,458	0,435	0,466	0,060	31,7
837	21	2	10,15	20,29	20,88	40,34	7,66	16221	38,3	7,07	8,3	0,448	0,426	0,458	0,060	29,9
838	24	4	5,03	20,10	20,91	40,37	7,16	15541	37,0	6,62	8,2	0,422	0,401	0,432	0,060	28,5
839	27	3	6,72	20,17	21,03	40,61	7,19	15968	37,6	6,61	8,8	0,417	0,395	0,425	0,060	30,4
911	5	4	5,09	20,34	20,30	40,24	7,26	18142	43,9	6,71	8,2	0,437	0,415	0,447	0,060	33,9
912	9	4	5,10	20,41	20,09	40,24	7,31	17741	43,3	6,76	8,1	0,443	0,422	0,453	0,060	33,2
913	13	6	3,32	19,90	20,51	40,27	7,40	18243	44,7	6,82	8,5	0,450	0,428	0,459	0,060	35,3
914	17	3	6,63	19,90	20,41	40,42	7,58	19347	47,6	6,98	8,6	0,462	0,439	0,470	0,060	37,9
915	21	3	6,58	19,73	20,26	40,34	6,18	13105	32,8	5,68	8,8	0,383	0,362	0,391	0,060	26,5
916	27	5	4,01	20,05	20,52	40,30	6,79	15793	38,4	6,26	8,5	0,410	0,388	0,418	0,060	30,2
931	2	4	5,12	20,46	19,62	40,31	7,22	17231	42,9	6,68	8,1	0,446	0,425	0,456	0,060	32,8
932	8	6	3,26	19,58	20,17	40,36	7,20	17822	45,1	6,66	8,1	0,452	0,430	0,462	0,060	34,6
933	14	6	3,33	19,97	20,31	40,71	7,81	19316	47,6	7,24	7,9	0,473	0,452	0,484	0,060	35,8
934	20	7	2,88	20,15	20,24	40,38	7,79	16699	40,9	7,20	8,2	0,473	0,451	0,483	0,060	31,6
935	27	5	4,02	20,08	20,30	40,28	7,32	16249	39,9	6,73	8,8	0,446	0,423	0,454	0,060	32,1
1011	5	7	2,88	20,16	21,00	40,19	7,53	15084	35,6	6,92	8,8	0,443	0,419	0,451	0,060	28,8
1012	10	4	4,99	19,97	20,77	38,57	6,73	15419	37,2	6,19	8,7	0,421	0,398	0,429	0,060	29,9
1013	16	6	3,35	20,08	21,05	40,27	7,10	15717	37,2	6,52	8,9	0,417	0,394	0,425	0,060	30,3
1014	21	4	4,99	19,95	20,70	40,39	6,54	15408	37,3	6,02	8,6	0,392	0,371	0,400	0,060	29,8
1031	5	4	5,21	20,85	20,11	40,28	7,03	15920	38,0	6,49	8,3	0,416	0,395	0,425	0,060	29,6
1032	8	4	5,23	20,91	20,09	40,30	7,52	15813	37,6	6,92	8,7	0,444	0,421	0,453	0,060	30,1
1033	14	5	3,93	19,65	21,10	40,24	7,08	16689	40,3	6,53	8,4	0,424	0,403	0,433	0,060	31,6
1034	19	5	4,02	20,08	21,06	40,35	7,27	16941	40,1	6,71	8,3	0,426	0,404	0,435	0,060	31,3
1035	24	5	4,01	20,06	20,74	40,27	7,27	16164	38,9	6,69	8,7	0,434	0,411	0,442	0,060	31,1

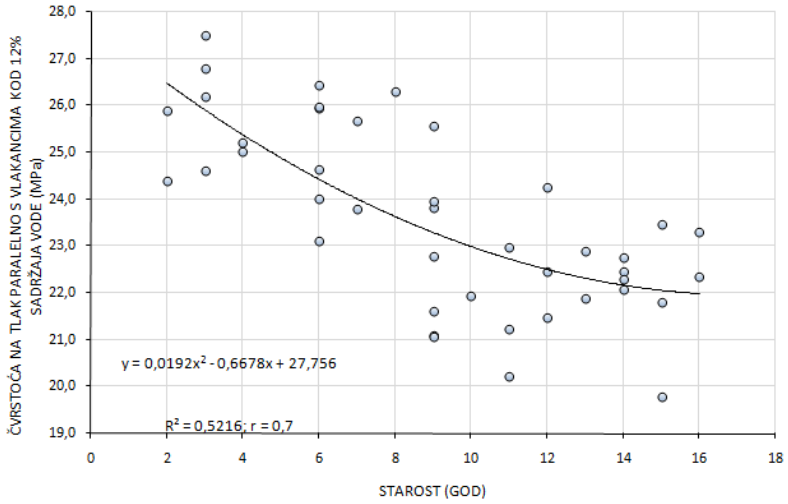
Rezultate sile dobiveni su uz pomoć kidalice koja automatski mjeri i pamti rezultantu koja se naknadno upisuje u tablicu, dok smo čvrstoću na tlak izračunali formulom koja glasi: čvrstoća na tlak ($\boldsymbol{\sigma_t}$) jednaka je omjeru sile ($\boldsymbol{F}$) i umnoška radijalne ($\boldsymbol{R}$) i tangencijalne ($\boldsymbol{T}$) dimenzije uzorka, tj. omjeru sile ($\boldsymbol{F}$) i površine poprečnog presjeka ($\boldsymbol{A}$).

$$\boldsymbol{\sigma_t = \frac{F}{R\,x\,T} = \frac{F}{A}}$$

Kako su već prije navedeni svi rezultati ispitivanja bijele topole i klona bijele topole, potrebno je opisati svaki dobiveni postupak, te ih međusobno usporediti.

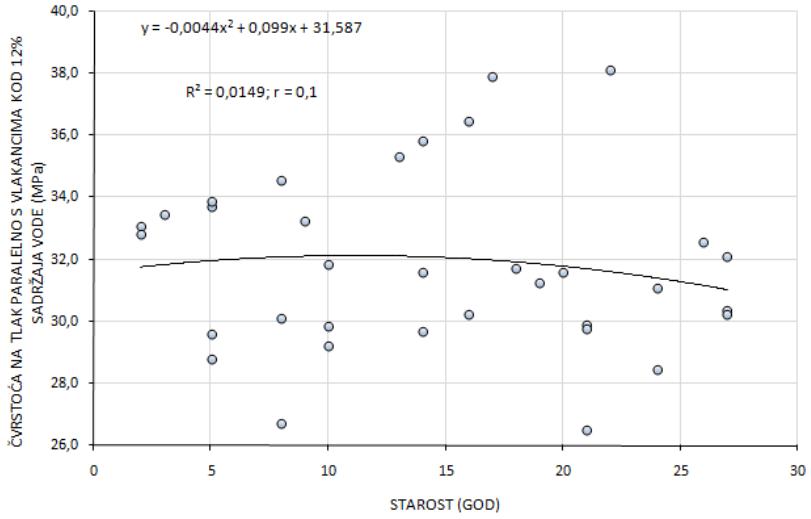
5.1. God

Broj godova na uzorku je vrlo bitna stavka kada se ispituje čvrstoća na tlak, jer se promijenom broja godova u uzorku mijenja i udio ranog i kasnog drva. Kod prstenasto poroznih listača je poznato da se povećanjem širine goda udio kasnog drva smanjuje, što znači da drvo ima više ranog drva koje primarno ima provodnu funkciju ispred mehaničke, dok kod rastresito poroznih listača povećanjem širine goda ne možemo doći do generalnog zaključka, jer se udio ranog i kasnog drva u godu mijenja od vrste do vrste. Vezano uz broj godova po uzorku bitna je i udaljenost goda od srčike stabla. Već navedene, bjeljika i srž, ovdje imaju velik utjecaj. Srž ima mehaničku funkciju, te se može zaključiti da će uzorci bliže srcu imati veću čvrstoću na tlak 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 čvrstoća na tlak paralelno sa vlakancima opada *(Slika 9)*. Kod prirodne bijele topole ne postoji generalni zaključak zbog premalog koeficijenta korelacije, odnosno mogli bi reći da se prema dijagramu čvrstoća ne mijenja od srčike prema kori *(Slika 10).*



Slika 9. Graf ovisnosti čvrstoće na tlak paralelno s vlakancima kod 12% sadržaja vode o starosti klona bijele topole

Iz grafa je vidljivo da čvrstoća na tlak paralelno s vlakancima kod 12% sadržaja vode klona bijele topole opada u radijalnom smjeru od srčike prema kori.



Slika 10. Graf ovisnosti čvrstoće na tlak paralelno s vlakancima kod 12% sadržaja vode o starosti prirodne bijele topole

Iz grafa je vidljivo da čvrstoća na tlak paralelno s vlakancima kod 12% sadržaja vode prirodne bijele topole ostaje gotovo konstantna.

5.2. Sadržaj vode i gustoća

Bitna komponenta koja utječe na čvrstoću na tlak je sadržaj vode u drvu. Voda u drvu nalazi se u tri oblika: slobodna voda (kapilarna), vezana voda (higroskopska) i kemijska voda (konstitucijska). Svaka od njih posebna je po nečemu. 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 čvrstoća na tlak. 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. Čvrstoća na tlak paralelno s vlakancima kod 12% sadržaja vode preračunata je formulom:

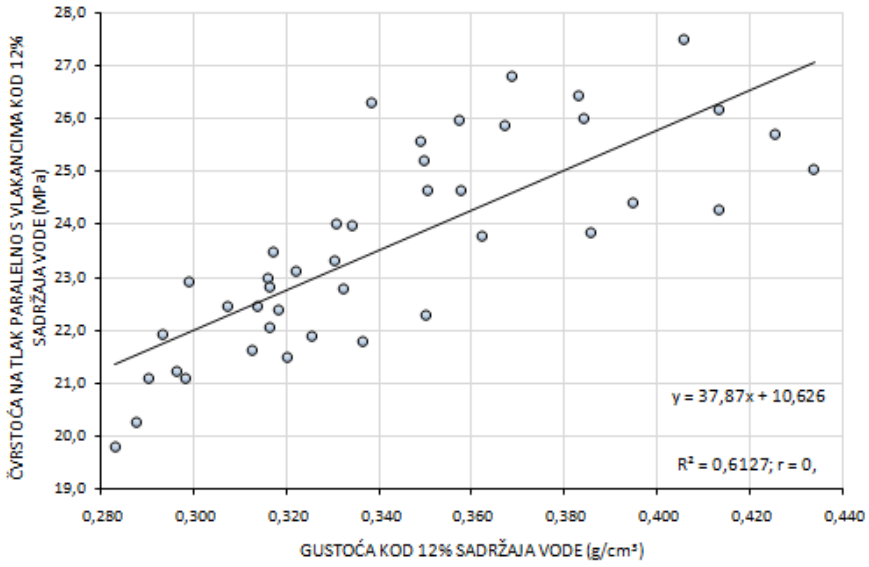
$$\boldsymbol{\sigma_{12\%} = \sigma_t \times (1 + (\alpha \times (W - 12)}$$

gdje je: σ_t - čvrstoća na tlak ll s vlakancima u trenutku ispitivanja

α – preračunski koeficijent (pop. = 0,055)

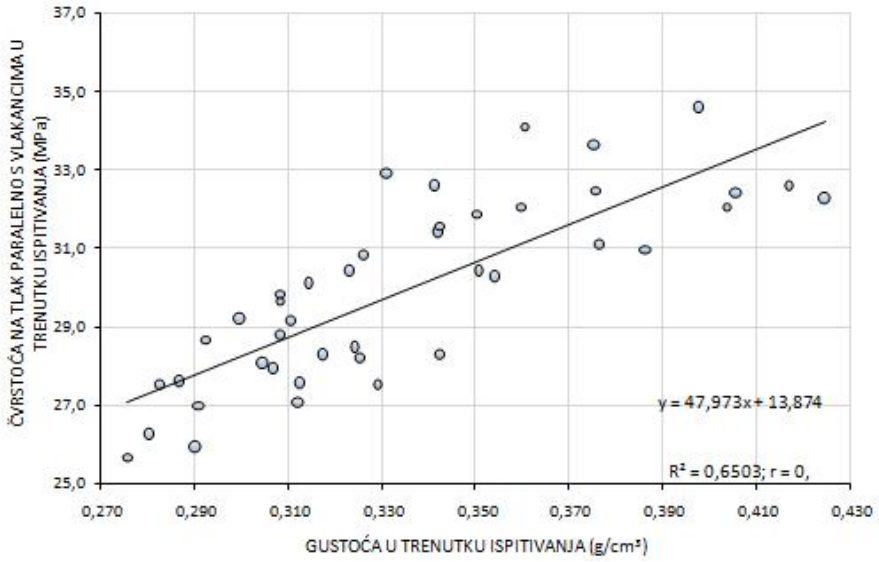
w - sadržaj vode u uzorku

Sadržaj vode utječe na promijenu gustoće drva. Povećanjem sadržaja vode u drvu gustoća se povećava, no zanimljiva je činjenica da povećanje gustoće drva pod utjecajem vode ne povećava čvrstoću na tlak. Razlog tome je što voda drvu povećava masu i dimenzije, ali ne povećava mehanička svojstva, nego ih čak i smanjuje.



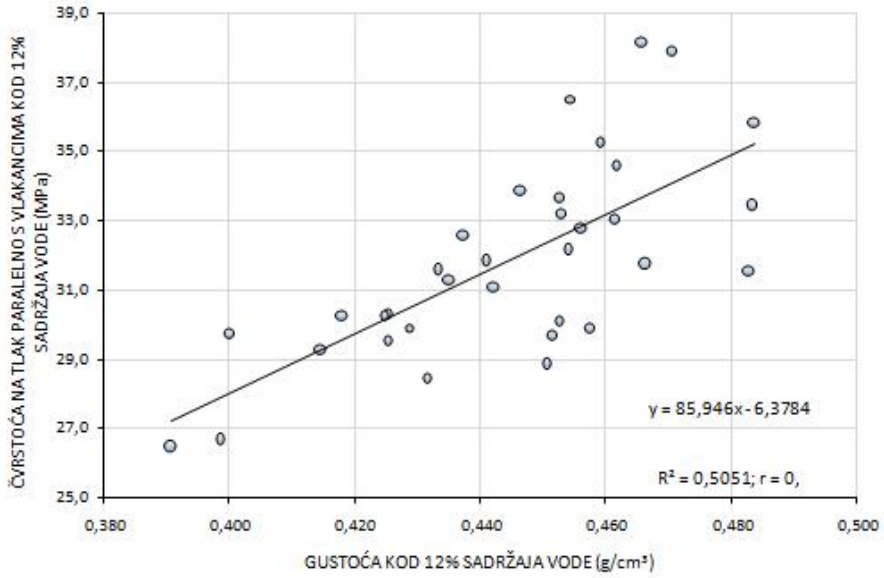
Slika 11. Graf ovisnosti čvrstoće na tlak paralelno s vlakancima o gustoći klona bijele topole kod 12% sadržaja vode

Iz grafa je vidljivo da povećanjem gustoće klona bijele topole kod 12% sadržaja vode čvrstoća na tlak paralelno s vlakancima raste.



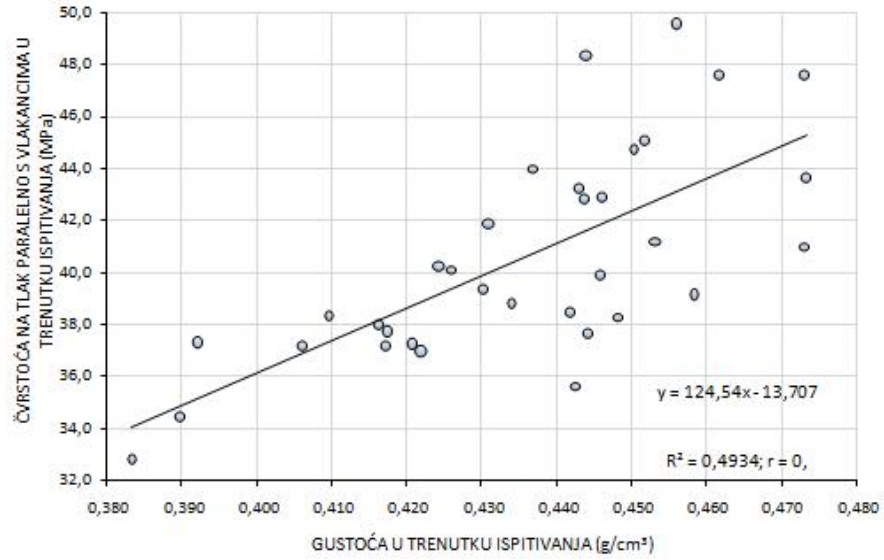
Slika 12. Graf ovisnosti čvrstoće na tlak paralelno s vlakancima o gustoći klona bijele topole u trenutku ispitivanja

Iz grafa je vidljivo da povećanjem gustoće klona bijele topole u trenutku ispitivanja čvrstoća na tlak paralelno s vlakancima raste.



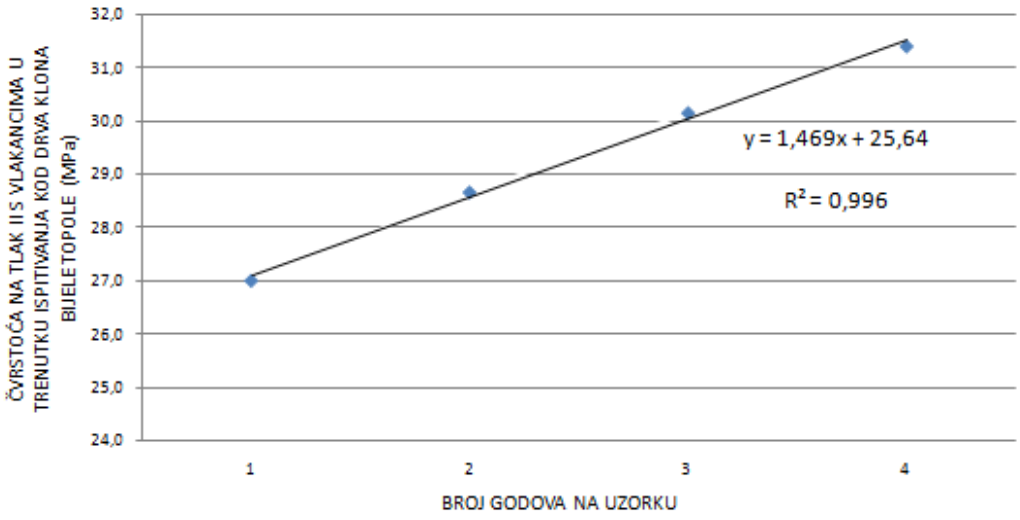
Slika 13. Graf ovisnosti čvrstoće na tlak paralelno s vlakancima o gustoći prirodne bijele topole kod 12% sadržaja vode

Iz grafa je vidljivo da povećanjem gustoće prirodne bijele topole kod 12% sadržaja vode čvrstoća na tlak paralelno s vlakancima raste.



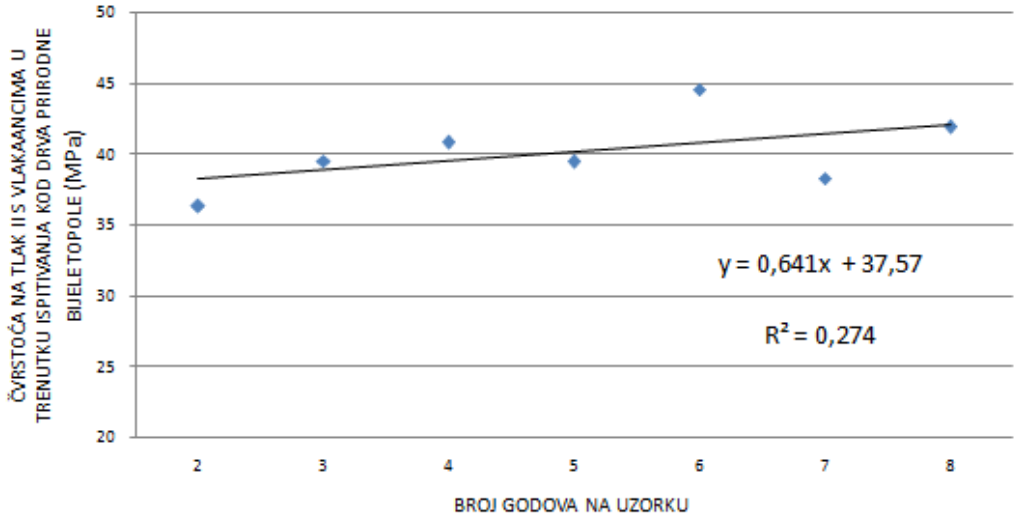
Slika 14. Graf ovisnosti čvrstoće na tlak paralelno s vlakancima o gustoći prirodne bijele topole u trenutku ispitivanja

Iz grafa je vidljivo da povećanjem gustoće priodne bijele topole u trenutku ispitivanja čvrstoća na tlak paralelno s vlakancima raste.



Slika 15. Graf ovisnosti čvrstoće na tlak paralelno s vlakancima kod drva klona bijele topole o broju godova na uzorku

Iz grafa je vidljivo da se povećanjem broja godova na uzorku drva klona bijele topole, čvrstoća na vlak paralelno s vlakancima gotovo proporcionalno povećava.



Slika 16. Graf ovisnosti čvrstoće na tlak paralelno s vlakancima kod drva prirodne bijele topole o broju godova na uzorku

Iz grafa je vidljivo, da se, povećanjem broja godova na uzorku drva prirodne bijele topole čvrstoća na tlak lagano povećava, no ne može se doći do generalnog zaključka jer je broj uzoraka sa većim brojem godova premali.

6 ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazani su rezultati istraživanja nekih 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 čvrstoće na tlak paralelno s vlakancima kod drva bijele topole *(Populus alba L.)* i klona bijele topole (*Populus alba L-12)*. Uzorci su ispitani u prosušenom stanju. Srednja vrijednost sadržaja vode kod bijele topole je iznosila 8,4 %, dok je kod klona bijele topole 8,5%. Čvrstoća na tlak paralenlno s vlakancima preračunata je formulom kod 12% sadržaja vode.

Na temelju provedenih laboratorijskih izmjera, ispitivanja i proračuna ispitanih uzoraka izrađenih u skladu s normom ISO 3787-1976, te na temelju sveukupne analize podataka, donijeti su sljedeći zaključci:

Čvrstoća na tlak paralelno s vlakancima klona bijele topole u trenutku ispitivanja iznosi 25,6...29,9...34,6 MPa. Prosječna vrijednost čvrstoće na tlak paralelno s vlakancima kod drva klona bijele topole u trenutku ispitivanja je za 26% manja od čvrstoće na tlak paralelno sa vlakancima u trenutku ispitivanja kod drva prirodne bijele topole.

Čvrstoća na tlak paralelno s vlakancima prirodne bijele topole u trenutku ispitivanja iznosi 32,8...40,5...49,6 MPa. Prosječna vrijednost čvrstoće na tlak paralelno s vlakancima kod drva prirodne bijele topole u trenutku ispitivanja je za 35% veća od čvrstoće na tlak paralelno s vlakancima u trenutku ispitivanja kod drva klona bijele topole.

Čvrstoća na tlak paralelno s vlakancima klona bijele topole kod 12% sadržaja vode iznosi 19,8...23,6...27,5 MPa. Prosječna vrijednost čvrstoće na tlak paralelno s vlakancima drva klona bijele topole kod 12% sadržaja vode je za 26% manja od čvrstoće na tlak paralelno s vlakancima kod 12% sadržaja vode drva prirodne bijele topole.

Čvrstoća na tlak paralelno s vlakancima prirodne bijele topole kod 12% sadržaja vode iznosi 26,5...31,8...38,1 MPa. Prosječna vrijednost čvrstoće na tlak paralelno s vlakancima drva prirodne bijele topole u trenutku ispitivanja je za 35%

veća od čvrstoće na tlak paralelno s vlakancima kod 12% sadržaja vode drva klona bijele topole.

Iz priloženih grafova vidljivo je da broj godova na uzoroku utječe na promjene čvrstoće na tlak paralelno s vlakancima. Kod drva klona bijele topole možemo zaključiti kako povećanjem broja godova na uzorku čvrstoća na tlak paralelno s vlakancima raste i to gotovo proporcionalno, no kod drva prirodne bijele topole rezultati se ne mogu generalizirati zbog nedovoljnog broja uzoraka sa većim brojem godova na uzorku.

Udaljavanjem od srčike prema periferiji drva, vrijednost čvrstoće na tlak paralelno sa vlakancima drva bijele topole *(Populus alba L.) je konstanta, a* klona bijele topole *(Populus alba L-12*) opada. Sukladno tome može se zaključiti da kod drva klona bijele topole bjeljika ima znatno lošija mehanička svojstva od srži. Razlog tome je proces osržavanja pri čemu se povećava gustoća srži u odnosu na bjeljiku.

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, 264 str.
4. Jaić, T., 2013; Diplomski rad, Utjecaj širine goda i gustoće na čvrstoću na tlak drva divlje trešnje *(Prunus avium L.), Zagreb*
5. Kajba, D., Ballian, D., 2007; ŠUMARSKA GENETIKA, Sveučilište u Zagreb, Šumarski fakultet; Sveučilište u Sarajevu, Šumarski fakultet, 12 str.
6. Šefc, B., Trajković, J., Govorčin, S., Sinković, T., Hasan, M., Sedlar, T., Čvrstoća drva na tlak jele modifciranog limunskom kiselinom, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet

- elektronički izvori

https://hr.wikipedia.org/wiki/Bijela_topola

https://en.wikipedia.org/wiki/Populus_alba

http://www.plantea.com.hr/bijela-topola/

https://www.eddmaps.org/ipane/ipanespecies/trees/Populus_alba.htm

http://www.wood-database.com/white-poplar/#pics

https://www.researchgate.net/publication/268181126_Strength_and_MOE_of_Poplar_wood_Populus_alba_L_across_the_grain_experimental_data