

# UPOTREBA DRVENIH MATERIJALA U STROJARSTVU I BRODOGRADNJI

---

**Vuković, Tomislav**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:507216>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-10**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
STROJARSKI ODJEL  
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ STROJARSTVA

TOMISLAV VUKOVIĆ

**UPOTREBA DRVENIH MATERIJALA U  
STROJARSTVU I BRODOGRADNJI**

ZAVRŠNI RAD

KARLOVAC, 2022

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
STROJARSKI ODJEL  
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ STROJARSTVA

TOMISLAV VUKOVIĆ

# **UPOTREBA DRVENIH MATERIJALA U STROJARSTVU I BRODOGRADNJI**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: Tomislav Božić dipl. ing.

KARLOVAC, 2022.



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

Klasa:

602-11/\_\_\_-01/\_\_\_

## ZADATAK ZAVRŠNOG / DIPLOMSKOG RADA

Datum:

Ime i prezime	Tomislav Vuković		
OIB / JMBG			
Adresa			
Tel. / Mob./e-mail			
Matični broj studenta	0110611021		
JMBAG	0248027956		
Studij (staviti znak <b>X</b> ispred odgovarajućeg studija)	<input checked="" type="checkbox"/> preddiplomski	<input type="checkbox"/> specijalistički diplomski	
Naziv studija	Stručni studij strojarstva		
Godina upisa	2011		
Datum podnošenja molbe			
Vlastoručni potpis studenta/studentice			

Naslov teme na hrvatskom:

Upotreba drvenih materijala u strojarstvu i brodogradnji

Naslov teme na engleskom:

Use of wood materials in mechanical engineering and shipbuilding

Opis zadatka:

Rad se sastoji od dva dijela, teoretskog i eksperimentalnog. U teoretskom dijelu rada obraditi povijest korištenja drvenih materijala u strojogradnji i brodogradnji. Opisati osnovne karakteristike analiziranih vrsta materijala korištenih u eksperimentalnom dijelu rada. Eksperimentalni dio rada sastoji se od analize mehaničkih svojstava jelove i hrastove građe. Konstruirati probne uzorke sukladno standardima te nakon dobivenih rezultata tvrdoće, žilavosti, Taber testa i hrapavosti donijeti zaključke.

Sav eksperimentalni rad popratiti foto dokumentacijom. Rad napraviti sukladno pravilniku o izradi rada na Veleučilištu u Karlovcu.

Mentor:

Tomislav Božić

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

## **IZJAVA**

Izjavljujem da sam ovaj završni rad izradio samostalno, koristeći znanja stečena tijekom studija i podatke s interneta, služeći se navedenom stručnom literaturom.

Sva 4 pokusa ispitivanja mehaničkih svojstva drva, (Taber test, ispitivanje hrapavosti i sjajnosti, ispitivanje tvrdoće) provedena su laboratoriju Veleučilišta u Karlovcu.

## **ZAHVALA**

Prvo bih se zahvalio mentoru Tomislavu Božiću na pomoći i savjetima s kojima mi je pomogao, prilikom izrade završnog rada. Hvala svim mojim profesorima i asistentima na prenesenom znanju tijekom studija. Isto tako, htio bih se zahvaliti mojoj obitelji i prijateljima na velikoj potpori, tijekom moga studiranja.

Hvala svima!

TOMISLAV VUKOVIĆ

## **SAŽETAK**

Cilj ovoga završnog rada bio je opisati razvoj i upotrebu drvenih materijala kroz povijest. Navesti njihovu primjenu u strojarstvu i brodogradnji, te ispitati i pojasniti određena mehanička svojstva drva.

U prvom poglavlju opisan je razvoj čovjekove upotrebe drva, gdje se posebno obradila primjena drva u strojarstvu i brodogradnji, te sama važnost drva kao materijala.

Drugo poglavlje završnog rada, odnosi se na fizikalno kemijska svojstva drva, te su ukratko nabrojana i pojašnjena najvažnija mehanička svojstva drva.

U trećem poglavlju opisani su materijali za ispitivanja.

Četvrto poglavlje je eksperimentalni dio. U kojem se na uzorcima hrastovine i jelovine, provedena ispitivanja njihovih mehanička svojstva, a to su: Taber test, ispitivanje hrapavosti, ispitivanje sjajnosti, ispitivanje tvrdoće.

### **KLJUČNE RIJEČI:**

Hrastovina, jelovina, upotreba, ispitivanje mehaničkih svojstava

## **SUMMARY**

The aim of this final paper was to describe the development and use of wood materials throughout history and their application in mechanical engineering and shipbuilding, and to examine and clarify certain mechanical properties of wood.

The first chapter describes the development of human use of wood, with the use of wood in mechanical engineering and shipbuilding, and the importance of wood as a material.

The second chapter of the final paper deals with the physico-chemical properties of wood, and briefly lists and explains the most important mechanical properties of wood.

The third chapter describes the test materials.

The fourth chapter is the experimental part. In which samples of oak and fir were tested for their mechanical properties, namely: Taber test, roughness test, gloss test, hardness test.

## **KEY WORDS:**

Oak, fir, using, mechanical properties

## KRATKI SADRŽAJ:

1. UPOTREBA DRVENIH MATERIJALA KROZ POVIJEST .....	1
1.1 Uvod.....	1
1.2 Povijest korištenja drva u brodogradnji .....	3
1.2.1 Povijest brodogradnje u Hrvatskoj.....	5
1.3 Povijest korištenja drva u strojarstvu .....	7
2. DRVO I NJEGOVA SVOJSTVA.....	9
2.1 Fizikalno kemijska svojstva .....	9
2.2 Mehanička svojstva .....	11
2.2.1 Tvrdća .....	13
2.2.2 Otpornost na trošenje.....	14
2.2.3 Žilavost.....	15
2.2.4 Čvrstoća .....	16
3. OPIS MATERIJALA ZA ISPITIVANJE .....	17
3.1 Svojstva i upotreba hrastovine .....	17
3.2 Prednosti i nedostaci .....	19
3.3 Svojstva i upotreba jelovine.....	20
3.4 Prednosti i nedostaci .....	21
4. EKSPERIMENTALNI DIO.....	22
4.1 Provođenje Taber testa .....	22
4.2 Rezultati ispitivanja.....	25
4.3 Ispitivanje sjajnosti površine .....	27
4.4 Rezultati ispitivanja.....	28
4.5 Ispitivanje hrapavosti površine .....	33
4.6 Rezultati ispitivanja.....	34
4.7 Ispitivanje tvrdoće.....	45
4.8 Rezultati ispitivanja.....	48
4.9 Analiza rezultata .....	49
5. ZAKLJUČAK .....	50
Literatura .....	51



## POPIS SLIKA

Slika 1. Koplje iz muzeja u Londonu, pretpostavlja se da je staro 420 tisuća godina .....	1
Slika 2. Biološka degradacija drva .....	2
Slika 3. Ladva, monoksilni čamac.....	3
Slika 4. Prikaz drvenog teretnog jedrenjaka .....	4
Slika 5. Prikaz moderne jahte u cijelosti izgrađene od drveta.....	4
Slika 6. Prikaz rekonstruiranog broda „Condura Croatica“. Muzej u Ninu.....	5
Slika 7. Prikaz krčkog jedrenjaka, XII-XIII stoljeće .....	6
Slika 8. Računalni model najvećeg broda s križnim jedrima, porinut u Splitu 2017. godine.....	6
Slika 9. Ručne blanje .....	7
Slika 10. Most Kapela u Luzernu .....	7
Slika 11. Drveni most u Karlovcu.....	8
Slika 12. Prikaz Pelješkog mosta.....	8
Slika 13. Građa drva .....	10
Slika 14. Tri karakteristična pravca gledanja .....	12
Slika 15. Pravci sile prilikom ispitivanja tvrdoće.....	13
Slika 16. Moderni uređaj na kojem se provodi Taber test.....	14
Slika 17. Prikaz Charpy uređaja .....	15
Slika 18. Drvo hrasta sa vidljivim godovima.....	17
Slika 19. Hrast lužnjak .....	18
Slika 20. Drvo jele.....	20
Slika 21. Jelovina visoke kvalitete .....	21
Slika 22. Prikaz uzorka jele prije ispitivanja .....	22
Slika 23. Prikaz uzorka hrasta prije ispitivanja.....	22
Slika 24. Provođenje Taber Testa .....	23
Slika 25. Uvećani prikaz zaslona uređaja .....	23
Slika 26. Prikaz uzorka jele nakon ispitivanja .....	24
Slika 27. Prikaz uzorka hrasta nakon ispitivanja.....	24
Slika 28. Grafički prikaz rezultata Taber testa .....	26
Slika 29. Prikaz uređaja za mjerenje sjajnosti površine .....	27
Slika 30. Prikaz mjerenja sjajnosti površine.....	27
Slika 31. Sjajnost hrastovine nakon 400 prolaza .....	30
Slika 32. Sjajnost hrastovine nakon 800 prolaza .....	30
Slika 33. Sjajnost hrastovine nakon 1500 prolaza .....	31
Slika 34. Sjajnost jelovine nakon 400 prolaza.....	31
Slika 35. Sjajnost jelovine nakon 800 prolaza.....	32
Slika 36. Sjajnost jelovine nakon 1500 prolaza.....	32
Slika 37. Prikaz mjerenja hrapavosti površine .....	33
Slika 38. Prikaz zaslona uređaja za mjerenje hrapavosti.....	33
Slika 39. $R_a$ hrastovine .....	42
Slika 40. $R_z$ hrastovine .....	42
Slika 41. $R_q$ hrastovine .....	43
Slika 42. $R_a$ , $R_z$ , $R_q$ hrastovine .....	43
Slika 43. $R_a$ jelovine.....	43

Slika 44. $R_z$ jelovine.....	44
Slika 45. $R_q$ jelovine.....	44
Slika 46. $R_a$ , $R_z$ , $R_q$ jelovine.....	44
Slika 47. Uređaj na kojemu je provedeno ispitivanje tvrdoće.....	45
Slika 48. Prikaz otisaka čelične kuglice na uzorku jelovine.....	45
Slika 49. Prikaz otisaka čelične kuglice na uzorku hrastovine .....	46
Slika 50. Prikaz mjerenja promjera otiska čelične kuglice .....	46
Slika 51. Grafički prikaz iznos tvrdoće hrastovine i jelovine.....	48

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Prikaz trajnosti drva u godinama .....	9
Tablica 2. Rezultati jelovina .....	25
Tablica 3. Rezultati hrastovina.....	25
Tablica 4. Rezultati sjajnosti hrastovine početna i 400 prolaza) .....	28
Tablica 5. Rezultati sjajnosti hrastovine (800 i 1500 prolaza).....	28
Tablica 6. Rezultati sjajnosti jelovine (početna i 400 prolaza).....	29
Tablica 7. Rezultati sjajnosti jelovine (800 i 1500 prolaza) .....	29
Tablica 8. Početne vrijednosti hrastovine .....	34
Tablica 9. Vrijednosti hrastovine nakon 400 prolaza .....	35
Tablica 10. Vrijednosti hrastovine nakon 800 prolaza .....	36
Tablica 11. Vrijednosti hrastovine nakon 1500 prolaza .....	37
Tablica 12. Početne vrijednosti jelovine.....	38
Tablica 13. Vrijednosti jelovine nakon 400 prolaza.....	39
Tablica 14. Vrijednosti jelovine nakon 800 prolaza.....	40
Tablica 15. Vrijednosti jelovine nakon 1500 prolaza.....	41
Tablica 16. Rezultati ispitivanja tvrdoće hrastovine i jelovine .....	48

## POPIS OZNAKA

D	mm	Promjer kuglice
d	mm	Promjer otiska
F	N	Sila
HB	MPa	Tvrdoća po Brinellu
Hwc	N, kN	Tvrdoća po Janki
k	-	Koeficijent kvalitete
$R_m$	N/mm <sup>2</sup>	Vlačna čvrstoća
$R_a$	μm	Srednje aritmetičko odstupanje ordinate
$R_z$	μm	Maksimalna visina profila
$R_{max}$	μm	Maksimalna dubina hrapavosti
$R_p$	μm	Maksimalna visina vrha profila
$R_t$	μm	Ukupna visina profila
$R_q$	μm	Kvadratno odstupanje unutar vrha profila
t	°C	Temperatura
ρ	kg/m <sup>3</sup>	Gustoća

# 1. UPOTREBA DRVENIH MATERIJALA KROZ POVIJEST

## 1.1 Uvod

Drvo je od najranije povijesti, jedan od bitnijih materijala za čovjeka. Prirodni materijal kojemu je za rast potrebna, samo sunčeva energija. Zbog toga je čovjeku poslužilo za izradu prvih oružja, nastambi, mostova i brodova. Isto tako drvo je prvo čovjekovo gorivo, a i danas ga većina svjetske populacije koristi kao glavni izvor energije. Drvo se u suštini sastoji od podzemnog i nadzemnog dijela. Podzemni dio čini korijen, dok nadzemni dio čini stablo. Stablo sačinjava grane, lišće i deblo koje čini cca 80% ukupne mase, a ono je ujedno i najkorisnije.



*Slika 1. Koplje iz muzeja u Londonu, pretpostavlja se da je staro 420 tisuća godina*

Drvo i danas pronalazi svoju upotrebu. Iako ga se pokušava zamijeniti sa polimernim i kompozitnim materijalima, ostaje u upotrebi zbog svojih dobrih mehaničkih i tehničkih svojstava. Jedno od najbitnijih mehaničkih svojstava je njegova elastičnost, odnosno savitljivost, a to mu omogućava njegov omjer tvrdoće i čvrstoće.

Uz svoje prednosti, kao i svaki drugi materijala drvo ima i svoje nedostatke. Drvo je kao prirodni i biološki materijal podložno biološkoj degradaciji. Osim toga sklono je upijanju

vlage, što dovodi do bubrenja i skupljanja. Moguće su i strukturne nepravilnosti, te je najbolja opcija prvo ispitati samu strukturu drveta, iz razloga što svojstva drva proizlaze iz njegove strukture.



*Slika 2. Biološka degradacija drva*

Čovjek je kroz vrijeme naučio mnoge načine obrade i zaštite drva. U današnje vrijeme raznim postupcima obrade i zaštite, moguće je minimalizirati sve navedene nedostatke. Republika Hrvatska oduvijek je bila bogata šumama. Gotovo 50% teritorija prekriveno je drvećem. Ta činjenica je potakla razvoj hrvatske tradicijske brodogradnje, te razvoj šumske industrije. Iako bogata resursima u današnje vrijeme obje spomenute grane industrije nalaze se u nezavidnoj poziciji.

## 1.2 Povijest korištenja drva u brodogradnji

Brodogradnja je grana industrije čiji je konačni proizvod brod. Ljudi znaju reći da je sam brod kao gotov proizvod spoj znanja i umjetnosti. Znanja koje je omogućilo samu izradu broda sa svojim karakteristikama, te umjetnosti koja bi brodu dala prepoznatljivost.

Čovjek je od vrlo rane povijesti shvatio da bi drvo mogao iskoristiti za prelazak s jedne obale na drugu. Kako je raslo čovjekovo znanje o drvetu i brodogradnji, tako se povećavala kvaliteta i stabilnost u izradi. Prvo su to bili samo trupci, vezivanjem trupaca došlo je do splavi, a ubrzo i prvi čamac. Primitivni čamac izrađen od jednog debla (trupca) pod nazivom „monoksil“. Prema arheološkim nalazima, najstariji nađeni „monoksil“ izgrađen je 8000 g. pr. Kr.



*Slika 3. Ladva, monoksilni čamac*

Čovjek je umjesto vesla prvotno koristio ruke. Ne zna se točno razdoblje, kada je ruke zamijenio veslima. Vesla su se razvijala paralelno uz razvoj čamaca. Brodogradnja je doživjela veliki razvoj, nakon što je čovjek za pokretanje broda počeo koristiti vjetar, to mu je omogućilo brži i lakši prijelaz. Sa svojim saznanjima kroz vrijeme, čovjek je sve više nadograđivao čamce, povećavajući s time njihovu stabilnost i sigurnost. Drvo je i danas, jedan od nezamjenjivih materijala u brodogradnji, a koliko se razvila brodogradnja najbolje govore sljedeće dvije slike.



*Slika 4. Prikaz drvenog teretnog jedrenjaka*



*Slika 5. Prikaz moderne jahte u cijelosti izgrađene od drveta*



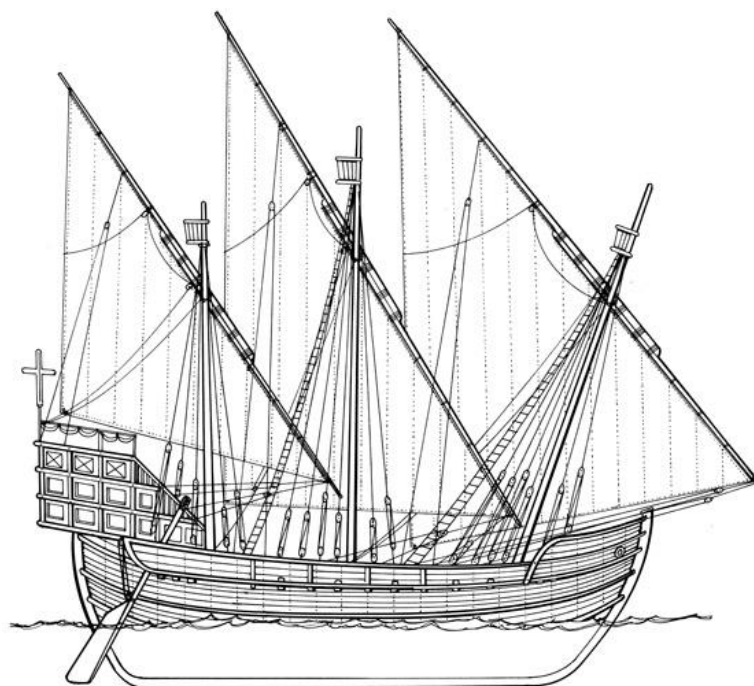
### 1.2.1 Povijest brodogradnje u Hrvatskoj

Hrvati su od svog dolaska na Jadransko more, bili vrlo vješti majstori u izradi brodova. Vrlo brzo su preuzeli domaću tradiciju gradnje, ali isto tako ponudili neka svoja rješenja što se tiče poboljšanja stabilnosti i strukture broda. To je bio početak hrvatske tradicijske gradnje. Prvi brodovi nisu bili namijenjeni za putovanja izvan Jadranskog mora. Jedan od najraširenijih brodova u X. stoljeću bila je kondura, a zanimljiv podatak je da je trgovačka mornarica kralja Tomislava imala 100 kondura u svojoj floti.



*Slika 6. Prikaz rekonstruiranog broda „Condura Croatica“. Muzej u Ninu*

Između XII. i XV. stoljeća nastaju prvi jedrenjaci sposobni za dalja putovanja. Sve više i više se razvija trgovina, te su potrebni veći i stabilniji brodovi. Prvi jedrenjak sposoban za putovanja izvan Jadrana, napravljen je na Krku.



*Slika 7. Prikaz krčkog jedrenjaka, XII-XIII stoljeće*

Iz pronađenih ostataka na području Hrvatske, možemo zaključiti da Hrvatska ima tisućljetnu tradiciju izgradnje brodova. Kroz stoljeća razvoj brodova je napredovao, a novi pravi zamah brodogradnja je doživjela u XIX. Stoljeću. U drugoj polovici XIX. Stoljeća dolazi do upotrebe parnog stroja, koji polako zamjenjuje jedra. Od malih nastaju velika hrvatska gradilišta, a neka su održala tradiciju sve do danas.



*Slika 8. Računalni model najvećeg broda s križnim jedrima, porinut u Splitu 2017. godine*

### 1.3 Povijest korištenja drva u strojarstvu

Drvo je zbog svoje pristupačnosti, bilo i materijal za izradu alata. Ako nije bio u cijelosti izrađen od drveta, bila je većina njegove strukture. Prije razvoja tehničkih znanosti, čovjek se oslanjao na iskustvo iz prethodnih gradnji. Kao što je došao na ideju da sa trupcem pređe s jedne obale na drugu, čovjek je za manje razmake ili da zaobiđe neke prirodne prepreke počeo graditi mostove. Mostovi su u početku u cijelosti bili izgrađeni od drveta, a razvijali su se usporedno sa razvojem željezničkog i cestovnog prometa.



*Slika 9. Ručne blanje*

Najstariji mostovi nastali su još u razdoblju prije Krista, a jedan od najzanimljivijih i svakako najstariji funkcionalni drveni most u Europi nalazi se u gradu Luzernu u Švicarskoj. Početne dužine 200 metara, danas je dug 170 metara zbog obnove, nakon požara 1993. godine.



*Slika 10. Most Kapela u Luzernu*

U današnje vrijeme rijetko se grade veliki drveni mostovi. Prvenstveno zbog svoje nosivosti, koja je premala za današnju masu i količinu automobila, te njihove brzine. Zbog svoje estetike drveni mostovi danas se koriste u parkovima, te za izgradnju pješačkih mostova. Osim male čvrstoće, trajnosti je isto tako jedan od glavnih problema kod drvenih mostova. Stalni utjecaj vanjskih čimbenika znatno je smanjuje. Drvo za izradu drvenog mosta mora biti jako dobre kvalitete. Procjena trajnosti na primjer za most izgrađen od I. i II. Klase hrasta je 30 do 40 godina, dok za most izgrađen od četinjača 15 do 20 godina.



*Slika 11. Drveni most u Karlovcu*

Jedan od najmodernijih mostova u XXI. stoljeća, izgrađen u potpunosti od čelika i betona nalazi se u Hrvatskoj. Radovi su na samome kraju. Riječ je o Pelješkom mostu koji premošćuje Malostonski zaljev.



*Slika 12. Prikaz Pelješkog mosta*

## 2. DRVO I NJEGOVA SVOJSTVA

### 2.1 Fizikalno kemijska svojstva

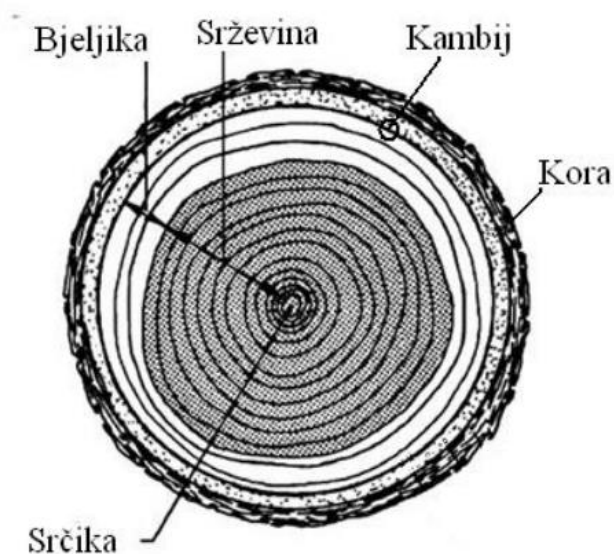
Drvo je prirodni, nehomogeni materijal. Tijekom cijelog svoga rasta, drvo je izloženo vanjskim i prirodnim čimbenicima, koji mogu utjecati na njegovu funkcionalnost. Kod većine drva najkvalitetniji i najiskoristiviji je središnji dio stabla, iz razloga što je najmanje izložen vanjskim čimbenicima, te je dimenzijski najiskoristiviji. Isto tako svaki izrađen komad zbog unutarnje građe specifičan je na svoj način. Drvo je zbog biološkog podrijetla podložno na biotičke čimbenike, kao što su gljive i razni nametnici. Najosnovnija podjela drva je na golosjemenjače i kritosjemenjače, a od obje nastaje tehničko drvo za daljnju upotrebu različitih karakteristika. Prema vijeku trajanja, drvo se može podijeliti u 3 sljedeće skupine : vrlo trajno drvo, trajno drvo i malotrajno drvo. Drvo koje se siječe u zimu je trajnije, iz razloga što je udio vlage manji, a niske temperature onemogućuju razvoj nametnika. Drvo koje se siječe u ljeto podložnije je za razvoj insekata, dok drvo koje je u suhoj okolini ili je posve uronjeno u vodu spada u skupinu vrlo trajnog drveta.

Tablica 1. Prikaz trajnosti drva u godinama

Vrste drva	Trajnost drva u godinama		
	na slobodnom prostoru nezaštićeno	na slobodnom prostoru pod krovom	stalno u suhom
Ariševina	40...65...90	90...120...150	1800
Borovina	40...60...85	90...100...120	120...1000
Brezovina	3...20...40	3...20...40	500
Brijestovina	60...80...100	80...130...180	1500
Bukovina	10...35...60	5...50...100	300...800
Hrastovina	50...85...120	100...150...200	300...800
Jelovina	50	50	900
Smrekovina	40...55...70	50...60...75	120...900
Topolovina	3...20...40	3...20...40	500
Vrbovina	5...15...30	5...20...40	600

Gustoća je jako bitno svojstvo kod drva. Predstavlja omjer mase i volumena, a ovisi i o količini vlage pri kojoj je mjerena gustoća. Povezana je sa fizikalnim i mehaničkim

svojstvima, jer povećanjem gustoće drva dolazi do povećanja čvrstoće i tvrdoće, veće ogrjevne vrijednosti i ostalo. Vrijednosti gustoće hrvatskih, vrsta kreću se između  $0,3 \text{ g/cm}^3$  do  $0,9 \text{ g/cm}^3$ . Proces bubrenja i skupljanja je jedno od osnovnih fizičkih svojstava drva. Do skupljanja dolazi prilikom sušenja kod točke zasićenosti vlakana, a to je na 25% do 30% vlage. Molekule vode izlaze iz drvnih stanica, samim time smanjuje se volumen unutra, te se drvo skuplja, odnosno uteže. Bubrenje je suprotan proces skupljanju. Najveći udio vlage je na samoj površini, odnosno kori drveta. Udio vlage se smanjuje prema srcu drveta.



Slika 13. Građa drva

Drvo je isto tako zapaljiv materijal, glavni produkti sagorijevanja su vodena para i razni plinovi, a sama točka zapaljenja je na  $270 \text{ }^\circ\text{C}$ . Svi nedostaci drva mogu se određenim postupcima umanjiti, ili čak potpuno otkloniti. Sama zapaljivost drva može se smanjiti za 30% do 40%. Nakon sagorijevanja drvo se potpuno strukturno i kemijski mijenja. Znanstvena disciplina koja se bavi proučavanjem makroskopskih i mikroskopskih značajki strukture drveta, naziva se anatomija drva.

## 2.2 Mehanička svojstva

Mehanička svojstva su jako bitna prilikom prerade ili upotrebe drvenih materijala. Ona dolaze do izražaja, prilikom mehaničkog opterećenja. Možemo reći da su mehanička svojstva, odnos drva prema djelovanju određenih vanjskih sila, čimbenika. Mehanička svojstva se razlikuju između vrsta drva, ali isto tako moguća je razlika svojstva unutar jednog drva, debla pa čak i unutar jednog goda.

Mehanička svojstva ovise o :

- građi drveta
- vrsti drveta
- sadržaju vode u drvu
- gustoći drva
- trajanju opterećenja
- smjeru vlaknaca

Pri uporabi drva u tehničke svrhe najvažnija mehanička svojstva su :

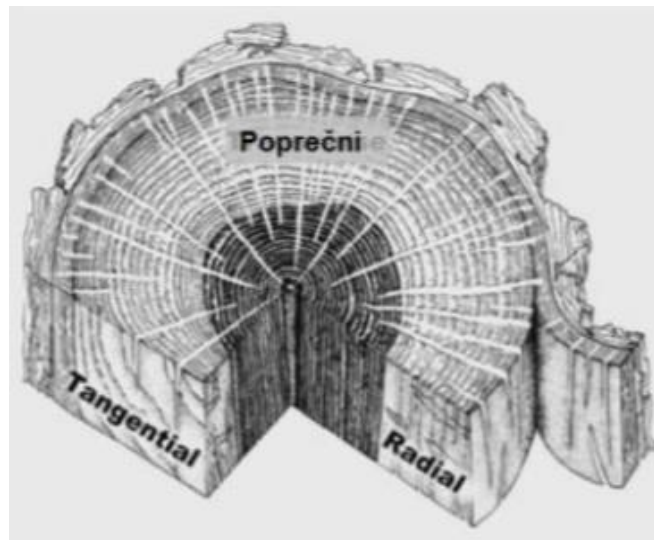
- tvrdoća
- čvrstoća
- žilavost
- elastičnost
- otpornost na habanje

Drvo je isto tako anizotropan materijal, što znači da ima jedinstvena i neovisna svojstva u 3 okomite gledane osi. Uzdužni, radijalni i tangencijalni pravci su 3 okomite osi simetrije koje imaju anizotropni materijali. Zbog toga kod drveta, možemo odrediti tražene vrijednosti točno u određenoj točki, a ne u cijelom komadu. Navedene 3 osi, se isto tako koriste za davanje dimenzija materijala.

RADIJALNI – u ravnini određenoj polumjerom i osi valjka.

TANGENCIJALNI – okomit na polumjer valjka i paralelan sa srcem drva.

UZDUŽNI / POPREČNI – okomit na uzdužnu os valjka.



Slika 14. Tri karakteristična pravca gledanja

Jedno od najvažnijih svojstava drva je, njegov omjer čvrstoće i gustoće. Prilikom izbora materijala, to je jedna od najbitnijih karakteristika. Specifična vlačna čvrstoća računa se, prema sljedećem izrazu:

$$k = \frac{R_m}{\rho}$$

U kojem je :  $k$  – koeficijent kvalitete

$R_m$  – vlačna čvrstoća ( N/mm<sup>2</sup> )

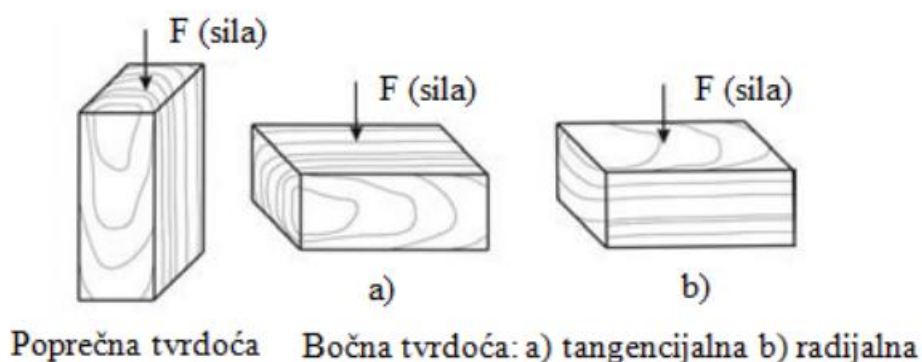
$\rho$  - gustoća ( kg/m<sup>3</sup> )

U praksi, uvijek se uzima odnos vrijednosti jednog mehaničkog svojstva materijala i gustoće materijala.



## 2.2.1 Tvrdoća

Tvrdoća drva je mehaničko svojstvo, čija vrijednost opisuje otpor kojim se drvo suprotstavlja prodiranju nekog drugog, tvrdjeg tijela u njegovu površinu. Drvo ima različita mehanička svojstva s obzirom na pravac gledanja, odnosno na smjer vlakana, stoga razlikujemo sljedeće 3 vrste tvrdoće: poprečnu, tangencijalnu i radijalnu. Tangencijalna i radijalna tvrdoća često se još nazivaju i bočne čvrstoće.



Slika 15. Pravci sile prilikom ispitivanja tvrdoće

Tvrdoća drva ovisi o :

- vlažnosti drva
- sadržaju smole unutar drva
- vrsti drva
- strukturi drva

U poprečnom presjeku drva tvrdoća može biti i 2,5 puta viša, nego tvrdoća u radijalnom i tangencijalnom presjeku.

Postoji nekoliko postupaka za ispitivanje tvrdoće drva, a najpoznatiji su :

- ispitivanje tvrdoće po Brinellu
- ispitivanje tvrdoće po Janki

## 2.2.2 Otpornost na trošenje

Otpornost na trošenje je mehaničko svojstvo drva, da se ono opire narušavanju svoje površine, uslijed djelovanja vanjskih sila. Najčešća je pojava abrazijskog trošenja prilikom kojeg se materijal istiskuje, a uzrok je prodiranje tvrdih čestica u površinski sloj materijala.

Ispitivanje se može izvršiti pomoću brusnih ploča ili brusnih papira, ali najčešća metoda ispitivanja otpornosti na trošenje je Taber test. Uređaj na kojem se provodi Taber test ima brusnu ploču određene granulacije koja se okreće, te se uzorci pritiskuju i samim time su podvrgnuti abrazijskom trošenju. Nakon što je ispitivanje gotovo, mjeri se debljina skinutog sloja sa površine drveta, iz kojeg dolazimo do otpornosti na trošenje. Površina drveta treba biti fino obrađena.

Otpornost na trošenje ovisi o :

- sadržaju vlage
- gustoći drva
- vrsti drva
- građi drva
- presjeku
- načinu obrade površine ispitivanog uzorka



Slika 16. Moderni uređaj na kojem se provodi Taber test

### 2.2.3 Žilavost

Žilavost je mehaničko svojstvo materijala, koje nam pokazuje kako se materijal ponaša u uvjetima udarnog opterećenja. Ovo svojstvo naziva se još udarni rad loma. Najveća žilavost kod drva postiže se u radijalnom smjeru, a najmanja u tangencijalnom smjeru. To nam govori da žilavost kod drva ovisi u smjeru vlaknaca unutar drva.

Ispitivanje se najčešće provodi na drvenim konstrukcijama, koje su izložene atmosferi i čiji bi lom izazvao opasnost. Udarni rad loma ispituje se na Charpyjevom batu, a izraz za izračunavanje same vrijednosti je :

$$KU (KV) = G \times (H - h)$$

U kojem je :

G – težina bata ( N )

H – početna visina bata ( m )

h – visina bata nakon loma epruvete ( m )



Slika 17. Prikaz Charpy uređaja

## 2.2.4 Čvrstoća

Čvrstoća drva je jedno od najvažnijih mehaničkih svojstava. Čvrstoća označava otpor, kojim drvo savladava silu koja djeluje na njega, bez obzira u kojem smjer. Ovisno o iznos čvrstoće vrednuje se i uporabna vrijednost drva. Čvrstoća isto tako ovisi i o količini vlage, što je manji sadržaj vlage u drvu, čvrstoća je veća.

Razlikujemo :

Tlačnu čvrstoću

- Tlačna čvrstoća je najveće naprezanje koje se javlja na uzorku. Bitno je razlikovati čvrstoću u smjeru vlaknaca i onu okomitu na smjer. Tlačna čvrstoća u smjeru vlaknaca može biti i do 10 puta veća.

Vlačnu čvrstoću

- Opterećenje koje nastaje kada se uzorak pokušava rastegnuti. Standardno ispitivanje vlačne čvrstoće provodi se na kidalicama.

Savojnu čvrstoću

- Najčešće ispitivano svojstvo drveta. Savojna čvrstoća ovisi o smjeru vlaknaca a najčešće se ispituje metodom savijanja u 3 točke. Krajevi uzorka stavljaju se na 2 oslonca, te se u središte uzorka djeluje silom.

Smičnu čvrstoću

- Smična čvrstoća je naprezanje, koje se javlja kada dvije paralelne sile, djeluju u suprotnom smjeru. Te dvije sile određuju i ravninu smicanja, a sama površina smicanja može biti uzdužna, dijagonalna i poprečna.

### 3. OPIS MATERIJALA ZA ISPITIVANJE

#### 3.1 Svojstva i upotreba hrastovine

Hrast je jedno od najpoznatijih drva. Sredina drveta je svijetlo do tamno smeđe boje, a ima žućkasto bijele godove. Hrast je oduvijek bio poznat i primamljiv ljudima, što zbog svoje masivnosti, što zbog lijepog izgleda. Upotreba hrasta vraća nas još u doba Antike. Od tada postoje legende o prirodnoj ljekovitosti hrasta. Ljekovita svojstva same šetnje kroz hrastovu šumu pomažu čovjeku pri obnovi vitalnosti. Izgradnja kuća u blizini hrastove šume ili izgradnja cijele kuće sa hrastovim namještajem postaje sve više popularnije, iz razloga što samo drvo hrasta zbog svoje estetike i ljekovitih svojstava daje bolju atmosferu i poseban, ali održiv životni stil.



*Slika 18. Drvo hrasta sa vidljivim godovima*

Hrastova kora se i danas koristi u industriji suncokreta i u terapijske svrhe. Ona sadrži razne organske kiseline, može poslužiti pri napravi eteričnih ulja, ali jedna od najbitnijih tvari koju sadrži je tanin koji ublažava bol, ubija bakterije i smanjuje upale. Za takve svrhe koristi se kora mladih hrastova do 10 godina starosti, jer kora starijih hrastova postane toliko gusta, da je neupotrebljiva.

Hrast odlikuju tvrdoća, žilavost te veliki vijek trajanja. Zbog svoje masivnosti nema velikih problema prilikom dimenzioniranja materijala. Osim toga relativno je lak za obradu. Koristi se za razne tehničko – građevinske svrhe. Drvo hrasta prema razredima gustoće ima srednje visoku čvrstoću od 600 do 700 kg/m<sup>3</sup>. Od njega se radi namještaj, parket, razne zidne obloge i slično, dok se najkvalitetnija klasa hrastovine koristi za izradu furnira i ploča.

Postoji više vrsta hrasta. U Europi raste oko 30 vrsta hrasta, dok u Hrvatskoj 3 – 5 vrsta, od kojih su svakako najpoznatiji hrast lužnjak i hrast kitnjak. Hrast lužnjak raste u hrvatskim nizinskim područjima, te u plodnoj i dubokoj zemlji bogatoj vapnencem. On sve više postaje brand, te ga nazivaju „slavonskim hrastom lužnjakom“ karakterističnim za slavonsku ravnicu. Neka pronađena stabla hrasta lužnjaka starija su više od 1500 godina, a mogu narasti do 50 metara visine i 3 metra širine.

Hrast lužnjak i hrast kitnjak su dvije vrste, koje su gledajući s ekonomskog i ekološkog stajališta najvažnije u Hrvatskoj.



*Slika 19. Hrast lužnjak*

## 3.2 Prednosti i nedostaci

Drvo hrasta karakterizira dug vijek trajanja, masivan je i vrlo otporan na vremenske uvjete, te ima dobru otpornost na razne insekte i pojavu gljivica. Vrlo je jednostavan za obradu što znači da raznim postupcima možemo još poboljšati njegova svojstva i vizualni izgled. Bojanje drveta ili nanošenja zaštitnih premaza je lagano iz razloga što ima vrlo dobro svojstvo upijanja, te je isto tako moguća upotreba i u vodi.

### PREDNOSTI DRVA HRASTA:

- dug vijek trajanja
- moguća vanjska i unutarnja upotreba
- trajno je i u vodi
- ravnoteža okoliša
- malo se iskrivljuje
- otpornost na vanjske uvjete
- otpornost na insekte i gljivice
- jednostavna obrada

### NEDOSTACI DRVA HRASTA:

- visoka cijena
- brzo stvaranje pukotina
- vlažno oksidira metale

Drvo hrasta je u globalu vrlo kvalitetno drvo, ali drvo s dosta visokom cijenom. Sve ovisi o tome za koju namjenu će nam služiti. Od naravno potrebne količine, sama cijena zavisi i o postupku obrade kroz koju je drvo prošlo. Cijena hrasta I. klase kreće se od 2500 do 3000 eura po kubiku, do najjeftinijeg proizvoda od hrasta, a to su drva za ogrjev prosječne cijene od 30 do 40 eura za 1 kubik. Zbog te vrlo visoke cijene, alternativa je drvo bukve, iz iste biološke porodice, ali sa nižom cijenom.

### 3.3 Svojstva i upotreba jelovine

Drvo jele je uz smreku i bor jedan od najpoznatijih predstavnika golosjemenjača (četinjača). Prepoznatljive su po svojim iglicama zbog kojih su i dobili ime. One su većinom zimzelene, što znači da zimi ne gube lišće.

Četinjače su najstariji predstavnici biljnog svijeta i ujedno i najvažniji. Oni su glavni proizvođači kisika na Zemlji, a osim toga njihove iglice oduvijek se koriste u ljekovite svrhe. U novije doba i u kozmetičke. Odlikuje ih dugotrajnost, ali specifične su i po svojoj veličini. U Americi je pronađen bor stariji od 5 tisuća godina. Drvo sekvoje može doseći visinu veću od 100 metara, dok drvo mamuta doseže širinu veću od 10 metara.



*Slika 20. Drvo jele*

Drvo jele je bijelo žućkaste boje, a što je drvo starije crvena boja se više ističe. Većinom je pravilne strukture, ali može doći do usukanosti vlaknaca na prstenima godišnjeg prirasta. Prosječna visina stabla je od 30 do 40 metara, a širina do 1 metra, ali mogu se pronaći i veći primjerci. Raste vrlo sporo i na područjima čistog zraka. Jelovina se koristi kao konstrukcijski materijal za vanjsku i unutarnju gradnju, papirnoj i celuloznoj industriji, Visoko kvalitetna jelovina koristi se i za izradu glazbenih instrumenata. Prosječna gustoća jelovine je  $400 \text{ kg/m}^3$ , što joj po razredima gustoće daje nisku ocjenu. Srednje su čvrstoće, ali sama svojstva čvrstoće mogu se razlikovati ovisno o podrijetlu stabla. Zbog svoje upotrebe u tehničke i građevinske svrhe, jelovina se većinom prodaje u okrugloj ili ravnoj građi.



### 3.4 Prednosti i nedostaci

Drvo jele je meko i elastično, te se lako strojno obrađuje. Nema smolnih kanalića, jer ne sadrži smolu. To je jedna od velikih prednosti, jer kao takva može poslužiti u unutarnjoj gradnji. Uz to sa svojim mirisom i bojom, česti je izbor za gradnju drvenih kuća.

#### PREDNOSTI DRVA JELE:

- vrlo dobro se strojno obrađuje
- lako se rezbari
- brzo i dobro se suši
- dobro drži čavle i zakovice
- mala tendencija bacanja i kidanja
- vrlo elastično
- ima dobru nosivost

#### NEDOSTACI DRVA JELE:

- unutrašnje drvo nije otporno na insekte
- vrlo meko drvo
- teško se tokari
- slabo upija premaze, i lakove
- usukanost na godišnjem prirastu

Kalorijska vrijednost jelovine gotovo je  $\frac{1}{4}$  manja od hrasta, ali ljudi je često jelovu građu iskoriste i kao ogrjevno gorivo. Cijena jelove građe je cca 550e za m<sup>3</sup>, visoko kvalitetna jelovina može postići i nešto višu cijenu, ali cijena kao ogrjevnog drveta je znatno niža.



*Slika 21. Jelovina visoke kvalitete*

## 4. EKSPERIMENTALNI DIO

### 4.1 Provođenje Taber testa

Ispitivanje je provedeno na hrastovoj i jelovoj građi. Ispitano je 10 uzoraka od svakog predstavnika. Cilj ispitivanja bio je provjeriti otpornost površine na abrazijsko trošenje, hrapavost površine, te sjajnost površine

Prije početka ispitivanja uzorci su izvagani na preciznoj analitičkoj vagi „Uni Bloc Auw220D Shimadzu“, koja služi za precizno laboratorijsko vaganje na četiri decimale. Sve prikazane mase izražene su u gramima.

Na svim uzorcima je oglodan otvor, da bi se pričvrstili na uređaj za Taber test.



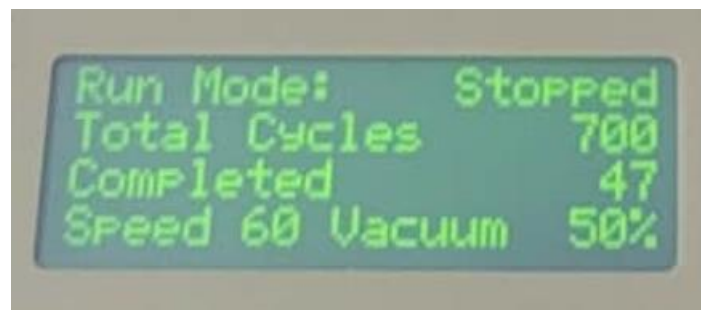
*Slika 22. Prikaz uzorka jele prije ispitivanja*



*Slika 23. Prikaz uzorka hrasta prije ispitivanja*



Slika 24. Provođenje Taber Testa



Slika 25. Uvećani prikaz zaslona uređaja

Na slici 25. vidljive su informacije o broju prolaza. Mjerimo broj prolaza u jedinici vremena, te gubitak mase nakon određenog broja prolaza i težine kotačića, ovisno o gubitku mase ispitivanog materijala. Cilj nam je bio utvrditi otpornost površine, koja se pokazuje preko indeksa istrošenosti. Izraz indeksa istrošenosti :

$$\text{indeks istrošenosti} = \frac{(\text{masa prije ispitivanja} - \text{masa poslije ispitivanja}) * 1000}{\text{broj prolaza}}$$



*Slika 26. Prikaz uzorka jele nakon ispitivanja*



*Slika 27. Prikaz uzorka hrasta nakon ispitivanja*

## 4.2 Rezultati ispitivanja

U sljedećoj tablici su analitički rezultati ispitivanja. Uzorci su vagani prije samog ispitivanja, te nakon određenog broja prolaza. Prikazana je i njihova razlika mase, odnosno gubitak, te se na temelju toga izračunao indeks istrošenosti.

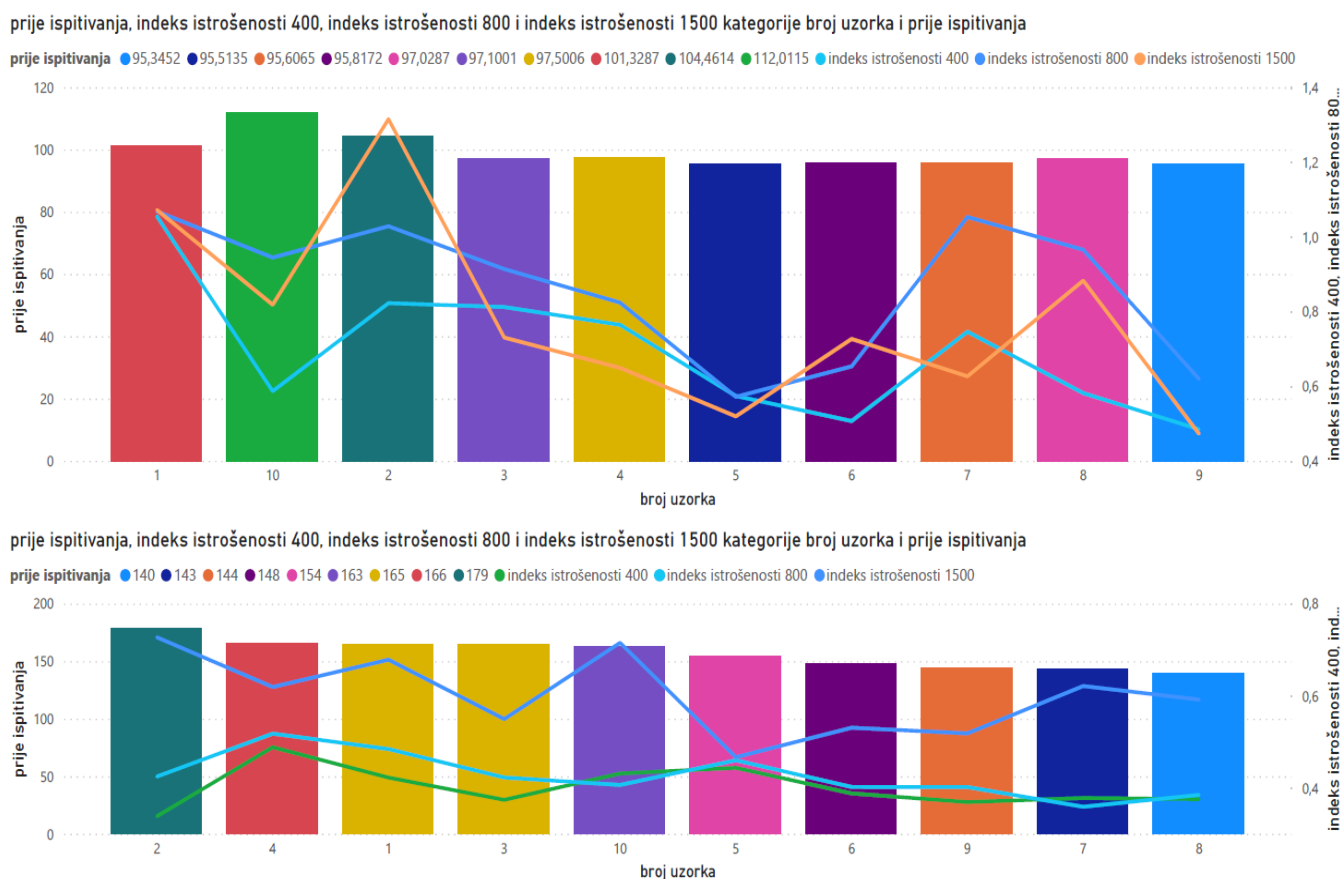
Tablica 2. Rezultati jelovina

broj uzorka	TABER TEST									
	težina, g									
	prije ispitivanja	poslije ispitivanja	razlika 400 prolaza	indeks istrošenosti	poslije ispitivanja	razlika 800 prolaza	indeks istrošenosti	poslije ispitivanja	razlika 1500 prolaza	indeks istrošenosti
1-1	101,3287	101,0650	0,2637	0,6593	100,7947	0,5340	0,6675	100,2568	1,0719	0,7146
1-2	104,4614	104,2558	0,2056	0,5140	103,9473	0,5141	0,6426	103,1466	1,3148	0,8765
1-3	97,1001	96,8971	0,2030	0,5075	96,6433	0,4568	0,5710	96,3699	0,7302	0,4868
1-4	97,5006	97,3095	0,1911	0,4778	97,0887	0,4119	0,5149	96,8514	0,6492	0,4328
1-5	95,5135	95,3700	0,1435	0,3587	95,2277	0,2858	0,3572	94,9941	0,5194	0,3463
1-6	95,8172	95,6905	0,1267	0,3167	95,4906	0,3266	0,4082	95,0906	0,7266	0,4844
1-7	95,6065	95,4200	0,1865	0,4662	95,0800	0,5265	0,6581	94,9800	0,6265	0,4177
1-8	97,0287	96,8833	0,1454	0,3635	96,5460	0,4827	0,6034	96,1460	0,8827	0,5885
1-9	95,3452	95,2240	0,1212	0,3030	95,0355	0,3097	0,3871	94,8725	0,4727	0,3151
1-10	112,0115	111,8648	0,1467	0,3667	111,5393	0,4722	0,5903	111,1933	0,8182	0,5455

Tablica 3. Rezultati hrastovina

broj uzorka	TABER TEST									
	težina, g									
	prije ispitivanja	poslije ispitivanja	razlika 400 prolaza	indeks istrošenosti	poslije ispitivanja	razlika 800 prolaza	indeks istrošenosti	poslije ispitivanja	razlika 1500 prolaza	indeks istrošenosti
2-1	165,1267	165,0211	0,1056	0,2640	164,8845	0,2422	0,3027	164,4483	0,6784	0,4523
2-2	179,0945	179,0099	0,0846	0,2115	178,8822	0,2123	0,2654	178,3674	0,7271	0,4847
2-3	165,3515	165,2580	0,0935	0,2337	165,1402	0,2113	0,2641	164,8020	0,5495	0,3663
2-4	165,8037	165,6816	0,1221	0,3052	165,5448	0,2589	0,3236	165,1846	0,6191	0,4127
2-5	154,3689	154,2580	0,1109	0,2772	154,1389	0,2300	0,2875	153,9022	0,4667	0,3111
2-6	148,3724	148,2754	0,0970	0,2425	148,1714	0,2010	0,2512	147,8417	0,5307	0,3538
2-7	143,0209	142,9264	0,0945	0,2363	142,8414	0,1795	0,2244	142,3997	0,6212	0,4141
2-8	139,6279	139,5340	0,0939	0,2348	139,4355	0,1924	0,2405	139,0361	0,5918	0,3945
2-9	144,2878	144,1955	0,0923	0,2307	144,0869	0,2009	0,2511	143,7694	0,5184	0,3456
2-10	162,8312	162,7234	0,1078	0,2695	162,6280	0,2032	0,2540	162,1160	0,7152	0,4768

Na slici 28. prikazane su dobivene vrijednosti Taber testa. Rezultati su prikazani u obliku grafikona u x, y koordinatnom sustavu. Na -y osi nalaze se vrijednosti uzorka prije ispitivanja, a na -x osi nalaze se grafovi indeksa istrošenosti za svaki broj prolaza, te broj uzorka. Na prvom grafikonu prikazane su vrijednosti za uzorke jelovine, a na grafu ispod vrijednosti za uzorke hrastovine.



Slika 28. Grafički prikaz rezultata Taber testa

### 4.3 Ispitivanje sjajnosti površine

Ispitivanje sjajnosti površine u principu je vrlo jednostavno provesti. Za to nam je poslužio uređaj sa slike „ Elcometer 480 model B60“, ili skraćeno „Glossmeter“. Ispitivanje je vrlo jednostavan za provesti, potrebno je samo postaviti uređaj na površinu koju želimo ispitati. Precizno nam pokazuje i ispisuje tražene podatke prema standardima.

Ispitano je 10 uzoraka hrastovine i jelovine. Mjerenje je provedeno nakon svakog određenog broja prolaza na Taber testu ( 400, 800 i 1500 ).



*Slika 29. Prikaz uređaja za mjerenje sjajnosti površine*



*Slika 30. Prikaz mjerenja sjajnosti površine*

## 4.4 Rezultati ispitivanja

U sljedećim tablicama navedeni su analitički rezultati mjerenja sjajnosti. U prvoj tablici nalaze rezultati mjerenja za hrastovinu, a u drugoj za jelovinu.

*Tablica 4. Rezultati sjajnosti hrastovine (početna i 400 prolaza)*

broj uzorka	SJAJNOST POČETNA [ GU ]				SJAJNOST - 400 PROLAZA [ GU ]			
	OČITANJE 1	OČITANJE 2	OČITANJE 3	X	OČITANJE 1	OČITANJE 2	OČITANJE 3	X
1-1	2,00	2,60	2,60	<b>2,40</b>	2,80	2,50	2,70	<b>2,67</b>
1-2	2,00	2,30	1,80	<b>2,03</b>	2,50	2,10	2,40	<b>2,33</b>
1-3	2,60	2,60	2,00	<b>2,40</b>	1,90	2,20	2,80	<b>2,30</b>
1-4	2,30	2,30	2,30	<b>2,30</b>	2,50	2,70	2,60	<b>2,60</b>
1-5	2,00	2,60	2,60	<b>2,40</b>	2,70	2,80	2,40	<b>2,63</b>
1-6	3,10	3,30	2,70	<b>3,03</b>	2,80	2,60	2,30	<b>2,57</b>
1-7	2,80	2,60	2,70	<b>2,70</b>	2,50	2,70	2,30	<b>2,50</b>
1-8	3,10	1,80	2,70	<b>2,53</b>	2,30	2,50	2,70	<b>2,50</b>
1-9	2,50	3,20	3,20	<b>2,97</b>	2,50	3,10	3,20	<b>2,93</b>
1-10	2,00	2,10	1,20	<b>1,77</b>	2,30	2,00	2,10	<b>2,13</b>

*Tablica 5. Rezultati sjajnosti hrastovine (800 i 1500 prolaza)*

broj uzorka	SJAJNOST - 800 PROLAZA [ GU ]				SJAJNOST - 1500 PROLAZA [ GU ]			
	OČITANJE 1	OČITANJE 2	OČITANJE 3	X	OČITANJE 1	OČITANJE 2	OČITANJE 3	X
1-1	2,80	2,90	3,10	<b>2,93</b>	3,00	2,70	2,40	<b>2,70</b>
1-2	2,70	2,80	2,90	<b>2,80</b>	3,00	2,80	2,40	<b>2,73</b>
1-3	2,50	2,70	2,80	<b>2,67</b>	2,90	2,50	2,00	<b>2,47</b>
1-4	2,60	3,10	2,90	<b>2,87</b>	2,40	2,80	3,00	<b>2,73</b>
1-5	3,10	2,80	3,20	<b>3,03</b>	2,90	2,90	2,80	<b>2,87</b>
1-6	2,50	2,60	2,70	<b>2,60</b>	2,50	2,60	2,40	<b>2,50</b>
1-7	3,10	3,00	3,20	<b>3,10</b>	3,00	3,20	2,90	<b>3,03</b>
1-8	3,00	2,90	3,00	<b>2,97</b>	3,20	3,00	3,20	<b>3,13</b>
1-9	2,80	2,70	2,70	<b>2,73</b>	2,50	2,30	2,00	<b>2,27</b>
1-10	2,40	2,10	2,00	<b>2,17</b>	2,00	2,00	2,10	<b>2,03</b>



Tablica 6. Rezultati sjajnosti jelovine (početna i 400 prolaza)

broj uzorka	SJAJNOST POČETNA [ GU ]				SJAJNOST - 400 PROLAZA [ GU ]			
	OČITANJE 1	OČITANJE 2	OČITANJE 3	X	OČITANJE 1	OČITANJE 2	OČITANJE 3	X
1-1	2,00	2,60	2,60	<b>2,40</b>	2,80	2,50	2,70	<b>2,67</b>
1-2	2,00	2,30	1,80	<b>2,03</b>	2,50	2,10	2,40	<b>2,33</b>
1-3	2,60	2,60	2,00	<b>2,40</b>	1,90	2,20	2,80	<b>2,30</b>
1-4	2,30	2,30	2,30	<b>2,30</b>	2,50	2,70	2,60	<b>2,60</b>
1-5	2,00	2,60	2,60	<b>2,40</b>	2,70	2,80	2,40	<b>2,63</b>
1-6	3,10	3,30	2,70	<b>3,03</b>	2,80	2,60	2,30	<b>2,57</b>
1-7	2,80	2,60	2,70	<b>2,70</b>	2,50	2,70	2,30	<b>2,50</b>
1-8	3,10	1,80	2,70	<b>2,53</b>	2,30	2,50	2,70	<b>2,50</b>
1-9	2,50	3,20	3,20	<b>2,97</b>	2,50	3,10	3,20	<b>2,93</b>
1-10	2,00	2,10	1,20	<b>1,77</b>	2,30	2,00	2,10	<b>2,13</b>

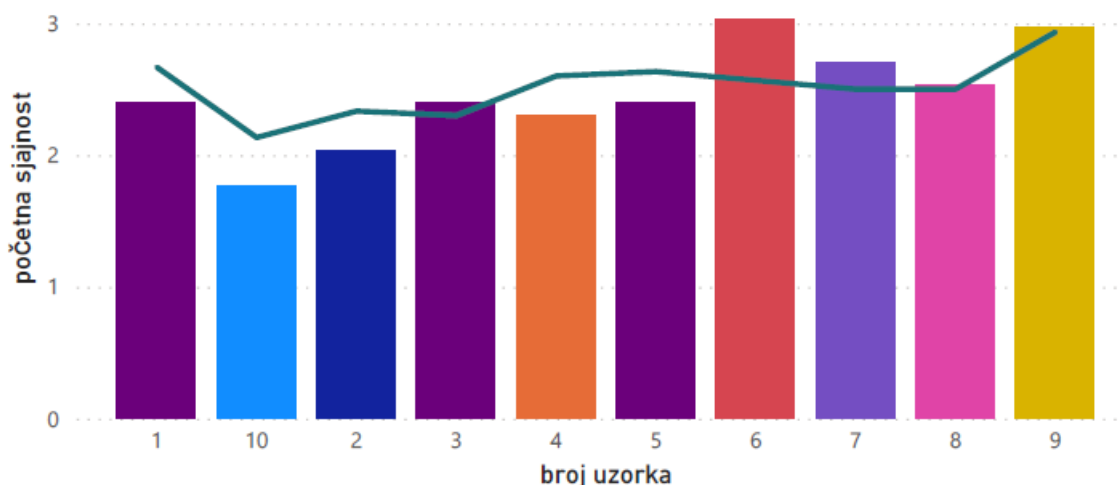
Tablica 7. Rezultati sjajnosti jelovine (800 i 1500 prolaza)

broj uzorka	SJAJNOST - 800 PROLAZA [ GU ]				SJAJNOST - 1500 PROLAZA [ GU ]			
	OČITANJE 1	OČITANJE 2	OČITANJE 3	X	OČITANJE 1	OČITANJE 2	OČITANJE 3	X
1-1	2,80	2,90	3,10	<b>2,93</b>	3,00	2,70	2,40	<b>2,70</b>
1-2	2,70	2,80	2,90	<b>2,80</b>	3,00	2,80	2,40	<b>2,73</b>
1-3	2,50	2,70	2,80	<b>2,67</b>	2,90	2,50	2,00	<b>2,47</b>
1-4	2,60	3,10	2,90	<b>2,87</b>	2,40	2,80	3,00	<b>2,73</b>
1-5	3,10	2,80	3,20	<b>3,03</b>	2,90	2,90	2,80	<b>2,87</b>
1-6	2,50	2,60	2,70	<b>2,60</b>	2,50	2,60	2,40	<b>2,50</b>
1-7	3,10	3,00	3,20	<b>3,10</b>	3,00	3,20	2,90	<b>3,03</b>
1-8	3,00	2,90	3,00	<b>2,97</b>	3,20	3,00	3,20	<b>3,13</b>
1-9	2,80	2,70	2,70	<b>2,73</b>	2,50	2,30	2,00	<b>2,27</b>
1-10	2,40	2,10	2,00	<b>2,17</b>	2,00	2,00	2,10	<b>2,03</b>

Na slikama 31 - 36 prikazani su rezultati ispitivanja sjajnosti na uzorcima hrastovine i jelovine. Rezultati su prikazani u obliku grafikona u x, y koordinatnom sustavu. Na -y osi nalaze se prosječne početne vrijednosti uzorka. Na -x osi nalazi se graf koja spaja prosječne vrijednosti sjajnosti nakon određenog broja prolaza, te pokazuje razlike između uzoraka. Broj uzorka nalazi se ispod -x osi.

početna sjajnost i 400 prolaza kategorije broj uzorka i početna sjajnost

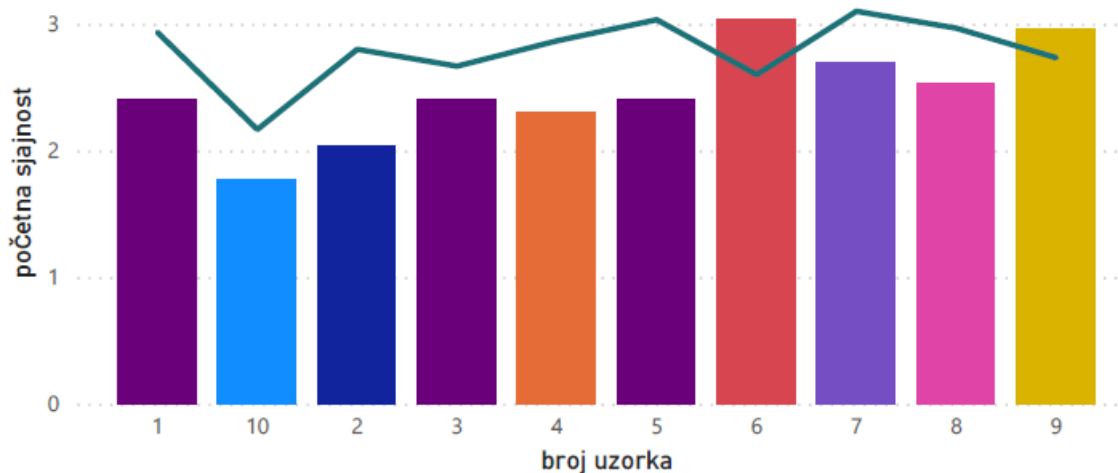
početna sjajnost ● 1,766666... ● 2,033333... ● 2,3 ● 2,4 ● 2,53333... ● 2,70000... ● 2,96666...



Slika 31. Sjajnost hrastovine nakon 400 prolaza

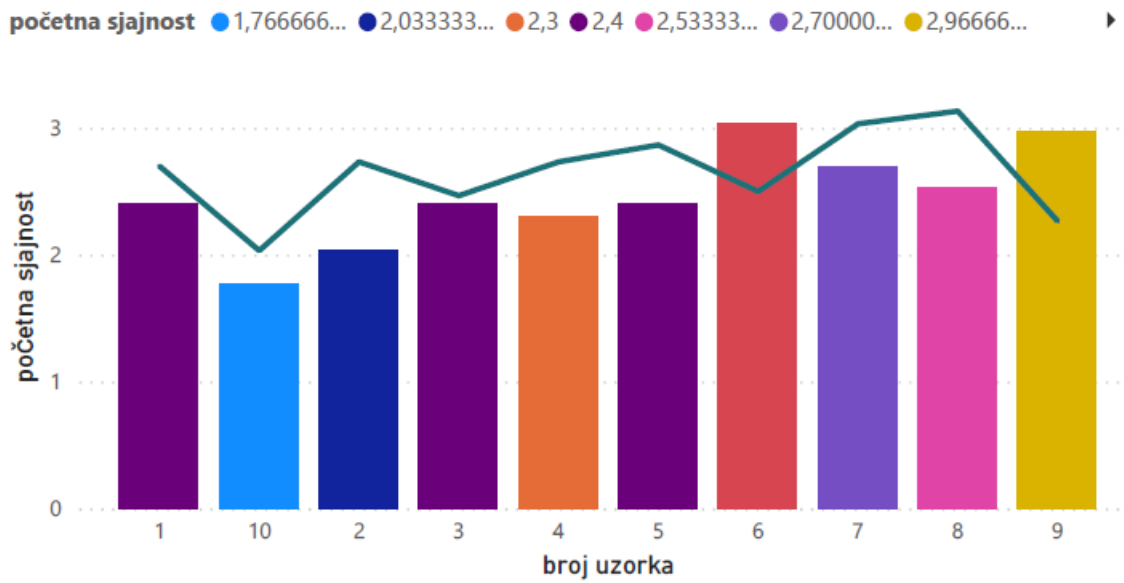
početna sjajnost i 800 prolaza kategorije broj uzorka i početna sjajnost

početna sjajnost ● 1,766666... ● 2,033333... ● 2,3 ● 2,4 ● 2,53333... ● 2,70000... ● 2,96666...



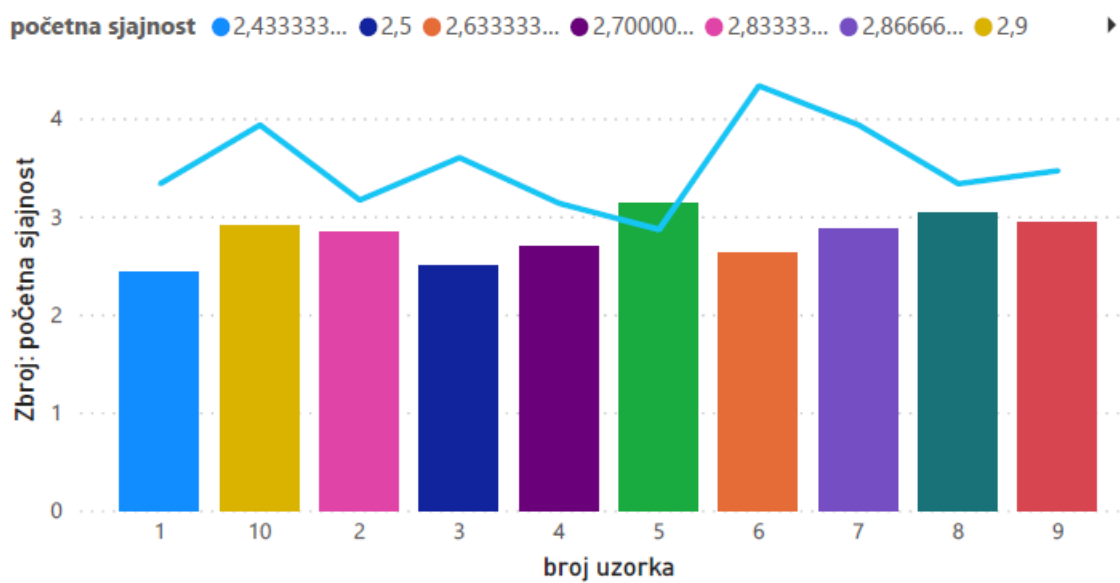
Slika 32. Sjajnost hrastovine nakon 800 prolaza

početna sjajnost i 1500 prolaza kategorije broj uzorka i početna sjajnost



Slika 33. Sjajnost hrastovine nakon 1500 prolaza

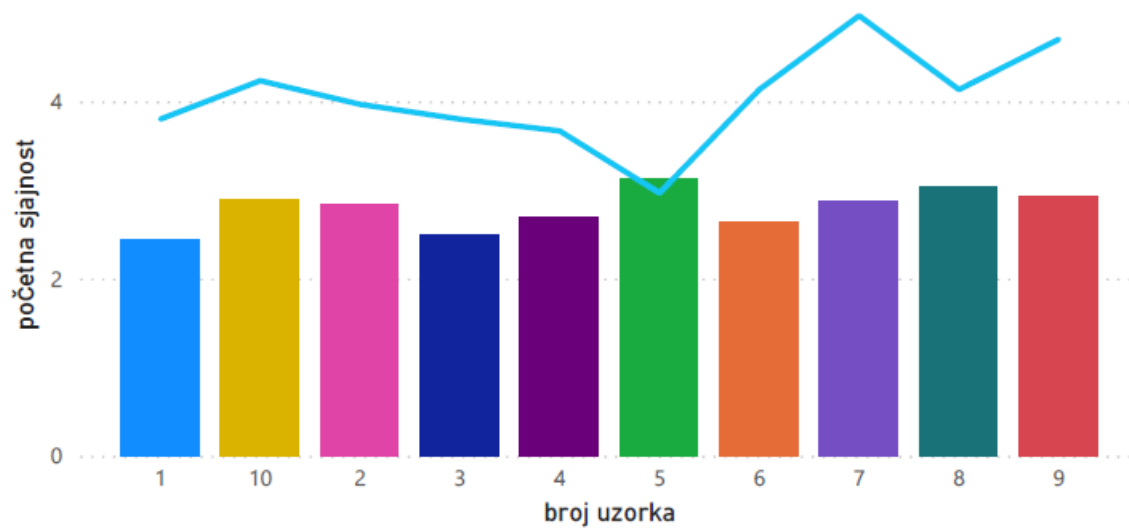
Zbroj: početna sjajnost i 400 prolaza kategorije broj uzorka i početna sjajnost



Slika 34. Sjajnost jelovine nakon 400 prolaza

početna sjajnost i 800 prolaza kategorije broj uzorka i početna sjajnost

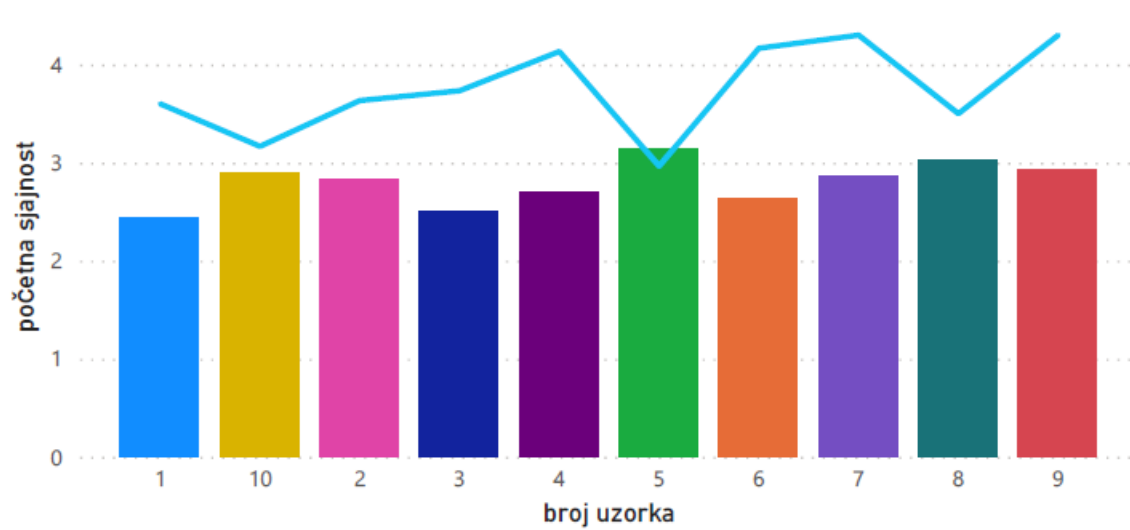
početna sjajnost ● 2,433333... ● 2,5 ● 2,633333... ● 2,70000... ● 2,83333... ● 2,86666... ● 2,9 ▶



Slika 35. Sjajnost jelovine nakon 800 prolaza

početna sjajnost i 1500 prolaza kategorije broj uzorka i početna sjajnost

početna sjajnost ● 2,433333... ● 2,5 ● 2,633333... ● 2,70000... ● 2,83333... ● 2,86666... ● 2,9 ▶



Slika 36. Sjajnost jelovine nakon 1500 prolaza

## 4.5 Ispitivanje hrapavosti površine

Na uzorcima na kojima je proveden Taber test, provedeno je ispitivanje hrapavosti površine. Hrapavost je isto tako ispitivana nakon svakog određenog broja prolaza Taber testa na 400, 800 i 1500.

Za ispitivanje smo koristili uređaj „Garant 49 9030 ST1“. Prijenosni uređaj za precizno mjerenje hrapavosti površine i dokumentiranje prema standardima, koji funkcioniра koristeći metodu olovke.



Slika 37. Prikaz mjerenja hrapavosti površine



Slika 38. Prikaz zaslona uređaja za mjerenje hrapavosti

## 4.6 Rezultati ispitivanja

U sljedećim tablicama prikazani su analitički rezultati ispitivanja sjajnosti za hrastovinu i jelovinu. Početne vrijednosti uzoraka hrastovine:

Tablica 8. Početne vrijednosti hrastovine

Broj uzorka	VRIJEDNOSTI ( početna ) [ $\mu\text{m}$ ]									
	Ra1	Ra2	Ra3	Ra	$\sigma R_a$	Rz1	Rz2	Rz3	Rz	$\sigma R_z$
2-1	4,084	4,725	3,830	<b>4,213</b>	<b>0,461</b>	26,300	35,200	25,650	<b>29,050</b>	<b>5,336</b>
2-2	10,100	15,150	10,140	<b>11,797</b>	<b>2,904</b>	59,820	75,280	49,590	<b>61,563</b>	<b>12,933</b>
2-3	4,547	5,766	4,792	<b>5,035</b>	<b>0,645</b>	29,050	34,210	31,230	<b>31,497</b>	<b>2,590</b>
2-4	5,036	5,076	6,197	<b>5,436</b>	<b>0,659</b>	32,010	29,670	39,670	<b>33,783</b>	<b>5,231</b>
2-5	4,999	4,121	4,399	<b>4,506</b>	<b>0,449</b>	31,130	22,380	26,180	<b>26,563</b>	<b>4,388</b>
2-6	7,472	5,359	6,362	<b>6,398</b>	<b>1,057</b>	44,380	28,260	38,380	<b>37,007</b>	<b>8,147</b>
2-7	6,907	7,590	5,092	<b>6,530</b>	<b>1,291</b>	46,090	49,740	35,210	<b>43,680</b>	<b>7,559</b>
2-8	6,965	4,759	6,545	<b>6,090</b>	<b>1,171</b>	40,750	30,200	35,210	<b>35,387</b>	<b>5,277</b>
2-9	2,897	2,510	3,751	<b>3,053</b>	<b>0,635</b>	22,820	16,230	28,650	<b>22,567</b>	<b>6,214</b>
2-10	13,700	9,634	13,070	<b>12,135</b>	<b>2,188</b>	67,970	62,070	68,510	<b>66,183</b>	<b>3,572</b>

Rmax1	Rmax2	Rmax3	<b>R<sub>max</sub></b>	<b><math>\sigma R_{max}</math></b>	Rp1	Rp2	Rp3	<b>R<sub>p</sub></b>	<b><math>\sigma R_p</math></b>
43,120	51,820	43,350	<b>46,097</b>	<b>4,958</b>	10,040	13,060	7,765	<b>10,288</b>	<b>2,656</b>
102,600	102,200	101,400	<b>102,067</b>	<b>0,611</b>	23,340	33,310	19,770	<b>25,473</b>	<b>7,018</b>
39,980	57,250	48,150	<b>48,460</b>	<b>8,639</b>	12,580	12,220	13,300	<b>12,700</b>	<b>0,550</b>
68,200	61,900	110,600	<b>80,233</b>	<b>26,486</b>	11,600	11,970	14,720	<b>12,763</b>	<b>1,705</b>
55,720	29,650	43,700	<b>43,023</b>	<b>13,048</b>	14,470	9,928	10,400	<b>11,599</b>	<b>2,497</b>
70,050	34,910	64,200	<b>56,387</b>	<b>18,828</b>	14,370	11,170	14,960	<b>13,500</b>	<b>2,039</b>
59,980	64,720	80,750	<b>68,483</b>	<b>10,884</b>	16,500	18,390	10,850	<b>15,247</b>	<b>3,923</b>
64,060	41,100	55,610	<b>53,590</b>	<b>11,613</b>	14,900	9,309	13,200	<b>12,470</b>	<b>2,866</b>
34,960	26,310	60,760	<b>40,677</b>	<b>17,922</b>	10,040	7,406	12,670	<b>10,039</b>	<b>2,632</b>
116,400	98,570	81,090	<b>98,687</b>	<b>17,655</b>	29,620	23,550	28,030	<b>27,067</b>	<b>3,148</b>

Rt1	Rt2	Rt3	<b>R<sub>t</sub></b>	<b><math>\sigma R_t</math></b>	Rq1	Rq2	Rq3	<b>R<sub>q</sub></b>	<b><math>\sigma R_q</math></b>
43,120	51,860	45,120	<b>46,700</b>	<b>4,579</b>	5,544	6,796	5,441	<b>5,927</b>	<b>0,754</b>
102,600	102,200	101,400	<b>102,067</b>	<b>0,611</b>	13,690	19,120	15,000	<b>15,937</b>	<b>2,834</b>
40,800	57,250	55,480	<b>51,177</b>	<b>9,030</b>	5,973	8,664	6,821	<b>7,153</b>	<b>1,376</b>
68,200	61,900	110,600	<b>80,233</b>	<b>26,486</b>	7,943	7,710	11,630	<b>9,094</b>	<b>2,199</b>
55,720	32,660	43,700	<b>44,027</b>	<b>11,533</b>	6,976	5,309	6,221	<b>6,169</b>	<b>0,835</b>
70,050	40,340	64,200	<b>58,197</b>	<b>15,739</b>	10,740	6,871	9,104	<b>8,905</b>	<b>1,942</b>
68,090	75,440	80,750	<b>74,760</b>	<b>6,357</b>	9,845	10,720	7,987	<b>9,517</b>	<b>1,396</b>
64,060	42,320	55,610	<b>53,997</b>	<b>10,959</b>	10,000	6,650	9,032	<b>8,561</b>	<b>1,724</b>
40,160	26,310	60,760	<b>42,410</b>	<b>17,335</b>	3,914	3,402	6,758	<b>4,691</b>	<b>1,808</b>
116,400	99,610	87,780	<b>101,263</b>	<b>14,381</b>	18,520	13,900	16,140	<b>16,187</b>	<b>2,310</b>

Vrijednosti za uzorke hrastovine nakon 400 prolaza:

Tablica 9. Vrijednosti hrastovine nakon 400 prolaza

R <sub>a1</sub>	R <sub>a2</sub>	R <sub>a3</sub>	<b>R<sub>a</sub></b>	<b>σR<sub>a</sub></b>	R <sub>z1</sub>	R <sub>z2</sub>	R <sub>z3</sub>	<b>R<sub>z</sub></b>	<b>σR<sub>z</sub></b>
2,090	2,040	4,553	<b>2,894</b>	<b>1,437</b>	12,930	12,920	29,910	<b>18,587</b>	<b>9,806</b>
3,919	3,612	4,358	<b>3,963</b>	<b>0,375</b>	24,570	24,310	24,560	<b>24,480</b>	<b>0,147</b>
2,858	2,412	2,549	<b>2,606</b>	<b>0,228</b>	19,340	13,980	15,990	<b>16,437</b>	<b>2,708</b>
5,360	6,306	9,550	<b>7,072</b>	<b>2,198</b>	31,770	30,950	49,890	<b>37,537</b>	<b>10,706</b>
2,561	2,689	2,594	<b>2,615</b>	<b>0,066</b>	15,780	17,730	17,820	<b>17,110</b>	<b>1,153</b>
3,718	3,770	6,836	<b>4,775</b>	<b>1,785</b>	21,530	23,550	29,010	<b>24,697</b>	<b>3,870</b>
2,805	5,321	4,591	<b>4,239</b>	<b>1,294</b>	16,990	32,640	29,160	<b>26,263</b>	<b>8,217</b>
4,446	2,480	3,653	<b>3,526</b>	<b>0,989</b>	28,250	17,890	26,630	<b>24,257</b>	<b>5,573</b>
9,276	3,507	7,870	<b>6,884</b>	<b>3,008</b>	54,890	23,500	47,420	<b>41,937</b>	<b>16,398</b>
7,026	8,978	4,501	<b>6,835</b>	<b>2,245</b>	41,420	50,540	31,870	<b>41,277</b>	<b>9,336</b>

R <sub>max1</sub>	R <sub>max2</sub>	R <sub>max3</sub>	<b>R<sub>max</sub></b>	<b>σR<sub>max</sub></b>	R <sub>p1</sub>	R <sub>p2</sub>	R <sub>p3</sub>	<b>R<sub>p</sub></b>	<b>σR<sub>p</sub></b>
15,050	17,450	58,440	<b>30,313</b>	<b>24,388</b>	5,788	6,316	9,958	<b>7,354</b>	<b>2,271</b>
36,880	46,250	44,330	<b>42,487</b>	<b>4,950</b>	8,102	9,375	9,441	<b>8,973</b>	<b>0,755</b>
51,400	22,010	17,430	<b>30,280</b>	<b>18,433</b>	6,206	5,609	7,765	<b>6,527</b>	<b>1,113</b>
60,050	64,750	59,100	<b>61,300</b>	<b>3,025</b>	11,430	12,130	15,440	<b>13,000</b>	<b>2,142</b>
24,930	23,040	22,190	<b>23,387</b>	<b>1,403</b>	6,892	6,769	5,640	<b>6,434</b>	<b>0,690</b>
30,710	51,630	84,020	<b>55,453</b>	<b>26,860</b>	7,320	9,851	13,930	<b>10,367</b>	<b>3,335</b>
26,670	44,650	58,340	<b>43,220</b>	<b>15,883</b>	8,981	10,220	9,550	<b>9,584</b>	<b>0,620</b>
73,630	38,730	57,940	<b>56,767</b>	<b>17,480</b>	9,065	6,303	7,705	<b>7,691</b>	<b>1,381</b>
123,900	43,860	90,750	<b>86,170</b>	<b>40,216</b>	19,710	8,009	14,420	<b>14,046</b>	<b>5,859</b>
67,650	69,000	53,020	<b>63,223</b>	<b>8,862</b>	15,900	17,330	12,640	<b>15,290</b>	<b>2,404</b>

R <sub>t1</sub>	R <sub>t2</sub>	R <sub>t3</sub>	<b>R<sub>t</sub></b>	<b>σR<sub>t</sub></b>	R <sub>q1</sub>	R <sub>q2</sub>	R <sub>q3</sub>	<b>R<sub>q</sub></b>	<b>σR<sub>q</sub></b>
18,180	17,450	58,440	<b>31,357</b>	<b>23,458</b>	2,633	2,574	7,458	<b>4,222</b>	<b>2,803</b>
37,030	46,250	44,330	<b>42,537</b>	<b>4,865</b>	5,353	5,119	6,442	<b>5,638</b>	<b>0,706</b>
51,400	22,010	20,750	<b>31,387</b>	<b>17,344</b>	5,153	3,216	3,255	<b>3,875</b>	<b>1,107</b>
60,050	64,750	60,950	<b>61,917</b>	<b>2,495</b>	8,592	9,605	13,100	<b>10,432</b>	<b>2,365</b>
27,200	23,040	23,790	<b>24,677</b>	<b>2,217</b>	3,394	3,623	3,592	<b>3,536</b>	<b>0,124</b>
30,710	51,630	84,020	<b>55,453</b>	<b>26,860</b>	5,099	5,831	12,760	<b>7,897</b>	<b>4,228</b>
26,670	47,160	58,340	<b>44,057</b>	<b>16,061</b>	3,827	7,828	7,636	<b>6,430</b>	<b>2,257</b>
73,630	37,830	57,940	<b>56,467</b>	<b>17,945</b>	8,151	3,781	6,724	<b>6,219</b>	<b>2,228</b>
127,900	43,860	91,510	<b>87,757</b>	<b>42,146</b>	16,320	5,799	13,150	<b>11,756</b>	<b>5,397</b>
67,650	71,330	53,020	<b>64,000</b>	<b>9,685</b>	10,780	12,390	7,049	<b>10,073</b>	<b>2,740</b>

Vrijednosti za uzorke hrastovine nakon 800 prolaza:

Tablica 10. Vrijednosti hrastovine nakon 800 prolaza

R <sub>a1</sub>	R <sub>a2</sub>	R <sub>a3</sub>	<b>R<sub>a</sub></b>	<b>σR<sub>a</sub></b>	R <sub>z1</sub>	R <sub>z2</sub>	R <sub>z3</sub>	<b>R<sub>z</sub></b>	<b>σR<sub>z</sub></b>
5,254	3,322	2,375	<b>3,650</b>	<b>1,467</b>	29,760	21,790	14,730	<b>22,093</b>	<b>7,520</b>
3,236	3,819	3,978	<b>3,678</b>	<b>0,391</b>	23,630	22,860	23,360	<b>23,283</b>	<b>0,391</b>
2,297	4,017	3,960	<b>3,425</b>	<b>0,977</b>	18,560	28,130	23,200	<b>23,297</b>	<b>4,786</b>
5,599	5,537	5,269	<b>5,468</b>	<b>0,175</b>	36,620	30,800	28,410	<b>31,943</b>	<b>4,223</b>
6,504	6,506	3,731	<b>5,580</b>	<b>1,602</b>	42,900	36,690	27,850	<b>35,813</b>	<b>7,563</b>
2,997	2,644	3,165	<b>2,935</b>	<b>0,266</b>	17,700	16,310	17,540	<b>17,183</b>	<b>0,761</b>
5,247	8,252	6,547	<b>6,682</b>	<b>1,507</b>	28,510	52,460	33,700	<b>38,223</b>	<b>12,599</b>
4,401	1,909	2,002	<b>2,771</b>	<b>1,413</b>	27,300	13,040	15,630	<b>18,657</b>	<b>7,597</b>
8,447	5,010	2,738	<b>5,398</b>	<b>2,874</b>	62,240	35,960	22,620	<b>40,273</b>	<b>20,159</b>
4,845	5,560	5,842	<b>5,416</b>	<b>0,514</b>	31,860	34,790	41,400	<b>36,017</b>	<b>4,887</b>

R <sub>max1</sub>	R <sub>max2</sub>	R <sub>max3</sub>	<b>R<sub>max</sub></b>	<b>σR<sub>max</sub></b>	R <sub>p1</sub>	R <sub>p2</sub>	R <sub>p3</sub>	<b>R<sub>p</sub></b>	<b>σR<sub>p</sub></b>
59,370	41,850	23,550	<b>41,590</b>	<b>17,911</b>	12,570	7,377	7,338	<b>9,095</b>	<b>3,010</b>
37,890	48,150	46,500	<b>44,180</b>	<b>5,509</b>	8,404	8,459	9,394	<b>8,752</b>	<b>0,556</b>
26,290	38,910	34,700	<b>33,300</b>	<b>6,425</b>	6,763	9,451	10,050	<b>8,755</b>	<b>1,751</b>
58,790	49,790	44,170	<b>50,917</b>	<b>7,375</b>	13,490	11,710	11,070	<b>12,090</b>	<b>1,254</b>
68,390	96,740	57,330	<b>74,153</b>	<b>20,327</b>	11,740	12,950	7,587	<b>10,759</b>	<b>2,813</b>
31,510	28,060	33,990	<b>31,187</b>	<b>2,978</b>	7,468	7,254	7,194	<b>7,305</b>	<b>0,144</b>
61,370	90,670	66,810	<b>72,950</b>	<b>15,585</b>	11,010	16,160	11,870	<b>13,013</b>	<b>2,759</b>
57,890	17,890	21,770	<b>32,517</b>	<b>22,059</b>	9,560	5,701	6,369	<b>7,210</b>	<b>2,062</b>
116,300	77,890	31,520	<b>75,237</b>	<b>42,452</b>	19,400	10,750	6,707	<b>12,286</b>	<b>6,484</b>
39,530	67,830	71,790	<b>59,717</b>	<b>17,594</b>	9,846	10,710	12,110	<b>10,889</b>	<b>1,143</b>

R <sub>t1</sub>	R <sub>t2</sub>	R <sub>t3</sub>	<b>R<sub>t</sub></b>	<b>σR<sub>t</sub></b>	R <sub>q1</sub>	R <sub>q2</sub>	R <sub>q3</sub>	<b>R<sub>q</sub></b>	<b>σR<sub>q</sub></b>
59,370	43,240	23,550	<b>42,053</b>	<b>17,939</b>	8,839	5,218	3,112	<b>5,723</b>	<b>2,897</b>
38,290	48,150	46,500	<b>44,313</b>	<b>5,281</b>	4,634	5,834	5,982	<b>5,483</b>	<b>0,739</b>
26,290	39,840	35,010	<b>33,713</b>	<b>6,867</b>	3,129	5,912	5,431	<b>4,824</b>	<b>1,487</b>
58,790	50,750	44,170	<b>51,237</b>	<b>7,322</b>	8,814	7,946	7,310	<b>8,023</b>	<b>0,755</b>
68,710	96,740	57,330	<b>74,260</b>	<b>20,283</b>	10,230	11,670	6,339	<b>9,413</b>	<b>2,758</b>
31,510	28,520	33,990	<b>31,340</b>	<b>2,739</b>	4,261	3,820	4,561	<b>4,214</b>	<b>0,373</b>
61,370	91,020	66,810	<b>73,067</b>	<b>15,784</b>	8,731	12,970	10,430	<b>10,710</b>	<b>2,133</b>
57,890	20,780	22,260	<b>33,643</b>	<b>21,011</b>	7,176	2,585	2,755	<b>4,172</b>	<b>2,603</b>
116,300	77,890	33,880	<b>76,023</b>	<b>41,242</b>	15,480	8,486	4,188	<b>9,385</b>	<b>5,699</b>
46,520	67,830	71,790	<b>62,047</b>	<b>13,591</b>	6,932	9,040	9,425	<b>8,466</b>	<b>1,342</b>



Vrijednosti za uzorke hrastovine nakon 1500 prolaza:

Tablica 11. Vrijednosti hrastovine nakon 1500 prolaza

R <sub>a1</sub>	R <sub>a2</sub>	R <sub>a3</sub>	<b><u>R<sub>a</sub></u></b>	<b><u>σR<sub>a</sub></u></b>	R <sub>z1</sub>	R <sub>z2</sub>	R <sub>z3</sub>	<b><u>R<sub>z</sub></u></b>	<b><u>σR<sub>z</sub></u></b>
3,236	3,322	2,375	<b>2,978</b>	<b>0,524</b>	23,630	21,790	14,730	<b>20,050</b>	<b>4,698</b>
3,236	3,819	3,165	<b>3,407</b>	<b>0,359</b>	23,630	22,860	17,540	<b>21,343</b>	<b>3,316</b>
2,297	3,731	3,960	<b>3,329</b>	<b>0,901</b>	18,560	27,850	23,200	<b>23,203</b>	<b>4,645</b>
4,547	5,537	5,269	<b>5,118</b>	<b>0,512</b>	29,050	30,800	28,410	<b>29,420</b>	<b>1,237</b>
6,504	6,506	2,375	<b>5,128</b>	<b>2,384</b>	42,900	36,690	14,730	<b>31,440</b>	<b>14,801</b>
2,997	2,644	2,375	<b>2,672</b>	<b>0,312</b>	17,700	16,310	14,730	<b>16,247</b>	<b>1,486</b>
5,247	5,842	6,547	<b>5,879</b>	<b>0,651</b>	28,510	52,460	41,400	<b>40,790</b>	<b>11,987</b>
2,897	1,909	2,002	<b>2,269</b>	<b>0,546</b>	22,820	13,040	15,630	<b>17,163</b>	<b>5,067</b>
6,965	5,010	2,738	<b>4,904</b>	<b>2,115</b>	40,750	35,960	22,620	<b>33,110</b>	<b>9,395</b>
4,845	5,560	5,036	<b>5,147</b>	<b>0,370</b>	31,860	34,790	32,010	<b>32,887</b>	<b>1,650</b>

R <sub>max1</sub>	R <sub>max2</sub>	R <sub>max3</sub>	<b><u>R<sub>max</sub></u></b>	<b><u>σR<sub>max</sub></u></b>	R <sub>p1</sub>	R <sub>p2</sub>	R <sub>p3</sub>	<b><u>R<sub>p</sub></u></b>	<b><u>σR<sub>p</sub></u></b>
37,890	41,850	23,550	<b>34,430</b>	<b>9,628</b>	8,404	7,377	7,338	<b>7,706</b>	<b>0,605</b>
37,890	48,150	33,990	<b>40,010</b>	<b>7,314</b>	8,404	8,459	7,194	<b>8,019</b>	<b>0,715</b>
26,290	57,330	34,700	<b>39,440</b>	<b>16,054</b>	6,763	7,587	10,050	<b>8,133</b>	<b>1,710</b>
39,980	49,790	44,170	<b>44,647</b>	<b>4,922</b>	12,580	11,710	11,070	<b>11,787</b>	<b>0,758</b>
68,390	96,740	23,550	<b>62,893</b>	<b>36,903</b>	11,740	12,950	7,338	<b>10,676</b>	<b>2,953</b>
31,510	28,060	23,550	<b>27,707</b>	<b>3,992</b>	7,468	7,254	7,338	<b>7,353</b>	<b>0,108</b>
61,370	90,670	71,790	<b>74,610</b>	<b>14,852</b>	11,010	16,160	12,110	<b>13,093</b>	<b>2,712</b>
34,960	17,890	21,770	<b>24,873</b>	<b>8,948</b>	10,040	5,701	6,369	<b>7,370</b>	<b>2,336</b>
64,060	77,890	31,520	<b>57,823</b>	<b>23,806</b>	14,900	10,750	6,707	<b>10,786</b>	<b>4,097</b>
39,530	67,830	68,200	<b>58,520</b>	<b>16,447</b>	11,600	10,710	12,110	<b>11,473</b>	<b>0,709</b>

R <sub>t1</sub>	R <sub>t2</sub>	R <sub>t3</sub>	<b><u>R<sub>t</sub></u></b>	<b><u>σR<sub>t</sub></u></b>	R <sub>q1</sub>	R <sub>q2</sub>	R <sub>q3</sub>	<b><u>R<sub>q</sub></u></b>	<b><u>σR<sub>q</sub></u></b>
38,290	43,240	23,550	<b>35,027</b>	<b>10,243</b>	4,634	5,218	3,112	<b>4,321</b>	<b>1,087</b>
38,290	48,150	33,990	<b>40,143</b>	<b>7,260</b>	4,634	5,834	4,561	<b>5,010</b>	<b>0,715</b>
26,290	57,330	35,010	<b>39,543</b>	<b>16,009</b>	3,129	6,339	5,431	<b>4,966</b>	<b>1,655</b>
40,800	50,750	44,170	<b>45,240</b>	<b>5,061</b>	5,973	7,946	7,310	<b>7,076</b>	<b>1,007</b>
68,710	96,740	23,550	<b>63,000</b>	<b>36,928</b>	10,230	11,670	3,112	<b>8,337</b>	<b>4,582</b>
31,510	28,520	23,550	<b>27,860</b>	<b>4,021</b>	4,261	3,820	3,112	<b>3,731</b>	<b>0,580</b>
61,370	91,020	71,790	<b>74,727</b>	<b>15,042</b>	8,731	12,970	9,425	<b>10,375</b>	<b>2,274</b>
40,160	20,780	22,260	<b>27,733</b>	<b>10,787</b>	3,914	2,585	2,755	<b>3,085</b>	<b>0,723</b>
64,060	77,890	33,880	<b>58,610</b>	<b>22,505</b>	10,000	8,486	4,188	<b>7,558</b>	<b>3,015</b>
68,200	67,830	71,790	<b>69,273</b>	<b>2,187</b>	7,943	9,040	9,425	<b>8,803</b>	<b>0,769</b>

Početne vrijednosti uzoraka jelovine:

Tablica 12. Početne vrijednosti jelovine

Broj Uzorka	VRIJEDNOSTI ( početna ) [ $\mu\text{m}$ ]									
	R <sub>a1</sub>	R <sub>a2</sub>	R <sub>a3</sub>	R <sub>a</sub>	$\sigma R_a$	R <sub>z1</sub>	R <sub>z2</sub>	R <sub>z3</sub>	R <sub>z</sub>	$\sigma R_z$
1-1	5,321	4,992	5,618	<b>5,310</b>	<b>0,313</b>	30,680	30,690	34,250	<b>31,873</b>	<b>2,058</b>
1-2	3,506	4,492	4,863	<b>4,287</b>	<b>0,701</b>	21,930	27,710	29,450	<b>26,363</b>	<b>3,937</b>
1-3	4,418	5,946	5,531	<b>5,298</b>	<b>0,790</b>	26,550	37,010	35,940	<b>33,167</b>	<b>5,755</b>
1-4	4,222	4,621	4,015	<b>4,286</b>	<b>0,308</b>	29,860	25,390	26,310	<b>27,187</b>	<b>2,360</b>
1-5	5,126	4,521	4,531	<b>4,726</b>	<b>0,346</b>	35,830	31,890	27,210	<b>31,643</b>	<b>4,315</b>
1-6	4,439	4,905	4,842	<b>4,729</b>	<b>0,253</b>	31,080	33,950	30,810	<b>31,947</b>	<b>1,740</b>
1-7	4,534	4,155	4,846	<b>4,512</b>	<b>0,346</b>	28,870	27,700	32,070	<b>29,547</b>	<b>2,262</b>
1-8	3,244	3,280	2,832	<b>3,119</b>	<b>0,249</b>	23,380	20,390	19,650	<b>21,140</b>	<b>1,975</b>
1-9	4,439	4,005	4,496	<b>4,313</b>	<b>0,269</b>	29,640	26,390	26,960	<b>27,663</b>	<b>1,735</b>
1-10	3,114	2,939	3,605	<b>3,219</b>	<b>0,345</b>	18,360	21,350	24,110	<b>21,273</b>	<b>2,876</b>

R <sub>max1</sub>	R <sub>max2</sub>	R <sub>max3</sub>	<b>R<sub>max</sub></b>	<b><math>\sigma R_{max}</math></b>	R <sub>p1</sub>	R <sub>p2</sub>	R <sub>p3</sub>	<b>R<sub>p</sub></b>	<b><math>\sigma R_p</math></b>
34,050	41,630	45,410	<b>40,363</b>	<b>5,785</b>	13,420	15,420	14,870	<b>14,570</b>	<b>1,033</b>
30,220	44,210	40,830	<b>38,420</b>	<b>7,300</b>	9,766	11,620	13,900	<b>11,762</b>	<b>2,071</b>
34,000	77,210	55,290	<b>55,500</b>	<b>21,606</b>	11,240	17,250	17,840	<b>15,443</b>	<b>3,652</b>
41,170	30,110	29,100	<b>33,460</b>	<b>6,696</b>	14,060	12,070	13,190	<b>13,107</b>	<b>0,998</b>
45,950	41,240	32,960	<b>40,050</b>	<b>6,576</b>	14,670	12,510	11,840	<b>13,007</b>	<b>1,479</b>
34,800	36,850	36,320	<b>35,990</b>	<b>1,064</b>	14,900	14,680	15,520	<b>15,033</b>	<b>0,436</b>
37,290	38,370	36,590	<b>37,417</b>	<b>0,897</b>	13,110	11,490	15,310	<b>13,303</b>	<b>1,917</b>
31,240	25,270	23,790	<b>26,767</b>	<b>3,944</b>	9,312	9,596	8,389	<b>9,099</b>	<b>0,631</b>
35,630	31,980	35,620	<b>34,410</b>	<b>2,104</b>	13,750	11,880	12,880	<b>12,837</b>	<b>0,936</b>
21,580	24,350	27,310	<b>24,413</b>	<b>2,866</b>	8,588	9,014	11,180	<b>9,594</b>	<b>1,390</b>

R <sub>t1</sub>	R <sub>t2</sub>	R <sub>t3</sub>	<b>R<sub>t</sub></b>	<b><math>\sigma R_t</math></b>	R <sub>q1</sub>	R <sub>q2</sub>	R <sub>q3</sub>	<b>R<sub>q</sub></b>	<b><math>\sigma R_q</math></b>
36,050	46,750	49,180	<b>43,993</b>	<b>6,986</b>	6,502	6,178	7,241	<b>6,640</b>	<b>0,545</b>
31,030	44,210	40,830	<b>38,690</b>	<b>6,846</b>	4,490	6,125	6,028	<b>5,548</b>	<b>0,917</b>
35,620	77,210	71,660	<b>61,497</b>	<b>22,581</b>	5,535	9,688	7,703	<b>7,642</b>	<b>2,077</b>
49,280	32,830	32,920	<b>38,343</b>	<b>9,472</b>	5,614	5,634	5,016	<b>5,421</b>	<b>0,351</b>
46,550	41,240	34,700	<b>40,830</b>	<b>5,936</b>	6,691	5,976	5,708	<b>6,125</b>	<b>0,508</b>
36,100	40,800	36,320	<b>37,740</b>	<b>2,652</b>	5,923	6,246	5,988	<b>6,052</b>	<b>0,171</b>
37,590	38,370	40,030	<b>38,663</b>	<b>1,246</b>	5,872	5,447	6,184	<b>5,834</b>	<b>0,370</b>
32,300	25,270	26,400	<b>27,990</b>	<b>3,775</b>	4,303	4,109	3,620	<b>4,011</b>	<b>0,352</b>
38,970	31,980	36,570	<b>35,840</b>	<b>3,552</b>	5,639	5,107	5,766	<b>5,504</b>	<b>0,350</b>
21,770	27,810	32,810	<b>27,463</b>	<b>5,528</b>	3,815	3,844	4,521	<b>4,060</b>	<b>0,400</b>

Vrijednosti uzoraka jelovine nakon 400 prolaza:

Tablica 13. Vrijednosti jelovine nakon 400 prolaza

R <sub>a1</sub>	R <sub>a2</sub>	R <sub>a3</sub>	<b>R<sub>a</sub></b>	<b>σR<sub>a</sub></b>	R <sub>z1</sub>	R <sub>z2</sub>	R <sub>z3</sub>	<b>R<sub>z</sub></b>	<b>σR<sub>z</sub></b>
3,386	3,321	2,779	<b>3,162</b>	<b>0,333</b>	19,980	19,330	18,660	<b>19,323</b>	<b>0,660</b>
2,870	2,794	2,849	<b>2,838</b>	<b>0,039</b>	18,370	18,150	19,980	<b>18,833</b>	<b>0,999</b>
3,762	4,084	3,379	<b>3,742</b>	<b>0,353</b>	24,530	23,000	20,870	<b>22,800</b>	<b>1,838</b>
2,674	3,211	1,824	<b>2,570</b>	<b>0,699</b>	17,440	18,030	13,570	<b>16,347</b>	<b>2,423</b>
2,477	3,033	2,236	<b>2,582</b>	<b>0,409</b>	17,610	17,800	14,440	<b>16,617</b>	<b>1,887</b>
2,086	2,085	2,665	<b>2,279</b>	<b>0,335</b>	16,790	13,480	14,400	<b>14,890</b>	<b>1,709</b>
2,748	3,800	2,616	<b>3,055</b>	<b>0,649</b>	16,840	23,320	18,180	<b>19,447</b>	<b>3,421</b>
3,960	3,919	4,077	<b>3,985</b>	<b>0,082</b>	23,300	23,190	28,110	<b>24,867</b>	<b>2,809</b>
3,010	2,725	2,976	<b>2,904</b>	<b>0,156</b>	18,260	18,790	20,600	<b>19,217</b>	<b>1,227</b>
3,460	3,493	3,339	<b>3,431</b>	<b>0,081</b>	23,640	22,980	23,140	<b>23,253</b>	<b>0,344</b>

R <sub>max1</sub>	R <sub>max2</sub>	R <sub>max3</sub>	<b>R<sub>max</sub></b>	<b>σR<sub>max</sub></b>	R <sub>p1</sub>	R <sub>p2</sub>	R <sub>p3</sub>	<b>R<sub>p</sub></b>	<b>σR<sub>p</sub></b>
29,060	26,080	25,880	<b>27,007</b>	<b>1,781</b>	9,217	9,256	8,314	<b>8,929</b>	<b>0,533</b>
24,350	20,420	22,600	<b>22,457</b>	<b>1,969</b>	7,445	7,764	9,160	<b>8,123</b>	<b>0,912</b>
28,850	33,000	25,280	<b>29,043</b>	<b>3,864</b>	10,040	11,270	8,826	<b>10,045</b>	<b>1,222</b>
21,670	19,660	17,220	<b>19,517</b>	<b>2,228</b>	8,894	6,852	6,102	<b>7,283</b>	<b>1,445</b>
22,710	26,170	16,470	<b>21,783</b>	<b>4,916</b>	7,288	8,460	5,736	<b>7,161</b>	<b>1,366</b>
28,180	19,390	16,740	<b>21,437</b>	<b>5,988</b>	8,631	6,758	6,535	<b>7,308</b>	<b>1,151</b>
20,810	25,680	22,580	<b>23,023</b>	<b>2,465</b>	7,531	9,991	7,968	<b>8,497</b>	<b>1,312</b>
28,420	26,340	40,050	<b>31,603</b>	<b>7,389</b>	10,360	10,660	11,360	<b>10,793</b>	<b>0,513</b>
23,990	24,280	31,360	<b>26,543</b>	<b>4,174</b>	8,943	9,293	10,820	<b>9,685</b>	<b>0,998</b>
29,270	29,710	28,190	<b>29,057</b>	<b>0,782</b>	10,900	10,560	10,800	<b>10,753</b>	<b>0,175</b>

R <sub>t1</sub>	R <sub>t2</sub>	R <sub>t3</sub>	<b>R<sub>t</sub></b>	<b>σR<sub>t</sub></b>	R <sub>q1</sub>	R <sub>q2</sub>	R <sub>q3</sub>	<b>R<sub>q</sub></b>	<b>σR<sub>q</sub></b>
29,060	27,860	30,320	<b>29,080</b>	<b>1,230</b>	4,326	4,202	3,789	<b>4,106</b>	<b>0,281</b>
24,960	20,730	26,030	<b>23,907</b>	<b>2,803</b>	3,736	3,671	3,766	<b>3,724</b>	<b>0,049</b>
29,680	33,000	25,900	<b>29,527</b>	<b>3,552</b>	4,715	5,177	4,271	<b>4,721</b>	<b>0,453</b>
22,530	21,990	19,050	<b>21,190</b>	<b>1,873</b>	3,411	3,949	2,389	<b>3,250</b>	<b>0,792</b>
26,290	33,970	19,780	<b>26,680</b>	<b>7,103</b>	3,217	4,229	2,927	<b>3,458</b>	<b>0,684</b>
30,710	19,620	19,010	<b>23,113</b>	<b>6,586</b>	2,687	2,651	3,278	<b>2,872</b>	<b>0,352</b>
25,710	28,600	24,230	<b>26,180</b>	<b>2,223</b>	3,549	4,900	3,501	<b>3,983</b>	<b>0,794</b>
29,440	30,950	40,050	<b>33,480</b>	<b>5,740</b>	4,930	4,928	5,501	<b>5,120</b>	<b>0,330</b>
24,960	28,000	32,680	<b>28,547</b>	<b>3,889</b>	3,793	3,650	3,894	<b>3,779</b>	<b>0,123</b>
29,630	30,810	29,380	<b>29,940</b>	<b>0,764</b>	4,379	4,517	4,326	<b>4,407</b>	<b>0,099</b>

Vrijednosti uzoraka jelovine nakon 800 prolaza:

Tablica 14. Vrijednosti jelovine nakon 800 prolaza

R <sub>a1</sub>	R <sub>a2</sub>	R <sub>a3</sub>	<u>R<sub>a</sub></u>	<u>σR<sub>a</sub></u>	R <sub>z1</sub>	R <sub>z2</sub>	R <sub>z3</sub>	<u>R<sub>z</sub></u>	<u>σR<sub>z</sub></u>
3,588	2,941	3,643	<b>3,391</b>	<b>0,390</b>	22,990	17,280	23,430	<b>21,233</b>	<b>3,431</b>
2,330	2,747	2,390	<b>2,489</b>	<b>0,225</b>	15,100	18,460	16,670	<b>16,743</b>	<b>1,681</b>
3,992	3,316	4,352	<b>3,887</b>	<b>0,526</b>	23,850	20,720	23,910	<b>22,827</b>	<b>1,825</b>
2,483	3,091	3,220	<b>2,931</b>	<b>0,394</b>	14,760	19,760	19,400	<b>17,973</b>	<b>2,789</b>
2,850	2,719	3,049	<b>2,873</b>	<b>0,166</b>	17,470	15,190	20,940	<b>17,867</b>	<b>2,895</b>
2,466	1,789	2,526	<b>2,260</b>	<b>0,409</b>	14,030	12,360	15,380	<b>13,923</b>	<b>1,513</b>
2,777	3,516	2,760	<b>3,018</b>	<b>0,432</b>	15,950	23,030	16,360	<b>18,447</b>	<b>3,975</b>
3,616	2,374	3,336	<b>3,109</b>	<b>0,651</b>	26,380	15,580	18,780	<b>20,247</b>	<b>5,547</b>
2,418	2,373	2,676	<b>2,489</b>	<b>0,164</b>	15,910	16,190	17,070	<b>16,390</b>	<b>0,605</b>
3,548	4,319	3,835	<b>3,901</b>	<b>0,390</b>	22,250	23,780	20,530	<b>22,187</b>	<b>1,626</b>

R <sub>max1</sub>	R <sub>max2</sub>	R <sub>max3</sub>	<u>R<sub>max</sub></u>	<u>σR<sub>max</sub></u>	R <sub>p1</sub>	R <sub>p2</sub>	R <sub>p3</sub>	<u>R<sub>p</sub></u>	<u>σR<sub>p</sub></u>
28,610	21,800	40,020	<b>30,143</b>	<b>9,206</b>	10,170	8,170	12,260	<b>10,200</b>	<b>2,045</b>
19,770	25,060	26,670	<b>23,833</b>	<b>3,610</b>	6,803	9,171	7,895	<b>7,956</b>	<b>1,185</b>
31,280	24,870	27,900	<b>28,017</b>	<b>3,207</b>	11,370	10,320	9,787	<b>10,492</b>	<b>0,805</b>
17,810	24,110	22,310	<b>21,410</b>	<b>3,245</b>	6,525	8,466	6,748	<b>7,246</b>	<b>1,062</b>
29,200	19,010	31,290	<b>26,500</b>	<b>6,570</b>	9,484	7,099	10,420	<b>9,001</b>	<b>1,712</b>
15,970	13,540	21,330	<b>16,947</b>	<b>3,986</b>	5,639	6,488	7,779	<b>6,635</b>	<b>1,078</b>
17,960	29,430	20,610	<b>22,667</b>	<b>6,005</b>	7,282	10,530	7,769	<b>8,527</b>	<b>1,752</b>
34,170	20,000	21,840	<b>25,337</b>	<b>7,705</b>	12,130	6,378	8,775	<b>9,094</b>	<b>2,889</b>
22,660	19,980	18,800	<b>20,480</b>	<b>1,978</b>	6,135	7,290	6,710	<b>6,712</b>	<b>0,578</b>
25,900	30,490	26,620	<b>27,670</b>	<b>2,469</b>	10,250	11,610	9,593	<b>10,484</b>	<b>1,029</b>

R <sub>t1</sub>	R <sub>t2</sub>	R <sub>t3</sub>	<u>R<sub>t</sub></u>	<u>σR<sub>t</sub></u>	R <sub>q1</sub>	R <sub>q2</sub>	R <sub>q3</sub>	<u>R<sub>q</sub></u>	<u>σR<sub>q</sub></u>
30,530	21,800	40,020	<b>30,783</b>	<b>9,113</b>	4,637	3,655	4,646	<b>4,313</b>	<b>0,570</b>
22,230	26,410	26,670	<b>25,103</b>	<b>2,492</b>	2,949	3,678	3,200	<b>3,276</b>	<b>0,370</b>
33,370	25,990	29,530	<b>29,630</b>	<b>3,691</b>	5,175	4,200	5,364	<b>4,913</b>	<b>0,625</b>
19,890	28,470	23,690	<b>24,017</b>	<b>4,299</b>	3,101	3,923	4,144	<b>3,723</b>	<b>0,550</b>
31,070	22,860	33,170	<b>29,033</b>	<b>5,448</b>	3,916	3,411	4,183	<b>3,837</b>	<b>0,392</b>
16,490	17,110	26,550	<b>20,050</b>	<b>5,638</b>	3,053	2,322	3,405	<b>2,927</b>	<b>0,552</b>
21,710	30,570	20,610	<b>24,297</b>	<b>5,461</b>	3,418	4,605	3,353	<b>3,792</b>	<b>0,705</b>
37,750	20,000	23,500	<b>27,083</b>	<b>9,402</b>	4,588	2,980	4,129	<b>3,899</b>	<b>0,828</b>
22,660	20,950	19,490	<b>21,033</b>	<b>1,587</b>	3,140	3,071	3,329	<b>3,180</b>	<b>0,134</b>
27,990	31,360	27,480	<b>28,943</b>	<b>2,108</b>	4,533	5,414	4,885	<b>4,944</b>	<b>0,443</b>

Vrijednosti uzoraka jelovine nakon 1500 prolaza:

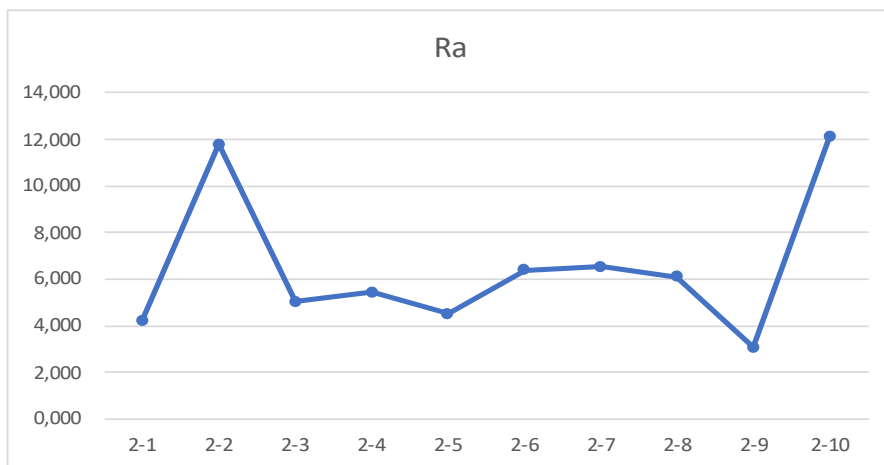
Tablica 15. Vrijednosti jelovine nakon 1500 prolaza

R <sub>a1</sub>	R <sub>a2</sub>	R <sub>a3</sub>	<b>R<sub>a</sub></b>	<b>σR<sub>a</sub></b>	R <sub>z1</sub>	R <sub>z2</sub>	R <sub>z3</sub>	<b>R<sub>z</sub></b>	<b>σR<sub>z</sub></b>
2,941	2,747	3,992	<b>3,227</b>	<b>0,670</b>	17,280	18,460	23,850	<b>19,863</b>	<b>3,503</b>
1,789	2,390	2,719	<b>2,299</b>	<b>0,472</b>	12,360	16,670	15,190	<b>14,740</b>	<b>2,190</b>
3,049	3,506	2,236	<b>2,930</b>	<b>0,643</b>	20,940	21,930	14,440	<b>19,103</b>	<b>4,069</b>
2,483	3,091	2,760	<b>2,778</b>	<b>0,304</b>	14,760	19,760	16,360	<b>16,960</b>	<b>2,553</b>
2,832	2,719	1,824	<b>2,458</b>	<b>0,552</b>	19,650	15,190	20,940	<b>18,593</b>	<b>3,017</b>
2,466	1,789	2,526	<b>2,260</b>	<b>0,409</b>	14,030	12,360	13,570	<b>13,320</b>	<b>0,863</b>
2,760	2,086	1,824	<b>2,223</b>	<b>0,483</b>	16,360	16,790	13,570	<b>15,573</b>	<b>1,748</b>
2,748	2,374	3,336	<b>2,819</b>	<b>0,485</b>	16,840	15,580	18,780	<b>17,067</b>	<b>1,612</b>
2,330	2,373	2,676	<b>2,460</b>	<b>0,189</b>	15,100	16,190	17,070	<b>16,120</b>	<b>0,987</b>
3,548	4,319	3,244	<b>3,704</b>	<b>0,554</b>	23,380	23,780	20,530	<b>22,563</b>	<b>1,772</b>

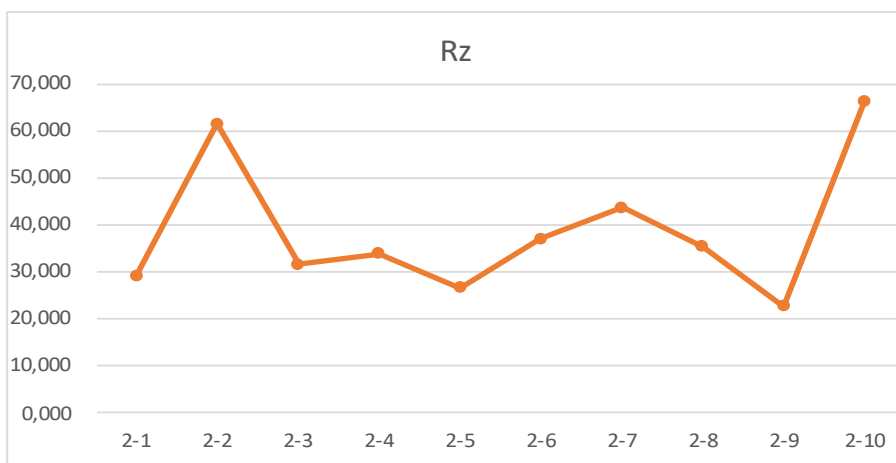
R <sub>max1</sub>	R <sub>max2</sub>	R <sub>max3</sub>	<b>R<sub>max</sub></b>	<b>σR<sub>max</sub></b>	R <sub>p1</sub>	R <sub>p2</sub>	R <sub>p3</sub>	<b>R<sub>p</sub></b>	<b>σR<sub>p</sub></b>
21,800	25,060	31,280	<b>26,047</b>	<b>4,816</b>	8,170	9,171	11,370	<b>9,570</b>	<b>1,637</b>
13,540	25,060	19,010	<b>19,203</b>	<b>5,762</b>	6,488	9,171	7,099	<b>7,586</b>	<b>1,406</b>
31,290	30,220	16,470	<b>25,993</b>	<b>8,265</b>	10,420	9,766	5,736	<b>8,641</b>	<b>2,537</b>
17,810	24,110	20,610	<b>20,843</b>	<b>3,156</b>	6,525	8,466	7,769	<b>7,587</b>	<b>0,983</b>
23,790	19,010	31,290	<b>24,697</b>	<b>6,190</b>	8,389	7,099	10,420	<b>8,636</b>	<b>1,674</b>
15,970	13,540	17,220	<b>15,577</b>	<b>1,871</b>	5,639	6,488	6,102	<b>6,076</b>	<b>0,425</b>
20,610	28,180	17,220	<b>22,003</b>	<b>5,611</b>	7,769	8,631	6,102	<b>7,501</b>	<b>1,286</b>
20,810	20,000	21,840	<b>20,883</b>	<b>0,922</b>	7,531	6,378	8,775	<b>7,561</b>	<b>1,199</b>
19,770	19,980	18,800	<b>19,517</b>	<b>0,629</b>	6,803	7,290	6,710	<b>6,934</b>	<b>0,312</b>
31,240	30,490	26,620	<b>29,450</b>	<b>2,479</b>	9,312	11,610	9,593	<b>10,172</b>	<b>1,254</b>

R <sub>t1</sub>	R <sub>t2</sub>	R <sub>t3</sub>	<b>R<sub>t</sub></b>	<b>σR<sub>t</sub></b>	R <sub>q1</sub>	R <sub>q2</sub>	R <sub>q3</sub>	<b>R<sub>q</sub></b>	<b>σR<sub>q</sub></b>
21,800	26,410	33,370	<b>27,193</b>	<b>5,825</b>	3,655	3,678	5,175	<b>4,169</b>	<b>0,871</b>
17,110	26,410	22,860	<b>22,127</b>	<b>4,693</b>	2,322	3,200	3,411	<b>2,978</b>	<b>0,578</b>
33,170	31,030	19,780	<b>27,993</b>	<b>7,193</b>	4,183	4,490	2,927	<b>3,867</b>	<b>0,828</b>
19,890	28,470	20,610	<b>22,990</b>	<b>4,759</b>	3,101	3,923	3,353	<b>3,459</b>	<b>0,421</b>
26,400	22,860	33,170	<b>27,477</b>	<b>5,239</b>	3,620	3,411	4,183	<b>3,738</b>	<b>0,399</b>
16,490	17,110	19,050	<b>17,550</b>	<b>1,336</b>	3,053	2,322	2,389	<b>2,588</b>	<b>0,404</b>
20,610	30,710	19,050	<b>23,457</b>	<b>6,330</b>	3,353	2,687	2,389	<b>2,810</b>	<b>0,494</b>
25,710	20,000	23,500	<b>23,070</b>	<b>2,879</b>	3,549	2,980	4,129	<b>3,553</b>	<b>0,575</b>
22,230	20,950	19,490	<b>20,890</b>	<b>1,371</b>	2,949	3,071	3,329	<b>3,116</b>	<b>0,194</b>
32,300	31,360	27,480	<b>30,380</b>	<b>2,555</b>	4,303	5,414	4,885	<b>4,867</b>	<b>0,556</b>

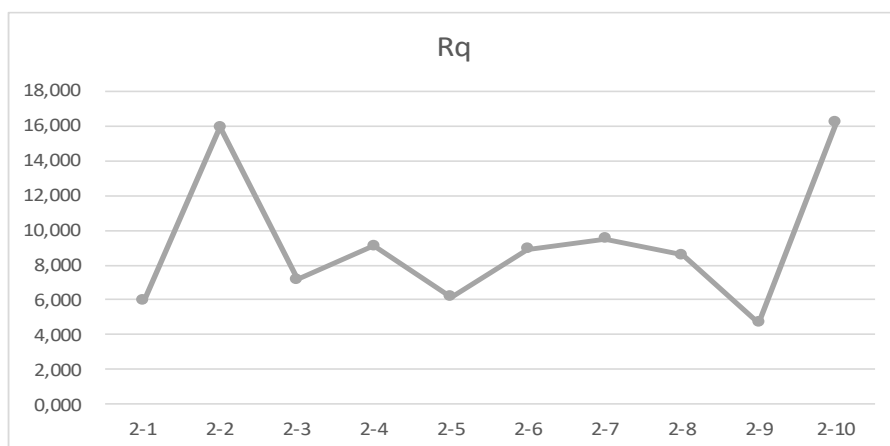
Na slikama 39 – 36, prikazane su vrijednosti rezultata hrapavosti površine. Vrijednosti parametara nalaze se u x, y koordinatnom sustavu. Na -y osi nalaze se točke prosječnih vrijednosti dobivenih rezultata parametara hrapavosti. Na -x osi je vidljiv broj uzorka. Graf spaja točke, koje su nastale spajanjem vrijednosti rezultata sa brojem uzorka, te prikazuje razlike, odnosno odstupanja između uzoraka.



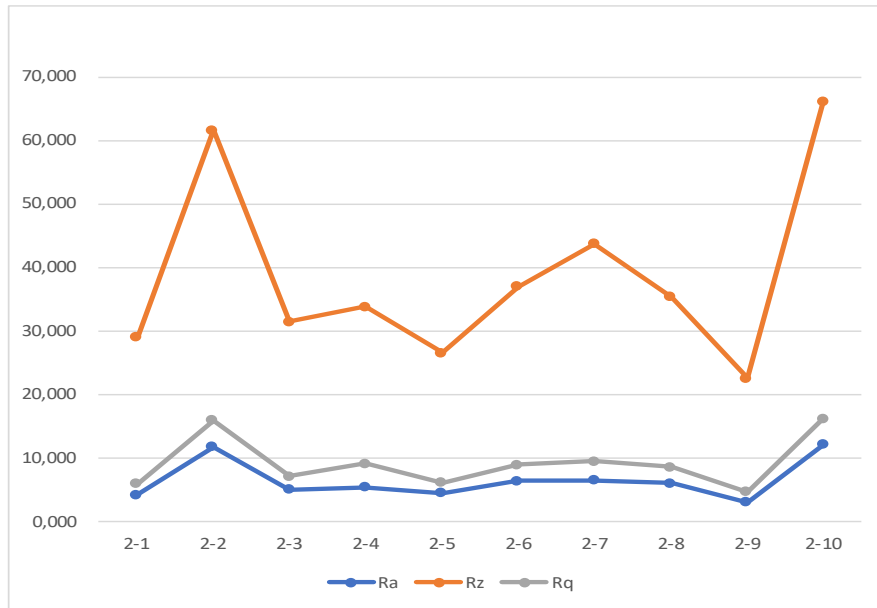
Slika 39.  $R_a$  hrastovine



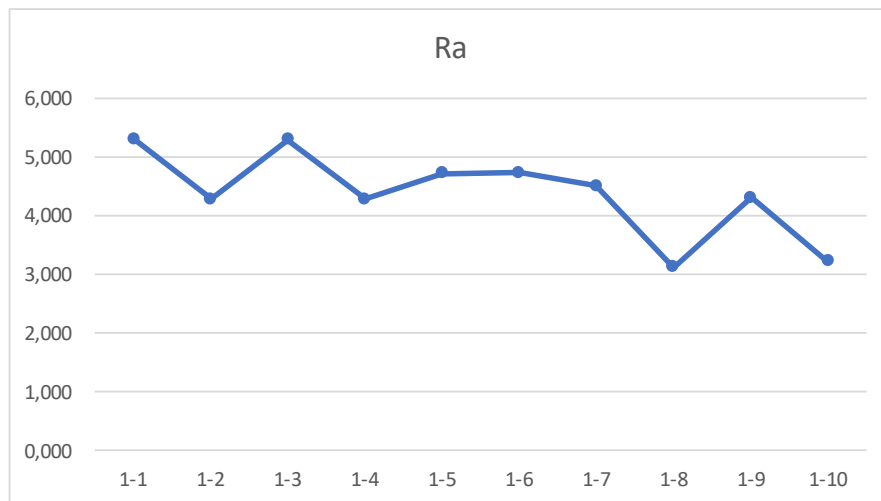
Slika 40.  $R_z$  hrastovine



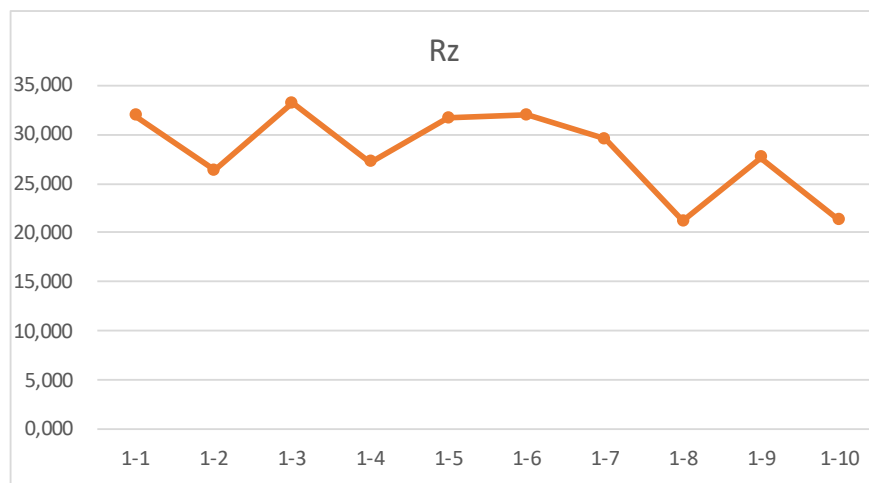
Slika 41.  $R_q$  hrastovine



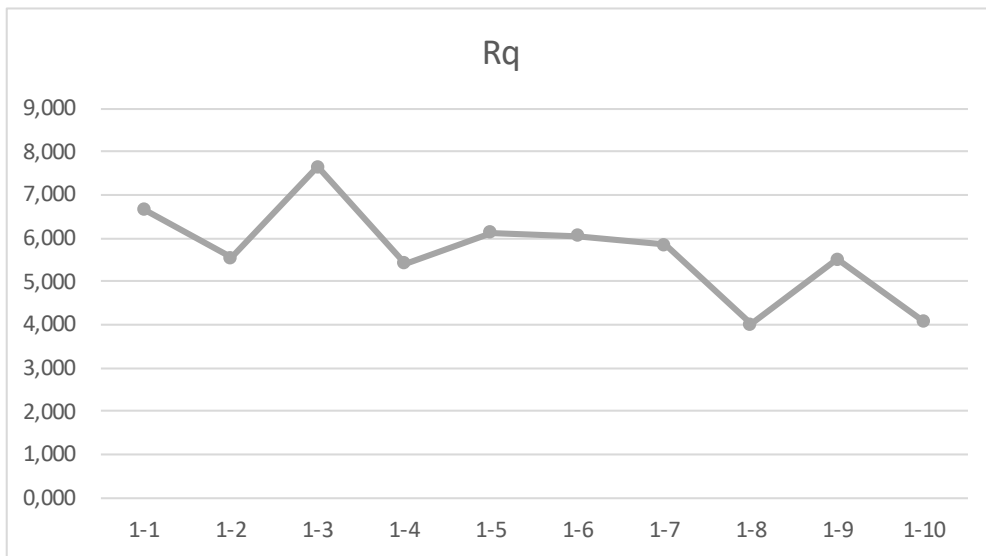
Slika 42.  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_q$  hrastovine



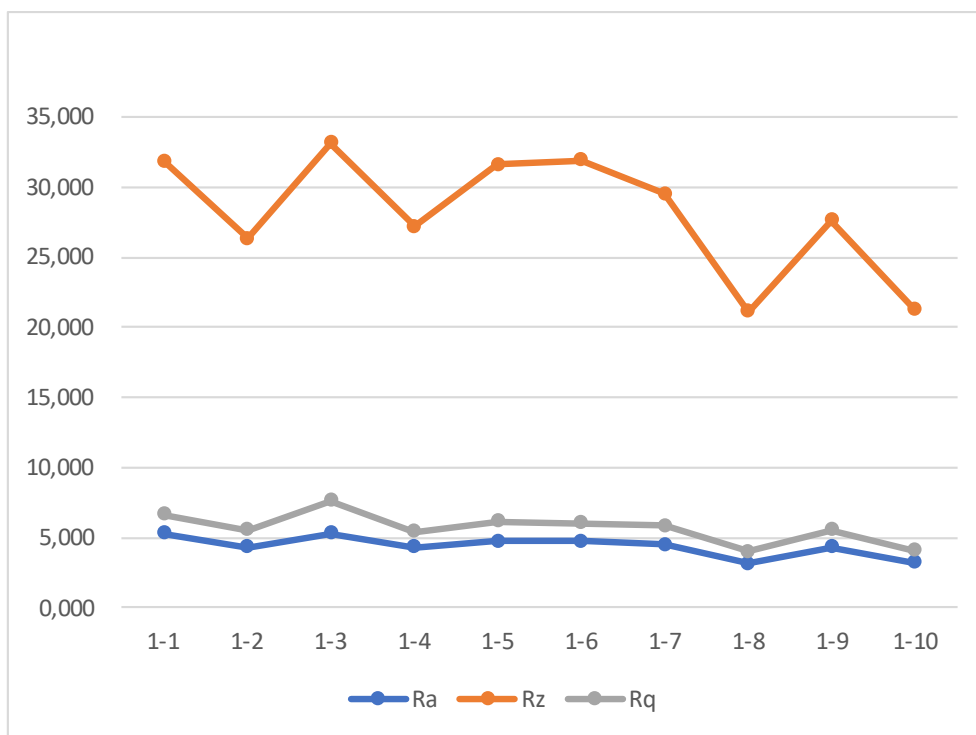
Slika 43.  $R_a$  jelovine



Slika 44.  $R_z$  jelovine



Slika 45.  $R_q$  jelovine



Slika 46.  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_q$  jelovine



## 4.7 Ispitivanje tvrdoće

Za ispitivanje tvrdoće koristili smo Brinell-ovu metodu. Površinu uzorka prije ispitivanja tvrdoće, nije potrebno previše pripremati. Dovoljno je bilo izbrusiti površinu.

Kuglicu od kaljenog čelika, promjera 5 mm utiskivali smo u uzorke hrastovine i jelovine. Za ispitivanje smo koristili uređaj sa sljedeće slike:



*Slika 47. Uređaj na kojemu je provedeno ispitivanje tvrdoće*

Nakon rasterećenja, sve nastale otiske od kaljene kuglice na hrastovini i jelovini smo obilježili, te pomoću preciznog uređaja izmjerili promjer koji je kuglica ostavila na površini uzorka.



*Slika 48. Prikaz otisaka čelične kuglice na uzorku jelovine*



*Slika 49. Prikaz otisaka čelične kuglice na uzorku hrastovine*



*Slika 50. Prikaz mjerenja promjera otiska čelične kuglice*

Za mjerenje promjera otiska kuglice može poslužiti i mikrometar, ali za još točnije mjerenje korišten je okular, lupa sa slike 50.

Vrijednost tvrdoće računa se prema sljedećem izrazu :

$$HB = \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

U kojem je :

HB – tvrdoća po Brinellu

F – sila pritiska

D – promjer kuglice

d – promjer otiska

## 4.8 Rezultati ispitivanja

U sljedećoj tablici, navedeni su rezultati ispitivanja tvrdoće po Brinellu za hrastovinu i jelovinu:

Tablica 16. Rezultati ispitivanja tvrdoće hrastovine i jelovine

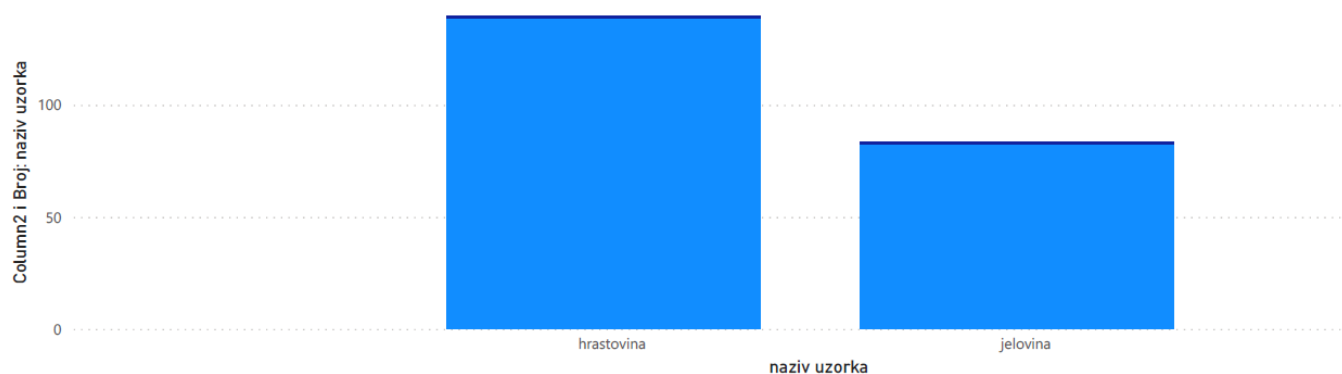
broj uzorka	VRIJEDNOSTI [HB] Ø5									
	OČITANJE 1	OČITANJE 2	OČITANJE 3	OČITANJE 4	OČITANJE 5	OČITANJE 6	OČITANJE 7	OČITANJE 8	OČITANJE 9	OČITANJE 10
Jelovina	95,60	82,50	67,10	71,60	71,60	76,80	71,60	67,10	82,50	67,10
hrastovina	120,70	142,70	142,70	111,40	95,60	111,40	111,40	95,60	142,70	142,70

VRIJEDNOSTI [HB] Ø5										
OČITANJE 11	OČITANJE 12	OČITANJE 13	OČITANJE 14	OČITANJE 15	OČITANJE 16	OČITANJE 17	OČITANJE 18	OČITANJE 19	OČITANJE 20	<u>x</u>
95,60	67,10	71,60	71,60	71,60	76,80	111,40	142,70	95,60	95,60	<b>82,655</b>
95,60	111,40	142,70	187,40	142,70	187,40	142,70	187,40	170,50	187,40	<b>138,605</b>

U tablici 16., slovo x označava prosječnu vrijednosti izmjerene tvrdoće nakon 20 očitavanja na uzorcima hrastovine i jelovine. Vrijednost prosječne tvrdoće prikazana je u obliku grafikona u x, y koordinatnom sustavu na slici 51. Na -y osi nalazi se vrijednost izračunate prosječne tvrdoće uzoraka, a na -x osi nalazi se naziv uzorka.

Column2 i Broj: naziv uzorka kategorije naziv uzorka

● Column2 ● Broj: naziv uzorka



Slika 51. Grafički prikaz iznos tvrdoće hrastovine i jelovine

## 4.9 Analiza rezultata

Taber testom provjerena je otpornost površine hrastovine i jelovine na trošenje. Na temelju dobivenih rezultata prikazanih u tablicama, izračunat je prosječan indeks istrošenosti jelovine i hrastovine nakon svakog broja prolaza. Iz izraza za računanje indeksa istrošenosti možemo zaključiti da što je veći gubitak mase, time i indeks istrošenosti veći. Prosječan gubitak mase kod jelovine nakon 800 prolaza je 0,43 g, a kod hrastovine 0,21 g. Nakon 1500 prolaza prosječan gubitak je iznosio 0,60 g kod hrastovine, a 0,78 g kod jelovine. Kod uzoraka jelovine gubitak se praktički proporcionalno povećavao, dok je kod uzoraka hrasta vrijednost gubitka znatnije porasla, tek nakon 1500 prolaza.

Vrijednosti ispitivanja tvrdoće na uzorcima hrastovine i jelovine, u ovom slučaju Brinell-ovom metodom dale su nam očekivane rezultate. Provedeno je ukupno 20 mjerenja po uzorku. U nekim očitanjima vrijednosti tvrdoće hrasta, bile su i do 2 puta veće od iznosa tvrdoće jele. Dobiveni rezultati potvrđuju, da hrastovina spada u vrlo tvrdo drvo, dok jelovina spada u vrlo meko drvo.

Ispitivanje hrapavosti i sjajnosti površine, provedeno je nakon svakog određenog broja prolaza 400,800 i 1500, dok se provodio Taber test.

## 5. ZAKLJUČAK

Drvo je oduvijek bilo i biti će jedan od najvažnijih materijala za čovjeka. Razvojem industrije kroz povijest, povećavala su se čovjekova znanja o samoj strukturi i svojstvima drva. Modernizacija tehnologije povećala je upotrebu drva kao tehničkog materijala, te se drvo danas često zna nazivati i materijalom budućnosti. Čovjek se okreće sve većoj upotrebi drveta i zbog ekoloških razloga, a zbog veće otpornosti na potrese, sve veća je i upotreba drva u izgradnji kuća i konstrukcija.

Naglasak u ovom završnom radu bio na karakteristikama drva hrasta i jele, te na ispitivanju njihovih mehaničkih svojstava.

Nakon završenog eksperimentalnog dijela završnog rada, vrlo jasno je vidljiva razlika između mehaničkih svojstava hrastovine i jelovine. Hrastovina ima bolja mehanička svojstva od jelovine, te je češći izbor za tehničku upotrebu. Jedina bitnija prednost jelovine nad hrastovinom je razlika u cijeni.

Drvo je proizvod šuma, koje su bitne za sami opstanak života na Zemlji. Ako pravilno budemo održavali i čuvali šume, drvo možemo smatrati obnovljivim resursom.

## Literatura

<https://zir.nsk.hr/islandora/object/fsb%3A4738/datastream/PDF/view>

[http://repositorij.fsb.hr/4579/1/Dubokovic\\_2015\\_Diplomski.pdf](http://repositorij.fsb.hr/4579/1/Dubokovic_2015_Diplomski.pdf)

<https://www.brodotrogir.hr/hr/index.php/povijest>

<https://tehnika.lzmk.hr/brodogradnja/>

[https://www.grad.unizg.hr/download/repository/Svojstva\\_drva\\_2014%5B2%5D.pdf](https://www.grad.unizg.hr/download/repository/Svojstva_drva_2014%5B2%5D.pdf)

<https://zir.nsk.hr/islandora/object/sumfak:1417/preview>

<http://repositorij.fsb.hr/4557/1/Ljubo%20Krijan-Diplomski%20rad.pdf>

[https://tehnika.lzmk.hr/tehnickaenciklopedija/mostovi\\_drveni.pdf](https://tehnika.lzmk.hr/tehnickaenciklopedija/mostovi_drveni.pdf)