

# Utjecaj hrapavosti i aktivacije površine na kvašenje drva

---

**Veseličić, Nikolina**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2019**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:383438>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-10-04**



*Repository / Repozitorij:*

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



**ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGRABU**

**DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK**

**SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ**

**DRVNOTEHNOLOŠKI PROCESI**

**NIKOLINA VESELIČIĆ**

**UTJECAJ HRAPAVOSTI I AKTIVACIJE POVRŠINE NA  
KVAŠENJE DRVA**

**DIPLOMSKI RAD**

**ZAGREB, 2019.**

**ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGRABU**  
**DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK**

**UTJECAJ HRAPAVOSTI I AKTIVACIJE POVRŠINE NA KVAŠENJE  
DRVA**

**DIPLOMSKI RAD**

Diplomski studij : Drvnotehnološki procesi

Predmet : Tehnološki procesi površinske obrade drva

Ispitno povjerenstvo : 1. doc. dr. sc. Josip Miklečić

2. prof. dr. sc. Vlatka Jirouš Rajković

3. izv. prof. dr. sc. Goran Mihulja

**Student : Nikolina Veseličić**

JMBAG: 0068221873

Broj indeksa: 886/17

Datum odobrenja teme : 25. 4. 2019.


Datum predaje rada: 16. 9. 2019.

Datum obrane rada: 27. 9. 2019.

**Zagreb, rujan 2019.**

## Dokumentacijska kartica

Naslov	Utjecaj hrapavosti i aktivacije površine na kvašenje drva
Title	Influence of roughness and surface activation on wood wettin
Autor	Nikolina Veseličić
Adresa autora	Kaniža 41, 35254 Bebrina
Mjesto izrade	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	doc. dr. sc. Josip Miklečić
Izradu rada pomogla	doc. dr. sc. Josip Miklečić
Godina objave	2019.
Obujam	43 stranice, 35 slika, 3 tablice, 35 navoda literature
Ključne riječi	hrapavost, kvašenje drva, brušenje, poliuretanski lak
Keywords	roughness, wood wetting, sanding, polyurethane coating
Sažetak	<p>U ovom radu istražen je kut kvašenja i hrapavost na toplinski modificiranom i nemodificiranom drvu graba i drvu jasena. Površina je bila aktivirana s tri režima brušenja, blanjanjem i UV zračenjem. Hrapavost je mjerena neposrednom, kontaktnom metodom. Mjerenje je provedeno pomoću uređaja <i>Taylor Hobson Surtronic S116</i>, okomito na vlakanca. Kut kvašenja destilirane vode, vodenog laka i poliuretanskog laka mjereno je pomoću uređaja Goniometar i programa <i>Dinocapture 2.0</i>, a mjereno je nakon 2 s, 10 s i 30 s. Rezultati ispitivanja su pokazali da toplinska modifikacija, te sve vrste aktivacije utječu na hrapavost i kut kvašenja drva.</p>
Abstract	<p>In this paper, the wetting angle and roughness on thermally modified and unmodified hornbeam and ash wood were investigated. The surface was activated with three modes of sanding, planing and UV radiation. Roughness was measured by a direct, contact method using a Taylor Hobson SURTRONIC S116, across the grain. The wetting angle of distilled water, water lacquer and polyurethane lacquer was measured using a Goniometer and Dinocapture 2.0. The wetting angle was measured after 2 s, 10 s and 30 s. Test results have shown that thermal modification and all types of activation affect the roughness and wetting angle of wood.</p>

	<b>IZJAVA O IZVORNOSTI RADA</b>	<b>OBŠF 05 07</b>
		Revizija: 1
		Datum: 21.9.2019.

„Izjavljujem da je moj *diplomski rad* izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam *koristila* drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

---

*vlastoručni potpis*

*Nikolina Veseličić*

U Zagrebu 16. rujan 2019.

## Sadržaj

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>1.1. HRAPAVOST POVRŠINE DRVA</b> .....	2
<b>1.2. KVAŠENJE DRVA</b> .....	3
<b>1.3. AKTIVACIJA POVRŠINE DRVA</b> .....	5
<b>1.4. TOPLINSKA MODIFIKACIJA DRVA</b> .....	5
<b>1.5. POLIURETANSKI LAKOVI</b> .....	6
<b>1.6. VODENI LAKOVI</b> .....	7
<b>2. CILJ ISTRAŽIVANJA</b> .....	8
<b>3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA</b> .....	8
<b>3.1. UZORCI DRVA</b> .....	8
<b>3.2. OZNAČAVANJE UZORAKA</b> .....	10
<b>3.3. PRIPREMA (AKTIVACIJA) POVRŠINE UZORAKA</b> .....	11
<b>3.4. UZORCI PREMAZNIH MATERIJALA</b> .....	12
<b>3.5. MJERENJE HRAPAVOSTI</b> .....	13
<b>3.6. MJERENJE KUTA KVAŠENJA</b> .....	17
<b>4. REZULTATI I DISKUSIJA</b> .....	19
4.1. REZULTATI MJERENJA HRAPAVOSTI .....	19
4.2. REZULTATI MJERENJA KUTA KVAŠENJA .....	25
<b>5. POVEZANOST IZMEĐU HRAPAVOSTI POVRŠINE I KUTA KVAŠENJA</b> .....	36
<b>6. ZAKLJUČAK</b> .....	38
<b>7. LITERATURA</b> .....	39
<b>8. POPIS SLIKA</b> .....	41
<b>9. POPIS TABLICA</b> .....	43

## 1. UVOD

U ovom diplomskom radu ispitaio se utjecaj hrapavosti i aktivacija površine na kvašenje površine nemodificiranog drva jasen (*Fraxinus excelsior* L.) i drva graba (*Carpinus betulus* L.). Uzorci drva jasena bili su toplinski modificirani na 180 °C, a uzorci drva graba na 212 °C. Površina je aktivirana brušenjem s tri različita režima (P80 – P120, P80 – P120 – P150 i P80 – P120 – P220), blanjanjem i UV zračenjem. Kvašenje je rezultat kemijskog afiniteta između tekućina i čvrstog materijala, u ovom slučaju drva. Kut kvašenja premaza važno je svojstvo jer se njegovom promjenom mijenja i međudjelovanje površine drva i premaza (Pétrissans i sur., 2003). Prema dobivenim rezultatima možemo vidjeti da premazi bolje kvase površine nemodificiranih uzoraka. Povećanje kuta kvašenja na toplinski modificiranim uzorcima je očekivano za vodu i vodeni lak, jer su na bazi vode. Iz prijašnjih istraživanja jasno je vidljivo kako hrapavost površine i aktivacija površine utječu na kvašenje drva. Hrapavost površine ima velik utjecaj na površinsku obradu drva, tj. u našem slučaju kvašenje drva. Hrapavost poboljšava kvašenje drva, tj. što je veća hrapavost bolje je kvašenje drva. Također je dokazano da je brušenje površine najbolja priprema za kasniju obradu premazima (Jirouš-Rajković i Turkulin, 2002).

## 1.1. HRAPAVOST POVRŠINE DRVA

Postoji više definicija hrapavosti površine. Gurau, (2010) definira hrapavost površine kao osnovnu mjeru kvalitete. Denjo (2015) navodi da je površinska hrapavost sveukupnost mikrogeometrijskih nepravilnosti na površini predmeta (koje su mnogo puta manje od površine cijelog predmeta), a prouzrokovane su postupkom obrade ili nekim drugim utjecajima. Hrapavost površine kao topografiju ili odstupanja na granici između tijela i njegove okoline definira Stumbo (1960), ali napominje da ta definicija nije pogodna za porozne materijale kao što je drvo. Prema normi ISO 4287 hrapavost je mikrogeometrijska nepravilnost na površini predmeta koja je posljedica obrade površine. Alić (1975) je zaključio da se hrapavost ne može izraziti jednostavnom matematičkom funkcijom.

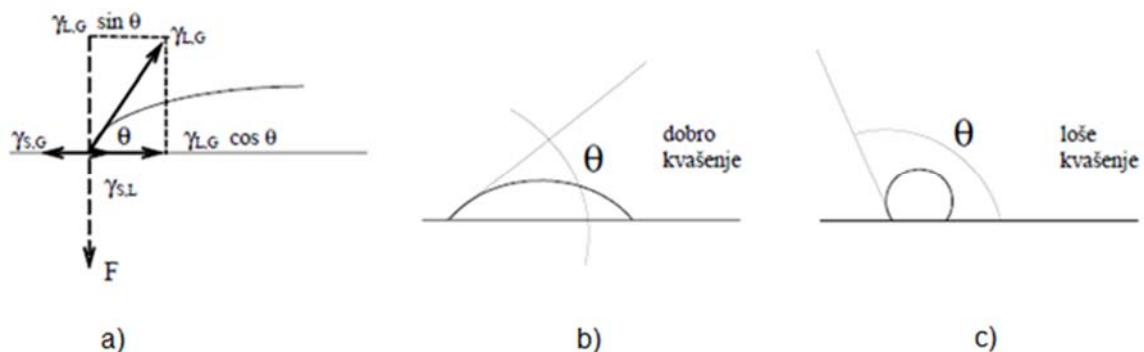
Postoji nekoliko metoda za mjerenje hrapavosti. Najjednostavnije metode su vizualna metoda i metoda ocjenjivanja putem opipa. Uz najjednostavnije postoje i složenije metode mjerenja koje se dijele na: posredne (indirektne) i neposredne (direktne) metode mjerenja hrapavosti površine. U posredne metode ubrajaju se: metoda s pastom po Flemmingu, zračna metoda, optička metoda, metoda klizanja vodene kapljice i metoda preslikavanja. Kod tih metoda hrapavost se izražava jedinicama kao što su  $\text{cm}^2$ ,  $\text{cm}^3$ ,  $\text{cm}^3/\text{s}$ , s postotkom odbijene svjetlosti ili mjerama za kut (Jirouš-Rajković, 1991). Neposredne metode mjerenja hrapavosti su one koje na određen način daju presjeke, odnosno profile ispitivanih površina i dijele se na kontaktne metode i bezkontaktne metode. Kod kontaktne metode profil površine dobije se mehaničkim kontaktom između igle i površine gdje igla određenog radijusa zaobljenja i pri određenom pritisku dolazi u stalni ili privremeni kontakt sa ispitivanom površinom, a vertikalno pomicanje igle predstavlja dubinu, odnosno visinu neravnina na površini. Kod bezkontaktnih metoda profil površine određuje se bez mehaničkog kontakta s ispitivanom površinom. Ove se metode zasnivaju na principima optike te se još nazivaju i optičke metode. U njih se ubrajaju: metoda svjetlosnog presjeka, metoda sjene od noža i metoda interferencije svjetlosti (Jirouš-Rajković, 1991).



## 1.2. KVAŠENJE DRVA

Kvašenje je tijesna veza između tekućine i krutog tijela gdje dolazi do tzv. miješanja elektronskih oblaka obaju materijala. Kvašenje je rezultat kemijskog afiniteta između tekućine i čvrstog materijala. Na krutoj površini kapljica tekućine će se širiti dok ne poprimi ravnotežni oblik. Pri tome će suma energija na graničnim površinama kruto-tekuće ( $\gamma_{S-L}$ ), tekuće-zrak ( $\gamma_{L-G}$ ) i kruto-zrak ( $\gamma_{S-G}$ ) biti jednaka 0 (slika 1a) (Mihulja, 2008).

Kut kvašenja je dodirni kut u trenutku izjednačivanja površinskih napetosti, to je kut između površine tekućine i tvrde podloge. Kut kvašenja još nazivamo i kontaktni kut i označavamo ga s  $\theta$ . Ako je kut kvašenja  $\theta$  manji od  $90^\circ$  smatra se da tekućina dobro kvasi krutinu (slika 1b), a ako je kut kvašenja  $\theta$  veći od  $90^\circ$  smatra se da tekućina loše ili nikako ne kvasi krutinu (slika 1c) (Mihulja, 2008).



**Slika 1.** Prikaz ravnotežnih sila i ravnotežnog oblika kapljice (Mihulja, 2008)

Na slici 1a vidljivo je da su sile površinske napetosti u ravnoteži kada je:

$$\gamma_{S-G} = \gamma_{S-L} + \gamma_{L-G} \cos \theta \quad (1)$$

Jednadžba (1) zove se Young-ova jednadžba, a iz nje se može izračunati  $\cos \theta$ :

$$\cos \theta = \frac{\gamma_{S-G} - \gamma_{S-L}}{\gamma_{L-G}} \quad (2)$$

Modifikacijom jednadžbe (2) dobije se:

$$\gamma_{L-G} \cos \theta = \gamma_{S-G} - \gamma_{S-L} \quad (3)$$

Prema Young-ovoj jednadžbi, pri određivanju ravnotežnog kuta kvašenja često nailazimo na teškoće zbog:

- onečišćenja površine krute tvari stvaranjem monomolekularnog sloja kontaminanta ili oksidacijom površine
- apsorbiranog zraka u površini krutine, koji usporava kvašenje, jer je za uklanjanje zraka iz površinskih pukotina potrebno određeno vrijeme.

Ta pojava uzrokuje razliku između ravnotežnog kuta kvašenja i izmjerenog kuta, što se u literaturi naziva histerezom kvašenja i označava se s  $\Delta\theta$  (Mihulja, 2008).

Na kvašenje površine drva utječu mnogi čimbenici, a neki od njih su hrapavost, temperatura, starenje, čistoća površine. Wenzel (1936) je prvi definirao utjecaj hrapavosti na kvašenje. On je hrapavost definirao kao omjer između realne površine i njezine geometrijske projekcije, što možemo prikazati jednadžbom (4):

$$r = A/a \quad (4)$$

r - faktor hrapavosti

A - realna površina plohe

a - geometrijska projekcija plohe

Na kvašenje pozitivno utječe povećanje hrapavosti površine drva, jer time raste faktor hrapavosti r. Za idealno glatke površine faktor hrapavosti iznosi  $r = 1$ , a za hrapave površine  $r > 1$ .

Kut kvašenja najčešće se mjeri goniometrom te se analizira slika profila kapljice (Gray, 1962; Liptáková i Kúdela, 1994). Neumann i Godd (1979) objavili su pregled klasičnih metoda mjerenja kuta kvašenja. Najčešće korištena metoda uključuje direktno mjerenje kuta na profilu kapi položene na horizontalnu ili nagnutu površinu. Kvašenje drva tekućinama može se značajno promijeniti, ako samo malo promijenimo kemijska ili fizička svojstva površine što kontaktni kut čini osjetljivom veličinom kod analize površine. Samim time, kontaktni kut izrazito osjetljivo reagira na neželjene promjene kod mjernih parametara (Thomsen, 2007). Neke metode mjerenja kuta kvašenja temelje se na promatranju oblika kapi okomito na površinu te njenog volumena i površinske napetosti (Skinner i sur., 1989; Moy i sur., 1991).

### 1.3. AKTIVACIJA POVRŠINE DRVA

Površinu drva je potrebno aktivirati kako bi se poboljšalo kvašenje premaznih materijala i ljepila. Jedan od načina aktivacije je brušenje površine drva. Brušenje je jedan od najstarijih obrada površine drva. Usavršava se još od kamenog doba, od prvih primitivnih načina brušenja alata pomoću pijeska, sve do danas pomoću automatskih strojeva. Usprkos razvoju automatskih strojeva za brušenje i brusnih materijala, kvalitetno brušenje i dalje je jedan od najtežih zadataka u površinskoj obradi drva (Jirouš- Rajković, 1991). Labura (2015) brušenje smatra jednim od najučestalijih i najgospodarstvenijih postupaka završne obrade. Za finu i pretežito završnu obradu kositi se brušenje kao vrlo precizan postupak obrade odvajanjem čestica (Sedmak, 2013). Na proces i kvalitetu brušenja utječe istrošenost brusila, brzina rezanja, brzina pomaka, tlak, oscilacija brusne trake, granulacija i vrsta abrazivnog zrna, dužina kontakta brusila s drvom, sadržaj vode u drvu, vrsta drva i smjer brušenja (Jirouš-Rajković, 1991).

Osim brušenjem površina drva se može aktivirati i blanjanjem. Blanjanje je obradba drva pravocrtnim gibanjem alata ili obratka uz odvajanje strugotine ručnim alatima ili strojevima radi postizanja glatke ravne, zakrivljene ili oblikovane površine ili određene debljine obratka. Za razliku od brušenja, blanjanjem se može skidati veća debljina materijala za manje vremena, a ispravnim postupanjem moguće je postići ujednačene rezultate na velikim elementima.

Kao bi se izbjegla dodatna mehanička obrada za aktivaciju površine istraživala se i mogućnost aktivacije površine drva UV zračenjem. Tako su Gindl i sur. (2006) istraživali utjecaj UV zračenja na površinu smrekovine (*Picea abies* Karst) i tikovine (*Tectona grandis*). Utvrdili su da se nakon određenog razdoblja izlaganja UV zračenju značajno povećalo kvašenje površine drva na radijalnim i tangencijalnim površinama obje vrste drva.

### 1.4. TOPLINSKA MODIFIKACIJA DRVA

Toplinska modifikacija je modifikacija drva djelovanjem temperatura viših od 160 °C u atmosferi siromašnoj kisikom (Jirouš-Rajković i sur., 2018). Toplinska modifikacija najčešće se provodi pri temperaturama od 160 °C do 280 °C u trajanju od 15 minuta do 24 sata, ovisno o vrsti procesa, vrsti drva, dimenzijama obradaka,

sadržaju vode u drvu, ciljanim svojstvima proizvoda, mehaničkim svojstvima, traženoj otpornosti prema biološkoj razgradnji, dimenzijskoj stabilnosti proizvoda i jačini promjene boje. Intenzitet promjene boje ovisi o temperaturi, što je veća temperatura veća je i promjena boje. Produljenjem vremena modifikacije mijenja se i boja drva, posebno svjetlina (Patzelt i sur., 2002). Toplinskom modifikacijom drva smanjuje se vodoupojnost, poboljšava se dimenzijska stabilnost, povećava otpornost drva prema biološkoj razgradnji te dolazi do promjene boje u tamnije tonove. Nedostaci toplinske modifikacije su krtost, dolazi do smanjenja mehaničkih svojstava (čvrstoća na vlak i savijanje), miris paljevine, otvaranje pukotina i nepostojanost na suncu. Pregrijano se drvo uspješno primjenjuje za podne obloge zahvaljujući smanjenoj higroskopsnosti, boljoj dimenzijskoj stabilnosti te ravnomjernoj promjeni boje u tamnije smeđe tonove. (Živković i sur., 2008).

## 1.5. POLIURETANSKI LAKOVI

Poliuretanski lakovi (PUR) ubrajaju se u reakcijske lakove, to znači da otvrdnjivaju, odnosno prelaze iz tekućega u čvrsto stanje kemijskim reakcijama. Postoje jednokomponentni i dvokomponentni lakovi. U PUR lakovima dolazi do reakcije hidroksilne skupine u filmotvornom materijalu s otvrdnjivačem stvarajući poliuretansku strukturu. Otvrdnjivač je na bazi poliizocijanata (Jirouš-Rajković, 2017). Osnovne komponente poliuretanskih lakova su:

1. Izocijanati: aromatski (skloniji su žučanju) ili alifatski
2. Polioli (poliesteri) ili drugi spojevi koji se vežu sa izocijanatima
3. Katalizatori: tercijarni amini, soli metala
4. Pigmenti: npr. cinkov-oksidi, kromoksihidrat
5. Otopla: ne smiju sadržavati vodu, esteri (etilacetat, butilacetat), ketoni
6. Omekšivači: pozitivno utječu na elastičnost filma, prijonljivost (fosfati)
7. Sredstva za razlijevanje (celulozni acetatbutirat, polivinilacetat)

Osnovne karakteristike poliuretanskih lakova su dobra adhezija, trajna elastičnost, visoka postojanost prema atmosferilijama, neosjetljivost na problematične vrste drva, velika trajnost, moguće postizanje svih efekata (otvorene pore, zatvorene pore, mat-sjaja, transparentno, pigmentirano), visoka električna

svojstva, otpornost prema vodi i kemikalijama, mala gorivost i relativno visoka cijena. (Jirouš-Rajković, 2017).

## **1.6. VODENI LAKOVI**

Vodeni lakovi su sustavi u kojima je voda otapalo, odnosno razrjeđivač, a lak je fino ili grublje dispergiran, za razliku od klasičnih sustava koji se nazivaju prema vezivu. Gotovo svi vodeni lakovi sadržavaju manje ili više organskih otapala. Najčešće sadrže 3-10 % organskih otapala. Kod vodenih lakova glavna obilježja su voda kao otapalo, sredstvo za pranje i razrjeđivač. Mogu biti proizvedeni iz sirovina topljiv u vodi, a mogu biti samo vodene disperzije sirovina koje nisu topive u vodi. Vodeni lakovi mogu biti jednokomponentni ili dvokomponentni sustavi, a također mogu biti kombinirani sustavi. Nedostaci vodenih lakova su to što dovode do bubrenja vlaknaca što dovodi do otežane površinske obrade i slabijeg kvašenja površine drva, te su skloni pjenjenju pri nanošenju (Jirouš-Rajković, 2017).

## 2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj ovoga istraživanja bio je proučiti kako različiti načini brušenja, blanjanje, UV zračenje, različite vrste drva i toplinska modifikacija utječu na parametre hrapavosti i na kut kvašenja.

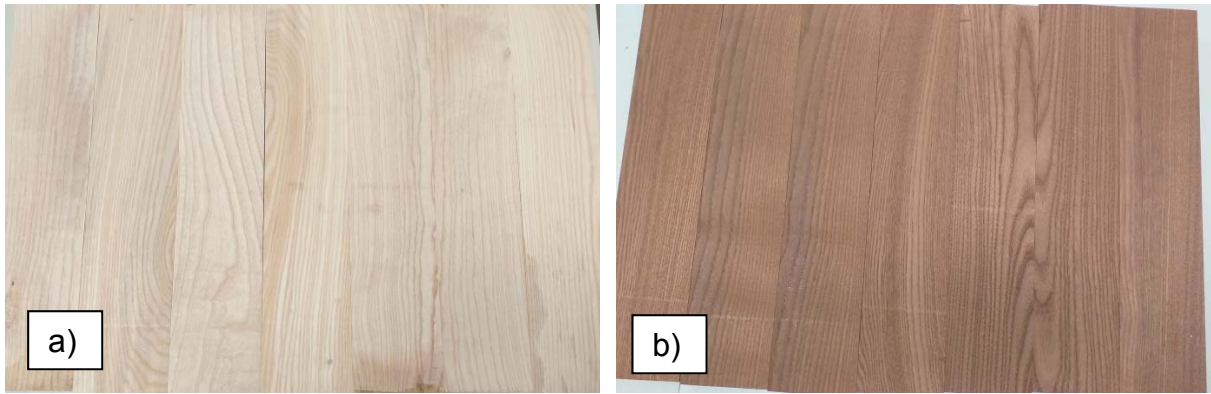
## 3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

### 3.1. UZORCI DRVA

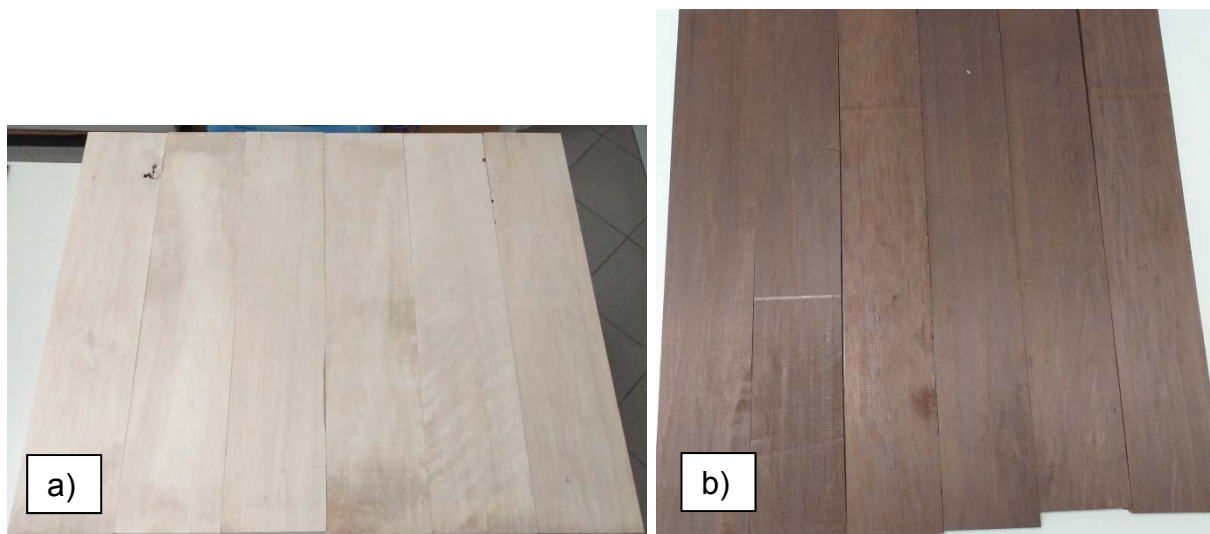
Obični jasen (*Fraxinus excelsior* L.) pripada listopadnoj vrsti drveća koja je rasprostranjena u cijeloj Europi. Može dosegnuti visinu od 40 m, te time spada među najviše vrste drveća u Europi. Jasenovina ima žućkastu do crvenkastobijelu, široku bjeljiku, a srž je svijetlosmeđe boje. Jasenovina je tvrda vrsta drva, ima veliku elastičnost, lako se obrađuje, ali nije prirodno tajna vrsta. Zbog tih svojstava jasenovina se najčešće koristi za izradu stepenica, parketa, namještaja i vrata. Negativna svojstva jasenovine su mala dimenzijska stabilnost, velika upojnost za vodu, mala biološka otpornost i slaba mogućnost impregnacija (Petrić i sur., 1985).

Obični grab (*Carpinus betulus* L.) također pripada listopadnoj vrsti drveća, a rasprostranjen je u srednjoj, zapadnoj i južnoj Europi. Grab doseže nešto manju visinu oko 30 m, ima srebrnosivu koru i široko razgranatu krošnju. Ističe se svojom svijetlom bojom, gustom građom i slabo izraženom teksturom godova. Grab se teško obrađuje teško zbog svoje tvrdoće, velike elastičnosti i čvrstoće. Zbog tih svojstava koristi se za izradu manjih dijelova strojeva, pomoćne alate, ručke alata, ali najveća upotreba je kao ogrjevno drvo. Nema veliku biološku otpornost i brzo propada (Petrić i sur., 1985).

U ovom istraživanju korišteni su uzorci nepromijenjene i toplinski modificirane jasenovine (slika 2) i grabovine (slika 3) jer se učestalo koriste za izradu namještaja i podnih obloga. Jasenovina je toplinski modificirana pri temperaturi od 180 °C, a grabovina pri temperaturi od 212 °C. Uzorci grabovine bili su dimenzija 100 mm × 500 mm, a uzorci jasenovine 100 mm × 300 mm. Na slikama 2 i 3 vidljivo je karakteristično tamnjenje drva nakon toplinske modifikacije.



**Slika 2.** Uzorci nemodificirane (a) i toplinski modificirane (b) jasenovine na 180 °C



**Slika 3.** Uzorci nemodificirane (a) i toplinski modificirane (b) grabovine na 212° C

### 3.2. OZNAČAVANJE UZORAKA

Radi lakšeg snalaženja prilikom pripreme uzoraka i praćenja rezultata, uzorci su označeni oznakama prikazanim u tablici 1.

**Tablica 1.** Oznake uzoraka

Oznaka uzorka	Opis uzorka
JA-TH-BR2-UV	Jasenovina, toplinski modificirana, brušena režimom 2, UV zračena
JA-TH-BL	Jasenovina, toplinski modificirana, svježe blanjana
JA-TH-BR1	Jasenovina, toplinski modificirana, brušena režimom 1
JA-TH-BR2	Jasenovina, toplinski modificirana, brušena režimom 2
JA-TH-BR3	Jasenovina, toplinski modificirana, brušena režimom 3
JA-N-BR2-UV	Jasenovina, nemodificirana, brušena režimom 2, UV zračena
JA-N-BL	Jasenovina, nemodificirana, svježe blanjana
JA-N-BR1	Jasenovina, nemodificirana, brušena režimom 1
JA-N-BR2	Jasenovina, nemodificirana, brušena režimom 2
JA-N-BR3	Jasenovina, nemodificirana, brušena režimom 3
G-TH-BR2-UV	Grabovina, toplinski modificirana, brušena režimom 2, UV zračena
G-TH-BL	Grabovina, toplinski modificirana, svježe blanjana
G-TH-BR1	Grabovina, toplinski modificirana, brušena režimom 1
G-TH-BR2	Grabovina, toplinski modificirana, brušena režimom 2
G-TH-BR3	Grabovina, toplinski modificirana, brušena režimom 3
G-N-BR2-UV	Grabovina, nemodificirana, brušena režimom 2, UV zračena
G-N-BL	Grabovina, nemodificirana, svježe blanjana
G-N-BR1	Grabovina, nemodificirana, brušena režimom 1
G-N-BR2	Grabovina, nemodificirana, brušena režimom 2
G-N-BR3	Grabovina, nemodificirana, brušena režimom 3



### 3.3. PRIPREMA (AKTIVACIJA) POVRŠINE UZORAKA

Za aktivaciju površine drva odabrane su tri metode: brušenje, blanjanje i UV zračenje. Sami uzorci su prije aktivacije površine bili kondicionira pri  $(23\pm 2)$  °C i  $(50\pm 5)$  % relativne vlage zraka.

Uzorci pripremljeni za brušenje brusili su se ručno u smjeru vlaknaca drva s tri različita režima:

1. P80 – P120
2. P80 – P120 – P150
3. P80 – P120 – P220

Izabrana su tri režima brušenja kao bi se ispitaio utjecaj povećanja granulacije brusnog papir na hrapavost i kvašenje površine. Brusni papiri korišteni u ovom istraživanju prikazani su na slici 4.



**Slika 4.** Brusni papiri korišteni za brušenje

Uzorci čija se površina aktivirala blanjanjem, blanjani su na CNC stroju neposredno prije mjerenja kuta kvašenja kao bi se izbjegao utjecaj onečišćenja i starenja površine drva na kut kvašenja.

Površina uzoraka koji su bili pripremljeni za UV zračenje bila je neposredno prije zračenja brušena režimom 2 (P80 – P120 – P150). Izlaganje uzoraka ultraljubičastom svjetlu, odnosno UV zračenju provodilo se u QUV uređaju koji je bio

opremljen s UVA 340 fluorescentnim lampama. QUV je uređaj za ubrzano izlaganje vremenskim utjecajima koji simulira štetu uzrokovanu sunčevom svjetlošću, kišom i rosom. Fluorescentne lampe UVA-340 simuliraju sunčevu svjetlosti u kritičnom području kratkih valnih duljina od 365 nm do 295 nm, s najvećom emisijom na 340 nm (<https://www.yumpu.com>, 2014).

Nakon aktivacije površine uzorci na kojima se mjerio kut kvašenja bili su ispiljeni na manje dimenzije 100 mm × 100 mm.

### 3.4. UZORCI PREMAZNIH MATERIJALA

Korištene su dvije vrste premaznih materijala, otapalni poliuretanski lak i vodeni lak. Kao otapalni poliuretanski lak korišten je Chromoden 2K poliuretanski lak za parkete (slika 5). Poliuretanski (PUR) lak se sastojao od dvije komponente ( A i B) koje su se miješale u omjeru 1:1. Svojstva pripremljenog PUR laka bila su: gustoća 1050 kg/m<sup>3</sup> , sadržaj suhe tvari 50 % , sjaj 98-100 %



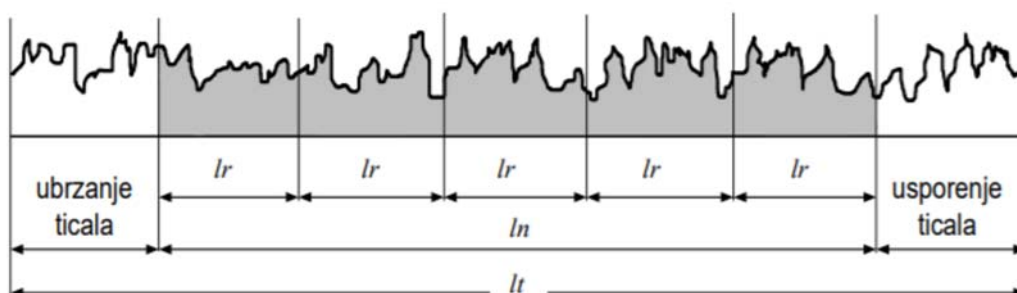
**Slika 5.** Komponenta A i B za dvikomponentni PU lak

Kao vodeni lak korišten je jednokomponentni, bezbojni vodeni lak „PLAQUADUR-PARKETTLACK“ tvrtke Plantag Coatings GmbH. Sustav je na osnovi poliuretanskih i akrilatnih disperzija. Plaquadur-1K-Parkettlack predstavlja ekološku alternativu uobičajenim sustavima premaza. Karakteristike Plaquadur-1K-

Parkettlaka su brzo sušenje, izdržljivost površine, velika snaga punjenja i otpornost na habanje. Koristi se kao temeljni završni premaz kod drvenih podova i stepenica. Razina sjaja približno iznosi 30 JS pri 60 ° na drvu (dva sloja). Potrebno ga je čuvati u dobro zatvorenoj originalnoj ambalaži najmanje 6 mjeseci. Ne smije doći u kontakt s željezom, cinkom, bakrom, aluminijem i njihovim legurama. Prije upotrebe dobro promiješati. Može se razrjeđivati s vodom. Metode nanošenja su štrcanjem, valjkom ili kistom. Pri nanošenju temperatura obratka i prostorije ne smije biti ispod 15 °C, a relativna vlaga zraka mora biti između 45 i 60 %. Kada se lak primjenjuje kao temeljni premaz količina nanosa iznosi 100-120 g/m<sup>2</sup>, dok je za završni premaz količina primjene 80-100 g/m<sup>2</sup>. Otvrđivanje/sušenje: 20 min / 20 °C / 60 % relativne vlage zraka, suho na prašinu: 45 min / 20 °C / 60 % relativne vlage zraka, uvjetno moguće brušenje: 90 min / 20 °C / 60 % relativne vlage zraka, moguće brušenje. Viskoznost pri isporuci je 20-25 prema DIN 53211/4 mm, viskoznost pri upotrebi je 20-25 prema DIN 53211/4 mm. Relativna gustoća pri 20 °C iznosi 1,02 g/cm<sup>3</sup>, sadržaj suhe tvari je 33,65 %, udio organskih otapala je 4,19 %, udio vode je 60,76 %. Vrijednost VOC iznosi 57,789 g/L. Moguće ga je koristiti i u dvokomponentnom sustavu premaza. Dodavanjem 10 % otvrđivača Plaquadur poboljšavaju se kemijska i mehanička svojstva (<https://www.plantag.de>, 2019).

### 3.5. MJERENJE HRPAVOSTI

Karakteristične duljine 2D profila hrapavosti  $l_t$ ,  $l_n$  i  $l_r$  bitne su kako bi objasnili parametre hrapavosti. Zbroj svih referentnih duljina  $l_r$  je duljina vrednovanja  $l_n$ , dok je duljina ispitivanja  $l_t$  ukupna duljina mjerenja hrapavosti koja se sastoji od ubrzanja igle, duljine vrednovanja i usporenja igle (slika 6). U tablici 2 prikazane su preporučene granične vrijednosti prilikom mjerenja hrapavosti.



**Slika 6.** Karakteristične duljine 2D profila hrapavosti (Runje, 2014)

Prema Runje (2014) parametri hrapavosti profila površine za 2D mjerni sustav mogu biti:

- 1) Amplitudni parametri – opisuju varijacije po visini profila
- 2) Uzdužni parametri – opisuju varijacije uzduž profila
- 3) Hibridni parametri – opisuju varijacije iz kombinacije uzdužnih i amplitudnih karakteristika profila
- 4) Krivuljni i srodni parametri – opisuju varijacije na krivuljama dobivene iz uzdužnih i amplitudnih karakteristika profila

**Tablica 2.** Preporučene graniče vrijednosti filtra (Runje, 2014)

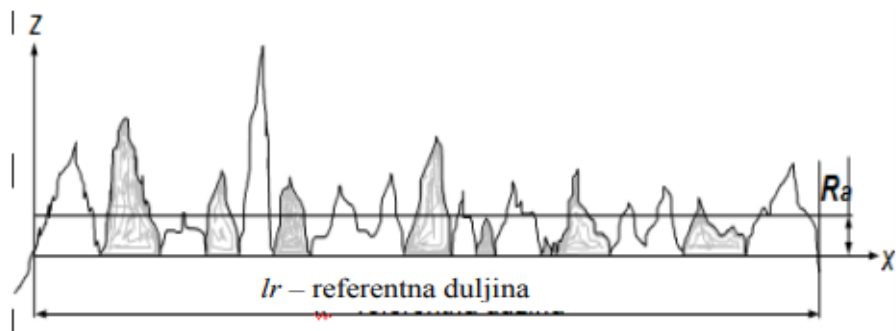
REFERENTNA DULJINA	DULJINA VREDNOVANJA	PERIODIČKI PROFIL	NEPERIODIČKI PROFIL	
			Rz u $\mu\text{m}$	Ra u $\mu\text{m}$
$lr(\lambda c)$ u mm	$ln = 5 \times lr$ u mm	RSm u $\mu\text{m}$		
0,08	0,4	>0,013 do 0,04	do 0,1	do 0,02
0,25	1,25	>0,04 do 0,13	>0,1 do 0,5	>0,02 do 0,1
0,8	4	>0,13 do 0,4	>0,5 do 10	>0,1 do 2
2,5	12,5	>0,4 do 1,3	>10 do 50	>2 do 10
8	40	>1,3 do 4	>50	>10

U ovom istraživanju korištena je neposredna (direktna), kontaktna metoda mjerenja hrapavosti. Mjerenje je izvršeno pomoću uređaja *Taylor Hobson Surtronic S116* (slika 7) i igle s radijusom vrha od 5  $\mu\text{m}$ , okomito na vlakanca drva. Na svakom uzorku je izmjereno pet mjerenja. Duljina ocjenjivanja bila je 12,5 mm, referentna duljina bila je 2,5 mm i korišten je Gaussov filter. Za analizu hrapavosti korišteni su sljedeći parametri: Ra – aritmetička sredina apsolutnih odstupanja profila hrapavosti od srednje linije (slika 8), Rz – najveća visina profila unutar referentne dužine (slika 9), Ry - najveća dubina dola na referentnoj dužini (slika 9), Rp – najveća visina vrha profila na referentnoj duljini (slika 9), Rt – najveća udaljenost između dola i vrha profila unutar duljine ispitivanja (slika 10) i Rq – srednje kvadratno odstupanje profila (slika 11).

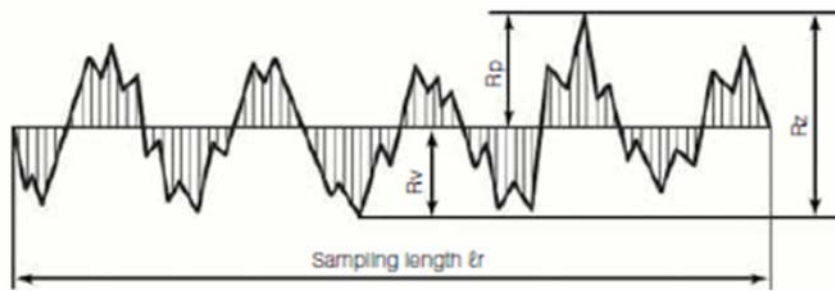


**Slika 7.** Mjerenje hrapavosti okomito na vlakanca drva

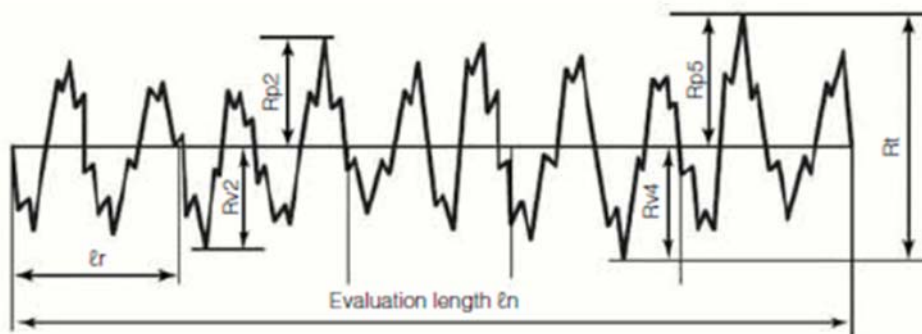
$$Ra = \frac{1}{l_r} \int_0^{l_r} |Z(x)| dx$$



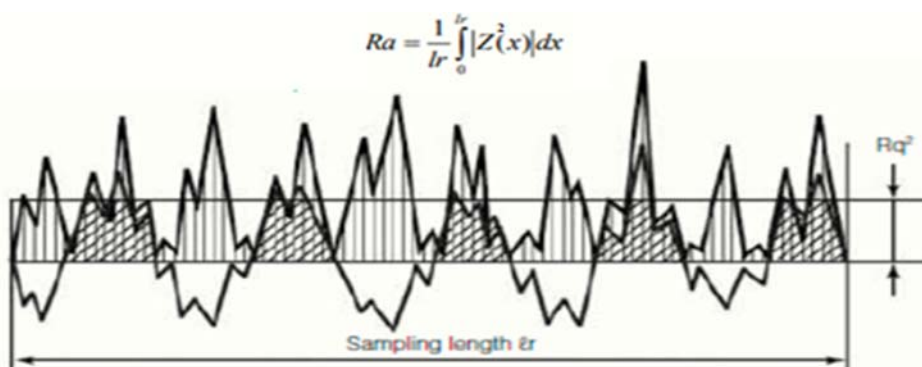
**Slika 8.** Grafički prikaz parametra hrapavosti Ra i formula za izračunavanje parametra hrapavosti Ra (Runje, 2014).



**Slika 9.** Grafički prikaza parametara hrapavosti  $R_p$ ,  $R_v$  i  $R_z$  (<https://www.keyence.com>)



**Slika 10.** Grafički prikaza parametra  $R_t$  (<https://www.keyence.com>)

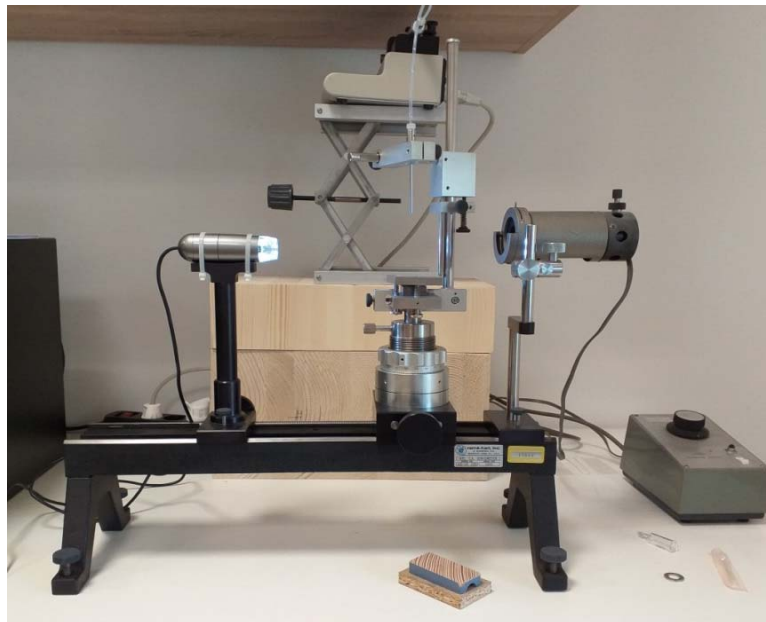


**Slika 11.** Grafički prikaza parametra  $R_q$  i formula za izračunavanje parametra hrapavosti  $R_q$  (<https://www.keyence.com>)

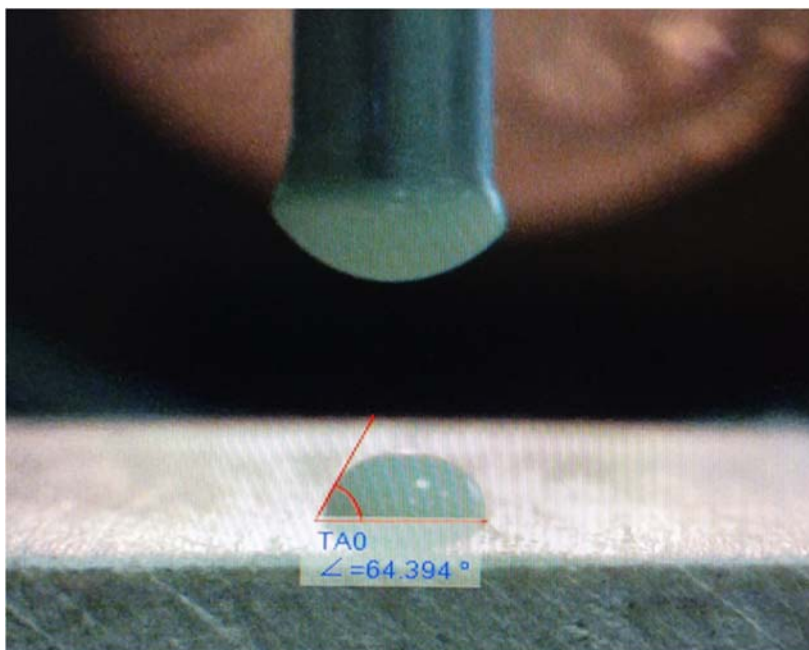


### 3.6. MJERENJE KUTA KVAŠENJA

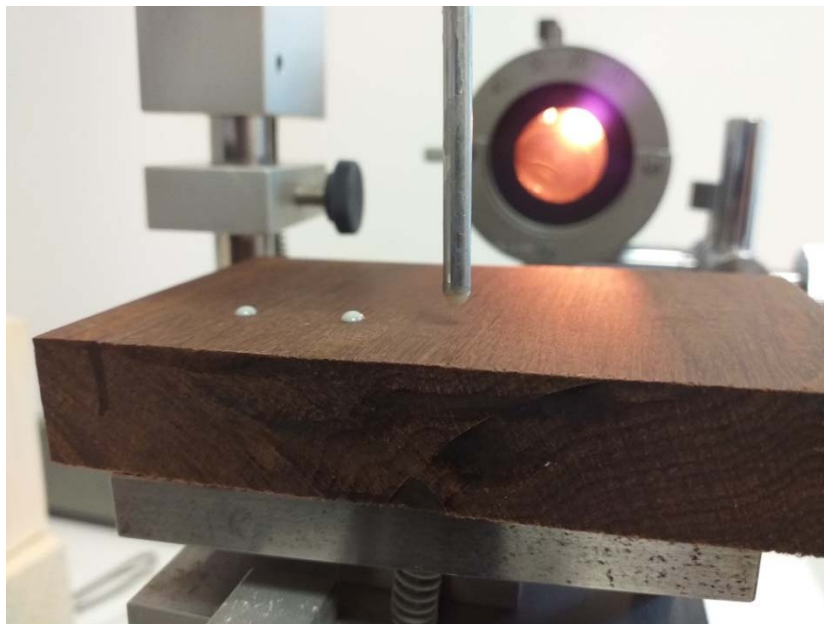
Na prethodno obrađenim uzorcima brušenjem, blanjanjem te UV zračenjem mjerio se kut kvašenja (slika 14) destilirane vode, vodenog laka i poliuretanskog laka. Mjerenje je provedeno pomoću uređaja *Goniometar* (slika 12) i programa *Dinocapture 2.0.* (slika 13). Kut kvašenja mjereno je nakon 2 s, 10 s i 30 s nakon što je kapljica dodirnula površinu drva kao bi se utvrdio utjecaj aktivacije površine i vrste uzorka na promjenu kuta kvašenja. Volumen kapljice koja se nanosila na površinu drva bio je 0,01 ml za destiliranu vodu i za lakove. Po uzorku je bilo načinjeno pet mjerenja za svaku vrstu tekućine te je izračunata srednja vrijednost kuta kvašenja nakon 2 s, 10 s i 30 s. Na slici 14 prikazan je način nanošenja kapi tekućine na uzorak drva.



**Slika 12.** Goniometar



**Slika 13.** Mjerenje kuta kvašenja pomoću programa Dinocapture 2.0



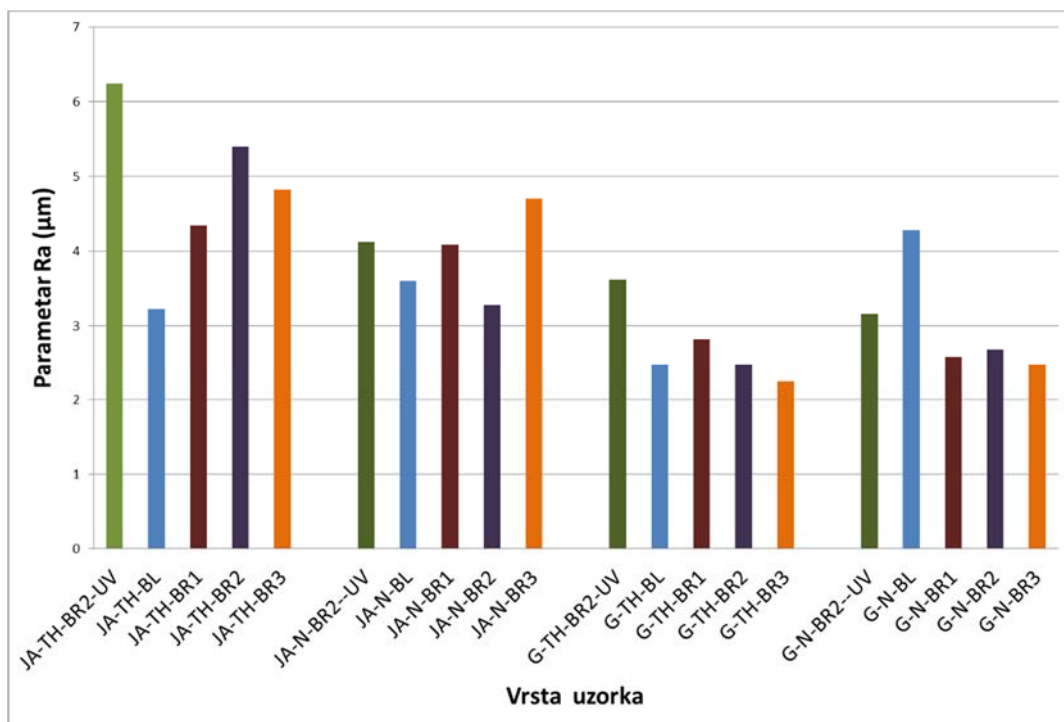
**Slika 14.** Mjerenje kuta kvašenja



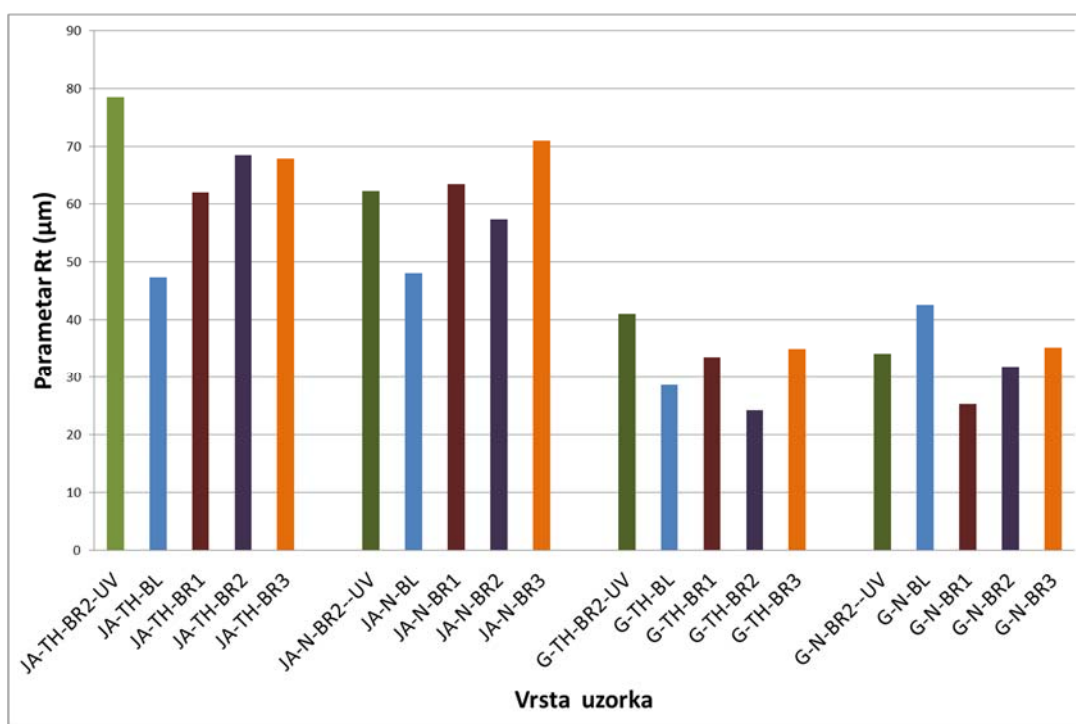
## 4. REZULTATI I DISKUSIJA

### 4.1. REZULTATI MJERENJA HRPAVOSTI

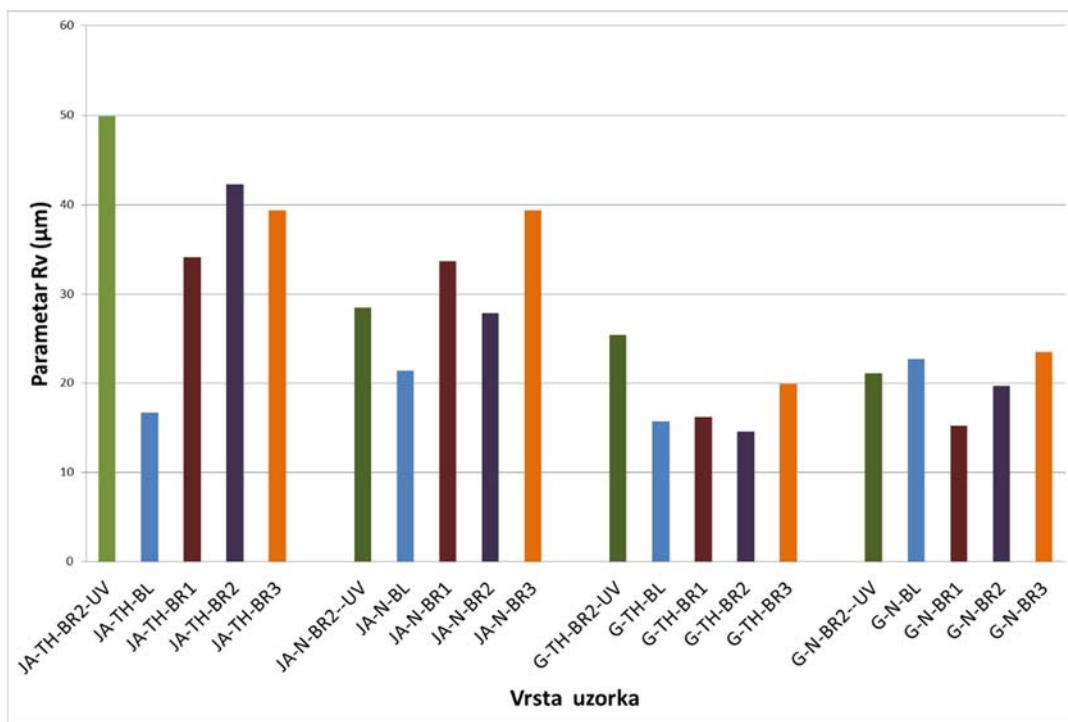
Na slikama 15 – 20 prikazane su srednje vrijednosti rezultata parametara hrapavosti na ispitivanim uzorcima s obzirom na vrstu aktivacije površine. Vidljivo je da je najveća vrijednost svih ispitivanih parametara ( $R_a$ ,  $R_t$ ,  $R_v$ ,  $R_z$ ,  $R_q$  i  $R_p$ ) izmjerena na toplinski modificiranoj jasenovini izloženoj UV zračenju. Vidljivo je također da se blanjanjem smanjila hrapavost površine toplinski modificiranih uzoraka u odnosu na nemodificirane, dok se izlaganjem površine uzoraka UV zračenju povećala hrapavost toplinski modificiranih uzoraka u odnosu na nemodificirane uzorke, osim za parametar  $R_p$  na grabovini. Utjecaj režima brušenja na hrapavost površine ovisi o parametru hrapavost koji se uzima u obzir. Bilo je za pretpostaviti da će se finijom granulacijom brusnog papira smanjiti hrapavost površine. Međutim, brušenje površine s najfinijom granulacijom (BR3) nije rezultiralo smanjenjem hrapavosti površine jasenovine uzimajući u obzir sve parametre, nego ju je čak i povećalo. Nadalje, na grabovini je vidljiva povezanost povećanja granulacije brusnog papira i smanjenja hrapavosti za parametre  $R_a$  (slika 15),  $R_q$  (slika 19) i  $R_p$  (slika 20). Usporedimo li utjecaj aktivacije površine, može se zaključiti da je na smanjenje hrapavosti površine grabovine najviše utjecalo brušenje, dok je na smanjenje hrapavosti površine jasenovine najviše utjecalo blanjanje. Usporedimo li parametre hrapavosti jednako površinski obrađenih uzoraka jasenovine i grabovine, možemo zaključiti da je na uzorcima jasenovine zbog njegove strukture (prstenasto porozna vrsta drva) došlo do rasipanja rezultata, dok je na grabovini koja je difuzno porozna vrsta drva gotovo malo rasipanje rezultata. Samim time može se pretpostaviti da je struktura drva jasenovine, odnosno veličina pora imala veći utjecaj na rezultate nego aktivacija površine UV zračenje, blanjanjem i brušenjem. Prema prikazanim rezultatima hrapavosti možemo zaključiti da je parametar  $R_t$  najveći za sve vrste uzoraka, bez obzira na vrstu aktivacije, a parametar  $R_a$  najmanji.



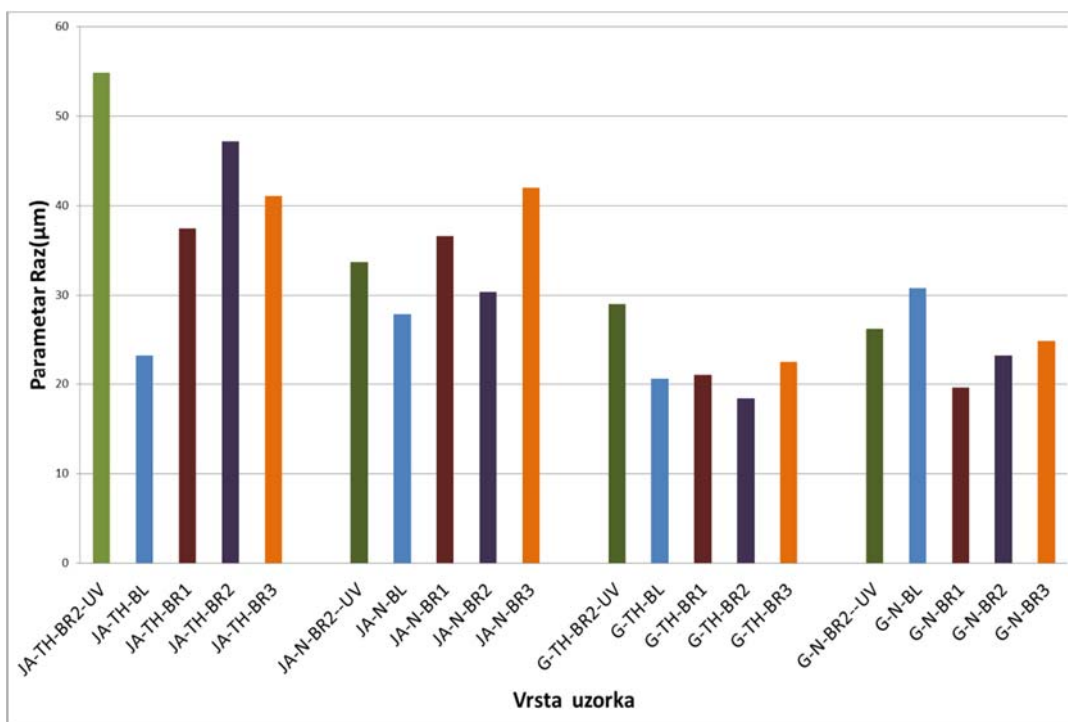
**Slika 15.** Parametar hrapavosti Ra na uzorcima nemodificirane i toplinski modificirane jasenovine i grabovine nakon UV zračenja, blanjanja i brušenja



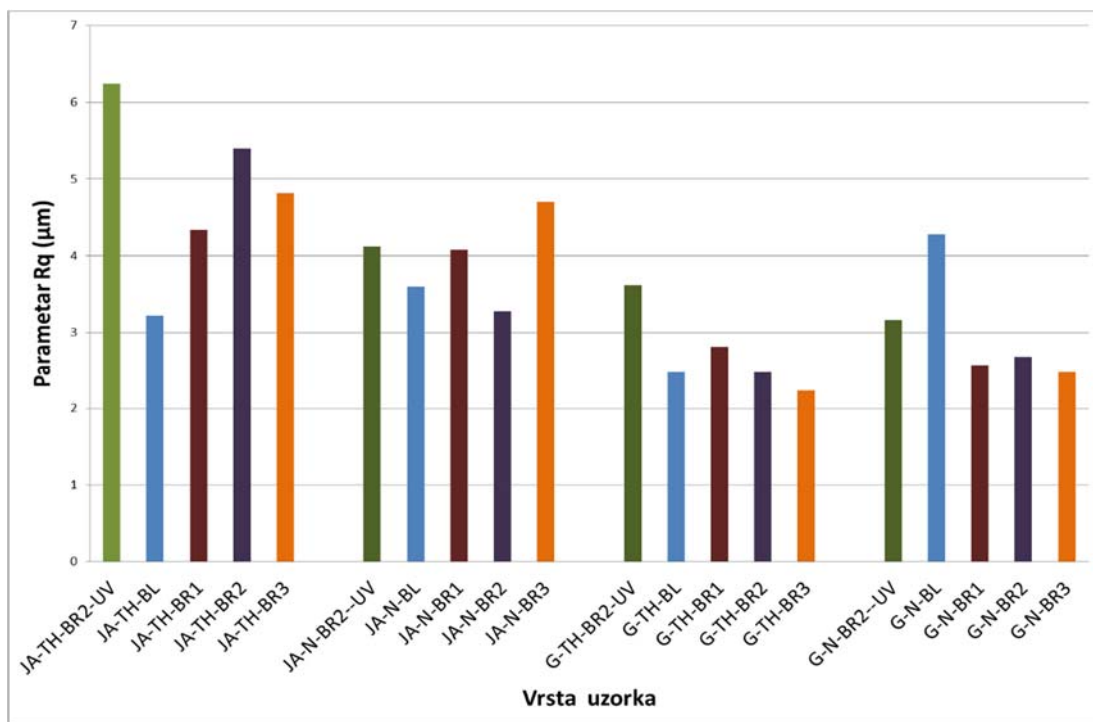
**Slika 16.** Parametar hrapavosti Rt na uzorcima nemodificirane i toplinski modificirane jasenovine i grabovine nakon UV zračenja, blanjanja i brušenja



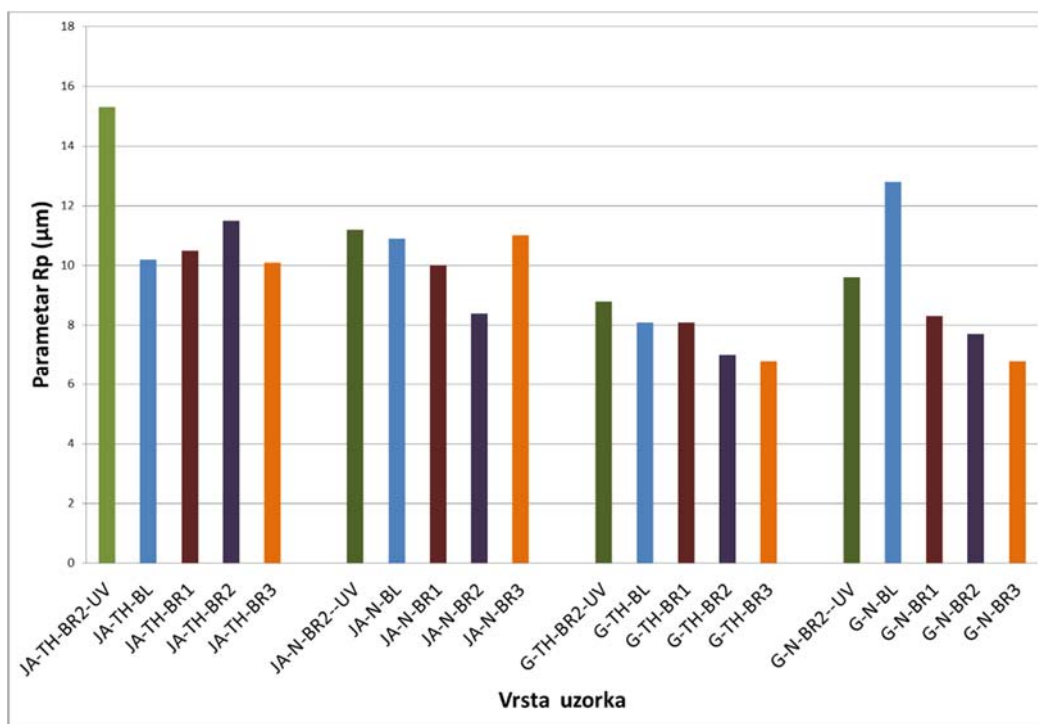
**Slika 17.** Parametar hrapavosti Rv na uzorcima nemodificirane i toplinski modificirane jasenovine i grabovine nakon UV zračenja, blanjanja i brušenja



**Slika 18.** Parametar hrapavosti Rz na uzorcima nemodificirane i toplinski modificirane jasenovine i grabovine nakon UV zračenja, blanjanja i brušenja



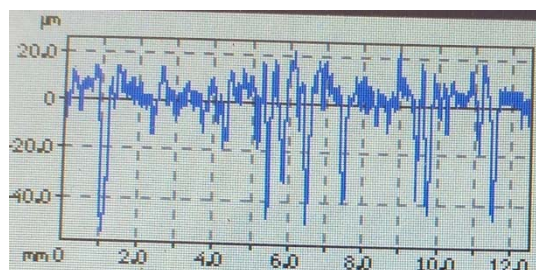
**Slika 19.** Parametar hrapavosti Rq na uzorcima nemodificirane i toplinski modificirane jasenovine i grabovine nakon UV zračenja, blanjanja i brušenja



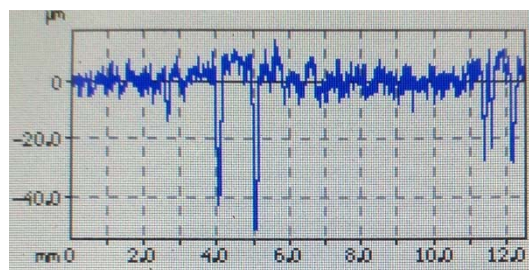
**Slika 20.** Parametar hrapavosti Rp na uzorcima nemodificirane i toplinski modificirane jasenovine i grabovine nakon UV zračenja, blanjanja i brušenja.



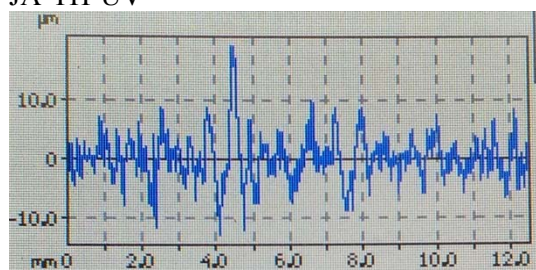
Na slikama 21 i 22 prikazani su profili hrapavosti površine za pojedini uzorak. Može se vidjeti razlika u izgledu profila površine između toplinski modificiranih uzoraka i nemodificiranih uzoraka i između vrste aktivacije površine. Nadalje, može se primijetiti da je profil na grabovini ujednačeniji nego na jasenovini što je posljedica razlike u strukturi drva, odnosno u veličini pora.



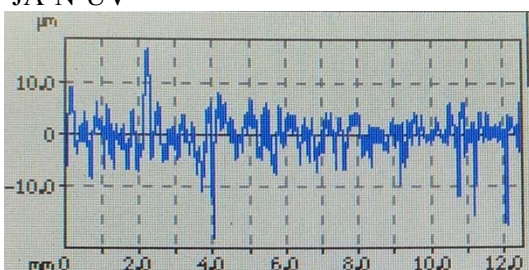
JA-TH-UV



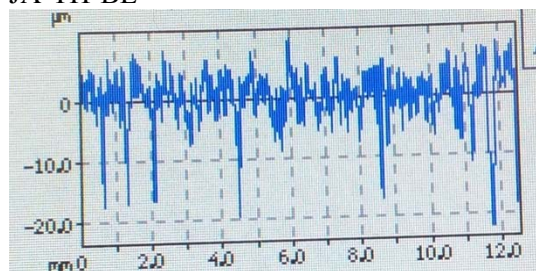
JA-N-UV



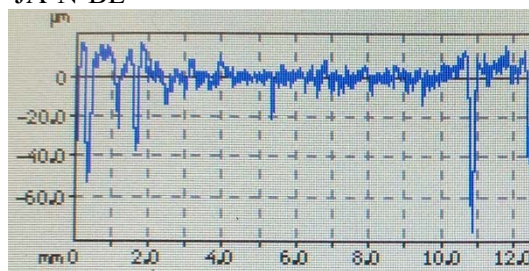
JA-TH-BL



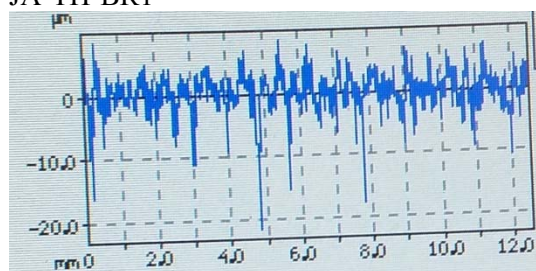
JA-N-BL



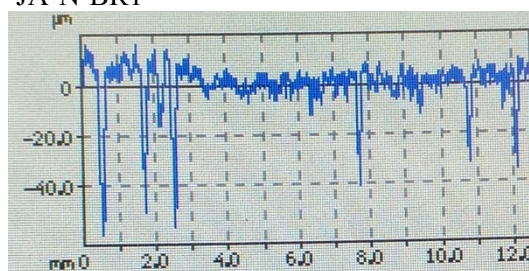
JA-TH-BR1



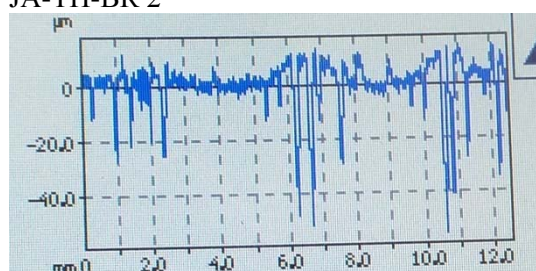
JA-N-BR1



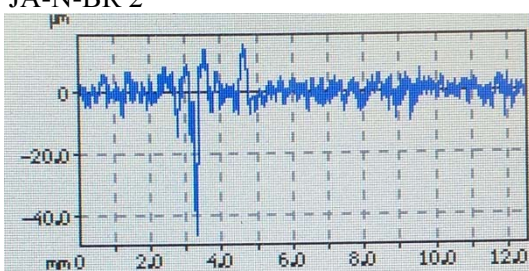
JA-TH-BR2



JA-N-BR2



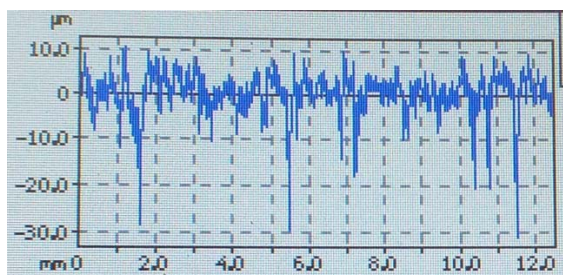
JA-TH-BR3



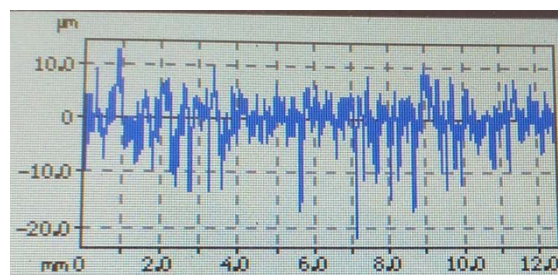
JA-N-BR3

**Slika 21.** Profilogrami nemodificiranih i toplinski modificiranih uzoraka jasenovine nakon UV zračenja, blanjanja i brušenja

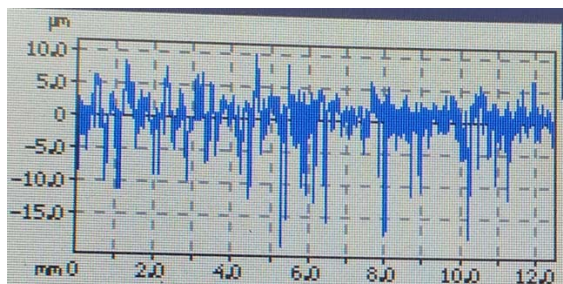




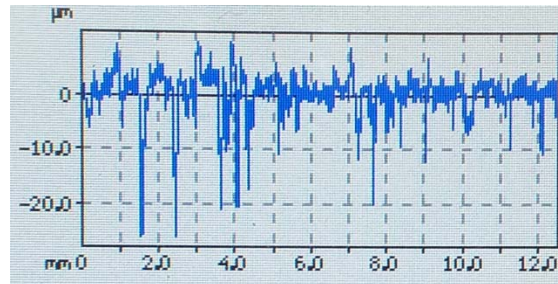
G-TH-UV



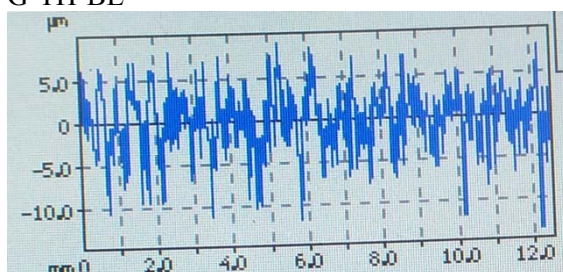
G-N-UV



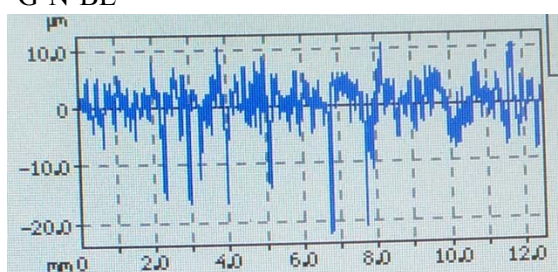
G-TH-BL



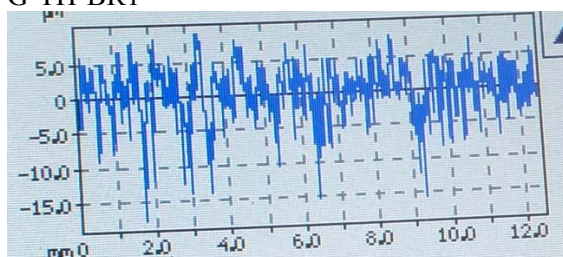
G-N-BL



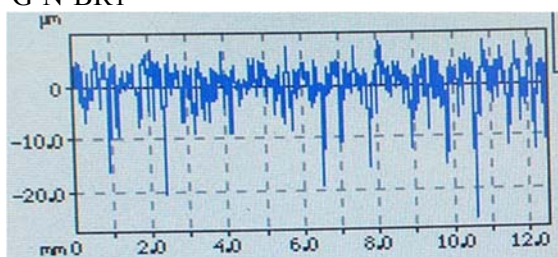
G-TH-BR1



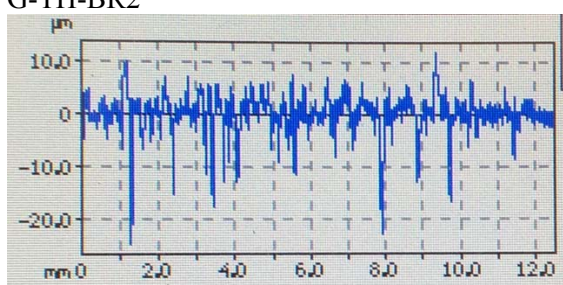
G-N-BR1



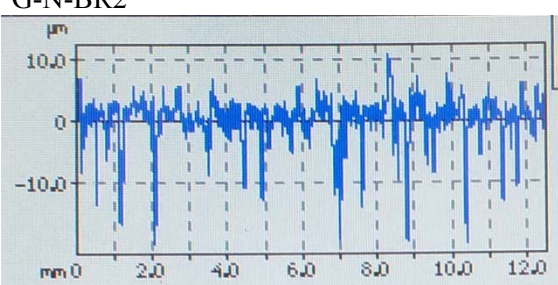
G-TH-BR2



G-N-BR2



G-TH-BR3

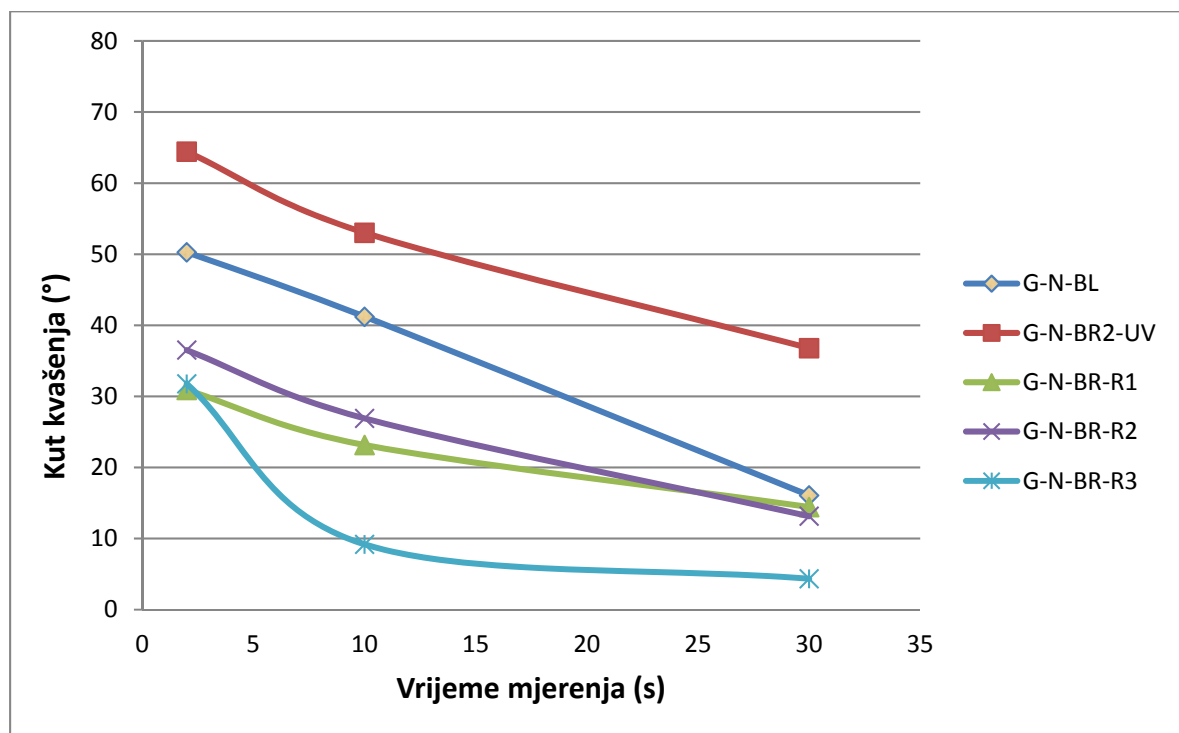


G-N-BR3

**Slika 22.** Profilogrami nemođificiranih i toplinski modificiranih uzoraka grabovine nakon UV zraćenja, blanjanja i brušenja

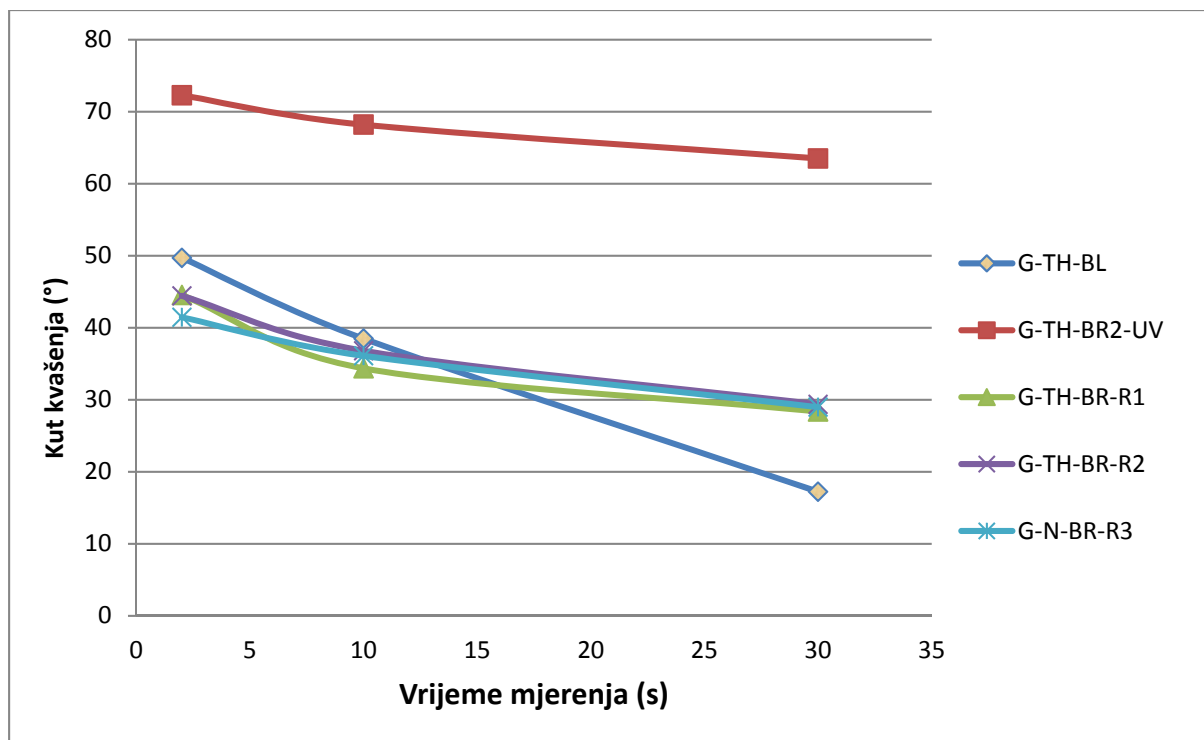
## 4.2. REZULTATI MJERENJA KUTA KVAŠENJA

Na slikama od 23 do 34 prikazani su rezultati mjerenja kuta kvašenja za destiliranu vodu, vodeni lak i poliuretanski lak, na nemodificiranim i toplinski modificiranim uzorcima jasenovine i grabovine.



**Slika 23.** Rezultati kuta kvašenja vode na nemodificiranim uzorcima grabovine

Rezultati kuta kvašenja vode na nemodificiranim uzorcima grabovine pokazuju da je najbolje kvašenje postignuto brušenjem površine režimom tri, a najlošije izlaganjem površine UV zračenju (slika 23). Izmjereni kut kvašenja nakon 2 s i 10 s pokazuje da se s povećanjem granulacije brusnog papira smanjilo kvašenje površine grabovine s vodom, dok nakon 30 s nije bilo razlike u kvašenju između pojedinog režima brušenja. Aktivacijom površine blanjanjem dolazi do naglog pada kuta kvašenja nakon 2 sekunde.

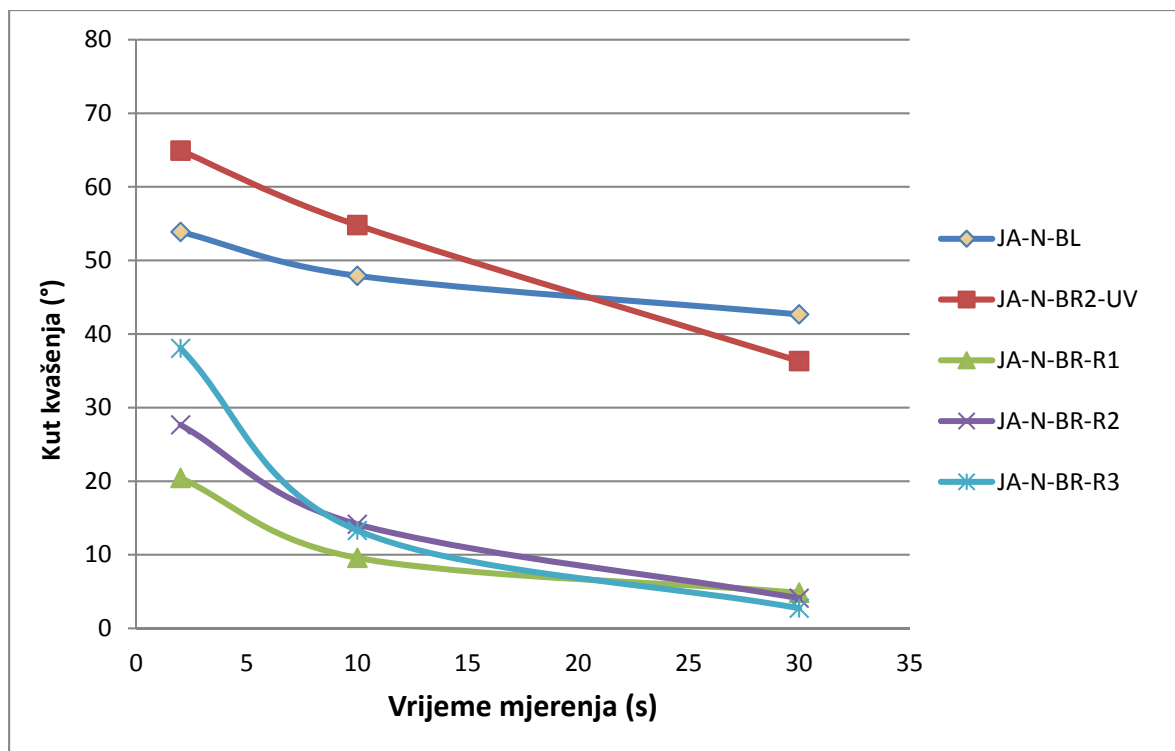


**Slika 24.** Rezultati kuta kvašenja vode na toplinski modificiranim uzorcima grabovine

Prema rezultatima na slici 24 može se vidjeti da postoji izražena razlika u kvašenju vodom površine toplinski modificirane grabovine izložene UV zračenju u odnosu na aktivaciju površine brušenjem i blanjanjem. Nakon 30 s kut kvašenja vode na UV izloženim uzorcima dvostruko je veći od ostalih uzoraka. Isto tako, može se vidjeti da su kutovi kvašenja vode na blanjanim i brušenim uzorcima jako slični.

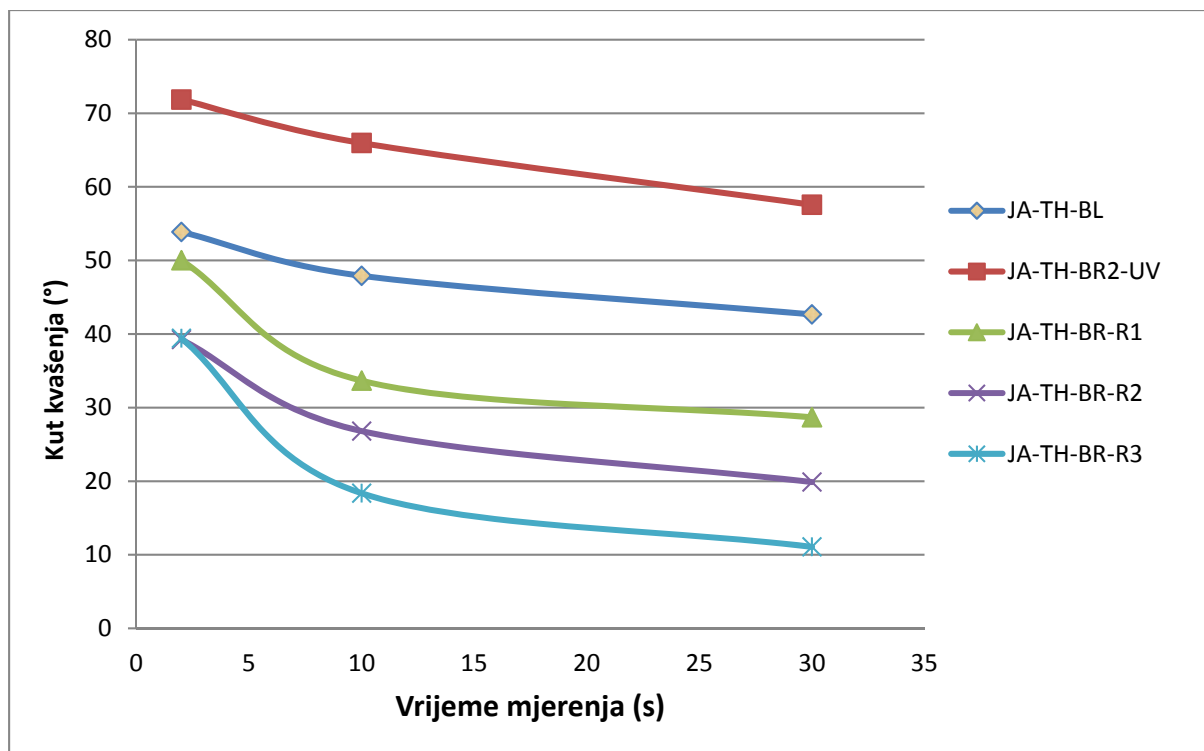
Usporedimo li rezultate kuta kvašenja vode na nemodificiranim i toplinski modificiranim uzorcima grabovine, može se zaključiti da se toplinskom modifikacijom usporilo smanjenje kuta kvašenja tijekom vremena, smanjila se razlika u utjecaju načina brušenja na kvašenje i povećala se razlika u kvašenju vode između UV izloženih uzoraka i ostalih uzoraka.





**Slika 25.** Rezultati kuta kvašenja vode na nemodificiranim uzorcima jasenovine

Iz rezultata na slici 25 može se vidjeti da se kutovi kvašenja vodom brušenih uzoraka nemodificirane jasenovine uvelike razlikuju od kutova kvašenja na blanjanim uzorcima i uzorcima izloženim UV zračenju. Vidljivo je bolje kvašenje površine brušene površine, nego blanjane i UV izložene površine. Također, kut kvašenja na brušenoj opada tijekom vremena. Aktivacijom površine blanjanjem dobiveno je najmanje smanjenje kuta kvašenja tijekom vremena i najujednačenije vrijednosti kuta kvašenja. Povećanjem granulacije brusnog papira smanjilo se kvašenje površine nemodificirane jasenovine nakon 2 s i 10 s, dok nakon 30 s nije bilo razlike između režima brušenja. Na toplinski modificiranim uzorcima jasenovine (slika 26) kut kvašenja vode za sve vrste obrade površine podjednako opada tijekom vremena. Najbolje kvašenje vodom postignuto je na uzorku modificirane jasenovine koji je brušen s najfinijom granulacijom. Povećanjem granulacije brusnog papira smanjilo se kvašenje površine toplinski modificirane jelovine za sva tri vremena mjerenja. Najlošije kvašenje vode na toplinski modificiranoj jasenovini izmjereno je nakon UV zračenja površine.



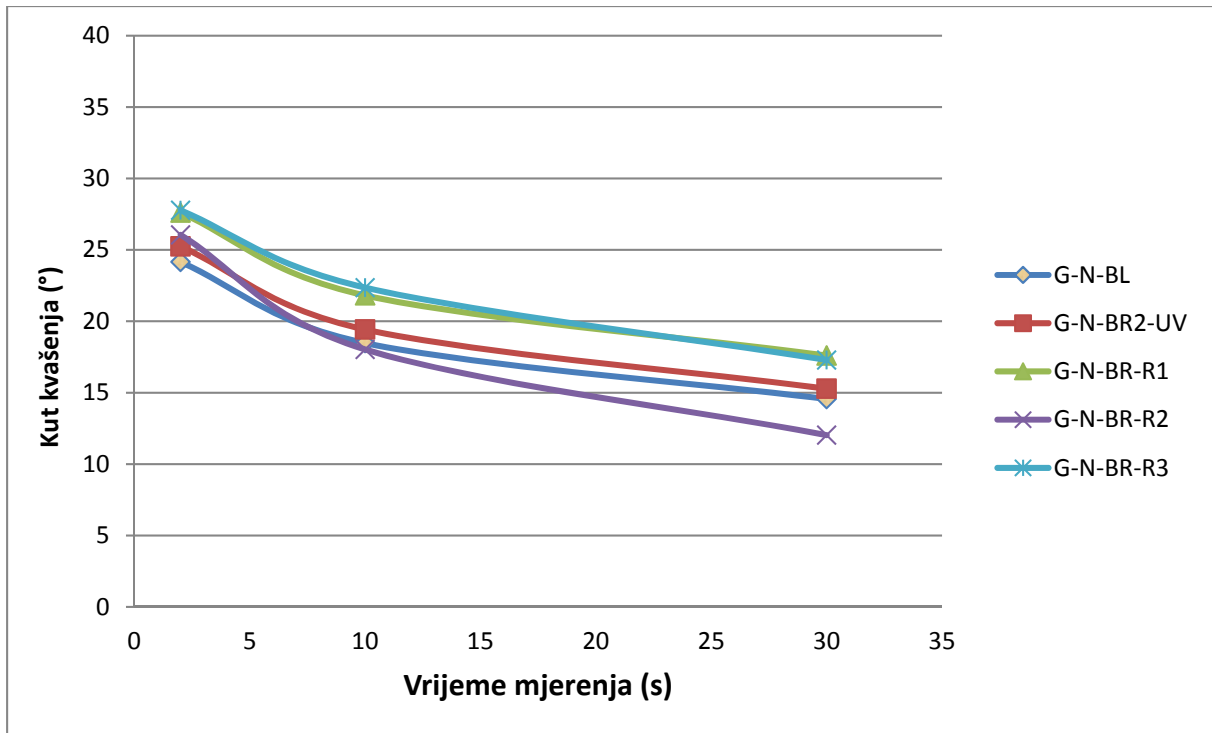
**Slika 26.** Rezultati kuta kvašenja vode na toplinski modificiranim uzorcima jasenovine

Usporedimo li rezultate kuta kvašenja vode na nemodificiranim i toplinski modificiranim uzorcima jasenovine, može se zaključiti da se na toplinski modificiranim uzorcima smanjila se razlika u kvašenju vodom površine drva između brušenja, blanjanja i UV izloženih uzoraka, te se usporilo smanjenje kuta kvašenja tijekom vremena.

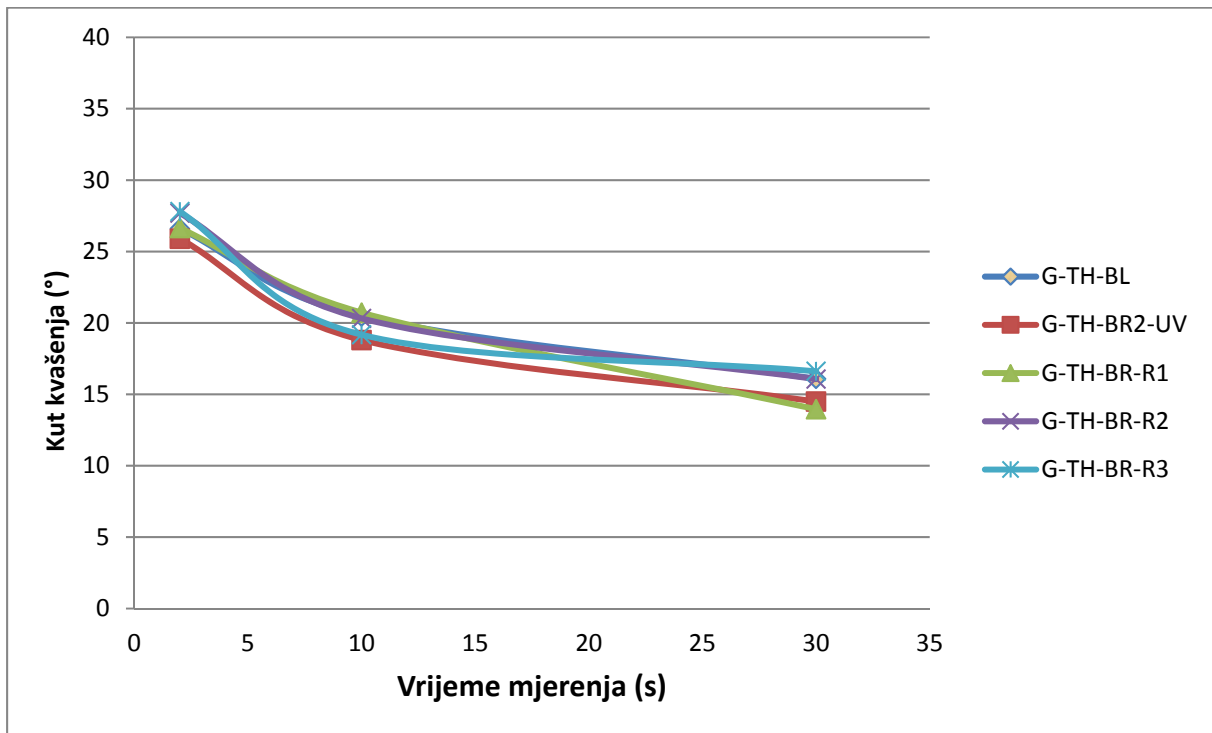
Prema rezultatima na slici 27 može se vidjeti da se kut kvašenja za poliuretanski lak jednako smanjuje za sve aktivacije površine drva. Najlošije kvašenje poliuretanskim lakom izmjereno je na uzorku nemodificirane grabovine čija je površina aktivirana brušenjem režimom 2(BR-R2). Vrijednosti kuta kvašenja jako su slične za sve vrste aktivacije površine

Iz rezultata kuta kvašenja za uzorke toplinski modificirane grabovine (slika 28), kvašenje poliuretanskim lakom gotovo je jednako za sve vrste aktivacije površine. Kut kvašenja jednako se smanjuje kroz vrijeme za sve vrste obrade.

Usporedimo li rezultate kvašenja poliuretanskim lakom nemodificirane i toplinski modificirane grabovine, može se zaključiti da se toplinskom modifikacijom smanjila razlika u kvašenju poliuretanskim lakom između uzoraka.



**Slika 27.** Rezultati kuta kvašenja poliuretanskog laka na nemodificiranim uzorcima grabovine

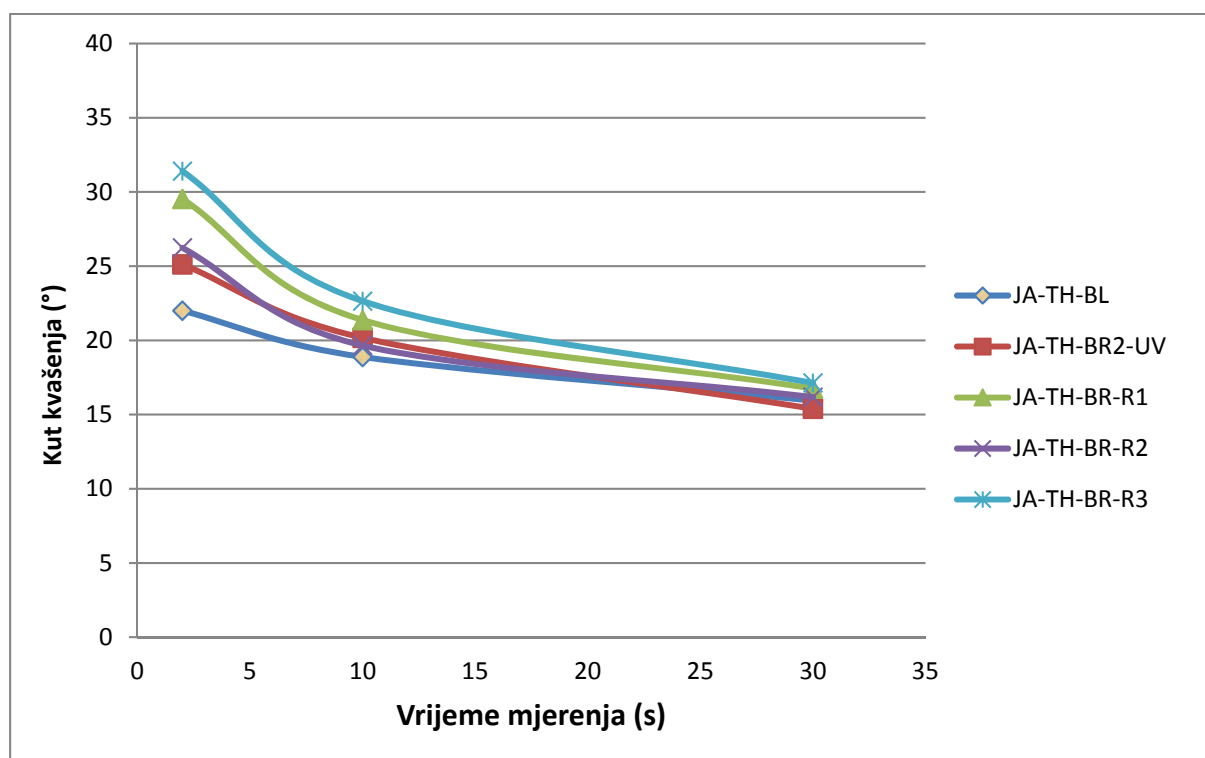


**Slika 28.** Rezultati kuta kvašenja poliuretanskog laka na toplinski modificiranim uzorcima grabovine

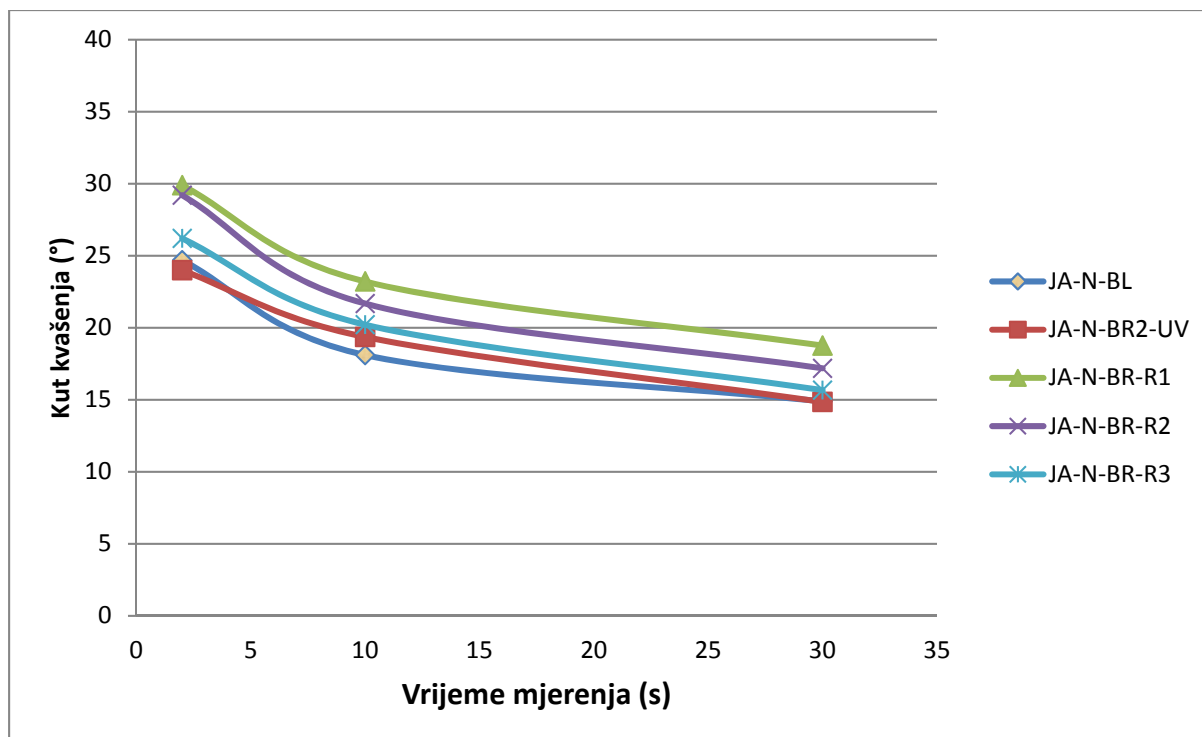
Može se vidjeti da je najbolje kvašenje poliuretanskim lakom toplinski modificirane jasenovine prema rezultatima na slici 29 postignuto brušenjem (BR-R3). Kut kvašenja jednako se smanjuje kroz vrijeme i nakon 30 sekundi skoro je jednak za sve vrste aktivacije površine. Također, može se vidjeti da se na blanjanjoj površini kut kvašenja najmanje smanjio.

Prema rezultatima na slici 30 može se vidjeti da je najbolje kvašenje poliuretanskim lakom nemodificirane jasenovine postignuto brušenjem s najmanjom granulacijom (BR-R1). Dolazi do preklapanja rezultata blanjanih uzoraka, uzoraka izlaganim UV zračenjem i brušenih uzoraka (BR-R3) Kut kvašenja za sve vrste aktivacije površine jednako opada kroz vrijeme.

Usporedimo li rezultate kvašenja poliuretanskim lakom nemodificirane i toplinski modificirane jasenovine, može se zaključiti da se na toplinski modificiranim uzorcima usporilo smanjenje kuta kvašenja tijekom vremena i smanjila se razlika kuta kvašenja mjerena nakon 2 sekunde.



**Slika 29.** Rezultati kuta kvašenja poliuretanskog laka na toplinski modificiranim uzorcima jasenovine

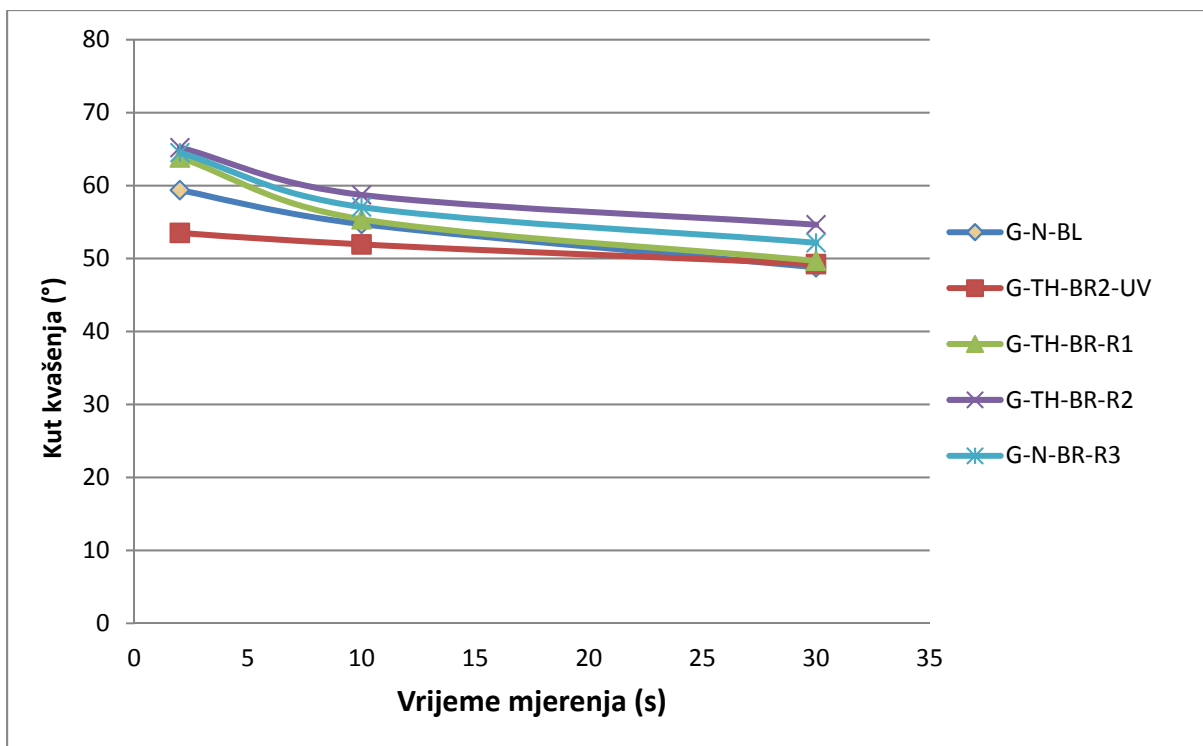


**Slika 30.** Rezultati kuta kvašenja poliuretanskog laka na nemodificiranim uzorcima jasenovine

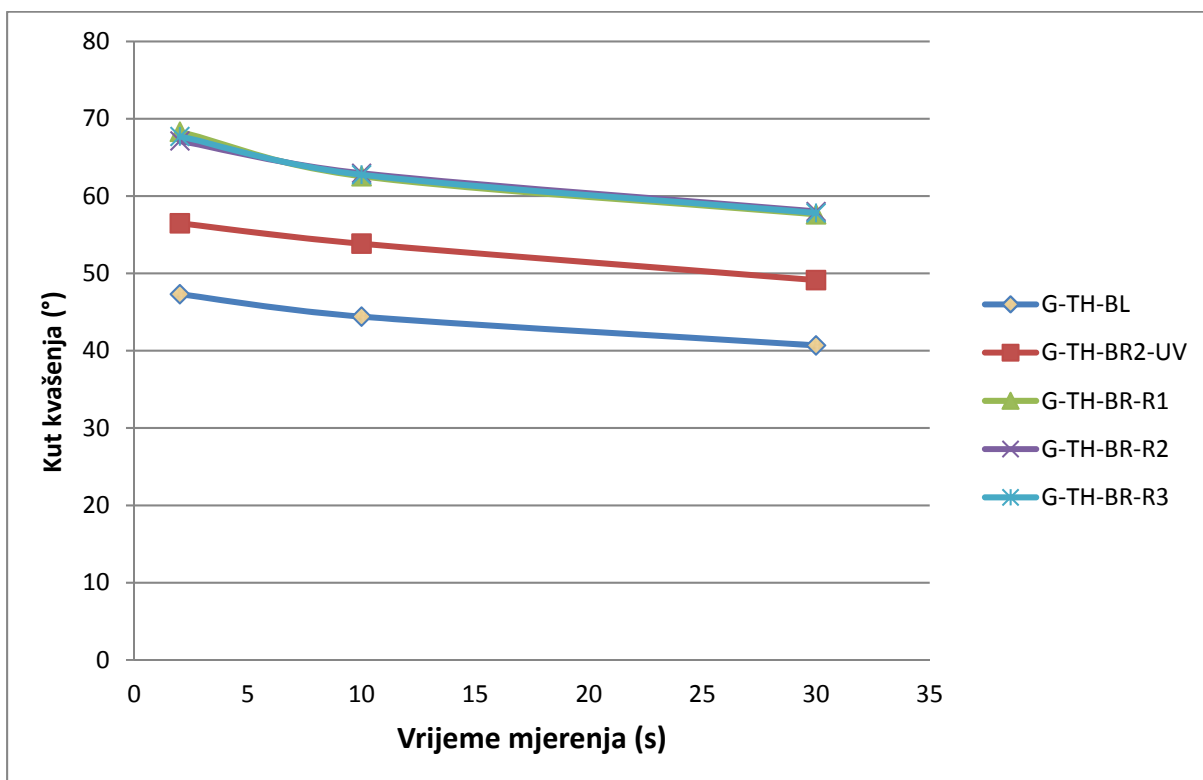
Prema rezultatima na slici 31 može se vidjeti da je kut kvašenja vodenog laka na nemodificiranim uzorcima grabovine izlaganim UV zračenju nešto manji u odnosu na ostale uzorke i jako malo se smanjio od 2 s do 30 s.

Rezultati kuta kvašenja vodenog laka na toplinski modificiranim uzorcima grabovine pokazuju da brušeni uzorci imaju jednake kutove kvašenja i lošije kvašenje u odnosu na blanjanje i UV izložene uzorke (slika 32). Najlošije kvašenje postignuto je na blanjanim uzorcima. Smanjene kuta kvašenja kroz vrijeme jako je malo i jednako za sve vrste aktivacije površine.

Usporedimo li rezultate kvašenja vodenim lakom nemodificirane i toplinski modificirane grabovine, može se zaključiti da se toplinskom modifikacijom došlo do izjednačenja kuta kvašenja na svim brušenim uzorcima, dok kod blanjanih uzoraka i uzoraka izlaganim UV zračenjem toplinska modifikacija nema veliki utjecaj na kut kvašenja. Smanjenje kuta kvašenja tijekom vremena jednako je i kod i nemodificirane i toplinski modificirane grabovine.



**Slika 31.** Rezultati kuta kvašenja vodenog laka na nemodificiranim uzorcima grabovine

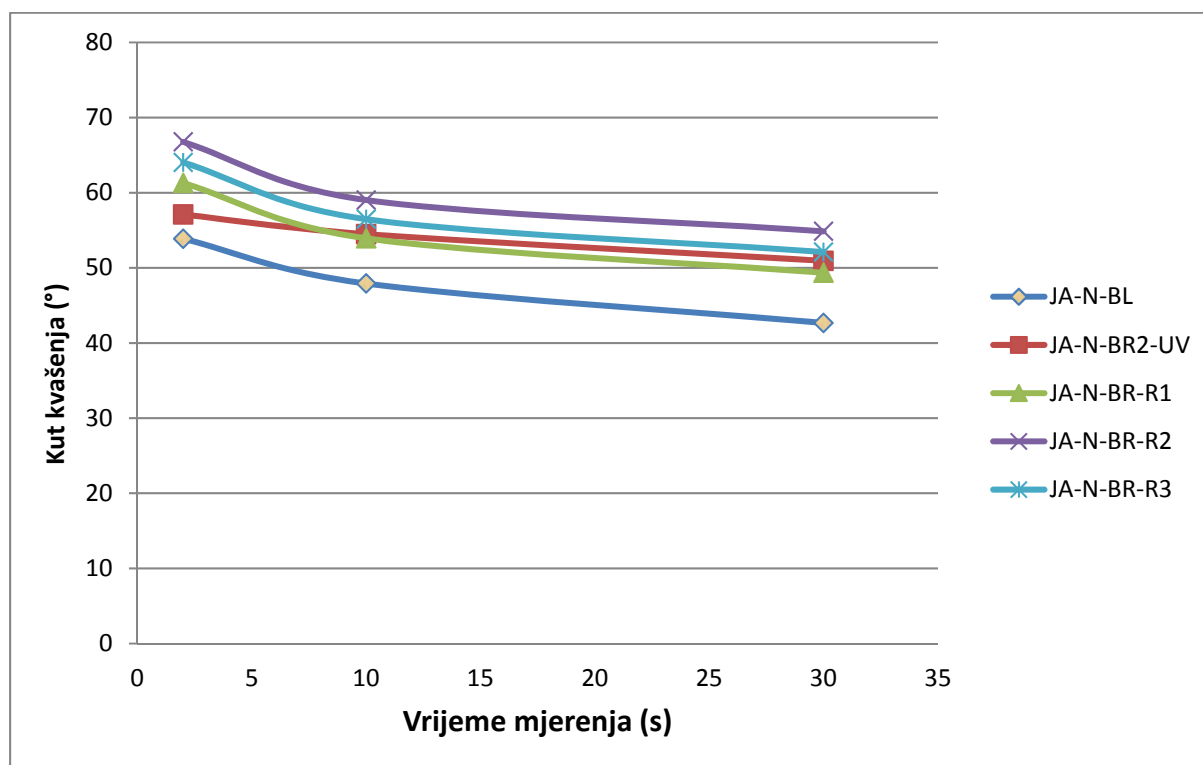


**Slika 32.** Rezultati kuta kvašenja vodenog laka na toplinski modificiranim uzorcima grabovine

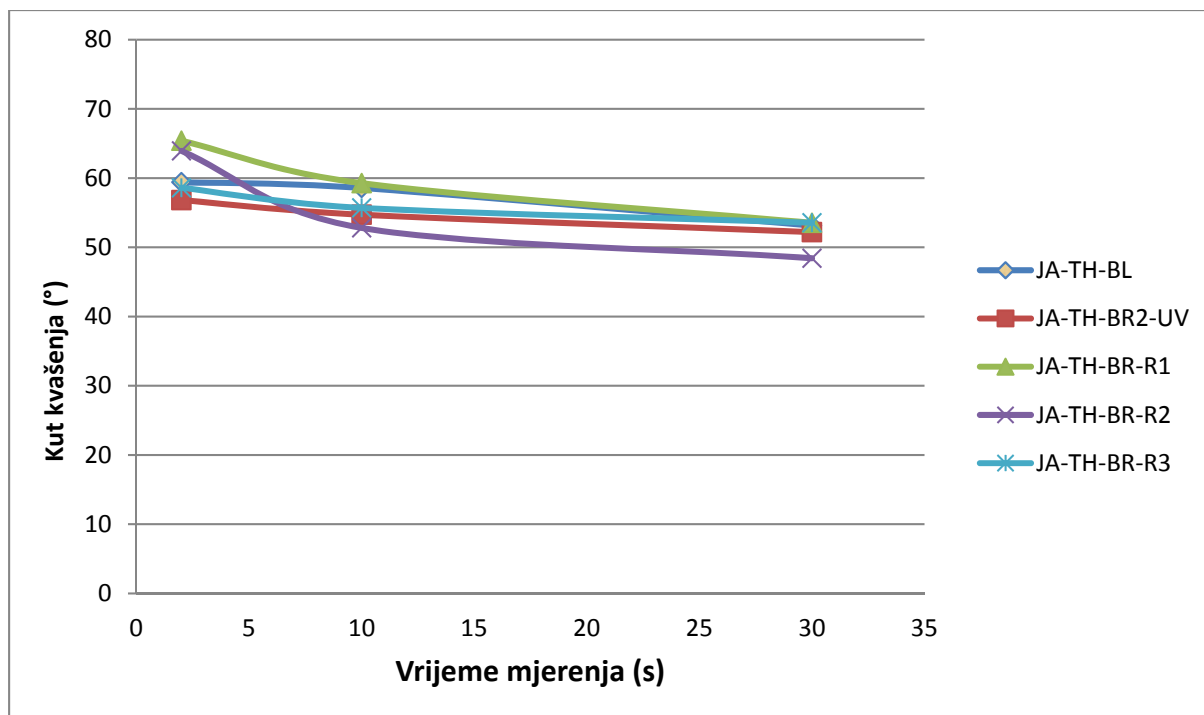
Prema rezultatima na slici 33 može se vidjeti da je najbolje kvašenje postignuto na blanjanim uzorcima, a kut kvašenja UV izloženih uzoraka se najmanje smanjio. Povećanjem granulacije brusnog papira nije se poboljšalo kvašenje vodenog laka.

Iz rezultata na slici 34 može se vidjeti da svi uzorci toplinski modificirane jasenovine bez obzira na vrstu aktivacije površine imaju podjednako kvašenje vodenog laka. Smanjenje kuta kvašenja kroz vrijeme najveće je pri brušenim uzorcima (BR-R2). Kut kvašenja nakon 30 s gotovo je jednak za sve vrste aktivacije površine.

Usporedimo li rezultate kvašenja vodenim lakom nemodificirane i toplinski modificirane jasenovine, može se zaključiti da se toplinskom modifikacijom usporilo smanjenje kuta kvašenja kroz vrijeme, smanjila se razlika u kvašenju vodenim lakom između uzoraka, te se smanjila razlika u utjecaju načina brušenja.



**Slika 33.** Rezultati kuta kvašenja vodenog laka na nemodificiranim uzorcima jasenovine



**Slika 34.** Rezultati kuta kvašenja vodenog laka na toplinski modificiranim uzorcima jasenovine

Prema dobivenim rezultatima može se vidjeti da je kut kvašenja poliuretanskog laka i vodenog laka ujednačeniji za sve vrste aktivacije površine i nema većih odstupanja. Najveće vrijednosti kuta kvašenja izmjerene su za vodeni lak, a najmanje za destiliranu vodu. Prema rezultatima možemo zaključiti da toplinska modifikacija, ni kod jasenovine ni kod grabovine nema veliki utjecaj na kut kvašenja niti za jedan premaz.

Na slici 35 jasno se može vidjeti razlika u obliku kapljice premaza nakon određenog otvrdnjivanja premaza. Znatno manje razlijevanje vidljivo je kod vodenog laka, nego kod poliuretanskog laka.





**Slika 35.** Izgled kapi premaza na uzorcima drva

## 5. POVEZANOST IZMEĐU HRAPAVOSTI POVRŠINE I KUTA KVAŠENJA

U tablici 3 prikazane su vrijednosti parametra hrapavosti Rp i kuta kvašenja destilirane vode, vodenog laka i poliuretanskog laka nakon 10 s na nemodificiranim i toplinski modificiranim uzorcima jasenovine i grabovine.

**Tablica 3.** Vrijednosti parametra hrapavosti Rp i kuta kvašenja nakon 10 s

Vrsta drva i obrade	Parametar hrapavosti Rp	Kut kvašenja nakon 10 s		
		Voda	Poliuretanski lak	Vodeni lak
JA-TH-BR2-UV	15,3	65,97	19,36	54,72
JA-TH-BL	10,2	24,71	20,17	58,57
JA-TH-BR1	10,5	33,66	21,37	59,27
JA-TH-BR2	11,5	26,81	19,65	52,81
JA-TH-BR3	10,1	18,36	22,65	55,71
JA-N-BR2-UV	11,2	54,80	18,10	54,72
JA-N-BL	10,9	14,60	19,36	58,57
JA-N-BR1	10	9,59	23,21	59,27
JA-N-BR2	8,4	14,15	21,68	52,81
JA-N-BR3	11	13,31	20,21	55,71
G-TH-BR2-UV	8,8	68,20	18,80	40,69
G-TH-BL	8,1	38,49	20,46	49,13
G-TH-BR1	8,1	34,37	20,72	57,63
G-TH-BR2	7	36,81	20,32	58,01
G-TH-BR3	6,8	36,11	19,18	57,82
G-N-BR2-UV	9,6	53,03	19,42	49,23
G-N-BL	12,8	41,21	18,48	48,79
G-N-BR1	8,3	23,16	21,81	49,68
G-N-BR2	7,7	26,91	18,03	54,64
G-N-BR3	6,8	9,19	22,36	52,16

Prema rezultatima iz tablice 3 može se vidjeti da je kut kvašenja vode i parametar hrapavosti Ra (izuzev za uzorak nemodificirane grabovine) na nemodificiranim i toplinski modificiranim uzorcima jasenovine i grabovine izloženih UV zračenju najveći. Na blanjanim i brušenim nemodificiranim i toplinski modificiranim uzorcima jasenovine i grabovine dobivene su manje vrijednosti kuta

kvašenja i parametra hrapavosti Ra. Postoji velika razlika u rezultatima za pojedinu vrstu aktivacije površine. Možemo zaključiti da kvašenje vodom ovisi o parametru hrapavosti Ra. Kvašenje poliuretanskim lakom nemodificiranih i toplinski modificiranih uzoraka jasenovine i grabovine nakon 10 s za sve vrste aktivacije površine je ujednačeno, nema velikih odstupanja. Na kvašenje poliuretanskim lakom, parametar Ra nema utjecaj. Prema rezultatima kvašenja drva vodenim lakom nemodificiranih i toplinski modificiranih uzoraka jasenovine i grabovine također možemo zaključiti da kvašenje vodenim lakom ne ovisi o parametru Ra. Rezultati kvašenja vodenim lakom podjednaki su za sve vrste aktivacije površine uzoraka nemodificiranih i toplinski modificiranih uzoraka jasenovine i grabovine.

Možemo zaključiti da hrapavost površine utječe na kvašenje samo pri kvašenju vodom, dok na kvašenje poliuretanskim lakom i vodenim lakom nema utjecaj. Hrapave površine mogu apsorbirati mnogo više molekula nego glatke. Na istaknutim točkama hrapave površine apsorpcijska sposobnost je veća. Hrapavost površine utječe na kvašenje ovisno o vrsti premaznog materijala.

## 6. ZAKLJUČAK

Na temelju dobivenih rezultata možemo zaključiti da obrada površine utječe na hrapavost površine, a isto tako i na kontaktni kut. Osim obrade površine vidljivo je da i toplinska obrada utječe na hrapavost površine i kut kvašenja. Ta razlika je najviše vidljiva kod parametra hrapavosti između toplinski modificiranog jasena i nemodificiranog jasena, hrapavost površine za toplinski modificirani jasen je jasno veća nego kod nemodificiranog jasena. Kod graba su rezultati za toplinski modificirani grab gotovo jednaki kao i kod nemodificiranog graba. Možemo uočiti da najveće parametre hrapavosti imaju uzorci obrađeni UV zračenjem, izuzev uzorka nemodificirani grab. Najveća razlika je vidljiva kod parametra  $R_t$ , dok je najmanja kod  $R_p$ .

Iz rezultata mjerenja kuta kvašenja možemo vidjeti da vrsta obrade i toplinska modifikacija utječu na kontaktni kut. Vidljivo je da kut kvašenja u vremenskom periodu najviše opada kod vode, dok najmanje kod poliuretanskog laka. Najmanje vrijednosti kontaktnog kuta izmjerene su za poliuretanskog lak, a najveće za vodeni lak.

Kod mjerenja za vodu razlike su najveće, toplinski modificirani uzori imaju veći kut kvašenja nego nemodificirani uzorci. Uzorci izlagani UV zračenju imaju najveće izmjerene vrijednosti. Za PU lak vrijednosti su podjednake za sve vrste površinske obrade, također i kod vodenog laka, dok kod vode imamo velike razlike.

Na kraju možemo zaključiti da od svih površinskih obrada najveći utjecaj i na hrapavost površine i kontaktni kut ima UV zračenje.

## 7. LITERATURA

1. Alić, O., 1975: Hrapavost površine tehničkih-drvenih tijela; Institut za preradu drveta Šumarskog fakulteta u Beogradu, Beograd.
2. Antonović, A; Beljo Lučić, R; Brezović, M.; Čavlović, A. O.; Domljan, D.; Grbac, I.; Hasan, M.; Ištvanić, J.; Jambrečić, V.; Jambrečić, B.; Jirouš-Rajković, V.; Jug, M.; Klarić, K; Klarić, M.; Ljuljka , B.; Mihulja, G.; Miklečić, J.; Perić, I.; Pervan, S.; Prekrat, S.; Runjaić, S.; Sedlar, T.; Sinković, T.; Šafran, B.; Šefc, B.; Španić, N.; Štebih Bolub, B.; Trajković, J.; Turkulin, H.; Vlaović, Z.; Živković, V.; Župčić, I., 2018: Pojmovnik hrvatskoga drvnotehnološkog nazivlja, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb.
3. Denjo, D., 2015: Ispitivanje hrapavosti površine. <http://documents.tips/documents/10ispitivanjehrapavosti.html>. (15.8.2019.).
4. Gindl, M.; Sinn, G.; Stanzl-Tschegg, S. E., 2006: The effects of ultraviolet light exposure on the wetting properties of wood. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 20(8): 817-828.
5. Gray, V. R., 1962: The Wettability of Wood. *Forest Products Journal*, 12:452-461.
6. Gurau, L., 2010: An objective method and measure and evaluate the quality of sanded wood surface. *The Future of Quality Control for Wood and Wood Products*, 4-7:1 - 9.
7. ISO 4287: 1997 Geometrical products specifications (GPS) – Surface tekstur: Profile method – terms, definitions and surface texture parameters.
8. Jirouš-Rajković, V., 1991: Režimi brušenja ravnih furniranih ploha i njihov utjecaj na površinsku obradu. Magistarski rad, Šumarski fakultet, Zagreb.
9. Jirouš-Raković, V., 2016: 5. Predavanje iz predmeta Površinska obrada drva. Šumarski fakultet, Zagreb.
10. Labura, K., 2015: Postupci završne obrade dijelova. Završni rad. Veleučilište u Karlovcu, Stručni studij strojarstvo, proizvodno strojarstvo, Karlovac.
11. Liptakova, E.; Kudela, J., 1994: Analysis of the Wood Wetting Process. *Holzforshung*, 48: 130-144.
12. Mihulja, G., 2018: Činitelji koji utječu na slobodnu površinsku energiju drva. Doktorski rad, Šumarski fakultet, Zagreb.
13. Moy, E.; Cheng, P.; Policova, Z.; Treppo, S.; Kwok, D.; Mak, D. R.; Sherman, P. M.; Neumann, A. W., 1991: Measurement of contact angles from the maximum

- diametar of non-wetting drops by means of a modified axisymmetric drop shape analysis. *Colloids and Surfaces*, 58(3): 215-227.
14. Neumann, A. W.; Good, R. J. 1979: *Surface and Colloid Science Chapter 2. Techniques of measuring contact angles*. Volume II. Plenum Press, New York, 47-51.
  15. Runje, B., 2014: *Predavanja iz kolegija Teorija i tehnika mjerenja*. Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb.
  16. Sedmak, D., 2013: *Komparativna analiza tokarenja i ortogonalnog okretanja glodanja*. Diplomski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb.
  17. Skinner, F. K.; Rotenberg, Y.; Neumann A. W., 1989: Contact angle measurements from the contact diameter of sessile drops by means of a modified axisymmetric drop shape analysis. *Journal of Colloid and Interface Science*, 130(1): 25-34.
  18. Stumbo, D. A., 1960: Surface-texture measurements for quality and production control, *Forest Products Journal*, 10(2): 122-124.
  19. Thomsen, F., 2007: Contact angle measurement in practice. With care to accuracy : preparations and general conditions for contact angle measurements. *Kruss Surface Science Newsletter*.
  20. Živković, V.; Prša, I.; Turkulin, H.; Sinković, T.; Jirouš-Rajković, V., 2008: Dimensional stability of heat treated wood floorings. *Drvena Industrija*, 59(2): 69-73.
  21. <https://www.keyence.com/ss/products/microscope/roughness/line/maximum-height-of-profile.jsp> (13.8.2019)
  22. <https://www.keyence.com/ss/products/microscope/roughness/line/total-height-of-profile.jsp> (13.8.2019)
  23. <https://www.keyence.com/ss/products/microscope/roughness/line/root-mean-square-deviation.jsp> (13.8.2019)

## 8. POPIS SLIKA

**Slika 1.** Prikaz ravnotežnih sila i ravnotežnog oblika kapljice (Mihulja, 2008)

**Slika 2.** Uzorci nemodificirane (a) i toplinski modificirane (b) jasenovine na 180 °C

**Slika 3.** Uzorci nemodificirane (a) i toplinski modificirane (b) grabovine na 212° C

**Slika 4.** Brusni papiri korišteni za brušenje

**Slika 5.** Komponenta A i B za dvokomponentni PU lak

**Slika 6.** Karakteristične duljine 2D profila hrapavosti (Runje, 2014)

**Slika 7.** Mjerenje hrapavosti okomito na vlakanca drva

**Slika 8.** Grafički prikaz parametra hrapavosti Ra i formula za izračunavanje parametra hrapavosti Ra (Runje, 2014)

**Slika 9.** Grafički prikaza parametara hrapavosti Rp, Rv i Rz (<https://www.keyence.com> )

**Slika 10.** Grafički prikaza parametra Rt (<https://www.keyence.com>)

**Slika 11.** Grafički prikaza parametra Rq i formula za izračunavanje parametra hrapavosti Rq (<https://www.keyence.com>)

**Slika 12.** Goniometar

**Slika 13.** Mjerenje kuta kvašenja pomoću programa Dinocapture 2.0

**Slika 14.** Mjerenje kuta kvašenja

**Slika 15.** Parametar hrapavosti Ra na uzorcima nemodificirane i toplinski modificirane jasenovine i grabovine nakon UV zračenja, blanjanja i brušenja

**Slika 16.** Parametar hrapavosti Rt na uzorcima nemodificirane i toplinski modificirane jasenovine i grabovine nakon UV zračenja, blanjanja i brušenja

**Slika 17.** Parametar hrapavosti Rv na uzorcima nemodificirane i toplinski modificirane jasenovine i grabovine nakon UV zračenja, blanjanja i brušenja

**Slika 18.** Parametar hrapavosti Rp na uzorcima nemodificirane i toplinski modificirane jasenovine i grabovine nakon UV zračenja, blanjanja i brušenja

**Slika 19.** Parametar hrapavosti Rz na uzorcima nemodificirane i toplinski modificirane jasenovine i grabovine nakon UV zračenja, blanjanja i brušenja

**Slika 20.** Parametar hrapavosti Rq na uzorcima nemodificirane i toplinski modificirane jasenovine i grabovine nakon UV zračenja, blanjanja i brušenja

**Slika 21.** Profilogrami nemodificiranih i toplinski modificiranih uzoraka jasenovine nakon UV zračenja, blanjanja i brušenja

**Slika 22.** Profilogrami nemodificiranih i toplinski modificiranih uzoraka grabovine nakon UV zračenja, blanjanja i brušenja

**Slika 23.** Rezultati kuta kvašenja vode na nemodificiranim uzorcima grabovine

**Slika 24.** Rezultati kuta kvašenja vode na toplinski modificiranim uzorcima grabovine

**Slika 25.** Rezultati kuta kvašenja vode na nemodificiranim uzorcima jasenovine

**Slika 26.** Rezultati kuta kvašenja vode na toplinski modificiranim uzorcima jasenovine

**Slika 27.** Rezultati kuta kvašenja poliuretanskog laka na nemodificiranim uzorcima grabovine

**Slika 28.** Rezultati kuta kvašenja poliuretanskog laka na toplinski modificiranim uzorcima grabovine

**Slika 29.** Rezultati kuta kvašenja poliuretanskog laka na toplinski modificiranim uzorcima jasenovine

**Slika 30.** Rezultati kuta kvašenja poliuretanskog laka na nemodificiranim uzorcima jasenovine

**Slika 31.** Rezultati kuta kvašenja vodenog laka na nemodificiranim uzorcima grabovine

**Slika 32.** Rezultati kuta kvašenja vodenog laka na toplinski modificiranim uzorcima grabovine

**Slika 33.** Rezultati kuta kvašenja vodenog laka na nemodificiranim uzorcima jasenovine

**Slika 34.** Rezultati kuta kvašenja vodenog laka na toplinski modificiranim uzorcima jasenovine

**Slika 35.** Izgled kapi premaza na uzorcima drva



## 9. POPIS TABLICA

**Tablica 1.** Oznake uzoraka

**Tablica 2.** Preporučene graniče vrijednosti filtra (Runje, 2014)

**Tablica 3.** Vrijednosti parametra hrapavosti  $R_p$  i kuta kvašenja nakon 10 s