

# Promjena svojstava svile djelovanjem ultrazvuka

---

**Sagadin, Ana-Maria**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

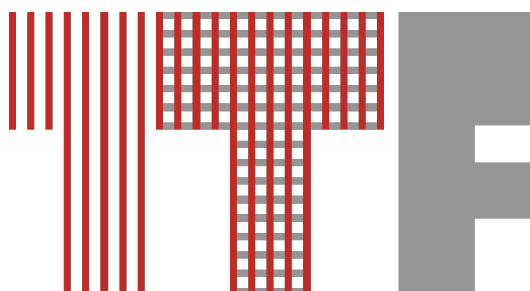
**2017**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Textile Technology / Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:201:182852>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-26**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Textile Technology University of Zagreb - Digital Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

**ZAVRŠNI RAD**

**PROMJENA SVOJSTVA SVILE DJELOVANJEM  
ULTRAZVUKA**

Ana-Maria Sagadin

Zagreb, travanj 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET  
Zavod za materijale, vlakna i ispitivanje tekstila

**ZAVRŠNI RAD**

**PROMJENA SVOJSTVA SVILE DJELOVANJEM  
ULTRAZVUKA**

Mentor

Doc.dr.sc. Ružica Brunšek

Izradila:

Ana-Maria Sagadin

Broj indeksa:

7900

Zagreb, travanj 2017.

Tekstilno-tehnološki fakultet,  
Sveučilišta u Zagrebu,  
Prilaz baruna Filipovića 28a  
10 000 Zagreb  
Zavod za materijale, vlakna i ispitivanje tekstila

Broj stranica: 29

Broj tablica: 9

Broj slika: 11

Broj literaturnih izvora: 18

Članovi povjerenstva:

1. Doc. dr. sc. Maja Somogy Škoc, predsjednik
2. Doc. dr. sc. Ružica Brunšek, član
3. Doc. dr. sc. Dragana Kopitar, član
4. Doc. dr. sc. Goran Čubrić, zamjenik člana

## **SAŽETAK**

Rad prikazuje usporedbu promjene svojstava sirove svile degumirane ultrazvukom i klasičnim postupkom. Ultrazvučna obrada provodila se uz variranje vremena obrade, frekvencije i temperature medija. Ispitivana svojstva bila su površinska masa, debljina, propusnost zraka, gustoća niti, prekidna čvrstoća i istežanje.

Obzirom na dobivene rezultate može se zaključiti da je proces klasičnog degumiranja učinkovit, ali ultrazvučnom obradom može se poboljšati učinak degumiranja. Na temelju rezultata dobivenih mjerenjem čvrstoće, može se zaključiti da su optimalni uvjeti obrade ultrazvukom, degumiranje s frekvencijom od 37 kHz u vremenu obrade od 30 min i s temperaturom medija od 40°C.

**Ključne riječi:** sirova svila, degumiranje, ultrazvuk, svojstva (površinska masa, debljina, propusnost zraka, gustoća niti, čvrstoća, istežanje)

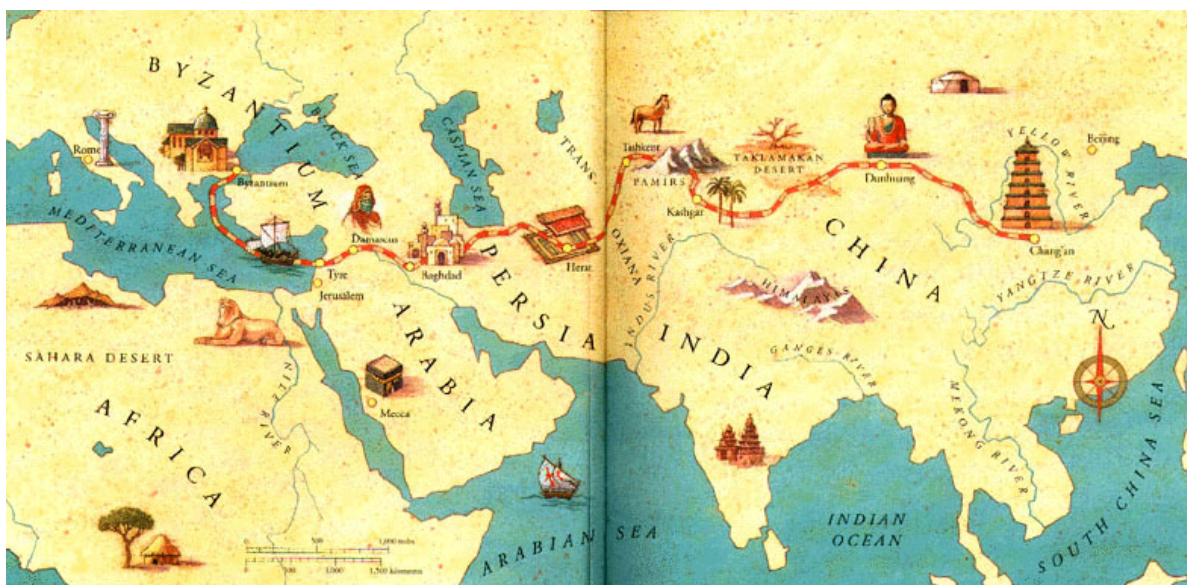
## **SADRŽAJ**

<b>1. Uvod</b>	1
<b>2. Svila</b>	4
2.1. Uzgoj dudovog svilca i nastajanje svile	4
2.2. Građa svile	6
2.3. Svojstva i upotreba svile	7
2.4. Degumiranje svile	9
2.5. Ultrazvuk	10
<b>3. Eksperimentalni dio</b>	12
3.1. Razrada teme	12
3.2. Definiranje uzoraka za ispitivanje	12
3.3. Degumiranje svile	12
3.3.1. Klasično degumiranje	12
3.3.2. Degumiranje uz pomoć ultrazvuka	13
3.4. Metode ispitivanja svojstva svile	13
3.4.1. Površinska masa (HRN F .S2.016)	14
3.4.2. Debljina plošnog proizvoda (HRN F .S2.021)	15
3.4.3. Propusnost zraka (EN ISO 9237)	15
3.4.4. Gustoća plošnih proizvoda (HRN F .S2. 013)	16
3.4.5. Otpornost na vlačne sile (UNI EN ISO 2062)	17
<b>4. Rezultati</b>	18
4.1. Rezultati mjerenja površinske mase	18
4.2. Rezultati mjerenja debljine	18
4.3. Rezultati mjerenja propusnosti zraka	19
4.4. Rezultati mjerenja gustoće niti	19
4.5. Rezultati mjerenja čvrstoće i istezanja	20
<b>5. Rasprava</b>	21
<b>6. Zaključak</b>	27
<b>7. Literatura</b>	29

## 1. UVOD

Svila je prirodno životinjsko vlakno pretežito građeno od bjelančevine fibroin, te ju se stoga naziva i fibroinsko vlakno. U primjeni je više vrsta svila, a najveće značenje ima svila koju proizvodi dudov svilac (*Bombyx mori*), koji se uzgaja upravo radi dobivanja svile. Takva svila je najbolje kvalitete i naziva se plemenita svila [1]. Poznate su i svilene niti koje proizvode gusjenice nekih prelca koji žive u divljini, pa se takve svile nazivaju divlje svile. Vlakna divljeg svilca imaju grubu, tvrdu strukturu i smeđe su boje, za razliku od žutih do sivih vlakana kultiviraog svilca [2]. Takve su svile npr. tusah, eria i anafe.

Domovina svile je Kina gdje se dudov svilac uzgaja već 5000 godina. Umijeće uzgoja svilaca i dobivanja svile razvijao se i njegovalo na carskim dvorovima i držalo u tajnosti. Prema legendi na ideju izdvajanja svilene niti iz čahure došla je oko 2750. god. pr. Kr. carica Xi Ling Shi, supruga vladara Hinang Dia. Smatra se da su se prve svilene tkanine počele proizvoditi oko 2250. god. pr. Kr. Kina je imala monopol u proizvodnji svile više od 2 tisućljeća. Odatle se trgovalo svilom brojnim vladarskim dvorovima diljem svijeta (Put svile, Sl. 1).



Sl. 1. Put svile [3]

Ta drevna trgovačka ruta povezivala je Kinu sa zapadom. Put svile, dužine 6400 km, ustvari je karavanska staza koja je kretala iz Čang'ana (današnji Xian), slijedila Kineski

zid prema sjeverozapadu, prelazila rubom pustinje Takla Makan, penjala se uz planine Pamira, zatim preko Afganistana do Levanta, odakle se išlo preko Mediterana. Malo je ljudi putovalo cijelom rutom. Uglavnom su dobra putovala preko velikog broja posrednika. Nekadašnji Put svile danas je asfaltirana autocesta koja povezuje Pakistan i autonomnu pokrajinu Sinkiang Uighur u Kini [4]. Svila je postala pojam ekskluzivnog i skupocjenog materijala u koji su se oblačili carevi, kraljevi i plemstvo. Iznošenje jajašca i čahura dudova svilca iz zemlje kažnjavalo se smrću. Ipak kasnije je dudov svilac dospio u Koreju, zatim Japan, Indiju te Perziju. U Europu su 552. god. jajašca dudova svilca i sjeme dudu prokrijumčarila dva perzijska monaha u šupljinama svojih bambusovih štapova. Iste godine, zalaganjem bizantskog cara Justinijana, počeo je uzgoj dudova svilca, a Bizant je postao europski centar za proizvodnju svile i taj monopol održao od 7. do 11. st. Kad su Arapi zauzeli Perziju u 7. st., preuzeli su i umijeće uzgoja svilca i dobivanje svile i proširili ga u 9. st. najprije na Siciliju, zatim u Španjolsku, a odatle se proizvodnja svile počela postupno širiti u unutrašnjost Europe, osobito u Francusku [1]. Kultura obrade svile cvala je u Europi, a posebno u Francuskoj i Italiji sve do 1854. godine kada se pojavila nepoznata bolest koja je napravila pomor među svilcima. Nakon što je uzročnik pronađen (navodno kuga), te sredstva kontrole razvijena talijanska industrija svile se oporavila, ali francuska baš i nije [4].

Prije prvog svjetskog rata svilarstvo Austro-Ugarske Monarhije bilo je na trećem mjestu u Europi po proizvodnji svile, odmah nakon Francuske i Italije. U Vojvodini je primjerice, 1930. proizvedeno 1278 t svilenih kokona, 1947. oko 550 t, 1958. 238 t, da bi već krajem 60-ih početkom 70-ih potpuno ugasili proizvodnju svile, koja je u tim krajevima bila uspješna preko 250 godina [5]. Nime pojavom poliamida i relativno kratkotrajnom modom najlon- proizvoda uz visoku akumulativnost za proizvođače i trgovinu, jugoslavenski proizvođači svile krivo su procijenili da je prirodna svila zauvijek pokopana [6].

U srednjem vijeku se i u nekim našim krajevima proizvodila svila (zaleđe Dubrovnika, otoci Krk, Cres i Pag), a u 19. st. osobito u Slavoniji i sjeverozapadnoj Hrvatskoj. Najviše se proizvodilo u Srijemskoj županiji a zatim u Osijeku i okolici. Svi kasniji pokušaji obnove proizvodnje svile u Hrvatskoj su propali, osim onoga u Konavlima 1994. godine. Tamo su započeli izradu svilenih niti za svoje narodne nošnje koje se bez njih ne mogu izraditi. Danas taj složeni proces proizvodnje u Konavlima obavlja samo



nekoliko žena [7]. Kvaliteta hrvatske svile nije se odlikovala finoćom i sjajem kao francuska i talijanska, ali zato je bila jača, teža i trajnija [8].

Danas se u svijetu godišnje proizvede oko 110 000 t svile, što iznosi samo oko 0,2% svjetske proizvodnje vlakana i oko 0,4% u skupini prirodnih vlakana. Ipak značenje svile, zbog njenih iznimnih estetskih karakteristika i udobnosti koju pruža, mnogo je veće.

Ovaj rad prikazuje promjene svojstava svile koje su se dogodile degumiranjem sirove svile ultrazvukom.

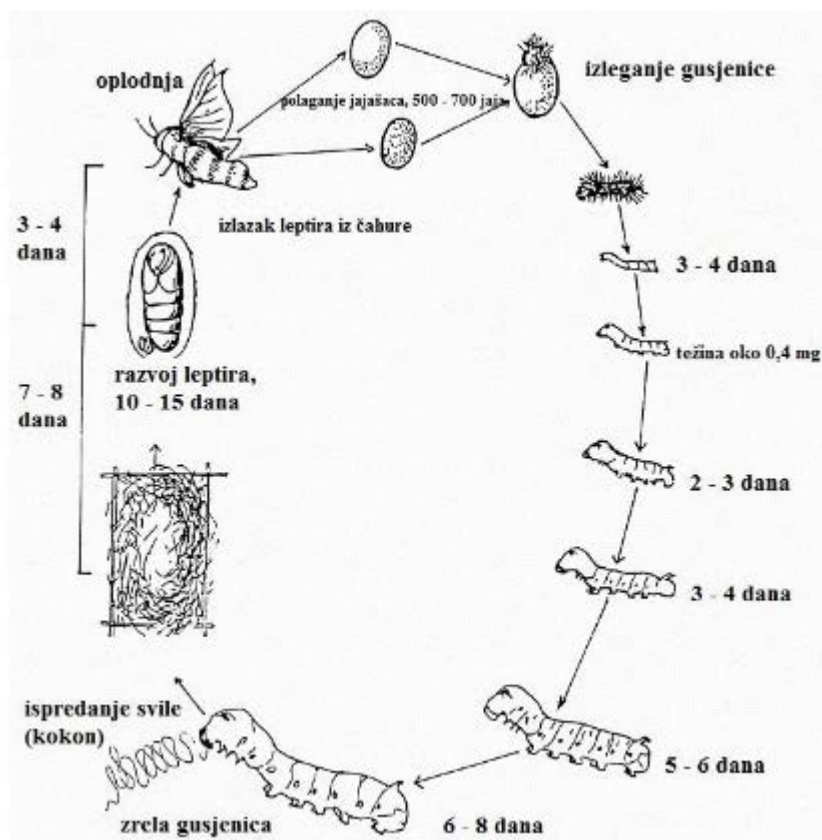
## 2. SVILA

### 2.1. Uzgoj dudovog svilca i nastajanje svile

Dudov svilac proizvodi se prvenstveno radi dobivanja svile. Svila koju proizvodi dudov svilac najbolje je kvalitete i naziva se plemenita ili prava svila. Jedan od preduvjeta za uzgoj svilca je uzgoj duda, prije svega bijeloga duda (*morus albe*), čijim se lišćem hrani gusjenica. Dudu pogoduje hladna, ali ne duga zima i dosta padalina. Uzgoj svilca pretežito se obavlja u kućnoj radinosti radi kontrole vlažnosti i temperature. Mlado dudovo lišće razvija se u proljeće, pa tada i razvojni ciklus obično započinje. Oplođena jajašca polažu se u inkubatore, nakon 2 do 3 dana iz njih se izlegnu male gusjenice, duge oko 3 mm i teške oko 0,5 mg. Iz jednog grama jajašca razvije se oko 1300 gusjenica. Gusjenice jedu dan i noć, vrlo su proždrljive i pojedu velike količine lišća [1]. Procijenjuje se da svaki crv pojede 30 000 puta više hrane od svoje početne težine [2]. Za 30 do 35 dana narastu na duljinu od 80 do 90 mm i teže do 4 g. Tijekom razvoja gusjenice se 4 puta presvlače, a kada postignu potpuni rast iz dva otvora na glavi počinju izlučivati fibroinske niti obavijene sericinom. Gusjenica se pravilnim pokretima glave u obliku osmice, obavija tom niti stvarajući čahuru. Kompaktna čahura dobiva se jer sericin ima ulogu ljepila koje fibroinske niti međusobno sljepljuje u jednu čvrstu nit koja se na zraku skruti. Unutar 14 dana, gusjenica u čahuri se preobrazi u leptira, leptir probija čahuru te ju time oštećuje, što kod dobivanja svilenih niti treba spriječiti. Nakon tri dana leptir postiže spolnu zrelost, te nakon parenja ženka polaže jajašca. Jajašca se sabiru i stavlja u inkubator i tako se ciklus obnavlja (Sl.2.). Kod europskih vrsta svila u jednom kg čahura ima 1200 do 1800 komada, a u azijskim ima 3000 do 3300 komada.

U svrhu dobivanja svile ne smije se dozvoliti izlazak leptira iz čahure. Zbog toga se izdvajaju čahure za nastavak reproduktivnog ciklusa, a kod onih za dobivanje svile mora se usmrtiti leptir (unutar desetak dana) kako ne bi oštetio čahuru, odnosno svilenu nit. To se postiže vodenom parom, namakanjem čahura u toploj vodi, smrzavanjem čahura ili dodatkom otrova. Nakon uginuća leptira čahure suše, razvrstaju o veličini, obliku i boji te pripremaju za daljnu preradbu. Vanjski sloj čahure sastoji se od zamršenih vlakana male kvalitete koje se prve odvajaju iz čahure. Iz njih se dobiva vlasasto svileno vlakno (tzv. šap, buret). Nakon toga se sericin omekšava u vrućoj vodi pri čemu se pomoću rotirajuće četke ili lupanjem čahure štapićem pokušava doći do

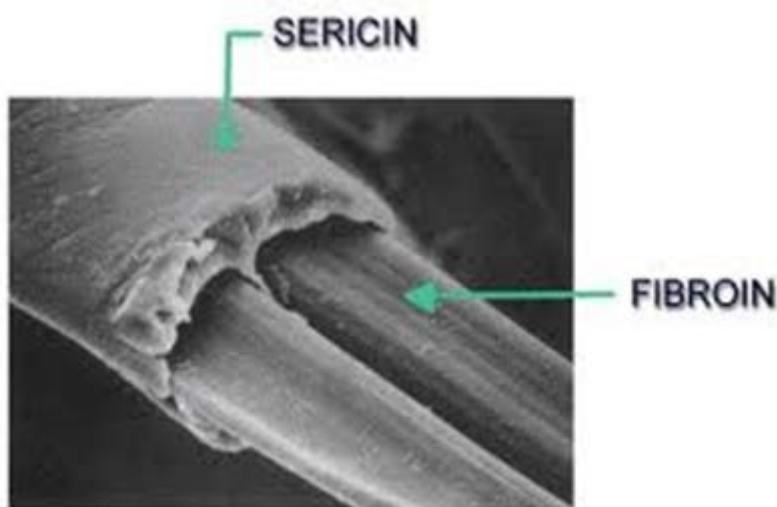
početka niti. Time započinje odmatanje. Ovisno o željenoj finoći svile, odmata se 5 do 10 udruženih niti istovremeno. Odmatanjem se dobiva neprekinuta nit duljine 900 do 1000 m. Takva svilena nit relativno je gruba i neugledna, zelenkastožute boje, jer sadrži sericin. Takva se svila naziva sirova ili grež svila. Da bi vlakno, odnosno time i svilena odjeća, na kraju dobilo finoću, glatkoću i plemeniti sjaj, potrebno je ukloniti sericin. Proces uklanjanja sericina naziva se degumiranje, a tako obrađena svila degumirana svila. Degumiranje svile obavlja se u sapunskim otopinama blago povišene temperature, pri čemu se sericin uklanja ili djelomično ili u potpunosti, ovisno prema potrebi određene namjene. Ovisno o tome razlikuje se nekoliko vrsta svile: ekri, suple, kvite, šap ili floret, buret.



Sl. 2. Razvojni ciklus dudovog svilca [9]

## 2.2. Građa svile

Nit sirove svile sastoji se od 2 niti građene iz fibroina, okružene i sljepljene sericinom (Sl. 3.). Na presjeku vlakna vidi se: vanjski plašt, građen iz fibrila koji su slabije orijentirani, korteks, glavni dio vlakna koji sadrži dobro orijentirane fibrile koji kristaliziraju, i središte vlakna koje je amorfne strukture. Za svilu dudovog svilca karakterističan je poprečni presjek u obliku relativno pravilnih jednakostraničnih trokuta, dok je kod divljih svila poprečni presjek malo drugačijeg obilka. Tako se i razlikuje svila dudovog svilca od tzv. divljih svila.



Sl. 3. Poprečni presjek sirove svile [10]

Fibroin je građen od 18 aminokiselina, pri čemu su najviše (86,9%) zastupljene tri jednostavne aminokiseline: glicin, alanin i serin. Udio fibroina u sirovoj svili iznosi 70 do 82% mase. Sericin koji obavija vlakno u sirovoj svili smjesa je bjelančevina gumasto-elastičnih svojstava koje nemaju vlaknati oblik. Najviše zastupljena kiselina u sericinu je serin. Serin je topljiv u vodi, a netopljiv u uobičajenim organskim otapalima. U sericinu su prisutni voskvi i masti, bojila i mineralne tvari. Količina sericina u sirovoj svili iznosi 18 do 30%, ovisno o vrsti prelca i uvjetima rasta i uzgoja [1].

Uz fibroin i sericin u sirovoj svili nalaze se i masti, pigmenti i pepeo, što nači da sirovo svileno vlakno izgrađuje:

- 70 do 82% fibroina (čista svilna nit)

- 18 do 30% sericina, koji se može ukloniti
- 0,1 do 1% masti i voskova, u sericinu
- 1 do 1,4% pigmenta i pepela, u sericinu

### 2.3. Svojstva i upotreba svile

Svila je jedino prirodno filamentno vlakno. Cijenjena je zbog svoje finoće, plemenitog sjaja, mekoće, podatnosti te iznimno ugodna dodira i pada. Zato je svila i nazvana kraljicom vlakana, a kvalitetni svileni proizvodi označavaju se posebnim međunarodnim znakom čiste svile (Sl. 4.).



Sl. 4. Međunarodni znak „čista svila“ [11]

Pri stavljanju na tržište svilene tkanine mogu se označiti posebnim znakom kvalitete koji poručuje potrošaču da se radi o materijalu načinjenom od čiste prirodne svile dobivene odmatanjem s čahure dudovog svilca i tusah svilca, bilo da je riječ o filamentnim nitima ili kratkim vlaknima s početka i kraja čahure [12].

Glavne karakteristike svilenih vlakana prikazana su u tablici 1. Ne smije se bijeliti jer je vrlo osjetljiva na djelovanje alkalija, na kiseline i oksidacijska sredstva. Zbog toga se svileni proizvodi smiju prati samo vrlo pažljivo u blago alkalnim kupeljima i na relativno niskoj temperaturi. Organska otapala koja se koriste u kemijskom čišćenju, svila dobro podnosi. Svila dobro apsorbira vodu i bubri u vodi u poprečnom presjeku do 19%, a u uzdužnom do 1,65%. Sposobnost zadržavanja vode je u području od 40 do 45%. Dobro upija vlagu, ravnotežna vlaga u standardnoj atmosferi je 9 do 11%, a u zraku relativne vlažnosti 95% i temperature 24°C izosi čak 20 do 40%. Svila nije sklona

nakupljanju statičkog elektriciteta, a relativno je otporna na mikroorganizme i moljce [1].

Tab. 1. Glavne karakteristike svilenih vlakana [1]

Svojstvo	Vrijednost
Finoća, degumirana svila, $\mu\text{m}$	9-11
-sirova svila, dtex	2 do 5
-degumirana svila, dtex	1 do 1,5
Čvrstoća, cN/dtex	2,7 do 5,0
Prekidno istezanje, %	18 do 22
Stupanj elastičnosti, %	
-pri 2% istezanja	95
-pri 5% istezanja	70
Gustoća, $\text{g/cm}^3$	
-sirova	1,37 do 1,44
-degumirana	1,27 do 1,38
Repriza, %	11
Termostabilnost, $^{\circ}\text{C}$	
-temperatura pranja	30
Temperatura glačanja	140 do 160
Temperatura raspada	170 do 180
Temperatura pougljenja	300 do 400

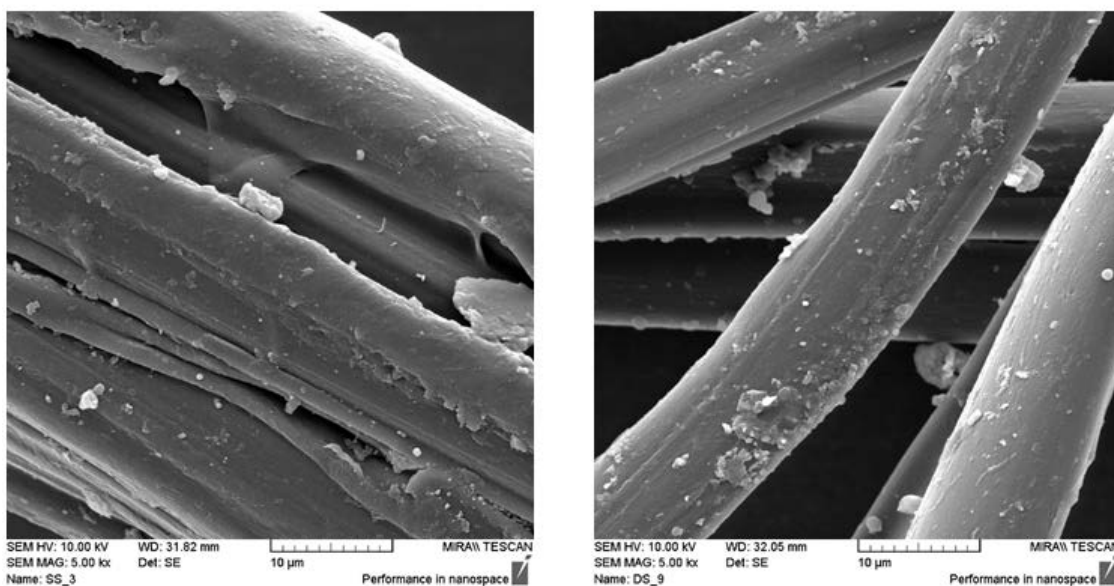
Svila ima najveću čvrstoću među svim prirodnim tkaninama, tj među vlaknima istog promjera. Slabija je kad je mokra, ali kad se osuši, vraća joj se prvobitna čvrstoća. Puno je elastičnija od lana ili pamuka, a može je se razvući 1/5 do 1/7 njene dužine prije nego pukne. Zato odjeća od svile zadržava oblik i ne bora se. Svila je slab vodič topline pa je zato svilena odjeća puno toplija nego od pamuka ili lana. Svila čuva toplinu uz tijelo i tako ga grije. Otežana svila je bolji provodnik topline od čiste svile zato jer metal u njoj odvodi toplinu dalje od tijela [2].

Svila ima prirodnu sklonost za bojenje, a bojadisanje se provodi kiselim, metalkompleksnim, reaktivnim i nekim izabranim direktnim bojilima [13]. U upotrebi su svileni proizvodi skloni prljanju i gužvanju, a jeftiniji svileni proizvodi imaju relativno čestu slabu postojanost obojenja. Proizvode se svilene fine tkanine za bluže, košulje, haljine, marame, kravate, fino rublje, svećane zastave i brojni ukrasni svileni tekstil. Poznate su i lagane svilene tkanine naziva taft, saten, žoržet, organcin te nešto teže tkanine brokat, damast i šantung itd. Saten je izvorno tkanina od prave svile, a danas se izrađuje i od umjetnih vlakana svilenkastog izgleda. Taft je svilena tkanina u

platnenom vezu koja se odlikuje finim zagasitim sjajem i karakterističnim vrlo finim poprečnim rebrastim prugama. Brokat je pak izvorno skupa, sjajna i teška svilena tkanina, reljefnih i životopisnih šara, često protkana zlatnim i srebrnim nitima. Floret i šap tkanine su izrađene od svilenog „otpada“, tj. od kratkih vlakana s početka i kraja odmotavanja svilene niti čahure [14]. Posebno su cijenjeni ručno uzlani svileni sagovi, a nekada su se od svile proizvodile i fine ženske čarape i padobrani, no danas se to proizvodi od čvršćih umjetnih vlakana.

## 2.4. Degumiranje svile

Sirova svila nema sjaj ni mekoću, koji se obično smatraju karakterističnim svojstvima svilenog vlakna. Ta se svojstva pojavljuju tek kada se ukloni vanjski sloj kojim je okruženo svileno vlakno, odnosno sericin (Sl.5.).



Sl. 5. Mikroskopska slika sirove svile s vidljivim sericinom(A) i degumirane svile kojoj je uklonjen sericin (B)

Svileno vlakno sastoji se od unutarnjeg ili pravog vlakna koje je sastavljeno od albuminoida nazvanog fibroin i vanjskog, koji je sastavljen od želatini slične supstance različito nazvane sericin, svileno ljepilo ili svilena guma u iznosu od 25% od ukupne količine vlakana, dok fibroin sadrži ostalih oko 75%. Sericin je topljiv u razrijeđenim sapunskim otopinama, dok je fibroin netopljiv. Degumiranje je proces iskuhavanja, odnosno uklanjanja sericina, te se njime dobivaju najvrednija svojstva svile, sjaj i

mekoća. Svila može biti degumirana u obliku pređe ili u komadu. Degumiranje svile može se provesti djelomično ili u potpunosti. Djelomično degumirana svila je ecru svila kod koje je uklonjeno 1 do 5% sericina i souple svila kod koje je uklonjeno 6 do 15% sericina, dok je iskuhana svila potpuno degumirana. Kao sredstva za degumiranje najčešće se služe suspcancije koje tvore blago alkalne otopine, a idealno sredstvo za degumiranje je ono koje otapa sericin, a da pritom fibroin ostaje netaknut.

Zbog toga proces degumiranja mora biti proveden u uskim granicama pH, vremena i temperature. Klasično degumiranje provodi se tako da se sirova svila kuha 1,5 do 2 h u sapunskoj otopini (nekada s marsejskim sapunom) koncentracije 4 do 10 g/l. Sapun treba biti u količini od 25 do 30% težine vlakana koje se degumira. Idealna temperatura kupelji je oko 95°C. Za vrijeme procesa svila bubri i sericin se odstranjuje. Nakon toga svila se obrađuje u drugoj kupelji s blažim uvjetima, odnosno sapunom niže koncentracije na nižoj temperaturi (60 do 80°C). Potom se obrađena svila ispiru toplom otopinom sode, te toplom i hladnom vodom. Gubitak kod potpuno degumirane svile je između 20 i 25% od sirove težine vlakna, ovisno o količini sericina i uvjetima obrade [15].

## **2.5. Ultrazvuk**

U ovom radu uspoređivano je klasično degumiranje i degumiranje ultrazvučnom obradom. Ultrazvuk se u tekstilnoj industriji primjenjuje u raznim procesima s ciljem poboljšanja kvalitete i učinkovitosti pojedinih procesa, a posebno iz ekoloških razloga. Ultrazvučnim procesima smanjuje se primjena štetnih tvari koje zagađuju okoliš, pa je i manja količina otpadnih voda, kao i utroška energije [16]. Ultrazvuk je titranje čestica frekvencije viših od 20 kHz, koje se valno širi kroz neku tvar. Uobičajena podjela mehaničkog titranja je na infrazvuk (do 16 Hz), zvuk (16Hz – 20k Hz) i ultrazvuk (više od 20 kHz). Može se proizvesti na više načina, a sklop koji služi za pretvaranje nekog oblika energije u ultrazvuk i obrnuto, naziva se pretvarač. Najčešće se koriste piezoelektrični pretvarači čija je prednost stvaranje mehaničkih titraja u širokom rasponu frekvencija. Obzirom na vrstu sredstva koje prenosi energija i karakteristici tvari, razlikuju se longitudinalni i transverzalni val. Longitudinalni valovi mogu se rasprostirati sredstvom koje može biti u bilo kojem agregatnom stanju, a kod transverzalnih valova, čestice titraju okomito na smjer rasprostiranja vala, te se mogu



rasprostirati samo u čvrstom agregatnom stanju [17]. U tekstilnoj industriji upotreba ultrazvuka najznačajnija je u mokrim procesima kao što su pranje, bojadisanje, kemijsko čišćenje. Takvi procesi zahtjevaju veliku količnu vode i veliki utrošak energije, te dugo vrijeme obrade, a ultrazvučnom obradom sve se to smanjuje, a samim time i potreba za štetnim kemikalijama je manja, pa je primjena ultrazvuka popularna u postupcima kemijskog čišćenja, da bi se smanjila upotreba perkloretilena i drugih organskih otapala.

Za potrebe ovog rada ultrazvučno se degumirala sirova svila uz variranje frekvencije (37 i 80 kHz) , vremena obrade (30 i 60 min) i temperature medija (40 i 80 °C).

### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

#### 3.1. Razrada teme

Zadatak ovog rada bio je provesti degumiranje svile uz pomoć ultrazvuka te ustanoviti promjene svojstva svile koje je uzrokovalo takvo degumiranje. Jedan uzorak je klasično degumiran, a ostali uzorci u ultrazvučnoj kadi. Ispitivana svojstva su površinska masa, debljina, propusnost zraka, gustoća niti, prekidna sila i prekidno istezanje.

#### 3.2. Definiranje uzoraka za ispitivanje

Ispitivanja su provedena na tkanini sirove svile s osnovnim parametrima prikazanim u tablici 2.

*Tab.2. Osnovni parametri tkanine sirove svile*

Svojstvo	Norma	vrijednost
Vez	HRN ISO 3572:2003 Tekstil - Vezovi - Definicije osnovnih naziva i osnovnih vezova	platneni
Gustoća niti	HRN EN 1049-2:2003; Tekstil - Tkanine - Konstrukcija - Metode analize - 2. dio: Određivanje broja niti na jedinici duljine	Osnova: 35 niti/cm Potka: 26,33 niti/cm
Površinska masa	HRN F. S2. 016; HRN ISO 3801:2003 Tekstil - Tkanine - Određivanje mase po jedinici duljine i mase po jedinici površine	91, 84 g/cm <sup>3</sup>
Debljina	HRN EN ISO 5084:2003 Tekstil - Određivanje debljine tekstila i tekstilnih proizvoda	0,29 mm

#### 3.3. Degumiranje svile

##### 3.3.1. Klasično degumiranje

Klasično degumiranje (KD) provedeno je u sapunskoj otopini. Prema klasičnom postupku degumiranje se provodi u nekoliko koraka. U prvom koraku uzorak se kuha 2 sata u sapunskoj otopini (6 g/l), nakon toga se obrađuje 30 min na temperaturi od 60 °C do 80 °C u sapunskoj otopini niže koncentracije (3 g/l). Potom se obrađeni uzorak svile

ispire toplom otopinom sode ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ; 0,5 g/l), te toplom i hladnom mekom vodom [18].

### 3.3.2. Degumiranje uz pomoć ultrazvuka

Degumiranje svile uz pomoć ultrazvuka provelo se je u ultrazvučnoj kadi uz uvjete provedbe postupka i oznake uzoraka prikazanih u tablici 3.

Tab. 3. Oznake uzoraka i uvjeti provedbe

Oznaka obrade	Frekvencija kHz	Vrijeme UZV obrade/min	Temperatura medija/°C
N	/		/
KD	/	/	vrenje - 2 h 60-80 - 30 min
UI	37	30	40
UII		60	40
UIII		30	80
UIV		60	80
UV	80	30	40
UVI		60	40
UVII		30	80
UVIII		60	80

### 3.4. Metode ispitivanja svojstva svile

U tablici 4 prikazane su metode i izračuni koje smo koristili za svojstva koja smo ispitivali u ovome radu.

Tab. 4. Metode ispitivanja [16]

ispitivana svojstva	metode ispitivanja/ uređaj	izračun
površinska masa [g/cm <sup>2</sup> ]	HRN F. S2. 016	$PM = \left( m_{aps} + m_{aps} \cdot \frac{R}{100} \right) \cdot 100$ $m_{aps}$ = masa apsolutno suhe epruvete veličine 100 cm <sup>2</sup> (g) R = repriza ispitivanog materijala (%)
debljina [mm]	gravimetrijska metoda HRN F. S2. 021	srednja vrijednost
propusnost zraka [ml/s]	MO21S Air-permeability tester EN ISO 9237	$R = \frac{q_v}{A} \cdot 167$

		A = površina mjerenja tekstilnog materijala, cm <sup>2</sup> q <sub>v</sub> = aritmetička sredina mjerene propusnosti zraka dm <sup>3</sup> /min 167 = faktor pretvaranja iz dm <sup>3</sup> /min u mm/s
gustoća		Broj niti na 10 cm
prekidna sila [N] istezanje [%]	dynamometer Tensolab 1000/3000 – Mesdan Lab UNI EN ISO 2062	$\bar{x}$ [N] -aritmetička sredina $\sigma$ [N] - standardna devijacija CV [%] - koeficijent varijacije n – broj mjerenja (3)

### 3.4.1. Površinska masa (HRN F .S2.016)

Površinska masa je masa jednog kvadratnog metra plošnog proizvoda, a jedinica joj je g/m<sup>2</sup>. U kontroli kvalitete plošnih proizvoda redovno se ispituje i površinska masa plošnog proizvoda radi kontrole specificirane vrijednosti, te zbog toga što služi kao pomoćna veličina pri mjerenju i izračunavanju drugih kvalitetnih karakteristika plošnih proizvoda. Ispitivanje se provodi na uzorcima dovedenim u ravnotežu sa standardnom atmosferom za ispitivanje jer ovo svojstvo ovisi o količini vlage u ispitivanom materijalu. Prema navedenom standardu daju se dvije mogućnosti ispitivanja:

- na kondicioniranim uzorcima
- na apsolutno suhim uzorcima

Postupak rada:

Aparatom zvanim „kružni rezač“ iz plošnog proizvoda izreže se epruveta kružnog oblika površine 1 dm<sup>2</sup>. Epruvete stavljamo u posudica za vaganje i sušimo u sušioniku na temperaturi 105 2°C kroz 24h (do konstantne mase), te važemo uz preciznost od 0.01 g. Takvim uzorcima (apsolutno suhim) potrebno je dodati ravnotežnu vlagu za normalne okolnosti (repriza) i izračunati masu 1 m<sup>2</sup> prema izrazu:

$$PM = \left( m_{aps} + m_{aps} \cdot \frac{R}{100} \right) \cdot 100, \text{ g/cm}^2 \quad [18]$$

m<sub>aps</sub> = masa apsolutno suhe epruvete veličine 100 cm<sup>2</sup> [g]

R = repriza ispitivanog materijala [%]

### 3.4.2. Debljina plošnog proizvoda (HRN F .S2.021)

Do podatka o debljini plošnog proizvoda dolazimo pomoću instrumenta zvanog „debljinomjer“. Debljina plošnog proizvoda je definirana kao razmak između dvije ravne, paralelne ploče razmaknute plošnim proizvodom pod određenim pritiskom. Gornja ploča s kojom se stvara pritisak zove se pritiskivač. Mjerni rezultat je direktno ovisan o pritisku koji za vrijeme ispitivanja djeluje na materijal.

Postupak rada:

Debljinomjer s pomoću kojeg vršimo mjerenje mora osigurati preciznost od 0.01 mm. Debljinomjer čine podloga na koju se stavlja materijal i pritiskivača koji materijal tlači određenom silom, a u vezi je sa dijelom za pokazivanje i registriranje rezultata. Ovisno o vrsti materijala ovisi i površina pritiskivača i pritisak. Korišten je debljinomjer s površinom pritiskivača 25 cm<sup>2</sup>, veličina tlačnog opterećenja je 20 cN/ cm<sup>2</sup> s točnošću očitavanja od 0.01 mm. Provedeno je deset mjerenja na različitim mjestima kondicionirane tkanine, a u izvještaju rezultata ispitivanja navedene su i srednje vrijednosti mjerenja [18].

### 3.4.3. Propusnost zraka (EN ISO 9237)

Propusnost zraka je svojstvo određeno brojem i veličinom šupljina – pora unutar tekstilnog materijala. Ispituje se kod plošnih proizvoda kod kojih se zahtjeva određena poroznost, na kojima je provedena neka apretura naslojavanjem ili sl., pri čemu dolazi do zatvaranja pora, pa postoji mogućnost smanjene propusnosti zraka.

Ispitivanje se vrši određivanjem:

- vremena prolaza određenog volumena zraka kroz uzorak, pri danoj razlici tlakova
- količine zraka koja, pri danoj razlici tlakova, u određenom vremenu prođe kroz uzorak
- nastale razlike tlakova pri danom protoku zraka

Ova metoda mjerenja propusnosti zraka primjenjiva je na svim vrstama tekstilnih materijala uključujući tehnički tekstil i tekstilne materijale nepropusne na zrak. Princip

mjerenja se temelji na određivanju količine zraka koji će proći kroz tekstilni materijal pod određenim tlakom. Propusnost zraka mjeri se pomoću aparata MO21S Air-permeability tester; interval protoka zraka je 0.05 – 416 ml/s. Uzorak se stavlja u specijalni kružni držač koji može biti različitih dimenzija: 5 cm<sup>2</sup>, 20 cm<sup>2</sup>, 50 cm<sup>2</sup>, 100 cm<sup>2</sup>. Prilikom stavljanja uzorka na držač treba izbjegavati porube, nabore i pregibe. Sastavni dio aparata je manometar koji mjeri tlak. Ispitivanje se provodi na kondicioniranim uzorcima i to s najmanje 5 paralelnih mjerenja gdje se očitava veličina protoka zraka koji prolazi okomito kroz površinu materijala koji se ispituje pri određenoj razlici tlaka u određenom vremenu.

Postupak rada:

Prema standardu EN ISO 9237 ispitivani uzorak potrebno je umetnuti preko otvora zraka i učvrstiti na način da je lice tkanine prema gore. Nadalje, podesiti protok zraka tako da je prisutan stabilan spuštenu tlak od 0.98 mbar-a koji se očitava na mjerilu tlaka. Slijedi očitavanje podataka protoka zraka i ponavljanje postupka na preostalim uzorcima. U ovom radu korišteni su kružni držači dimenzija: 5 cm<sup>2</sup>, 20 cm<sup>2</sup> i 38 cm<sup>2</sup>. Provedeno je deset mjerenja, a kao rezultat se prikazuje aritmetička sredina svih mjerenja.

Propusnost zraka (R) se iskazuje kao volumen protoka zraka po jedinici vodenog tlaka po jediničnoj površini materijala [18].

$$R = \frac{q_v}{A} \cdot 167, \text{ mm/s} \quad (2)$$

A = površina mjerenja tekstilnog materijala, cm<sup>2</sup>

q<sub>v</sub> = aritmetička sredina mjerene propusnosti zraka, dm<sup>3</sup>/min

167 = faktor pretvaranja iz dm<sup>3</sup>/min u mm/s

#### **3.4.4. Gustoća plošnih proizvoda (HRN F .S2. 013)**

Gustoća niti u tkanini izražava se kao broj osnovinih i broj potkinih niti na duljini od 10 cm (1 dm), a utvrđuje se izbrojavanjem. U tu svrhu može se koristiti povećalo (tekstilna lupa) kvadratnog oblika, dimenzija 10x10 mm. Izbrojavanjem na tako maloj duljini

dobije se orijentaciona gustoća. Do točnih vrijednosti kod tkanina se dolazi dekompozicijom epruvete određene veličine, ovisno o niti u tkanini, odnosno:

- $l=100$  mm, za tkanine gustoća do 100 niti/dm
- $l=50$  mm, za tkanine gustoća iznad 100 niti/dm do 500 niti/dm,
- $l=20$  mm, za tkanine gustoća iznad 500 niti/dm [18].

### 3.4.5. Otpornost na vlačne sile (UNI EN ISO 2062)

U uobičajenoj kontroli kvalitete ispitivanje otpornosti tekstilija na djelovanje vlačne sile provodi se jednostavnim vlačnim pokusom. To ispitivanje spada u tzv. statičke postupke ispitivanja što znači da se provodi kratkotrajno opterećenje uz konstantnu brzinu istezanja ili konstantnu brzinu opterećenja sve do prekida ispitivane epruvete. Brzina opterećenja ili istezanja također je unutar određenog, propisanog područja. Kako bi se onemogućili fenomeni puzanja, odnosno kako se ne bi prešlo u područje dinamičkih opterećenja brzina opterećenja ili istezanja ne smije biti niti suviše mala, niti prevelika. Danas za takva ispitivanja postoje automatski dinamometri koji omogućuje provedbu potpuno programiranih tokova ispitivanja, vrednovanja i prezentiranja mjernih rezultata. Ispitivanja su vršena na dinamometru Tensolab 1000/3000 – Mesdan Lab koji radi na principu konstantne brzine istezanja, a uz osnovni aparat posjeduje kontrolnu i ulazno – izlaznu kompjutorsku jedinicu preko koje se upravlja tokom ispitivanja. Na ekranu se prati tok ispitivanja, a rezultati se dobivaju kao numerički i grafički ispis, ovisno o odabranom programu ispitivanja.

Postupak rada:

Ispitivanja su vršena na epruvetama dimenzija  $200 \times 50$  mm pri čemu kod tri epruvete duljina dimenzija odgovara osnovi (dužini), a kod drugih tri potci (širini). Epruvete ne smiju biti oštećene i moraju biti u punoj dužini. Zbog toga epruvete pripremamo na taj način da iz tkanine izrežemo epruvete dimenzija  $200 \times 60$ , a potom sa svake strane, po širini, pomoću igle izdvojimo niti na širini od cca. 5 mm, tako da je gotova širina epruvete 50 mm. Pripremljene epruvete kondicioniraju se 24 h u uvjetima standardne atmosfere, te su podvrgnute na dinamometru djelovanju vlačne sile. Razmak između stezaljki dinamometra iznosi 100 mm prekid se treba dogoditi u vremenskom periodu od  $20 \pm 3$  sekundi [18].

## 4. REZULTATI

Provelo se je degumiranje svile uz pomoć ultrazvuka te detektirale promjene svojstva svile uspoređivanjem sa svojstvima klasično degumirane svile. Pri tome ispitivalo se je: površinska masa, debljina, propusnost zraka, gustoća niti i prekidna sila (čvrstoća).

### 4.1. Rezultati mjerenja površinske mase

U tablici 5 prikazani su rezultati mjerenja površinske mase neobrađenog uzorka (N) i ostalih različito degumiranih uzoraka ispitivanih po smjeru osnove. Provedena su tri paralelna mjerenja.

*Tab.5. Rezultati mjerenja površinske mase*

Oznaka uzorka	PM, g/cm <sup>2</sup>
N	91,839
UI	95,821
UII	89,045
UIII	89,914
UIV	96,151
UV	93,676
UVI	91,091
UVII	90,618
UVIII	93,632

### 4.2. Rezultati mjerenja debljine

U tablicama 6 prikazani su rezultati mjerenja debljine neobrađenog uzorka (N) i ostalih različito degumiranih uzoraka. Provedena su 5 paralelnih mjerenja.

*Tab. 6. Rezultati mjerenja debljine*

Oznaka uzorka	D, mm
N	0,29
UI	0,32
UII	0,32
UIII	0,31
UIV	0,31
UV	0,31
UVI	0,30
UVII	0,29



UVIII	0,32
-------	------

#### 4.3. Rezultati mjerenja propusnosti zraka

U tablicama 7 prikazani su rezultati mjerenja propusnosti zraka kod neobrađenog uzorka (N) i ostalih različito degumiranih uzoraka. Provedena su 10 paralelnih mjerenja.

*Tab.7. Rezultati mjerenja propusnosti zraka*

Oznaka uzoraka	PZ, ml/s
N	77,4
UI	164,7
UII	170,9
UIII	216,0
UIV	219,0
UV	164,9
UVI	173,0
UVII	199,5
UVIII	288,6

#### 4.4. Rezultati mjerenja gustoće niti

U tablici 8 prikazani su rezultati mjerenja gustoće niti po osnovi i potki za neobrađeni uzorak (N) i ostale različito degumirane uzorke. Prevedeno je po tri paralelna mjerenja.

*Tab. 8. Rezultati mjerenja gustoće niti*

Oznaka uzoraka	Osnova	Potka
N	35	26
UI	35	29
UII	36	31
UIII	37	26
UIV	38	27
UV	35	33
UVI	37	25
UVII	37	28
UVIII	38	25

#### 4.5. Rezultati mjerenja čvrstoće i istezanja

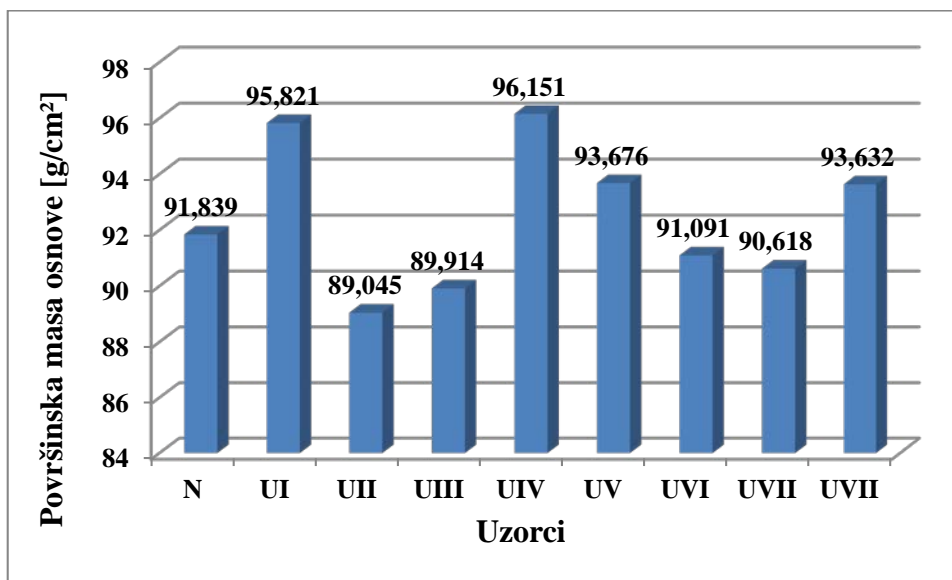
U tablici 9 prikazani su rezultati mjerenja čvrstoće [N] i istezanja [%] svilene tkanine po osnovi i potki za neobrađeni uzorak (N) i ostale različito degumirane uzorke. Provedeno je po tri paralelna mjerenja za svaki uzorak.

*Tab. 9. Rezultati mjerenja čvrstoće i istezanja*

UZORCI	čvrstoća [N]		istezanje [%]	
	osnova	potka	osnova	potka
<b>N</b>	<b>2,21</b>	<b>8,41</b>	<b>19,5</b>	<b>12,67</b>
UI	2,27	8,83	22,17	15,5
UII	2,27	8,37	20,5	14,67
UIII	2,29	8,92	20,33	13,17
UIV	1,99	6,97	20,17	12
UV	2,16	7,59	21,67	14
UVI	2,23	7,95	22,83	12,5
UVII	2,19	7,65	22,5	21,67
UVIII	2,09	8,5	20,83	13,66

## 5. RASPRAVA

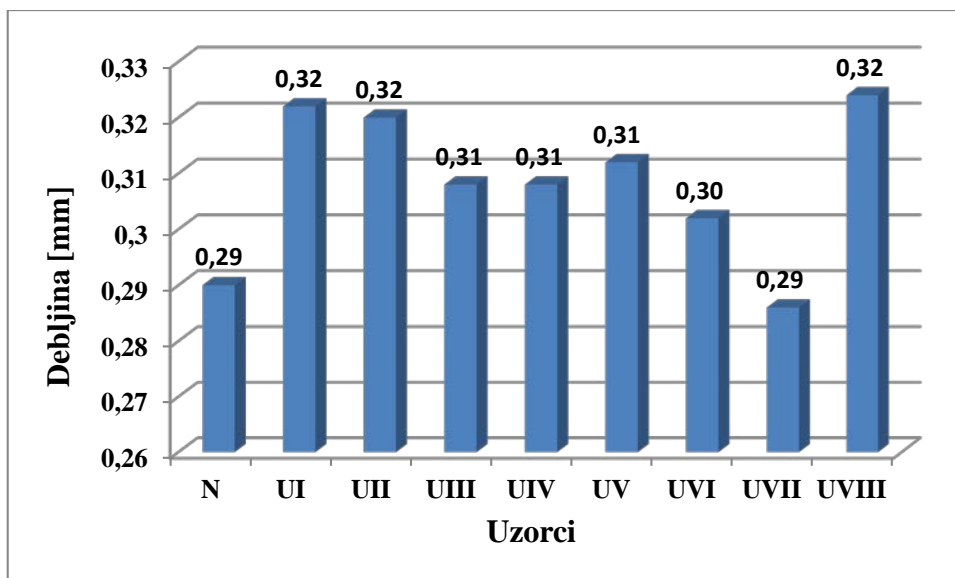
Na slici 6. prikazan je histogram mjerenja površinske mase [ $\text{g}/\text{cm}^2$ ] svilene tkanine u smjeru osnove za neobrađeni uzorak i ostale različito degumirane uzorke.



Sl. 6. Površinska masa neobrađenog i različito degumiranih uzoraka mjerena u smjeru osnove

Histogram prikazuje odnos površinske mase neobrađenog uzorka i ostalih različito degumiranih uzoraka mjerenih po smjeru osnove. Nema nekog pravilnog povećanja ili smanjenja površinske mase. Najveće površinske mase vidljive su na UI obrađenom 30 min i temperaturom medija  $40\text{ }^\circ\text{C}$  te na UIV s vremenom ultrazvučne obrade od 60 min i temperaturom medija od  $80\text{ }^\circ\text{C}$  uz frekvenciju od 37 kHz. Najmanje površinske mase dobivene su kod UII s vremenom ultrazvučne obrade od 60 min i temperaturom medija  $40\text{ }^\circ\text{C}$  te kod UIII s vremenom ultrazvučne obrade od 30 min i temperaturom medija  $80\text{ }^\circ\text{C}$  uz frekvenciju od 37 kHz. Kod uzoraka obrađenih uz frekvenciju od 80 kHz primijećena je ista tendencija. Najveće površinske mase dobivene su kod uzoraka UIV i UVIII odnosno s najvećom temperaturom medija i vremenom obrade što je uzrokovalo skupljanje materijala. Kod neobrađenog uzorka izmjerena je površinska masa od  $91,839\text{ g}/\text{cm}^2$ .

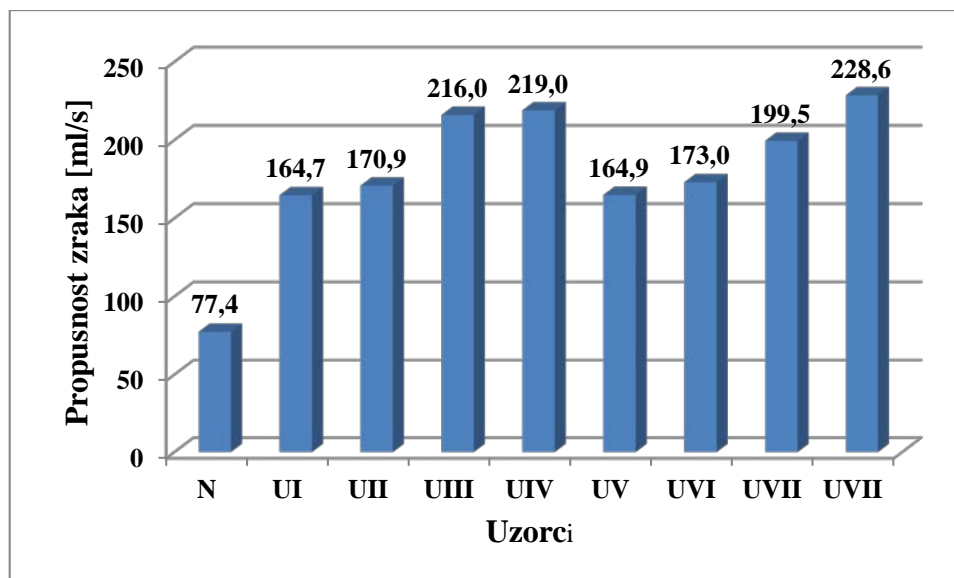
Na slici 7. prikazan je histogram mjerenja debljine [mm] svilene tkanine za neobrađeni uzorak i ostale različito degumirane uzorke.



Sl. 7. Debljina neobrađenog i ostalih različito degumiranih uzoraka

Histogram prikazuje odnos debljine neobrađenog uzorka i ostalih različito degumiranih uzoraka. Kod svih uzoraka, osim kod UVII, došlo je do povećanja debljine u odnosu na neobrađeni uzorak. Kod UVII obrađenog s vremenom obrade od 30 min, frekvencijom od 80 kHz i temperaturom medija 80°C izmjerena debljina iznosi 0,29 mm kao i kod neobrađenog uzorka. Najveća debljina uočena je kod uzoraka UI, UII i UVIII gdje debljina iznosi 0,32 mm. Rezultati nisu u skladu s rezultatima površinske mase te se može pretpostaviti da je potrebno povećati broj mjerenja jer nema značajnije razlike u dobivenim vrijednostima debljine tkanine.

Na slici 8. Prikazan je histogram mjerenja propusnosti zraka [ml/s] svilene tkanine za neobrađeni uzorak i ostale različito degumirane uzorke.

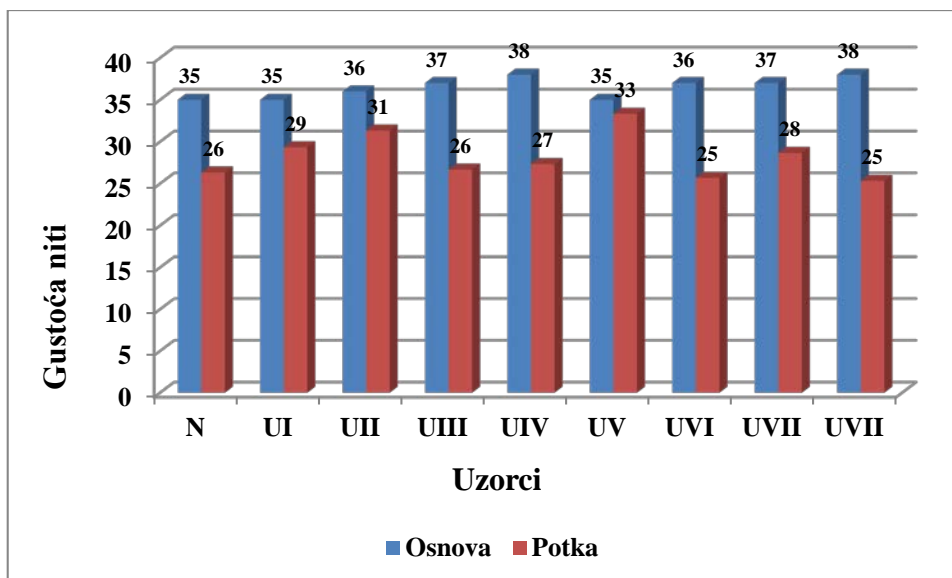


Sl.8. Propusnost zraka [ml/s] neobrađenog i ostalih različito degumiranih uzoraka

Histogram prikazuje odnos propusnosti zraka neobrađenog uzorka i ostalih različito degumiranih uzoraka. Kod svih obrađenih uzoraka propusnost zraka je značajno veća nego kod neobrađenog uzorka, čija propusnost zraka iznosi samo 77,4 ml/s. Uzorci obrađeni temperaturom medija od 80°C imaju veće izmjerene propusnosti zraka, u odnosu s uzorcima obrađeni s temperaturom medija od 40°C, što znači da se povećanjem temperature medija povećava i propusnost zraka. Bilo je za očekivat da će najmanja propusnost zraka biti izmjerena kod uzorka UIV i UVIII kod kojih je zabilježena i najveća površinska masa odnosno skupljanje materijala. Može se pretpostaviti da su ultrazvučne vibracije pri visokoj temperaturi oštetile vlakna te je došlo do većeg propuštanja zraka.

Najveća propusnost zraka izmjerena je na UVIII koji je obrađen s vremenom obrade od 60 min, frekvencijom od 80 kHz i temperaturom medija od 80°, a najmanja (ne uključujući neobrađeni uzorak) na UI koji je obrađen s vremenom obrade od 30 min, frekvencijom od 37 kHz i temperaturom medija od 40°C. Zaključno tome je da je veća propusnost zraka kod uzorka obrađenih s većim vremenom obrade, većom frekvencijom i većom temperaturom medija.

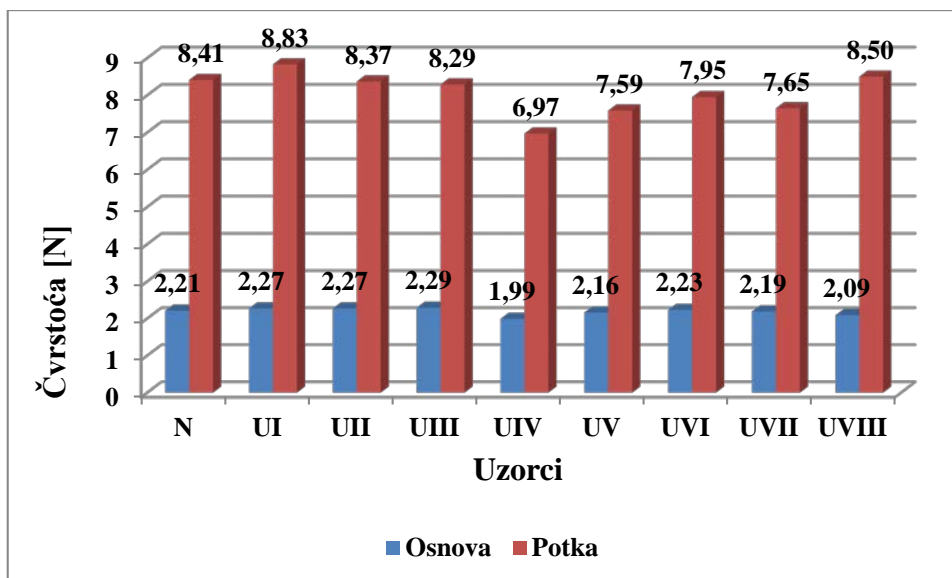
Na slici 9. prikazan je histogram mjerenja gustoće niti po osnovi i po potki za neobrađeni uzorak i ostale različito obrađene uzorke.



Sl. 9. Gustoća niti (osnova/potka) za neobrađeni uzorak i ostale različito degumirane ozorke

Histogram prikazuje odnos gustoće niti neobrađenog uzorka i ostalih različito degumiranih uzoraka. Jasno je vidljivo da je gustoća niti potke kod svih uzoraka manja nego gustoća niti osnove, što je i očekivano. Kod UV obrađenog s vremenom obrade od 30 min, frekvencijom od 80 kHz i temperaturom medija od 40°C gustoća niti osnove i potke vidljivo su približene po rezultatima mjerenja. Taj uzorak ima i najveću izmjerenu gustoću niti potke, a iznosi 33 niti/cm. Kod ostalih uzoraka nema značajnijeg isticanja s obzirom na uvjete obrade. Rezultati su u skladu s rezultatima površinske mase gdje je kod uzoraka UIV i UVIII došlo do najveće površinske mase odnosno najvećeg skupljanja materijala.

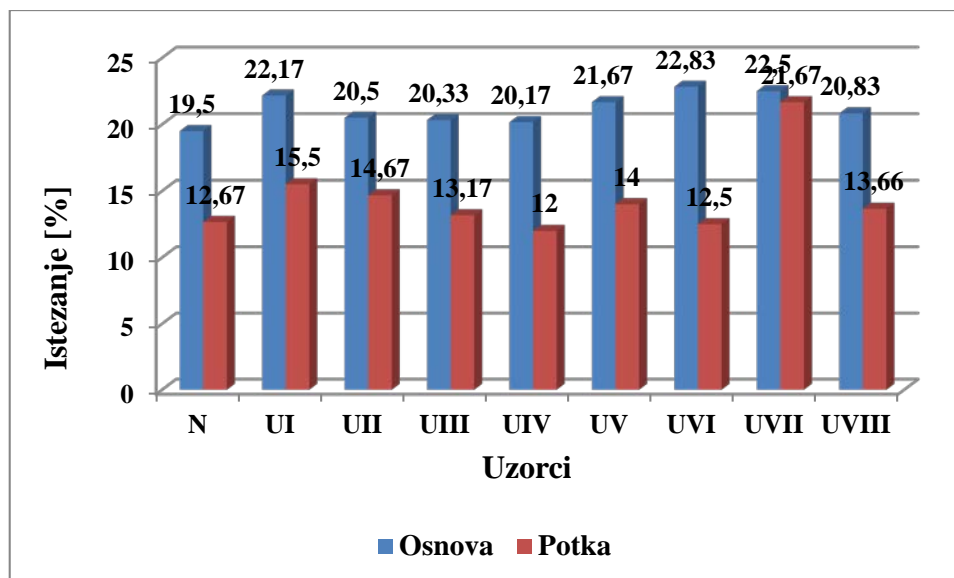
Na slici 10. prikazan je histogram mjerenja čvrstoće [N] svilene tkanine za neobrađeni uzorak i ostale različito obrađene uzorkemjeren po osnovi po potci.



Sl. 10. Čvrstoća [N] neobrađenog uzorka i ostalih različito degumiranih uzoraka mjerena po osnovi i potci

Histogram prikazuje rezultate mjerenja čvrstoće neobrađenog uzorka i ostalih različito degumiranih uzoraka mjereno po osnovi i po potci. Jasno je vidljivo da je čvrstoća osnove značajno manja nego čvrstoća potke, te je kod svih uzoraka čvrstoća osnove podjednaka. Uzorak UIV, obrađen s vremenom ultrazvučne obrade od 60 min, frekvencijom od 37 kHz i temperaturom medija od 80°C ima najmanju izmjerenu čvrstoću potke i iznosi 6,97 N, te najmanju izmjerenu čvrstoću osnove koja iznosi 1,99 N što ukazuje na najveće oštećenja osnovinih i potkinih niti uslijed visoke temperature medija obrade i duljeg vremena obrade. Najveću čvrstoću potke ima UI koji je obrađen u vremenu od 30 min, pod frekvencijom od 37 kHz i s temperaturom obrade od 40°C. Stoga se može uočiti da frekvencija od 37kHz, vremena obrade 30 min te temperature medija obrade od 40°C je dovoljno za degumiranje svile ultrazvukom. S daljnjim povećanjem uvjeta obrade dolazi do blagog oštećenja osnovinih i potkinih niti.

Na slici 11. prikazan je histogram mjerenja istezanja [%] neobrađenog uzorka i ostalih različito degumiranih uzoraka mjeren po osnovi i po potci.



Sl. 11. Istezanje [%] neobrađenog uzorka i ostalih različito degumiranih uzoraka mjereno po osnovi i po potci

Histogram prikazuje odnos istežanja neobrađenog uzorka i ostalih različito degumiranih uzorka mjereno po osnovi i po potci. Najmanje istežanje osnove prikazano je kod neobrađenog uzorka. Kod UVII, obrađenog u vremenu ultrazvučne obrade od 30 min, frekvencijom od 80 kHz i s temperaturom medija od 80°C, vidljivo je najveće istežanje potke koja je vizualno najviše približena osnovi. Kod ostalih uzoraka nema nikakvog značajnijeg isticanja obzirom na način obrade.



## 6. ZAKLJUČAK

Mjerenjem promjena ispitivanih svojstava uspoređivano je degumiranje sirove svile klasičnim postupkom i ultrazvučnom obradom uz variranje vremena obrade, frekvencije i temperature medija.

Analizom dobivenih rezultata mogu se donijeti sljedeći zaključci:

- Analiza rezultata pokazuje povećanje površinske mase kod nekih uzoraka. Pri tome se mogu istaknuti uzorci koji su obrađeni uz frekvenciju 37kHz, te 30 min uz temperaturu medija od 40 °C i 60 min na temperaturi obrade od 80 °C. Identična tendencija promjene površinske mase uočena je i kod obrađenih uzoraka uz frekvenciju 80 kHz uz iste uvjete obrade. Može se pretpostaviti da je kod navedenih uzoraka došlo do većeg skupljanja tkanine.
- Rezultati mjerenja debljine tkanine pokazuje povećanje debljine kod svih obrađenih uzoraka u odnosu na neobrađeni uzorak osim kod uzorka UVII. Rezultati nisu u skladu s rezultatima površinske mase te se može pretpostaviti da je potrebno povećati broj mjerenja jer nema značajnije razlike u dobivenim vrijednostima debljine tkanine.
- Rezultati pokazuju značajno povećanje propusnosti zraka kod uzoraka obrađenih ultrazvukom u odnosu na neobrađeni. Pri tome može se zaključiti da je veća propusnost zraka kod uzorka obrađenih s većim vremenom obrade, većom frekvencijom i većom temperaturom medija. Bilo je za očekivat da će najmanja propusnost zraka biti izmjerena kod uzoraka UIV i UVIII kod kojih je zabilježena i najveća površinska masa odnosno skupljanje materijala. Može se pretpostaviti da su ultrazvučne vibracije pri visokoj temperaturi oštetile vlakna te je došlo do većeg propuštanja zraka.
- Analiza rezultata gustoće niti pokazuje da je gustoća niti potke kod svih uzoraka manja nego gustoća niti osnove, što je i očekivano. Rezultati su u skladu s rezultatima površinske mase gdje je kod uzoraka UIV i UVIII došlo do najveće površinske mase odnosno najvećeg skupljanja materijala.
- Čvrstoća osnove značajno je manja nego čvrstoća potke, te je kod svih uzoraka čvrstoća osnove podjednaka. Analizom rezultata može se zaključiti da frekvencija od 37kHz, vremena obrade 30 min te temperature medija obrade od

40°C je dovoljno za degumiranje svile ultrazvukom. S daljnjim povećanjem uvjeta obrade dolazi do blagog oštećenja osnovinih i potkinih niti.

- Rezultati prekidnog istezanja pokazuju veće istezanje osnovinih niti od potkinih te da je prekidno istezanje svih obrađenih uzoraka veće u odnosu na neobrađeni uzorak

Može se zaključiti da je klasični postupak degumiranja u sapunskoj otopini dobar, ali da se djelovanjem ultrazvuka poboljšava učinak degumiranja svilene tkanine. S obzirom na buduću namjenu obrađene tkanine te na rezultate mjerenja čvrstoće tkanine može se zaključiti da optimalni uvjeti obrade ultrazvukom su frekvencija od 37kHz, vrijeme obrade 30 min te temperatura medija obrade od 40°C. S povećanjem frekvencije i temperature medija dolazi do oštećenja svilenih vlakana i skupljanja samog materijala.

## 7. LITERATURA

- [1] Čunko R., Andrassy M.: Vlakna, Zrinski d.d., Čakovec, 2005., 170-178
- [2] Drvo znanja, enciklopedijski časopis, br.145, 55-59
- [3] Put svile, [www.mitchellteachers.org](http://www.mitchellteachers.org)
- [4] Drvo znanja, enciklopedijski časopis, br. 90, 13-17
- [5] Mirković M: Razvoj svilarstva u Vojvodini, Tekstil 33 (1984) 8, 851
- [6] Popovski T: Može li svilarstvo u Jugoslaviji da se obnovi?, Tekstil 31 (1982.) 4, 257
- [7] Kolar M.: Svilarstvo u Hrvatskoj, Dom i svijet, Zagreb, 2007.
- [8] Buczynski A.: Razvoj svilarstva i proizvodnja svile u Hrvatskoj, Hrvatski institut za povijest, Zagreb, 2000.
- [9] Razvoji ciklus dudovog svilca, <http://www.cdfd.org.in/SILKSAT/img/lifecycle.jpg>
- [10] Poprečni presjek sirove svile, <http://www.dermasilk.com.au/pics/extra/Sericin-Fibroin.jpg>
- [11] Znak za čistu svilu, <https://quizlet.com/>
- [12] Čunko R.: Kvaliteta tekstilnih proizvoda, Zrinski d.d., Čakovec, 2009., 62
- [13] Parac-Osterman Đ.: Osnove bojadisanja i tiska, Interna skripta TTF, Zagreb, 2002
- [14] Čunko R., Pezelj E.: Tekstilni materijali, Zrinski d.d., Čakovec, 2002., 39
- [15] Soljačić I., Grancarić A M: Vježbe iz procesa oplemenjivanja tekstila, TTF, Zagreb, 1995., 52-54
- [16] Vouters M.et al.: Ultrasounds: an industrial solution to optimise costs, environmental requests and quality for textile finishing, Ultrasonic Sonochemistry, 11 (2004.) 33-38
- [17] Krstelj V.: Ultrazvuk, Tehnička enciklopedija, Svezak 13, Leksikografski zavod "Miroslav Krleža", Zagreb, 1997., 337-344
- [18] Čunko R.: Ispitivanje tekstilija, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 1989.