

# Volumna poroznost višepotkinih tkanina

---

**Matašić, Robert**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*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:201:737231>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-13**



*Repository / Repozitorij:*

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



---

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET**

---

**TEKSTILNA TEHNOLOGIJA I INŽENJERSTVO**

**ZAVRŠNI RAD**

Volumna poroznost višepotkinih tkanina

Robert Matašić

Zagreb, travanj 2020.

---

---

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

---

TEKSTILNA TEHNOLOGIJA I INŽENJERSTVO

Zavod za projektiranje i menadžment tekstila

ZAVRŠNI RAD

Volumna poroznost višepotkinih tkanina

**Mentor:**  
prof. dr. sc. Stana Kovačević

**Student:**  
Robert Matašić,  
0117229338

Zagreb, travanj 2020.

---

---

## Zavod za projektiranje i menadžment tekstila

*Opći podaci o završnom radu:*

Broj stranica: 35

Broj tablica: 6

Broj slika: 30

Broj formula: 0

Broj matematičkih izraza: 10

Broj literaturnih izvora: 14

Broj likovnih ostvarenja: 0

*Članovi povjerenstva:*

izv. prof. dr. sc. Ružica Brunšek, predsjednik povjerenstva

prof. dr. sc. Stana Kovačević, član povjerenstva

dr.sc. Snježana Brnada, član povjerenstva

doc. dr.sc. Ivana Schwarz, član povjerenstva

*Datum predaje rada: 14.09.2020.*

*Datum obrane rada: 18.09.2020.*

---

## SAŽETAK

Poroznost tkanine važan je parametar u procjeni udobnosti odjeće i fizikalnih svojstava tehničkog tekstila. U ovom radu prikazan je utjecaj konstrukcijskih i strukturnih parametara tropotkinih tkanina, poput finoće pređe, veza, utkanja, debljine i plošne mase tkanine te gustoće osnove i potke na porozna područja makropora i intenzitet distribucije medija kroz pore (vode, zraka).

**Ključne riječi:** tkanina, poroznost strukture, višepotkine tkanine, tehnički tekstil



HR: "Ovaj je rad financirala Hrvatska zaklada za znanost projektom IP-2018-01-3170"

---

## SADRŽAJ

1.	UVOD .....	1
1.1	Tkanina .....	1
1.1.1	Vez tkanine.....	3
1.1.2	Platno vez.....	3
1.1.3	Keper vez .....	4
1.1.4	Atlas vez .....	5
1.2	Višepotkine tkanine.....	6
1.3	Strukturne karakteristike tkanina.....	6
1.4	Poroznost strukture tkanine .....	8
1.5	Pokrivni faktor .....	9
1.6	Propusnost zraka .....	10
1.6.1	Vertikalna i horizontalna poroznost .....	11
1.7	Volumna poroznost.....	11
2.	EKSPERIMENTALNI DIO .....	13
2.1	Metodika rada .....	13
2.1.1	Finoća pređe.....	13
2.1.2	Uvojitost pređe.....	13
2.1.3	Vlačna i prekidna svojstva pređe.....	14
2.1.4	Izrada uzoraka tkanina .....	14
2.1.5	Određivanje dimenzije tkanine .....	16
2.1.6	Određivanje mase tkanine.....	16
2.1.7	Određivanje debljine tkanine .....	17
2.1.8	Gustoća osnove i potke .....	18
2.1.9	Utkanje .....	18
2.1.10	Poroznost tkanine.....	18
2.1.11	Predikcija poroznosti analizom propusnosti uzorka na svjetlo ....	19
3.	REZULTATI RADA I RASPRAVA .....	22
3.1	Karakteristike pređe .....	22
3.2	Izrada uzorka .....	25
3.3	Strukturne karakteristike tkanina.....	27
3.3.1	Masa.....	27
3.3.2	Debljina.....	27
3.3.3	Utkanje .....	28
3.3.4	Gustoća osnove i potke .....	29

---

3.4	Poroznost strukture.....	29
3.4.1	Volumna poroznost.....	29
3.4.2	Procjena poroznosti strukture temeljem propusnosti svjetla kroz uzorak tkanine.....	30
4.	ZAKLJUČAK.....	33
5.	LITERATURA .....	34

---

## 1. UVOD

Poroznost je omjer ukupne količine praznog prostora u materijalu i najvećeg volumena koji zauzima materijal [3]. Ovo svojstvo je ključno za podešavanje toplinsko-izolacijskih svojstava tkanine za tehničke svrhe kao npr. u vatrogastvu. Zrak zarobljen u džepovima pora tkanine kao dobar izolator topline, povećat će zaštitu od topline.

Tkanina ima nejednoličnu distribuciju pora, razmak između niti kao i promjer niti. Stijenke pora nisu ravne i njihov presjek se mijenja s debljinom tkanine s obzirom na vrstu pora, vrstu pređe i njihove karakteristike. U tkanini prevladavaju različiti oblici pora, pretežno pravokutne koje se mogu prevesti u ekvivalentni srednji promjer idealne pore okruglog oblika. Vez se često zanemaruje kod odabira tkanina za zaštitnu odjeću i više se posvećuje pažnja na površinsku masu, sirovinski sastav, debljinu, boju. Vez tkanine promatra se često kao površinski izgled tkanine i ne povezuje se sa svojstvima tkanine.

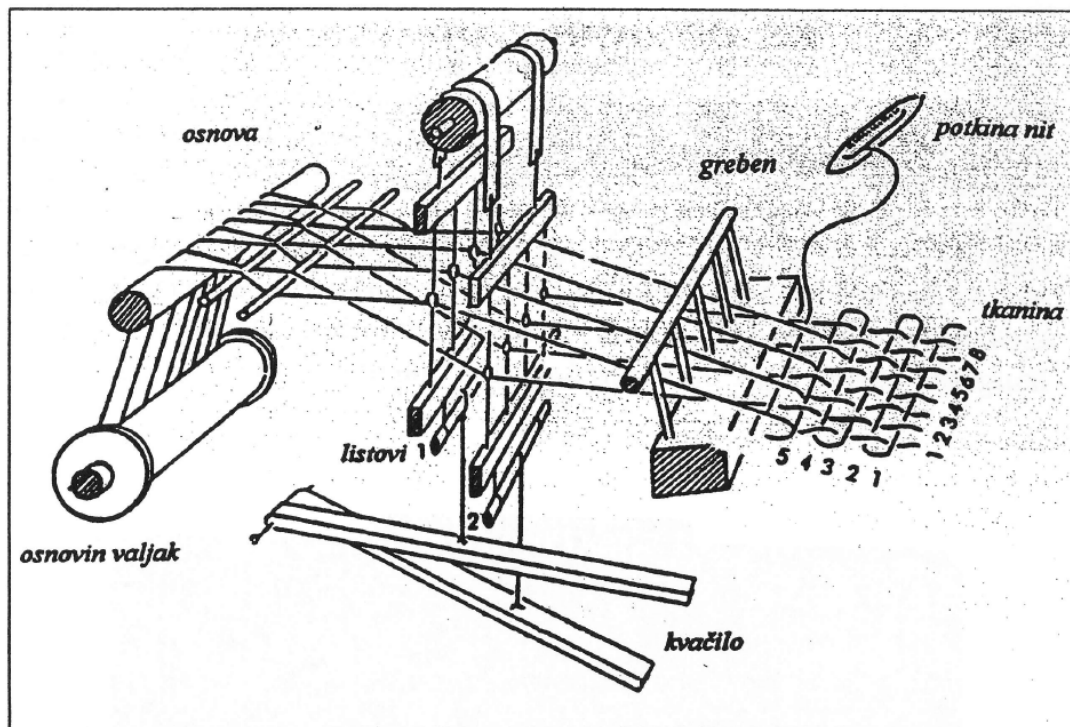
*Gustoća i ispunjenost niti u tkanini, te poroznost tkanine* utječu na propusnost zraka, vode ali i mikroorganizama. Faktor ispunjenosti nije moguće izračunati, jer u fazi projektiranja tkanina nisu dostupni točni podaci o specifičnoj gustoći niti. Osim toga, na koeficijent ispunjenosti utječe i duljina vlakana. Kraća vlakna teže se usmjeravaju po dužini niti te imaju manji koeficijent ispunjenosti. Povećavanjem broja uvoja povećava se faktor ispunjenosti niti [1, 2].

### 1.1 Tkanina

Tkanine se definiraju kao tekstilni plošni proizvodi koji se dobivaju tkanjem. Imaju plošan oblik što znači da se ističu dvije dimenzije – duljina i širina u odnosu na debljinu, koja je u usporedbi s duljinom i širinom gotovo zanemariva [4]. Tkanine se sastoje od minimalno dva sustava niti koji se međusobno isprepliću pod pravim kutom. Uzdužni sustav niti naziva se osnova, a poprečni potka. Ta su dva sustava niti međusobno usmjerena pod pravim kutom, a pojedinačne niti se međusobno križaju (povezuju) po određenim pravilima, što se postiže procesom tkanja na tkalačkom stroju. Tkanine su stabilne i kompaktne tekstilne plošne tvorevine, prikladne za izradu odjeće i niza drugih predmeta razne namjene. Gornja strana tkanine naziva se *lice*, a donja strana *naličje* tkanine. Za razliku od pletiva, tkanine se ne mogu rukom istezati ni u smjeru osnove, ni u smjeru potke, već samo u određenoj mjeri u dijagonalnom smjeru u odnosu na ta dva. Odlikuju se čvrstoćom koja može zadovoljiti sve zahtjeve koje na tkanine postavljaju raznovrsne primjene. Vrsta vlakna, finoća i karakteristika pređe, način tkanja i vez, parametri su koji bitno određuju čvrstoću i razna svojstva tkanina. Od ostalih bitnih karakteristika može se spomenuti debljina, masa (težina), gustoća osnovinih i potkinih



niti, te niz svojstava bitnih za potrošača kao: postojanost obojenja i dimenzija, poroznost radi udobnosti, otpornost na gužvanje, otpornost na raspadanje, gorenje, vodu i dr. Tkanine se dobivaju tehnikom tkanja na tkalačkom stroju. Proces tkanja u načelu je ostao nepromijenjen od doba rukotvorske izrade na horizontalnom tkalačkom stanu, tipičnom za tkanje u seljačkom domaćinstvu. U najjednostavnijoj izvedbi tkanje se odvija prema shemi na sl. 1.



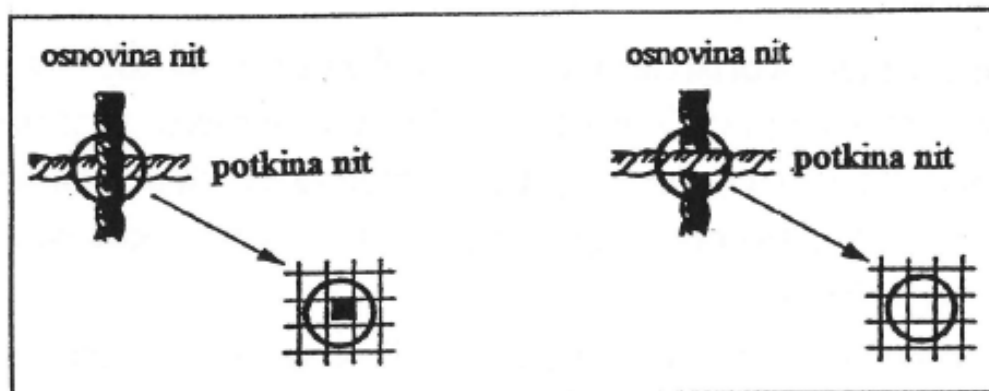
Sl. 1. Shematski prikaz tkanja na horizontalnom tkalačkom stanu

Osnovine niti namotane su na valjak s kojega se odmataju i dovode u horizontalan položaj te se potom provlače kroz kotlance na najmanje dva lista (npr. svaka neparna nit kroz prvi list, a svaka parna kroz drugi list). Istodobnim spuštanjem jednog, a dizanjem drugog lista, stvara se tzv. "zijev" (tunel od osnovinih niti) u koji se po cijeloj širini unosi potkina nit. Tkalac na jednostavnom horizontalnom stanu je to radio naizmjeničnim pritiskom nogama na kvačilo, dok se u suvremenom tkanju podizanje i spuštanje listova vrši automatskim sklopovima i velikim brzinama. Promjenom položaja listova, utkana potkina nit se poveže s osnovinim nakon čega se stvori novi zijev u koji se unosi nova potkina nit. No prije toga, a da bi se osigurala jednolikost gustoće, nakon unosa potkine niti i promjene zijeva, na tek unešenu potkinu nit udari se brdom (grebenom ili češljem). Tako se na veoma jednostavan način pod pravim kutom isprepliću osnovine i potkine niti, tj. od linearnih tekstilnih tvorevina (pređe) dobiva se plošna tekstilija prikladna za izradu odjeće i niza drugih tekstilnih proizvoda [4].

### 1.1.1 Vez tkanine

Vrsta i način ispreplitanja (povezivanja) osnovinih i potkinih niti tijekom tkanja naziva se vez tkanine. Postoji velik broj mogućnosti međusobnog povezivanja osnovinih i potkinih niti u tkanju, tj. velik broj vezova tkanina. Međutim, svi se oni izvode iz tri temeljna veza, a to su *platno*, *keper* i *atlas* vez. Također postoje posebni vezovi sastavljeni od nekoliko kombinacija izvedenica temeljnih vezova. Vez utječe na čvrstoću, elastičnost, mekoću i glatkoću te druga kvalitativna svojstva tkanine. Svaki vez predstavlja cjelinu koja se ponavlja po dužini i širini tkanine. Najmanji broj veznih točaka koje se ponavljaju po dužini i širini tkanine po određenom redosljedju naziva se raport veza.

U fazi projektiranja tkanine potrebno je prije svega specificirati njezin vez i prikazati ga na razumljiv i jednostavan način, sa svim informacijama bitnim za tkanje. Uobičajeno je da se vez tkanine crta na papiru s kvadratićima jednake veličine koji se ispunjavaju slijedom povezivanja osnovinih i potkinih niti. Mjesto na kojem u tkanju osnovina nit prolazi iznad potkine označava se ispunjenim (tamnim) ili crno obojenim kvadratićem, a mjesto na kojem je osnovina nit ispod potkine (tj. potka je iznad) označava se svijetlim (neispunjenim odnosno neobojenim) kvadratićem [4].



Sl. 2. Uobičajeni prikaz tijeka osnovinih i potkinih niti u uzornici

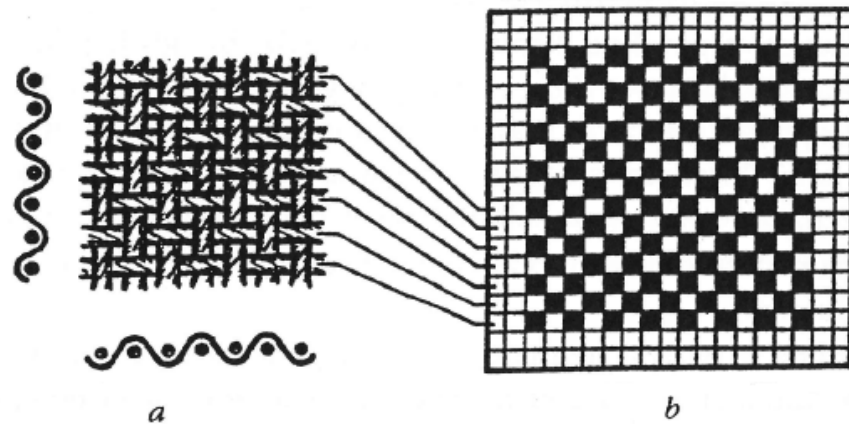
Takvim načinom prikazivanja veza tkanine stvara se jedan od dijelova uzornice, koja za stručnjaka – tkalca predstavlja vrlo značajan nacrt iz kojeg on vidi kakav izgled će imati tkanina i kako treba pripremiti osnovu i potku za tkanje. Kompletna uzornica sastoji se od uvoda u listove, uvoda u brdo, redosljedja potki i karte.

### 1.1.2 Platno vez

Platno vez je najjednostavniji vez u kojem se niti osnove i potke maksimalno isprepliću. Kod ovog veza naizmjenice i uzastopno se isprepliću osnovine i potkine niti tako da je s gornje strane u jednom redu svaka druga, npr. neparna osnova iznad potkine niti, te svaka druga (parna) potka iznad osnovine niti. Treća potka ima isti zijeve kao i

---

prva, četvrta kao i druga, što proizlazi da će vez tkanja biti sačinjen iz po dvije niti osnovne i potke. Takav način povezivanja shematski je prikazan na sl. 3. Mjesta na kojima se isprepliću niti zovu se vezne točke. Platno vez je vez s najvećim brojem preplitanja, te se njime postižu i najveće čvrstoće tkanina. Karakteristični izvedeni vezovi iz platnenog jesu *panama* i *rips* [4].

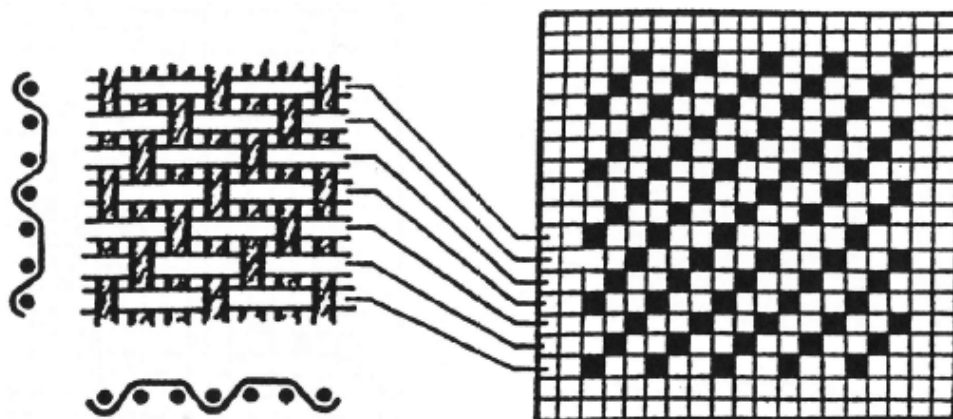


Sl. 3. Shematski prikaz platno veza, a) tijekom osnovinih i potkinih niti, b) uzornica

Tkanine u platno vezu su najraširenije i najrasprostranjenije za uporabu, jako su otporne i primjerene za raznovrsne procese naknadnih dorada (tiskanje, bojadisanje, kalandriranje i sl.). Prednost tkanina u platno vezu je obostrani izgled.

### 1.1.3 Keper vez

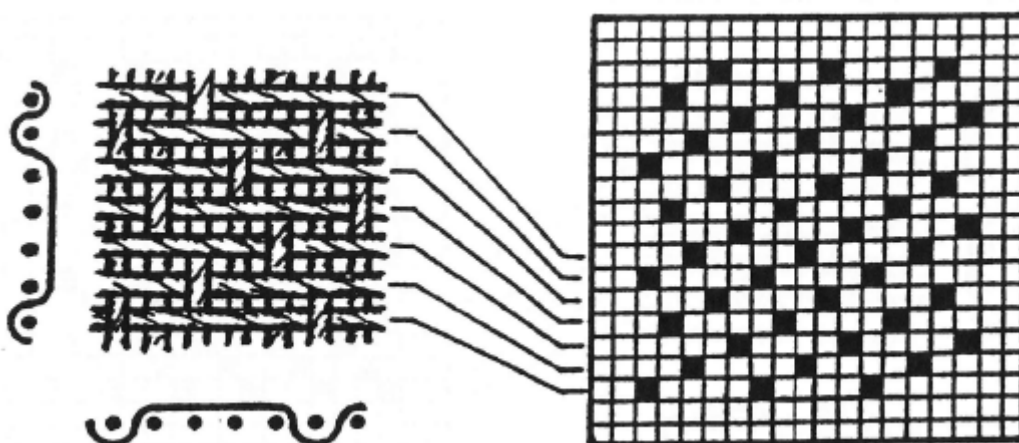
Tkanine u keper vezu prepoznatljive su po koso položenim, rebrastim prugama, koje, potječu od specifičnog načina povezivanja osnovinih i potkinih niti. Pruge se mogu protezati u lijevom ili desnom smjeru pri čemu razlikujemo lijevosmjerni i desnosmjerni keper. Vezne točke kod temeljnog kepera u raportu vežu samo 1 put i stvaraju više manje dijagonalna rebra. Razlikujemo osnovin i potkin keper prema tome koji sustav niti prevladava na licu tkanine. U slučaju osnovinog kepera, na licu tkanine biti će izražen efekt osnovine, a na naličju efekt potke. Najmanji mogući keper je trovezni (nazvan Laskas). Raport kepera je jednak po osnovi i po potki te se prema tom broju niti u raportu naziva tro, 4, 5, 6, 7, 8 vezni keper. Ukoliko želimo imati izrazito kose pruge, za osnovu se uzima pređa uvijena u jednom smjeru, a potka u drugom smjeru (osnova desni, potka lijevi uvoji). Za razliku od platno veza u kojem osnovina nit prolazi iznad svake druge potkine niti, kod kepera je broj provezivanja manji. Kod ovog veza shematski prikazanog na sl. 4, potkina nit u jednom redu prolazi iznad jedne osnovine niti, zatim ispod dvije do tri osnovine, pa opet iznad jedne osnovine niti, pa ponovo ispod dvije do tri i tako po cijeloj širini tkanine. U sljedećem redu sve se ponavlja, samo s pomakom za jednu nit u desnu ili u lijevu stranu, kako bi se osigurala potrebna kompaktnost i povezanost [4].



Sl. 4. Ispreplitanje osnovinih i potkinih niti u keper vezu i odgovarajuća uzornica

#### 1.1.4 Atlas vez

Uz platno i keper vez, atlas vez je treća vrsta temeljnih vezova tkanina. Dok su se vezne točke dodirivale u raportu kod platno i keper veza, kod atlas veza se ne dotiču te su pravilno razmještene. Kod ovog veza, osnovina nit povezuje svaku petu potku, što znači da potka u jednom redu prolazi iznad najmanje 4 osnovine niti pa zatim ispod jedne (pete), pa ponovo iznad 4 osnove i potom ispod pete, itd. Takav vez naziva se petovezni potkin atlas [4]. Posljedica takvog preplitanja je vrlo mali broj veznih točaka u tkanini, odnosno razmjerno veliki dijelovi tkanine su bez preplitanja niti. Zbog toga tkanine izrađene u atlas vezu nisu naročito čvrste. Ako se upotrebljava svilena i druga filamentna pređa, takve tkanine ističu se glatkom površinom i visokim sjajem. Shematski prikaz atlas veza je na sl. 5.



Sl. 5. Tijek osnovinih i potkinih niti u atlas vezu i uzornica  
Za sastavljanje atlas veza služe nam tzv. postepeni brojevi (skokovi). Do postepenih brojeva dolazi se tako da napišemo brojeve od 1 do posljednjeg broja jedinice veza. Potrebno je izbaciti broj jedan (1) i jedan broj manji od jedinice veza ( $n - 1$ ). Također se

---

odbacuje višekratnik koji je djeljiv sa jedinicom veza bez ostatka, kao i njegov suprotan broj (npr. kod 9-veznog atlasa, 3 je djeljivo, ali se odbacuje i  $9 - 3 = 6$ ).

## 1.2 Višepotkine tkanine

Ova vrsta tkanina se sastoji od najmanje dva sustava potki i jednog sustava osnovinih niti. Njihova je karakteristika povećana debljina, bolja termoizolacijska svojstva, naličje je obično blago čupavljeno i izrađeno od nešto lošije pređe nego lice. To su tkanine za odjevne predmete kao i za pokrivače. Zajednički im je naziv potkini dubli. Pokrivači su tkani u dvopotkinom vezu; ako su od pamuka, i manje čupavljene zovu se kalmuk; one od vune ili sintetičkih vlakana zovemo flauš, imaju najmanje 2,3 ili čak 4 sustava potki. Isto tako se može varirati s odnosom broja gornjih potki prema broju donjih. Tako npr. tkanine za odjevne predmete obično imaju dva puta više gornjih potki nego donjih. Donja potka je u takvim slučajevima dosta deblja od gornje. Ova vrsta vezova pogodna je naročito kod uzorkovanja tkanina. Ovdje tkaninu uzorkuju isključivo potkini efekti, pa se zbog toga upotrebljava više raznobojnih potki, koje ne moraju svaka za sebe u veznom smislu predstavljati poseban sustav [12].

Dvopotkin vez koristi se za tkanine i odjeću. To su potkom proširane tkanine. Dijelovi potke koji ostaju nepovezani mogu se rezati i odstraniti. Danas se takav način zamjenjuje našivanjem na šivaćem stroju, koji ima desetke šivaćih glava koje na gotovoj tkanini našivaju ornamente [12]. Za teže odjevne tkanine često se upotrebljavaju vezovi pri kojima imamo na licu dvostruko veću gustoću potke nego na naličju. Potka naličja je deblja i obično čupavljena. Kod sastavljanja ovih vezova važno je da potkine vezne točke donje potke budu obostrano prekrivene potkinim veznim točkama gornje potke, kako ih se ne bi zapazilo na licu, jer su one obično i drugačije boje [12].

Za izradu deblje i upotrebljive tkanine često upotrebljavamo dvo (tro pa i više) potkin sistem tkanja. Tkanine imaju jednu osnovu, a potke leže jedna iznad druge. Na gornjoj strani je gornja potka, a na donjoj donja (ako se želi izraditi deblja tkanina upotrijebi se i treća – srednja popunjavajuća potka). Kod uporabe raznobojnih potki tkanina je na svakoj strani drugačija. Promjenom veza možemo postići razne efekte, pruge, kvadratiće i sl.

Primjer višepotkine tkanine prikazan je na slici 11.

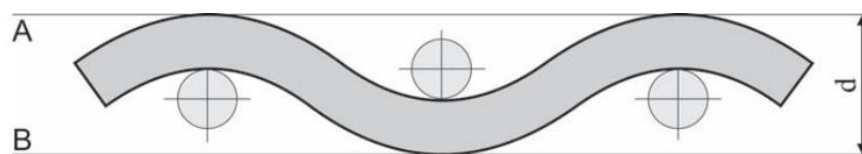
## 1.3 Strukturne karakteristike tkanina

Tekstilne plošne proizvode nije jednostavno opisati uobičajenim matematičkim modelima. Za razliku od materijala postojane strukture (npr. metala), u tekstuilu nije lako točno izmjeriti njegove dimenzije. Zbog podatnosti i lake promjenljivosti oblika, neprestano je prisutno odstupanje od njezinog osnovnog geometrijskog oblika. Tkanina,

---

kao tekstilni plošni proizvod odlikuje se specifičnim svojstvima koja proizlaze iz njene karakteristične strukture. Teškoća je i u tome što je zbog složenosti strukture tkanina u mnogim slučajevima neophodno idealizirati generalne karakteristike promatranog materijala.

**Debljina tkanine** ima važnu ulogu u ručnoj obradi, udobnosti, toplinskoj izolaciji, ponašanju i krajnjoj uporabi tekstila. Promjena debljine tkanine ovisi o raznim faktorima koji utječu na oblikovanje tkanine u samom procesu tkanja. Također, debljina tkanine, ovisi i o pojedinim pripremnim fazama tkalačkog procesa. Promjene mnogih faktora u procesu tkanja kao i u tkalačkoj pripremi i u procesu oplemenjivanja, utječu na promjenu debljine tkanine [9]. U procesu proizvodnje i uporabi, tkanine su često podvrgnute djelovanju aksijalnog vlačnog opterećenja. Vlačno naprezanje u tkanini uzrokuje promjenu debljine tkanine i produljenje (uzdužnu deformaciju) tkanine u smjeru djelovanja sile. Debljina tkanine ( $d$ ) treća je dimenzija koja je znatno manja od širine i dužine tkanine, ali je istodobno jako važna jer utječe na primjenu i glavne značajke tkanine. Debljina dorađene tkanine ovisi o promjeru osnovine ( $d_o$ ) i potkine ( $d_p$ ) pređe, gustoće osnovinih ( $g_o$ ) i potkinih ( $g_p$ ) niti, vrsti veza (konstrukcije), sirovinskog sastava, napetosti niti tijekom tkanja i vrsti oplemenjivanja [10, 11]. Debljina nedorađene tkanine ( $d_{ne}$ ) može biti veća ili manja od dorađene tkanine, što ovisi o primijenjenim postupcima oplemenjivanja. Ako se tkanina u procesu oplemenjivanja valja ili čupavi, tada se njena debljina znatno povećava. Međutim, debljina se smanjuje kada se tkanina kalandrira ili preša. Pod debljinom tkanine podrazumijeva se najveća udaljenost između površine lica (A) i međusobno paralelne površine naličja (B) tkanine, (sl. 6). Debljina tkanine mjeri se u mm.



Sl. 6. Poprečni presjek tkanine u platnenom vezu

**Plošna masa** materijala,  $m_A$  - prema normi HRN EN ISO 2286-2:2016 plošna masa predstavlja masu kvadratnog metra plošnog proizvoda izraženog u gramima [ $g/m^2$ ]. Plošna masa ima veliku ulogu kod tkanina te ovisi o finoći korištene pređe. Što je pređa grublja, to je veća plošna masa. S druge strane, plošna masa je manja pri uporabi finije pređe.

**Utkanje** je za različite tkanine različito i ovisi o vrsti prepleta, finoći potke i osnove, elastičnosti pređe, napetosti osnove i potke za vrijeme tkanja, gustoći osnove i potke. Razlika između duljine osnove i duljine tkanine naziva se utkanje po osnovi, a

---

razlika između duljine potke i širine tkanine naziva se utkanje po potci. Utkanje pređe se izražava u postocima, a dobiva se iz odnosa razlike duljine pređe u izravnanom stanju (duljina pređe prije tkanja)  $\ell_0$ , te duljine pređe kada je u tkanini (protkana pređa)  $\ell$ , prema duljina pređe prije tkanja. Matematički se utkanje može prikazati kao

$$u = \frac{\ell_0 - \ell}{\ell_0} \cdot 100 \% \quad (1)$$

Pod **gustoćom niti osnove i potke** podrazumijeva se broj niti na jedinici dužine, tj. na 1 cm (10 mm), 5 ili 10 cm, ovisno o finoći pređe. Gustoća se određuje brojanjem niti pomoću ravnala ili lupe.

#### 1.4 Poroznost strukture tkanine

Poroznost tkanine definira se kao omjer ukupne prazne površine prema ukupnoj površini ili kao omjer ukupnog praznog volumena prema ukupnom volumenu. Izravno je povezana sa propusnošću fluida i zraka (plina) kroz tkaninu na što utječe debljina tkanine, oblik i veličina pora, kao i distribucija prostora između niti. Poroznost tkanine može se promatrati na više razina, a to su

- poroznosti između vlakana,
- između pređe te
- efektivna poroznost toka zraka koja je opisana kao funkcija poroznosti vlakna i poroznosti same pređe [8].

Poroznost tkanine važan je parametar u procjeni udobnosti odjeće i fizikalnih karakteristika tehničkog tekstila. Poroznost materijala važna je karakteristika tkanine.

Svojstva pora tkanine, poput veličine pora, raspodjela veličine pora, oblik pora i poroznost, određene su svojstvima pređe i vlakana te strukturnim svojstvima tkanine, kao što su vez, gustoća osnove i potke, utkanje, debljina, itd. U skladu s time, predviđanje propusnosti tkanine koja se koristi u određenom području može se regulirati kontrolom svojstava pora koje su određene strukturnim svojstvima tkanine.

Struktura tkanine u platno vezu relativno je jednostavna za opisati. Tkanine s ostalim vezovima (npr. keper ili atlas) su kompliciranije jer je vez tkanine parametar koji uvelike utječe na vrijednost propusnosti tkanine. Utvrđeno je da su razlike u propusnosti zraka između različitih vrsta vezova tkanine izraženije kod uzoraka tkanina niže gustoće osnove i potke, dok je kod tkanina s višom gustoćom osnove i potke ta razlika manje izražena.

Općenito, svi prostori koji su ispunjeni zrakom mogu se smatrati porama u tkanini. Poroznost se može izraziti kao udio zraka u tkanini (u postocima ili kao bezdimenzijski broj). Poroznost se može izračunati putem gustoće na sljedeći način:

$$P = 1 - \frac{\rho_v}{\rho_t} \quad (2)$$

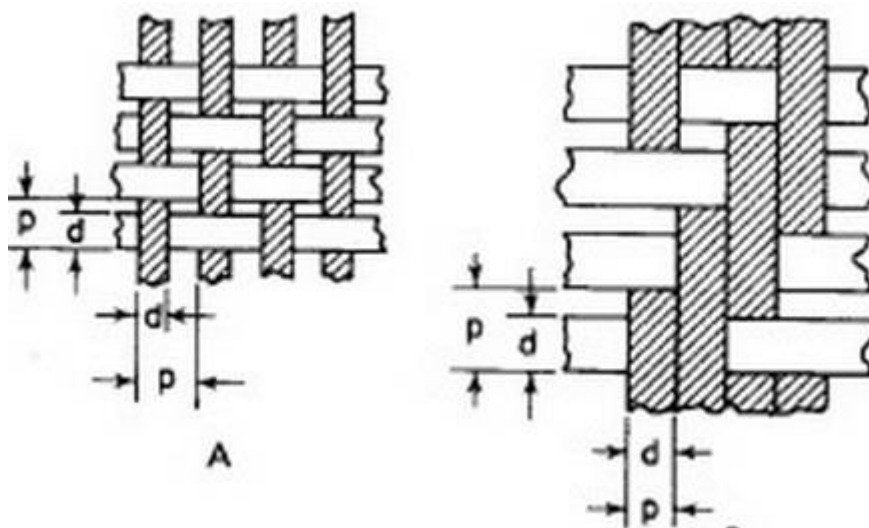
Pri čemu je  $\rho_v$  gustoća vlakana u  $\text{kg/m}^3$ , a  $\rho_t$  volumna gustoća tkanine također u  $\text{kg/m}^3$ .

Međutim, poroznost utvrđena na ovaj način obično nije baš prikladna u smislu istraživanja odnosa propusnosti tkanine i njezine strukture. Ukazuje samo koliko je zraka sadržano u tkanini, a ne govori ništa o obliku pora, njihovoj veličini i raspodjeli. Upravo su ove karakteristike vrlo važne u pogledu propusnosti tkanine [8].

Valja napomenuti da se vrijednost promjera pređe  $d$  iskazana u metrima koristi u brojnim modelima koji opisuju poroznost tkanine. Oblik presjeka pređe je promjenjiv duž njezine duljine. Na prostornu geometriju tkanine općenito utječu vrsta tkanja, materijal i finoća pređe, strukturni parametri, ali i vrsta i prilagodba tkalačkog stroja. Problem određivanja promjera pređe može biti dodatno zakompliciran dlakavošću pređe. Pokazalo se da dlakavost pređe također utječe na propusnost zraka.

### 1.5 Pokrivni faktor

Pokrivni faktor (faktor pokrivenosti) je broj koji pokazuje u kojoj mjeri je područje tkanine prekriveno jednim nizom niti. Za bilo koju tkaninu postoje dva faktora pokrivanja: faktor pokrivanja osnove i faktor pokrivanja potke. Pokrivni faktor dobiva se dodavanjem faktora pokrivenosti potke na pokrivenost osnove (vrijedi isključivo za vertikalnu poroznost). Ovisi o gustoći niti i broju niti. Što je veća gustoća niti, to je veći pokrivni faktor. Što je veći broj niti, to je manji pokrivni faktor [6].



Sl. 7. dvije tkanine različitih konstrukcija

Na slici su prikazane dvije tkanine različitih konstrukcija. Kod "A" slučaja, osnovine i potkine niti prekrivaju područje platna samo djelomično dok se kod B slučaja područje platna prekriva u potpunosti, bez razmaka između susjednih osnovinih niti.



---

Također je vidljivo da relativna bliskost niti u tkanini ovisi o omjeru promjera pređe ( $d$ ) i razmaka pređe ( $p$ ). Taj omjer poznat je kao relativna pokrivenost te se može definirati kao udio projiciranog prikaza određenog područja tkanine prekrivene nitima. Navedeni omjer ima skalu od 0 do 1, iako se istovremeno može izraziti kao postotak pokrivenosti sa skalom od 0 do 100 posto [5].

$$\frac{d}{p} = \text{relativna pokrivenost}, \quad (3)$$

$$\frac{d}{p} \cdot 100 = \text{pokrivenost u postocima} \quad (4)$$

Poželjno je izraziti relativnu pokrivenost osnove i potke odvojeno, jer kumulativna vrijednost pokrivenosti tkanine ne pokazuje komparativnu važnost svakog zasebnog skupa pređe što je bitno za određivanje određenih karakteristika tkanine. Teorijski maksimalna pokrivenost nastaje pri izjednačavanju promjera i razmaka pređe, što se matematički može prikazati kao  $d = p$ . Vrijednost relativne pokrivenosti u tom slučaju je jedan. U praksi se, međutim, ta vrijednost može znatno premašiti u bilo kojem od ovih smjerova (smjer osnove i smjer potke) ili radi distorzije potke ili prodiranjem niti u druge ravnine, posebice ukoliko je relativna pokrivenost drugog sustava niti smanjena u odnosu na prvi.

Pokrivni faktor izražen SI sustavom mjernih jedinica iskazuje se kao:

$$\text{Pokrivni faktor} = ( \text{niti / cm} \cdot \sqrt{\text{tex}} ) / 10 \quad (5)$$

Primjer:  $T_t = 20 \text{ tex}$ , 28 niti/cm

$$\text{Pokrivni faktor} = ( 28 \text{ niti/cm} \cdot \sqrt{20} ) / 10 = \mathbf{12,5}$$

Različita svojstva usko povezana s pokrivnim faktorom su učinkovitost tkanja, kvaliteta tkanine, termo-fiziološka udobnost odjeće, propusnost zraka i zaštita od ultraljubičastoga i toplinskoga zračenja. To su osnovna obilježja tkanina koje se koriste u izradi zaštitnih odjevnih predmeta i tekstila namijenjenih zaštiti radne i prirodne okoline [5].

## 1.6 Propusnost zraka

Propusnost zraka jedno je od najvažnijih svojstava tekstilnih materijala. Općenito se iskazuje kao sposobnost zračnopropusne tkanine da prenosi zrak pod točno određenim uvjetima. U slučaju odjevnih materijala, propusnost je važan aspekt

---

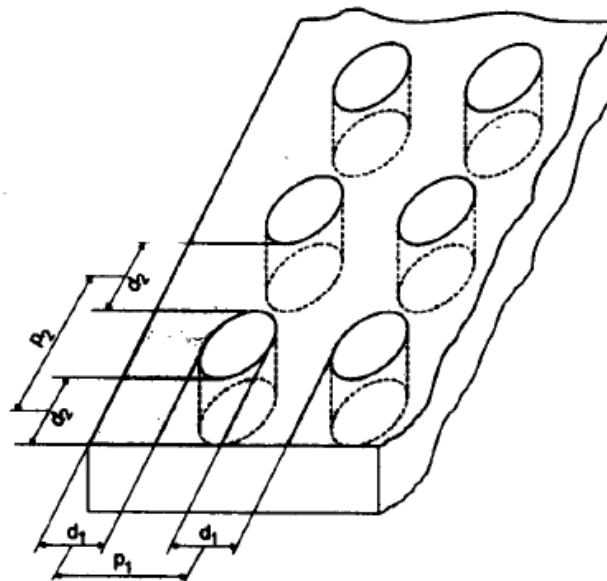
udobnosti. U slučaju tehničkih materijala, propusnost može biti čak i svojstvo koje je bitno u pogledu funkcije tkanine (npr. filtri, padobrani, zračni jastuci). Propusnost zraka tkanina glavno je svojstvo strukture tekstilnog materijala. Vrlo mala promjena u strukturi tkanina uzrokuje promjenu njegove propusnosti. Veličina pora u tekstu, kao i njihov raspored i raspoređenost oblika, presudne su karakteristike tkanine s gledišta propusnosti zraka.

### 1.6.1 Vertikalna i horizontalna poroznost

Poroznost tkanine dijeli se na dvije osnovne vrste: horizontalnu i vertikalnu poroznost. Horizontalna poroznost smatra se dodatkom pokrivnog faktora tkanine - to je dvodimenzionalni model poroznosti koji je projekcija tkanine na vodoravnu ravninu. Za opis vertikalne poroznosti može se razmotriti eliptični model vertikalne pore, koji je također dvodimenzionalni model poroznosti, ali je to projekcija tkanine na vertikalnu ravninu.

## 1.7 Volumna poroznost

Kada se tkanine promatraju kao trodimenzionalna formacija, prazni prostori (pore) mogu se nalaziti u vlaknima, između vlakana u pređi, te između niti osnove i potke u tkanini. Kao tekstilni materijali, tkanine imaju, u usporedbi s pletivima ili netkanim tekstilom, najpreciznije utvrđeni unutarnji geometrijski model porozne strukture u obliku cjevastog sustava, pri čemu svaka makropora ima cilindrični oblik s trajnim presjekom cijele njihove duljine [13]. Slika 8 prikazuje idealan model porozne strukture tkanine.



Sl. 8. Idealan model porozne strukture tkanine ( $d$  = debljina niti,  $p$  = razmak između niti; 1, 2 označava osnovinu i potkinu nit).

---

Budući da je gustoća osnove obično veća od gustoće potke, za predstavljanje situacije koristi se eliptični oblik presjeka pora. Za usporedbu tkanina s poroznošću obično se koriste sljedeći parametri: površina presjeka pora, raspodjela površine pora, gustoća pora, ekvivalentni promjer pora, maksimalni i minimalni promjer pora, duljina pora, volumen pora i dio otvorenog područja, udio volumena pora, itd [14].

Volumna poroznost tkanine  $P_v$  može se teoretski izračunati na temelju zapremnine  $F_v$  kako slijedi:

$$P_v = 100 - F_v \quad (6)$$

Ispunjavanje volumena tkanine izražava postotak volumena niti  $V_n$ , s obzirom na volumen tkanine  $V_t$ :

$$F_v = \frac{V_n}{V_t} \cdot 100 = \frac{m_n \cdot \rho_t}{m_t \cdot \rho_n} \cdot 100 \quad (7)$$

Pri čemu  $V$  ( $\text{cm}^3$ ),  $m$  (g), i  $\rho$  ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) označavaju volumen, masu i specifičnu gustoću. Indeksi  $n$  i  $t$  označavaju nit i tkaninu. Masa tkanine jednaka je masi niti ( $m_t = m_n$ ), stoga se izraz (7) može pojednostaviti:

$$F_v = \frac{\rho_t}{\rho_n} \cdot 100 \quad (8)$$

---

## 2. EKSPERIMENTALNI DIO

U eksperimentalnom dijelu izrađeno je pet uzoraka tkanina i to jedan dvopotkin uzorak te četiri tropotkina uzorka. Tropotkini uzorci otkani su iz iste osnove iz pređe istih karakteristika, a potka u srednjem sloju koji se ne vidi niti na licu, niti na naličju, varirala je po finoći. Ispitane su karakteristike pređa za osnovu i potku te uzoraka tkanina.

### 2.1 Metodika rada

#### 2.1.1 Finoća pređe

Finoća pređe odredila se standardiziranom metodom vitice prema *HRN ISO 2060: 1994 Tekstil - Pređa s namotka - Određivanje duljinske mase (masa po jedinici duljine) metodom vitice*. Od uzorka pređe, na vitlu opsega 1 m, načinila se vitica dužine 100 m te izvagala. Postupak je ponovljen dodatna dva puta u svrhu povećanja točnosti mjerenja. Rezultat u gramima pomnožen je sa 10 kako bi se dobila masa u gramima na 1000 m što je ujedno i mjerna jedinica *tex*.

#### 2.1.2 Uvojitost pređe

Uvojitost pređe odredila se na torziometru metodom odvijanja. U stezaljke torziometra stavljena je pređa uz predopterećenje 0,5 cN/tex. Pređa se odvijala do uspostave paralelnog položaja niti, tada se iglicom razdvajala s jedne strane prema drugoj sve dok se niti nisu potpuno razdvojile. Imajući na umu da je razmak između stezaljki 0,5 m, rezultat je potrebno pomnožiti sa 2 kako bi se dobio broj uvoja na jednom metru.



Sl. 9. Torziometar

---

### 2.1.3 Vlačna i prekidna svojstva pređe

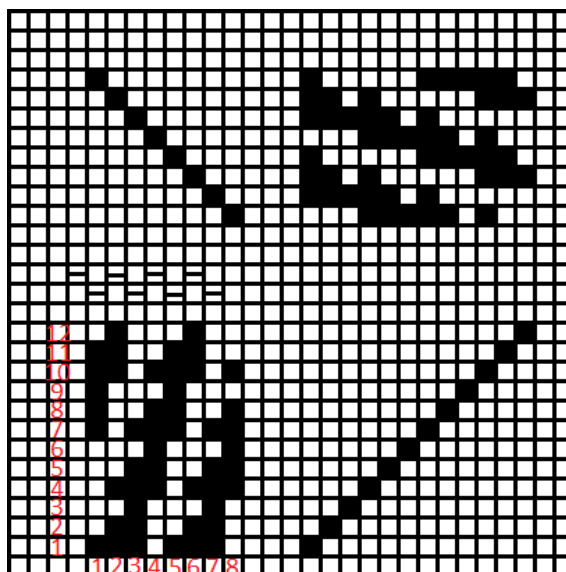
Vlačna i prekidna svojstva pređe određena su na dinamometru prema *HRN ISO 2062: 2003; Određivanje prekidne sile i prekidnog istežanja*. Uzorak se učvrstio u gornju zakočenu stezaljku, zatim se donja stezaljka otkočila i u nju se stavio uzorak. Prije zatezanja donje stezaljke uzorak se napeo predopterećenjem od 0,5 cN/tex te se zatim zategnula donja stezaljka. Dinamometar se uključio i vlačna sila je djelovala dok nije došlo do prekida. Očitao se rezultat prekidne sile i istežanja.



Sl. 10. Dinamometar sa stezaljkama za ispitivanje pređe

### 2.1.4 Izrada uzoraka tkanina

Prije početka samog rada na stroju, potrebno je izabrati vez tropotkine i dvopotkine tkanine, tj. nacrtati plan podizanja listova te podesiti birač potke. Također je nužno unijeti važne parametre kao što su gustoća potke, brzina, vrsta uvoda i broj listova. Sve navedeno obavlja se u sučelju računala. Na sl. 11. prikazana je uzornica na kojoj je vidljivo kako je jedinica veza tropotkine tkanine 8x12, glatki uvod osnove u osam listova. U jednu uzubinu brda ide po jedna nit.



Sl. 11. Uzornica po kojoj su izrađene tkanine

Nakon uspješno podešenih parametara vezanih za stroj, potrebno je odabrati i primijeniti pređu određenog sirovinskog sastava i finoće. U ovom radu izabrana je pređa AR60/2 za osnovinu nit, a u slučaju potkine niti je to bila također AR60/2 s time da se variralo sa finoćama srednje potke. Drugim riječima, koristiti će se pređe različite finoće samo za srednju potku, dok su gornja i donja potka bile konstantne finoće (trototkin uzorak). Prilikom izrade dvopotkinog uzorka upotrijebiti će se ista pređa kao i za osnovinu nit (AR60/2).

Karakteristike vezane za stroj:

- Korištena već pripremljena osnova sirovinskog sastava AR60/2
- 600 niti osnove
- 40 cm širina
- 12 listova
- Glatki uvod
- Sukljani krajevi (nema čvrstih rubova)
- Jedna utkivna šipka za unos potke
- Mogućnost biranja osam različitih potki
- Uvod u brdo – jedna nit u jednu uzubinu
- Brdo finoće 15 uzubina/cm, 150 uzubina/10 cm
- Računalno upravljanje

Općenito je potrebno angažirati dva dodavača potke u slučajevima kada se koristi različita finoća pređe. Tom logikom, prilikom izrade uzorka 3AR/60 potrebno je podesiti dodavač potke kako bi se drugi dodavač spuštao, s obzirom na to da su vanjska i unutarnja nit jednake (AR60/2).



Sl. 12. Tkalački stroj za izradu uzoraka tkanine, Hefei Fanyuan Instrument DW598

Za izradu uzoraka korišten je tkalački stroj proizvođača Hefei Fanyuan i modela Instrument DW598. Spomenuti tkalački stroj u potpunosti je automatiziran za tkanje s utkivnom šipkom. Opremljen je uređajima za tvorbu zijeva, unos potke, otpuštanje osnove i namatanje tkanine, pritkaj, automatskim biračem potke i čuvarima potke.

#### 2.1.5 Određivanje dimenzije tkanine

Prema *HRN ISO 3933: 2003; Mjerenje duljine komada*, pod **dužinom** plošnog proizvoda podrazumijeva se najveći razmak između dvije po cijeloj širini komada neoštećene niti potke. Mjerenje se provodi na stolu za mjerenje, čija je širina veća od širine plošnog proizvoda, a dužina najmanje 3 m. Plošni proizvod mora biti kondicioniran, te položen na stol za mjerenje u raširenom stanju, bez nabora i zatezanja. Dužina se mjeri čeličnim metrom koji ima raspodjelu u cm i mm.

Prema *HRN ISO 3932: 2003; Mjerenje širine komada*, **širina** se definira kao razmak između dvije krajnje niti rubova, ako nije posebno propisano da se rubovi ne uračunavaju u širinu. Plošni proizvod prije ispitivanja potrebno je kondicionirati. Prilikom određivanja širine, plošni proizvod se položi na stol za mjerenje čija širina treba biti veća od širine ispitivanog materijala. Pri tom proizvod ne smije imati nabore, niti ga se smije zatezati. Mjerenje se provodi čeličnim metrom čija dužina je veća od širine ispitivanog materijala. Uzorcima se prema navedenim normama odredila dimenzija u  $\text{cm}^2$ . Taj se podatak, uz preračunavanje, upotrijebio za računanje mase metra kvadratnog dotičnog uzorka.

#### 2.1.6 Određivanje mase tkanine

Uzorcima se izmjerila masa u gramima uporabom uređaja za vaganje KERN ALJ 220-4. Provedeno je na način da se uključi vaga i tarira na 0,0 g. Tada se utvaraju jedna klizna vratašca i postavlja uzorak. Očita se vrijednost u gramima. Važno je zatvoriti

---

vratašca nakon stavljanja uzorka kako bi se spriječio ulazak zraka i samim time poboljšala točnost mjerenja.

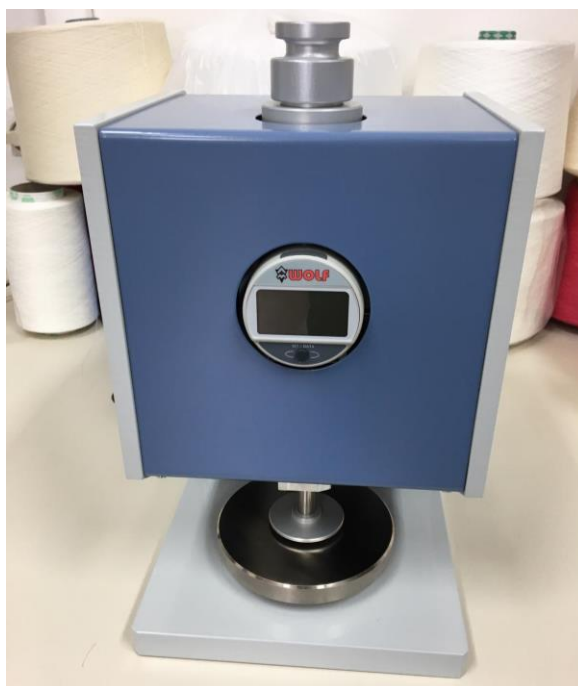


Sl. 13. Uređaj za određivanje mase KERN ALJ 220-4

### 2.1.7 Određivanje debljine tkanine

Prema HRN EN ISO 5084: 2003; **debljina** plošnog proizvoda definira se kao razmak između dvije metalne ravne paralelne ploče razdvojene tkaninom koja se nalazi pod određenim pritiskom. Mjerenje se provodi pomoću debljinomjera koji mora osigurati preciznost rezultata na 0,01 mm. Debljinomjer se sastoji od podloge na koju se stavlja ispitivani materijal i pritiskivača (kružna uglačana ploča) kojom se materijal pritišće određenom silom i koji je u vezi sa dijelom za pokazivanje i registriranje rezultata. Površina pritiskivača i pritisak za vrijeme mjerenja ovise o ispitivanom materijalu i obično se definiraju ugovorom. Za određivanje debljine tkanine korišten je uređaj marke Wolf. Primijenjeno je predopterećenje 25 cm<sup>2</sup> i 0,5 kPa. Prije mjerenja važno je rukom očistiti tkaninu od eventualnih mucica i nečistoća. Mjerila se debljina uzorka na pet različitih mjesta kako bi se povećala sigurnost točnosti mjerenja.





Sl. 14. Debljinomjer

#### 2.1.8 Gustoća osnove i potke

Prema HRN EN 1049-2: 2003; **gustoća** tkanina definira se kao broj niti osnove i potke na dužini od 10 cm, odnosno kod pletiva broj nizova i redova na dužini od 10 cm, a utvrđuju se izbrojavanjem. Mjerenje se provodi pomoću lupe i paranjem na uzorku određene veličine. Gustoća osnove i potke utvrdila se brojanjem niti u smjeru osnove i u smjeru potke. Provedeno je pet mjerenja za oba slučaja. Za lakši pristup korištena je tekstilna ručna lupa.

#### 2.1.9 Utkanje

Utkanje osnove i potke određeno je izvlačenjem pet niti u smjeru osnove i pet niti u smjeru potke. U smjeru osnove mjerilo se na duljini od 10 cm, a u slučaju potke je to bilo na 5 cm. Utkanje se odredilo iz odnosa razlike duljine pređe u izravnanom stanju (duljina pređe prije tkanja) te duljine pređe kada je u tkanini (protkana pređa).

#### 2.1.10 Poroznost tkanine

Poroznost tkanine odnosi se na udio šupljine ili ukupan prazan prostor unutar volumena tkanine. Volumna poroznost tkanine  $P$  može se teoretski izračunati na temelju ispunjenja volumena koji se izražava kao postotak volumena niti unutar volumena tkanine [12]. Poroznost tkanine izračunata prema jednadžbama prikazuje se kao:

$$P = \left( 1 - \frac{\rho_{\text{tkanine}}}{\rho_{\text{vlakna}}} \right) \cdot 100\% \quad (9)$$

---

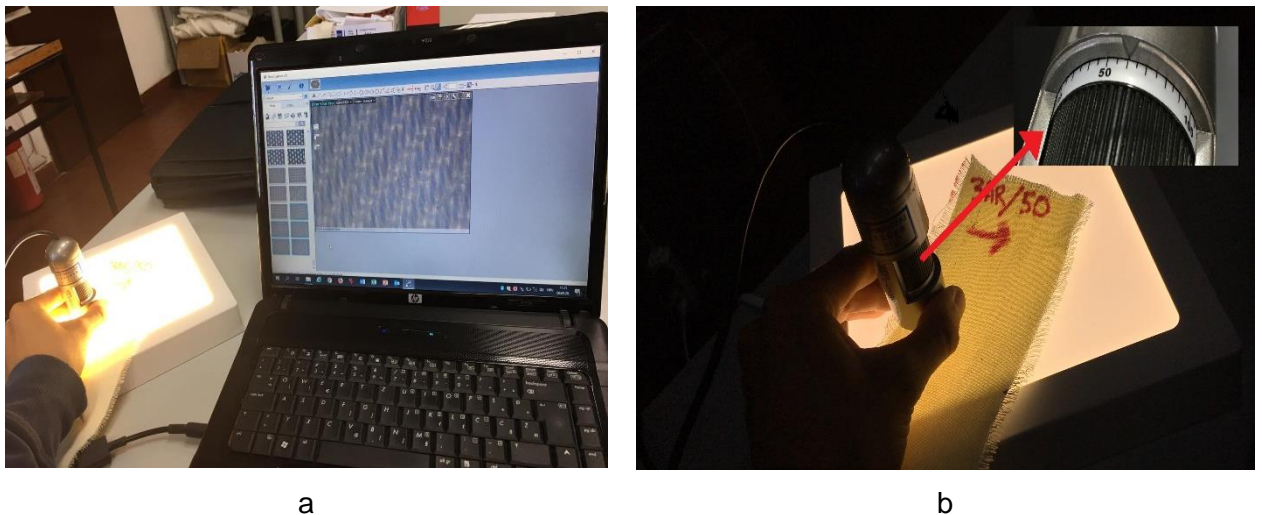
gdje  $\rho_{\text{tkanine}}$  označava volumnu gustoću tkanine, a  $\rho_{\text{vlakna}}$  specifičnu gustoću vlakna koja za aramidna vlakna iznosi  $1,38 \text{ g/m}^3$ . Odnosno,

$$\rho_{\text{tkanine}} = \frac{M \left( \frac{\text{g}}{\text{m}^2} \right)}{T \text{ (mm)} \cdot 1000} \quad (10)$$

gdje je  $M$  površinska masa tkanine u  $\text{g/m}^2$ , a  $T$  debljina tkanine u mm.

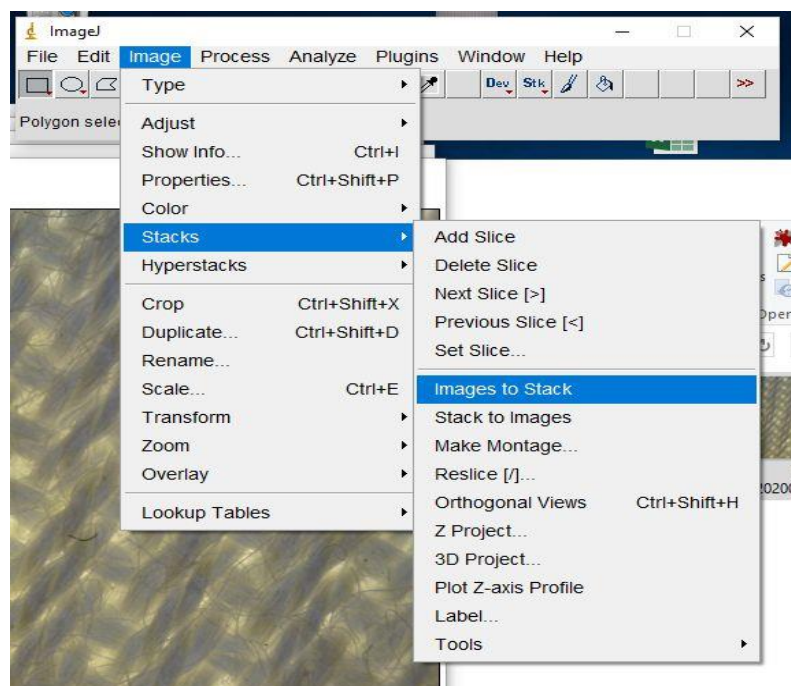
### 2.1.11 Predikcija poroznosti analizom propusnosti uzorka na svjetlo

Uzorci su snimljeni pomoću digitalnog Dino Lite mikroskopa na način da su postavljeni na podlogu emitirajuće svjetlosti koja prodire kroz tekstilni materijal (uzorak). Snimljeno je po 5 slika svakog uzorka pri uvećanju od 60x (sl. 15, b). Snimanje je prikazano na sl. 15 .



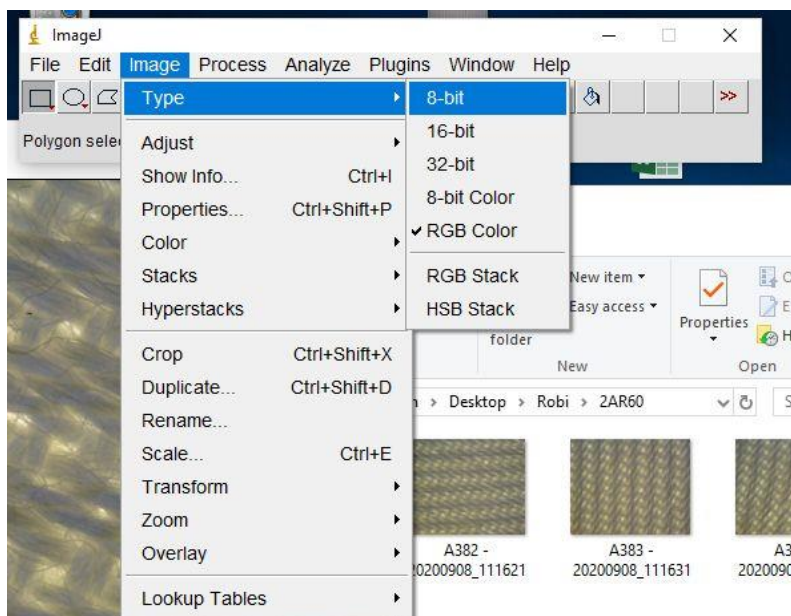
Sl. 15. Snimanje Dino Lite mikroskopom, a – projekcija uvećane slike uzorka na ekran, b – uzorak postavljen na podlogu koja emitira svjetlost. Također je vidljivo uvećanje 60x.

Po završetku snimanja uzorka tkanina digitalnog Dino Lite mikroskopom, slike su nadalje obrađene u programu *ImageJ*. Sve slike korištenih uzoraka ubačene su u navedeni program. Tada se primijenilo *Image – Stacks – Images to Stack* pri čemu su se slike složile u jedan niz (slika 16).



Sl. 16. Rad u programu ImageJ

Slike su tada konvertirane su u „Type 8-bit“ što omogućava prikaz u sivim tonovima ili tzv. *grey scale* (slika 17).



Sl. 17. Apliciranje 8-bitnog prikaza

Nadalje, izrađen je histogram s raspodjelom sivih tonova piksela, a podaci su prebačeni u MS Excel gdje su dalje obrađeni. Tonovi piksela nalaze se u rasponu od 0 do 255, pri čemu 0 označava crne piksele, odnosno 0% propusnosti svjetlosti, a 255 bijele piksele, odnosno 100% propusnosti svjetlosti, svi ostali brojevi od 1 do 254 označavaju nijanse sive boje prema čijem tonu se procjenjuje udio propuštene svjetlosti.

---

Zbog jednostavnije obrade, dobiveni podaci raspodijeljeni su u 10 razreda, koji predstavljaju raspone količine (%) propusnosti svjetlosti. Kako bi se dobila površina uzorka koja propušta odgovarajući udio svjetlosti (unutar nekog razreda), broj piksela koji odgovara nijansama odgovarajućeg razreda stavlja se u odnos s ukupnim brojem piksela na slici te računa udio površine uzorka koji propušta svjetlost unutar određenog razreda.

---

### 3. REZULTATI RADA I RASPRAVA

#### 3.1 Karakteristike pređe

Sve pređe su istog sirovinskog sastava, a to je 5,0% P-aramidno vlakno (Twaron) / 95,0% M-aramidno vlakno (Conex NEO).

Tab. 1: Finoća pređe i statistički podaci

	Nm 50	Nm 60	Nm 70	Nm 80
	41,6	34,0	28,7	24,9
	41,7	33,9	28,9	25,2
	41,5	33,8	28,9	25,3
X, %	41,6	33,95	28,8	25,1
S, %	0,06	0,10	0,11	0,20
CV, %	0,15	0,29	0,38	0,78

U tab. 1 prikazana je deklarirana i dobivena vrijednost finoće pređa, standardna devijacija i koeficijent varijacije. Podudarnost dobivenih vrijednosti sa deklariranim te odstupanje biti će izraženo u postocima.

U slučaju prve pređe, kojoj deklarirana vrijednost finoća iznosi Nm 50 (20 tex x2), dobivena prosječna vrijednost finoće iznosi 41,6 tex. Iz navedenog je razmjerno odstupanje od 4%, što je na granici tolerancije finoće. Kada se radi o drugoj pređi, kojoj je deklarirana finoća Nm 60 (16 tex x2), dobivena prosječna finoća bilježi 33,95 tex. U ovom slučaju, odstupanje iznosi 2,9% što se nalazi u dopuštenim granicama tolerancije finoće pređe. Kod trećeg primjera deklarirana finoća pređe iznosi Nm 70 (14 tex x2), a prosječna dobivena vrijednost finoće 28,8 tex. Evidentno je odstupanje od 0,8% koje je u normalnim granicama tolerancije. Kad je riječ o četvrtoj pređi deklarirane finoće Nm 80 (12,5 tex x2), prosječna dobivena vrijednost finoće pređe vrijedi 25,1 tex, iz čega je razvidno odstupanje od 0,4 %.

Standardna devijacija ukazuje prosječno srednje kvadratno odstupanje numeričkih vrijednosti koje su uzorkovane varijacijama samog uzorka. Proteže se u rasponu od 0,06 do 0,20 što ukazuje na vrlo malo rasipanje vrijednosti te daje do znanja kako su sve pređe jednolične po finoći.

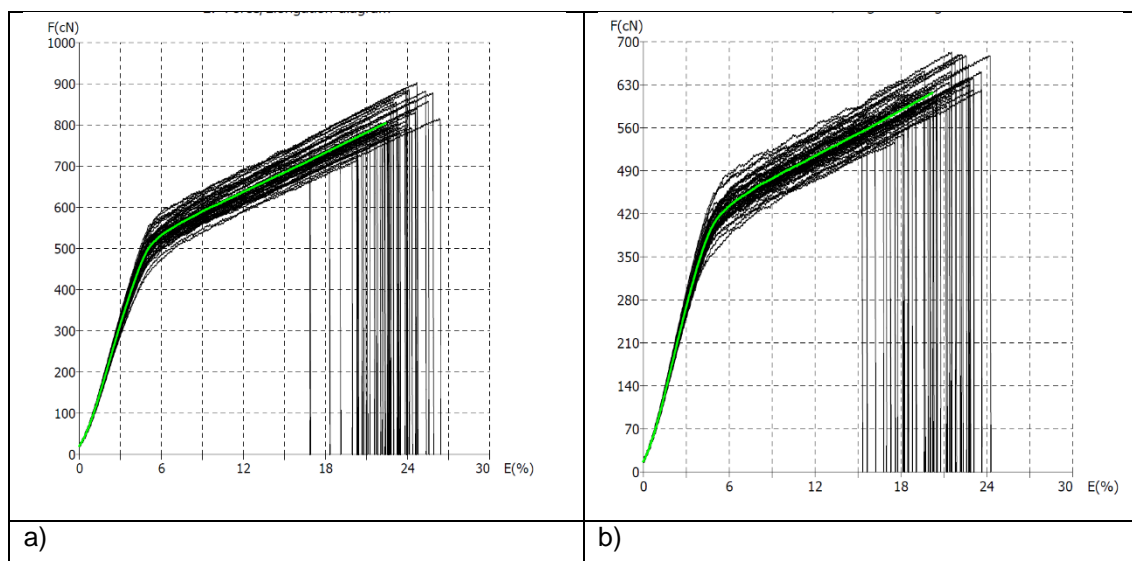
Koeficijent varijacije je omjer vrijednosti standardne devijacije uzorka sa srednjom vrijednosti podataka u uzorku. Koeficijent varijacije kod svih pređa nalazi se u opsegu od 0,15 do 0,78 što upućuje na to da je za analizu uzet zadovoljavajući broj uzoraka.

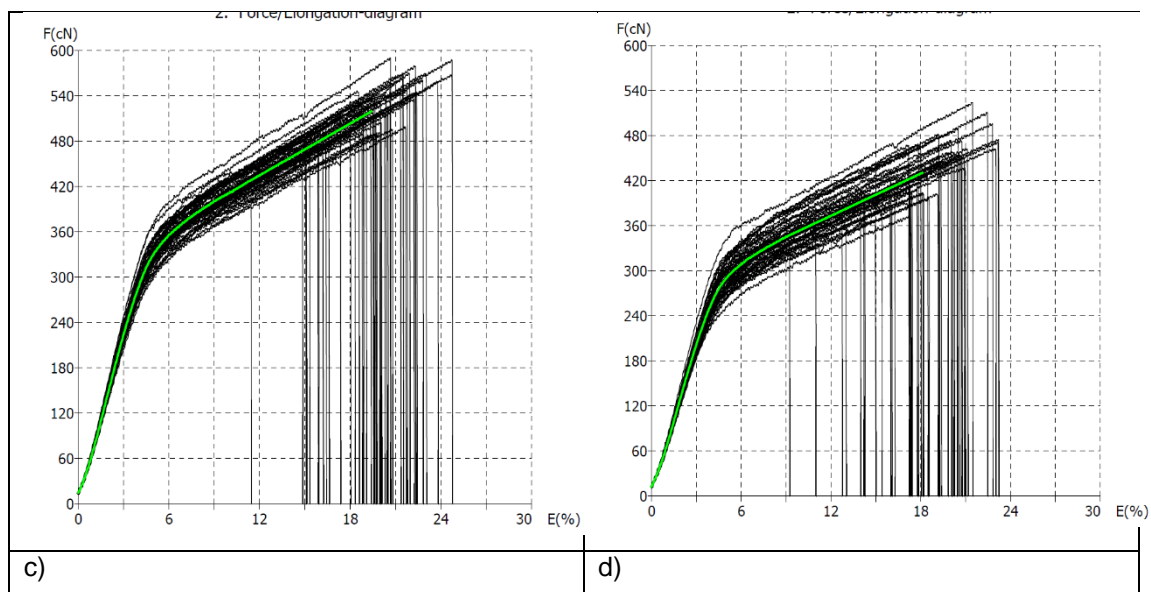
Tab. 2: Broj uvoja pređe i statistički podaci

	Nm 50	Nm 60	Nm 70	Nm 80
	580	650	700	810
	560	678	690	790
	590	628	700	730
	610	606	720	800
	580	640	710	720
X, %	584,0	640,4	704,0	770,0
S, %	18,17	26,66	11,40	41,83
CV, %	3,11	4,16	1,62	5,43

U tab. 2 prikazan je broj uvoja te statistički podaci za pređe finoće Nm 50, Nm 60, Nm 70 i Nm 80. Što se tiče standardne devijacije vezane za broj uvoja pređe, najveće rasipanje vrijednosti bilježi pređa finoće Nm 80 (41,83%) što ukazuje na to da je ona najjednoličnija.

Pređe su končane te imaju različiti broj uvoja. Najmanji broj uvoja je kod pređe finoće Nm 50, a najveći kod pređe finoće Nm 80. Iz rezultata je razvidno da se broj uvoja pređe povećava sa finoćom pređe. Grublje pređe imaju manji broj uvoja, a finije veći broj radi kompenzacije u čvrstoći končane pređe.





Sl. 18. Vlačna svojstva pređa: a) Nm 50, b) Nm 60, c) Nm 70, d) Nm 80

Na sl. 18 prikazana su vlačna svojstva pređa navedenih finoća te je vidljivo da se sve pređe linearno istežu do određene točke. Ta točka naziva se točka infleksije i kod prvog uzorka se nalazi mrvicu iznad 500 cN, kod drugog 420, u slučaju trećeg je 330 cN te kod četvrtog uzorka iznosi nešto manje od 300 cN. Iz predočenog se može zaključiti da što je pređa finija to ranije dolazi do točke infleksije (pri manjoj sili).

Nagib krivulje tj. kut koji pravac zatvara sa osi X, tangens tog kuta je Youngov modul koji upućuje na krutost pređe. Velika krutost znači da je velik kut koji pravac zatvara sa apscisom. Istezljivost je veća za manji prirast sile i obrnuto. To je zbog toga što se u početku pređa isteže radi uvojitosti i kod točke infleksije počinju popuštati sile među vlaknima sve dok ne dođe do totalne destrukcije. Nakon točke infleksije krutost se naglo smanjuje i drži tu konstantu do prekida.

Tab. 3: Prekidna svojstva pređa

Oznaka pređe	Statistički pokazatelji	N	X	S	CV
Nm 50	Produljene pri prekidu	50	22,39 %	2,12	9,47
	Sila u točki prekida	50	804,56 cN	48,65	6,05
Nm 60	Produljene pri prekidu	50	20,22 %	2,29	11,34
	Sila u točki prekida	50	617,14 cN	36,32	5,88
Nm 70	Produljene pri prekidu	50	19,42 %	2,80	14,41
	Sila u točki prekida	50	519,80 cN	38,24	7,36
Nm 80	Produljene pri prekidu	50	18,12 %	3,15	17,39
	Sila u točki prekida	50	430,89 cN	42,44	9,85

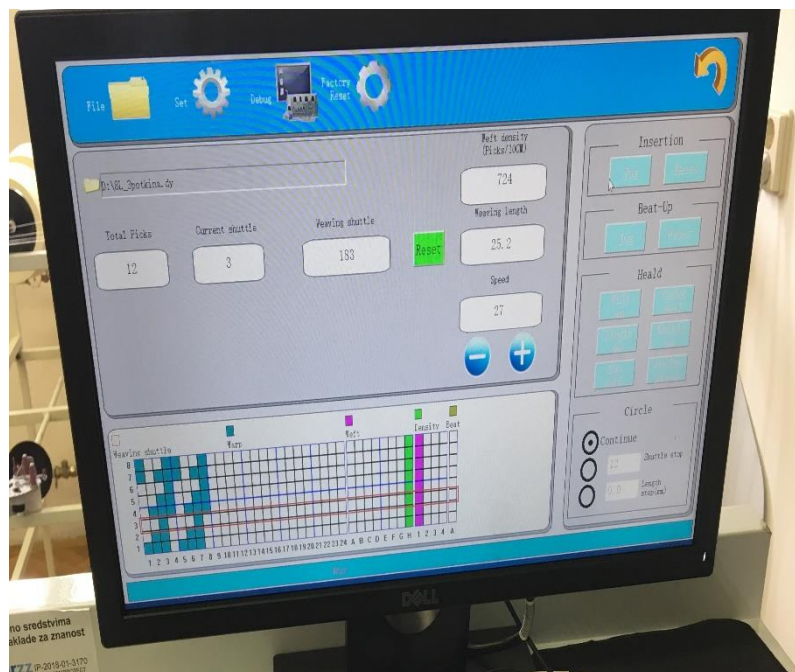
Iz rezultata prikazanih u tab. 3 vidljivo je da finije pređe imaju tendenciju izdržati manja opterećenja. Kada je riječ o produljenju, grublja pređa se istezala više što ukazuje na to da je prekidna istezljivost manja prilikom finijim pređama. Sila u točki prekida za pređu Nm 50 bilježi 804,56 cN, a za Nm 80 ostvaruje 430,89 cN. Iz navedenog je razvidno da je sila u točki prekida manja u slučaju finije pređe.

Standardna devijacija proteže se od 2,12 do čak 48,65. Koeficijent varijacije nalazi se u rasponu od 5,88 do 17,39.

### 3.2 Izrada uzorka

Za početak se izradila uzornica po kojoj je nacrtan vez u programu koji je dio upravljačkog sustava stroja. Važno je napomenuti da su se svi uzorci tkali pod istim uvjetima. Na sl. 19 prikazano je sučelje računala na kojem su se tkali uzorci. Pri donjem rubu ekrana nalaze se brojeke od 1 do 24 koje označavaju listove. Na lijevoj strani uzornice nalaze se brojevi od 1 do 12 koji se odnose na potke. Zelenom bojom označeni su birači potke (koji birač se spušta). Roza boja kvadratića je gustoća koja je bila jednaka u jedinici veza (724 utkaja/10 cm). **Total picks** je ukupan broj potki (12). **Current shuttle** daje do znanja koja se potka trenutno tka. U slučaju na slici je to 3. potka (označeno crveno na vezu). **Weaving shuttle** upućuje koliko se potke napravilo od zadnjeg prekida (na slici 19a. prikazano je 183). **Weaving length** ukazuje koliko je tkanine otkano (25,2). **Speed** (27) govori nam da se tka 27 potki u jednoj minuti.

Obzirom da svih 12 potki nije stalo u jednom komadu na ekran, na sl. 19. prikazano je u dva dijela.



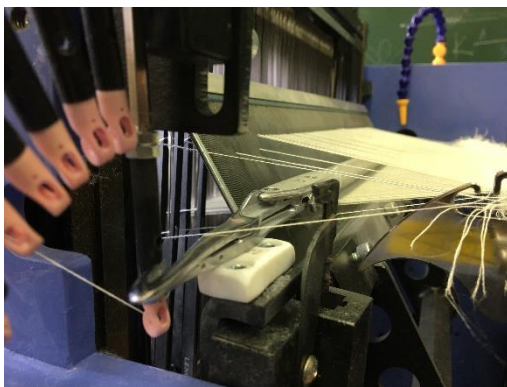
a)





b)

Sl. 19. Sučelje računala (specijaliziranog sustava), a) prvi dio veza (od prve do osme potke), b) drugi dio (od devete do dvanaeste potke)



a)



b)

Sl. 20. a) spuštenu dodavač potke u trenutku tkanja uzoraka, b) izrada uzoraka

Nakon unesenog plana u računalo, tkalo se ukupno pet uzoraka. Uzorke smo označili markerom kako bi ih kasnije mogli razlikovati.

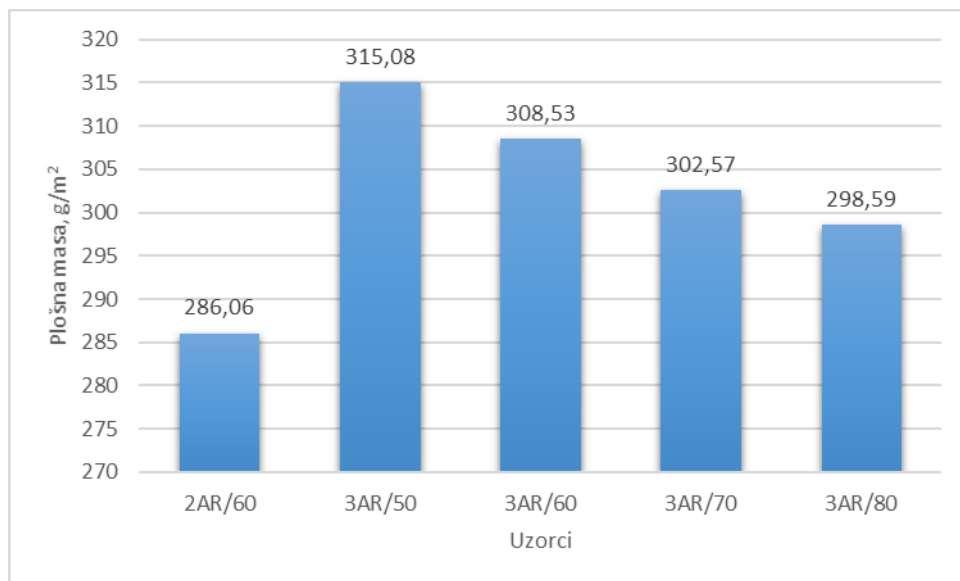


Sl. 21. Odvajanje tkanine od osnovne

Otkalo se otprilike 10 cm svakog uzorka. Prilikom skidanja tkanine s tkalačkog stroja važno je ne izvući osnovine niti.

### 3.3 Strukturne karakteristike tkanina

#### 3.3.1 Masa



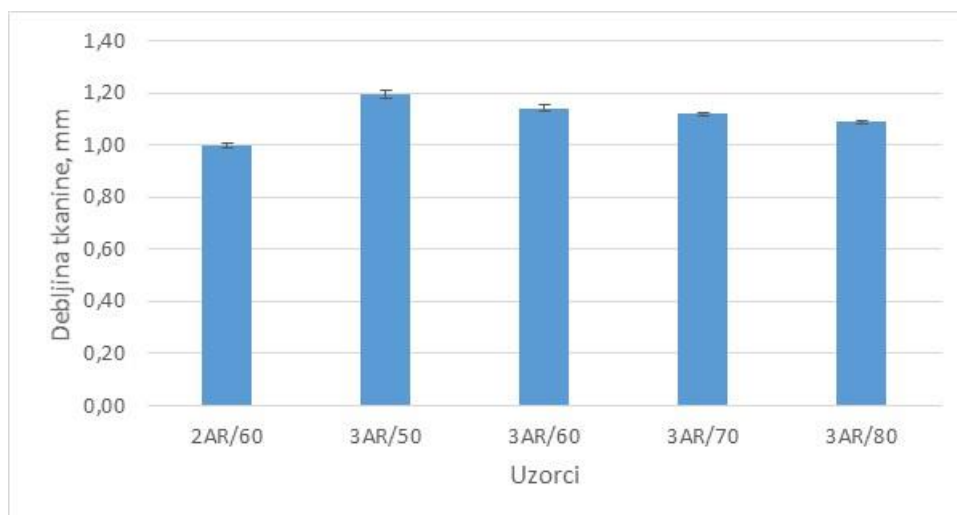
Sl. 22. Plošna masa tkanina

Plošna masa (slika 22) očekivano se povećava kod uzoraka sa većim brojem potki. Tropotkin uzorak sa najgrubljom pređom u sredini ima najveću masu (3AR/50), a najmanju masu ima uzorak sa dvopotkinim sustavom (2AR/60). Vidljivo je kako se plošna masa smanjuje s povećanjem finoće.

#### 3.3.2 Debljina

Tab. 4: Debljina tkanine i statistički pokazatelji

	2AR/60	3AR/50	3AR/60	3AR/70	3AR/80
X, %	1,00	1,20	1,14	1,12	1,09
S, %	0,007	0,015	0,013	0,007	0,007
CV, %	0,707	1,238	1,142	0,631	0,649



Sl. 23. Usporedba debljina uzoraka

U tab. 4 i na sl. 23. prikazani su rezultati i uspoređene vrijednosti debljine uzoraka tkanina. Iz priloženog vidljivo je da se prosječne vrijednosti debljina nalaze u opsegu od 1,00 do 1,20 mm. Najveću debljinu ima uzorak oznake 3AR/50. Najmanju vrijednost debljine očekivano ima uzorak sa dvostrukim sustavom potki (2AR/60). Evidentno je da se debljina tkanine smanjuje s povećanjem finoće pređe. Koeficijenti varijacije nalaze se između 0,631 i 1,142. Standardna devijacija se kod svih uzoraka nalazi se u rasponu od 0,007 do 0,015 što je vrlo malo rasipanje.

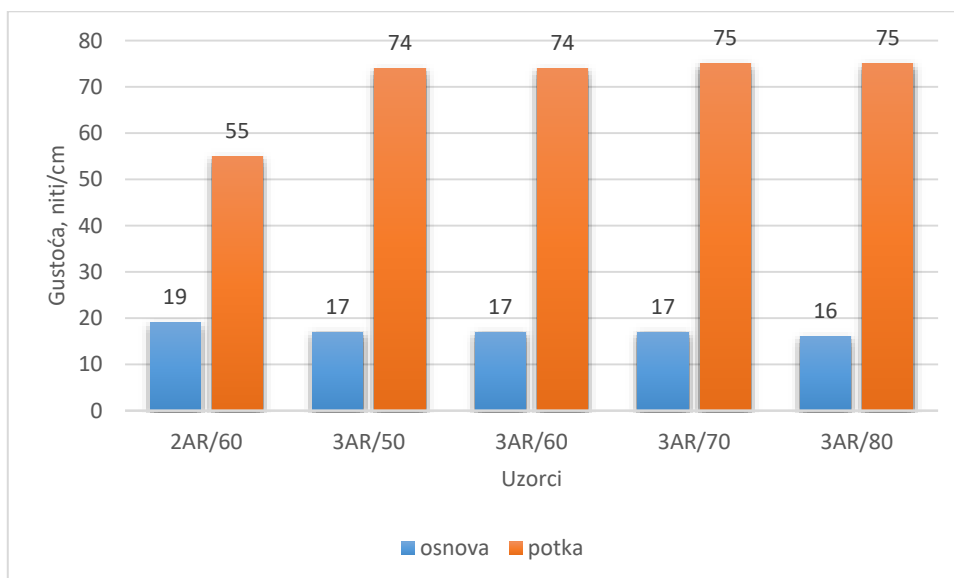
### 3.3.3 Utkanje

Tab. 5: Utkanje osnove i potke tkanine i statistički pokazatelji

	2AR/60		3AR/50		3AR/60		3AR/70		3AR/80	
	Osnova	Potka	Osnova	Potka	Osnova	Potka	Osnova	Potka	Osnova	Potka
X, %	4,4	4,9	4,8	6,7	5,5	7,4	5,0	8,3	4,8	8,4
S, %	0,05	0,05	0,07	0,05	0,04	0,07	0,04	0,05	0,00	0,05
CV, %	1,25	1,11	1,49	0,82	0,82	0,96	0,89	0,61	0,00	0,65

U tab. 5 prikazano je utkanje osnove i potke za sve tkanine, uz što je razvidno kako je utkanje osnove manje od utkanja potke što korelira s teorijom. Najveće utkanje po potki ima trostruka tkanina sa najfinijom pređom u sredini te je vidljivo da se porastom finoće pređe njezin utrošak smanjuje. Što je grublja pređa, utkanje po potki je manje. Također su veći utrošci i osnove i potke kod tropotkinih tkanina nego u slučaju dvopotkinih što je očekivajuće normalno. Koeficijenti varijacije nalaze se u rasponu 0,00 do 1,49. Standardna devijacija nalazi se u opsegu od 0,00 do 0,07 što ukazuje na malo rasipanje svojstva utkanja po osnovi i potki.

### 3.3.4 Gustoća osnove i potke



Sl. 24. Gustoća osnove i potke

Na sl. 24. prikazana je gustoća osnove i potke uzoraka. Gustoća osnove bila je konstantna za sve uzorke. Uslijed relaksacije tkanina se skupila što je rezultiralo rastom gustoće osnove za dvije niti (kod 2AR/60). Kod 3AR/80 čini se da se uzorak malo raširio te je ustanovljena gustoća osnove 16 niti/cm.

Gustoća potke kod 2AR/60 bila je 550/10 cm u postavkama na stroju (za trećinu manje od tropotkinih), tako da je izmjerena gustoća u korelaciji sa zadanom. Gustoća potke za tropotkine tkanine postavljena je na stroju u iznosu od 724 niti/10 cm. Govoreći o tropotkinim uzorcima, više-manje su svi varirali unutar zadane gustoće potke.

## 3.4 Poroznost strukture

Poroznost strukture uzoraka tkanina odredila se na dva načina. Prvi način je određivanje volumne poroznosti temeljem jednadžbi iz metodologije (9, 10). Drugi način je procjena poroznosti strukture temeljem propusnosti svjetla kroz uzorak tkanine.

### 3.4.1 Volumna poroznost

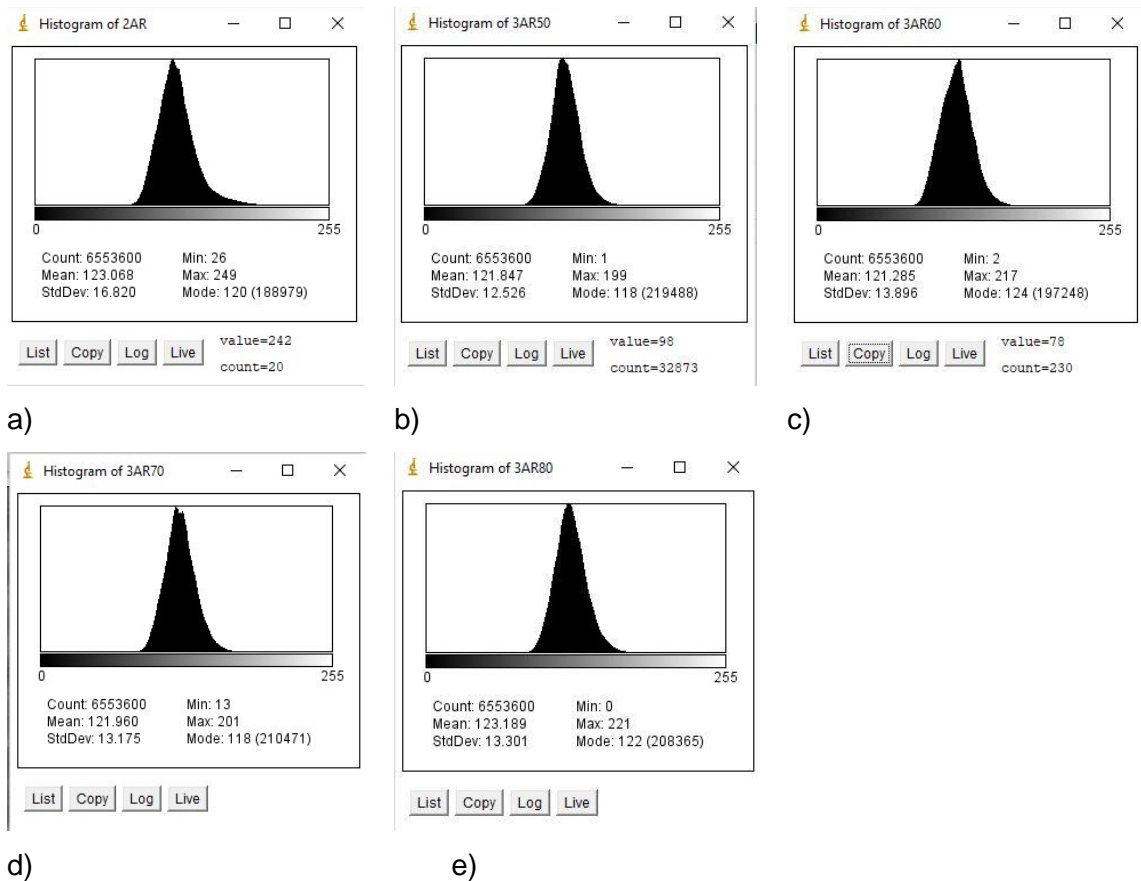
Tab. 6: Poroznost tkanina

Uzorak	Plošna masa, g/m <sup>2</sup>	Debljina, mm	Poroznost, %
2AR/60	286,06	1,00	79,27
3AR/50	315,08	1,20	80,97
3AR/60	308,53	1,14	80,39
3AR/70	302,57	1,12	80,42
3AR/80	298,59	1,09	80,15

Pri čemu gustoća aramidnog vlakna iznosi 1,38 g/m<sup>3</sup>.

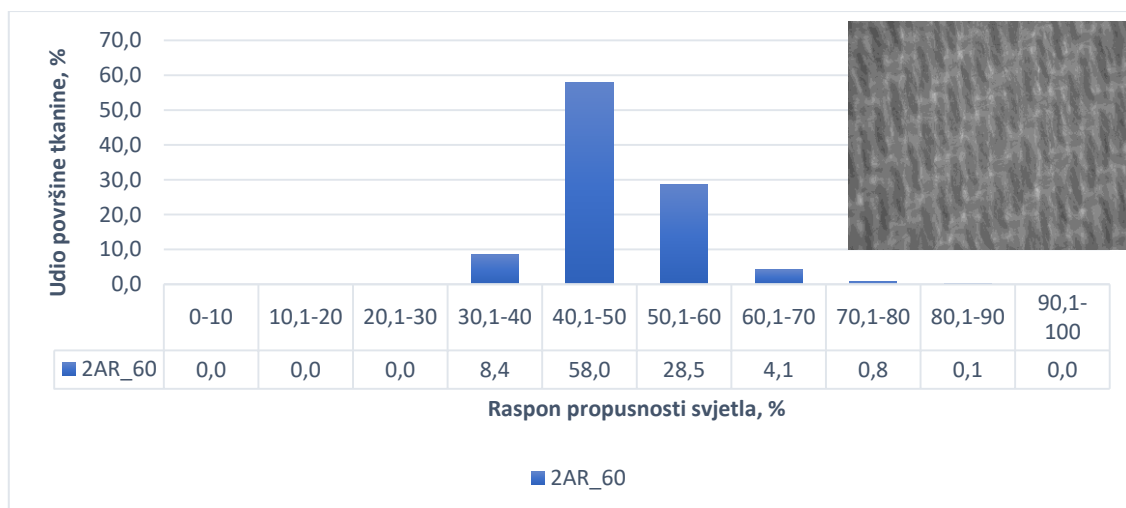
Volumna poroznost ne mijenja se značajno s promjenom finoće potke u srednjem sustavu tkanine. U poroznost strukture temeljem propusnosti svjetla kroz uzorak tkanine ulazi ne samo volumna poroznost tkanine nego i reljefnost strukture tkanine.

### 3.4.2 Procjena poroznosti strukture temeljem propusnosti svjetla kroz uzorak tkanine



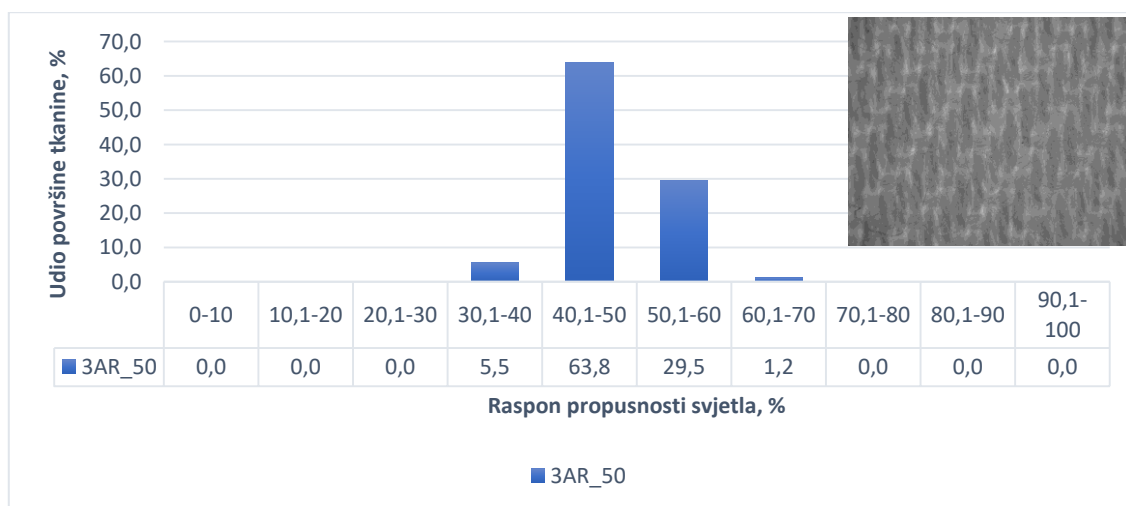
Sl. 25. Histogrami za uzorke: a) 2AR/60, b) 3AR/50, c) 3AR/60, d) 3AR/70, e) 3AR/80

Na sl. 25 prikazani su histogrami gdje je prikazan najveći broj točaka na slici (piksela) u određenom tonu. Iz grafičkog prikaza vidljivo je da su uzorci u vrlo uskom području propusnosti.

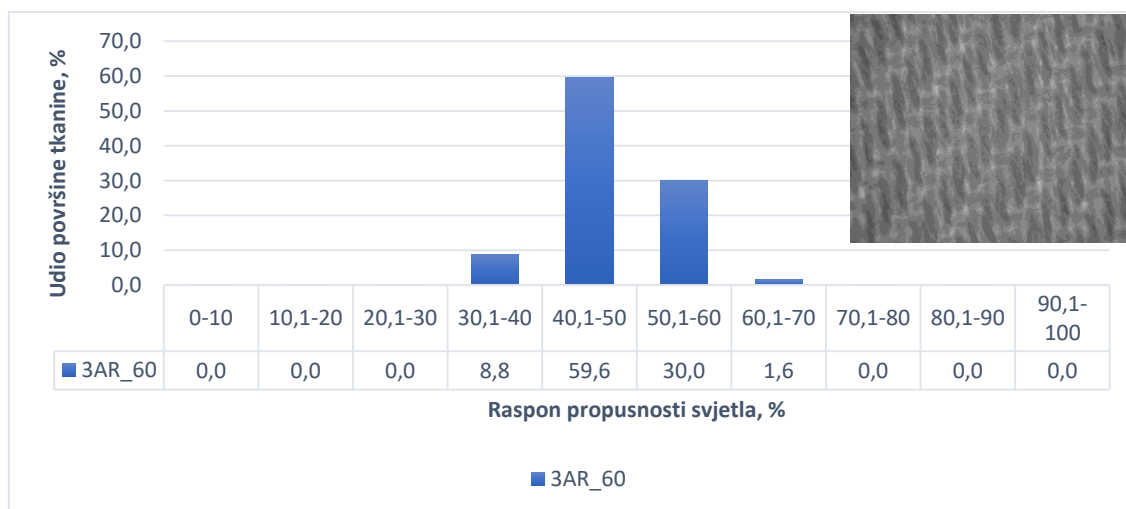


Sl. 26. Propusnost svjetlosti na uzorku tkanine 2AR\_60

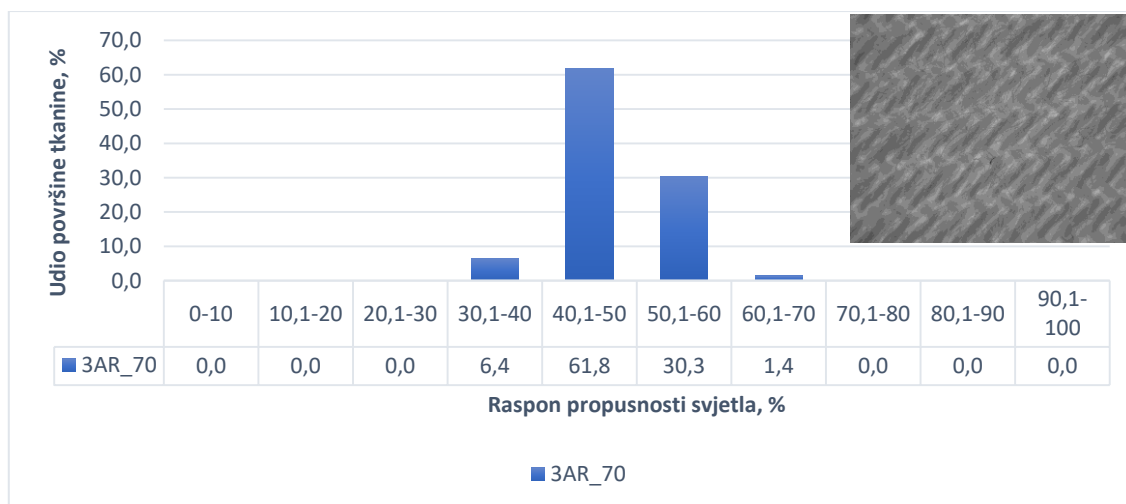
Uzorak 2AR/60 propustljiviji je u odnosu na ostale tkanine što je i bilo za očekivati. Vidljivo je po tome da ima veću propusnost za 60,1 do 70 % svjetlosti, dok je kod ostalih uzoraka propusnost u navedenom spektru drastično manja.



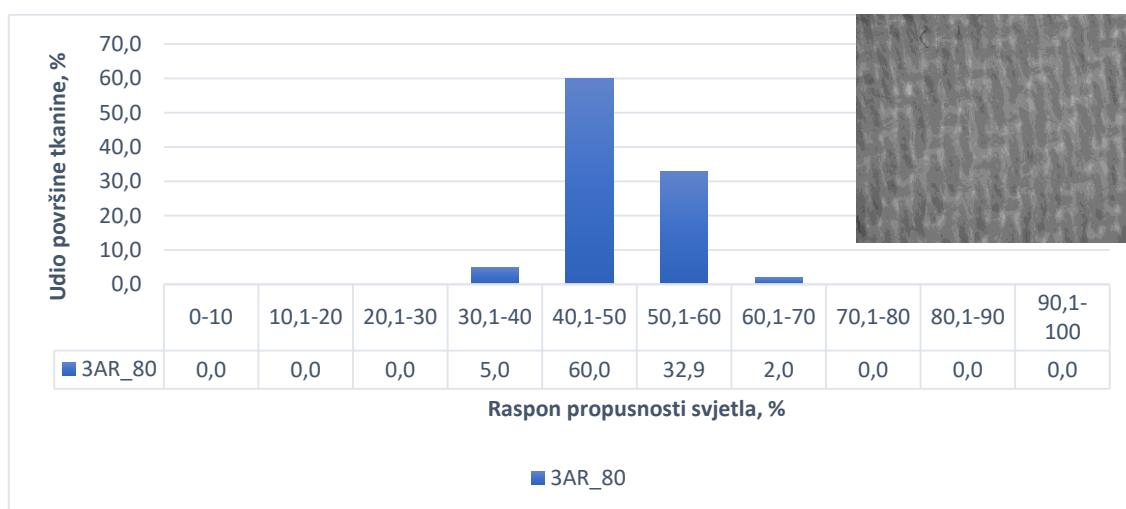
Sl. 27. Propusnost svjetlosti na uzorku tkanine 3AR\_50



Sl. 28. Propusnost svjetlosti na uzorku tkanine 3AR\_60



Sl. 29. Propusnost svjetlosti na uzorku tkanine 3AR\_70



Sl. 30. Propusnost svjetlosti na uzorku tkanine 3AR\_80

Na sl. 26. – 30. vidljivo je da je svim uzorcima zajedničko to što uopće ne propuštaju svjetlost od 0 do 30% i od 70,1 do 100%. Sitan dio površine prikazanih uzoraka propušta od 30,1 do 40 % svjetlosti. Najveći dio površine kod svih uzoraka propušta od 40,1 do 60 % svjetlosti, a najmanji od 60,1 do 70 % svjetlosti za tropotkine te 70,1 do 80 % za dvopotkine uzorke tkanina.

Također u gornjem desnom uglu grafova prikazane su slike dotičnog uzorka u sivim tonovima (grey scale). Vidljive su svjetlije i tamnije pruge, tj. valovitost. Tamniji predjeli su nepropusni dijelovi, a svjetliji su propusni. Propusnost se mijenja u korelaciji sa strukturom (dijagonalama kepera).

Kod svih uzoraka u potpunosti nema vertikalnih pora, što znači da svjetlost na bilo kojem dijelu tkanine direktno ne probija s jedne strane na drugu. Za to je odgovoran višepotkin sustav koji u potpunosti zatvara strukturu tkanine.

---

## 4. ZAKLJUČAK

Prema dobivenim rezultatima može se zaključiti sljedeće:

- Plošna masa i debljina povećavaju se s gustoćom tkanine.
- Tkanine s više sustava potki, imaju veću plošnu masu i debljinu.
- Utkanje osnove manje je od utkanja potke.
- S povećanjem finoće potke, povećava se i utrošak niti u tkanini.
- Nakon skidanja tkanine s tkalačkog stroja, gustoća potke se uslijed skupljanja tkanine povećala.
- Na poroznost tkanine utječe debljina tkanine, oblik i veličina pora, finoća niti, kao i distribucija prostora između niti.
- Finoća pređe kod tropotkinih tkanina u srednjem sustavu ne utječe bitno na volumnu poroznost tkanine. Razlike u poroznosti strukture kod tropotkinih tkanina s različitim finoćama pređe u unutarnjem sloju potke su minimalne, gotovo zanemarive.
- Nedostatak ove metode je što i reljefnost utječe na poroznost tkanine. Reljefnost strukture i volumna poroznost u kombinaciji utječu na udio poroznosti tako da se ovo svojstvo ne može tumačiti kao posljedica isključivo volumne poroznosti na udio propusnosti svjetlosti.



---

## 5. LITERATURA

- [1] M. Kienbaum: Gewebegeometrie und Produktentwicklung, Melliand Textilber. 71, 1990. 737-742.
- [2] T. Zheng, et al.: Geometric structure model of plain woven fabric based on progressive spring-slide mechanics, Textile Research Journal, 84, 17, 2014. 1803-1819.
- [3] Elnashar, E. A.: Volume porosity and permeability in double-layer Woven fabrics, Autex Research Journal, 5 (4), 2005
- [4] Čunko R., Pezelj E.: Tekstilni materijali 2002. str. 28 – 33.
- [5] Kiron I. M., B. Tech, Dept. of Textile Engineering: Theory and Calculation of Cover Factor of Woven Fabric; <https://textilelearner.blogspot.com/2013/07/theory-and-calculation-of-cover-factor.html>, pristupljeno 20.04.2020.
- [6] Kiron I. M., Cover Factor of Different Types of Woven Fabric, World University of Bangladesh; <https://textilelearner.blogspot.com/2014/08/cover-factor-of-different-types-of.html>, pristupljeno 20.04.2020.
- [7] Zuhaib A., Moaz E., Shoaib I., Mazari A.: Effect of yarn structure on cover factor in woven fabrics 2018. pristupljeno 30.05.2020.
- [8] Ragab A., Fouda A., El-Deeb H., Abou-Taleb H.; Determination of Pore Size, Porosity and Pore Size Distribution of Woven Structures by Image Analysis Techniques 2017. pristupljeno 15.06.2020.
- [9] Olofsson B.: A general model of a fabric as a geometric-mechanical structure, Journal of the Textile Institute Transactions 55 (1964) 11, 541-557 pristupljeno 10.08.2020.
- [10] Lowe L.: Graphical Relationships in Cloth Geometry for Plain, Twill, and Sateen Weaves, Textile research Journal 24 (1954) 12, 1073-1083 pristupljeno 20.08.2020.
- [11] Hamilton I.B.: General system of woven-fabric geometry, The Journal of the Textile Institute 55 (1964) 1, T66-T82 pristupljeno 26.08.2020.
- [12] Orešković V., Hađina J., Jakšić D.: Viša tehnička škola Bihać: Vezovi i konstrukcija tkanina listovnog tkanja, Bihać, 1982. pristupljeno 01.09.2020.
- [13] Jakšić D., The Development of the New Method to Determine the Pore Size and Pore Size Distribution in Textile Products, Part I, Faculty of Natural Sciences and Technology, Department of Textile Technology, Ljubljana, Slovenia. 1975. pristupljeno 05.09.2020.

- 
- [14] P. D. Dubrovski: Volume Porosity of Woven Fabrics Faculty of Mechanical Engineering, University of Maribor, Maribor, Slovenia. Text. Res. J. 2020, 70, 915–919. pristupljeno 10.09.2020