

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

TEKSTILNO – TEHNOLOŠKI FAKULTET

Ivan Mihaljević

**UDOBNOST I UPORABNA TRAJNOST KRATKIH ČARAPA
IZRAĐENIH OD INOVATIVNIH MATERIJALA**

Zagreb, 2021.

Ovaj rad je izrađen u Zavodu za materijale, vlakna i ispitivanje tekstila te Zavodu za projektiranje i menadžment tekstila, pod vodstvom prof. dr. sc. Antonete Tomljenović i predan je na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2020./2021.

SADRŽAJ RADA

| | |
|--|----|
| 1. UVOD | 1 |
| 1.1. Opći i specifični ciljevi rada | 2 |
| 2. O ČARAPAMA | 4 |
| 2.1. Čarape kroz povijest | 4 |
| 2.2. Vrste čarapa | 7 |
| 2.3. O kratkim čarapama | 9 |
| 2.3.1. Izrada kratkih čarapa | 9 |
| 2.3.2. Materijali u izradi kratkih čarapa | 10 |
| 2.3.3. Vlakna u izradi kratkih čarapa | 11 |
| 2.3.3.1. Modalna vlakna | 12 |
| 2.3.4. Pređe u izradi kratkih čarapa | 16 |
| 2.3.5. Proizvodni postupci izrade predene pređe za kratke čarape | 18 |
| 2.3.5.1. Prstenasti postupak pređenja | 18 |
| 2.3.5.2. Rotorski postupak pređenja | 19 |
| 2.3.5.3. Aerodinamički postupak pređenja | 20 |
| 2.4. Udobnost kratkih čarapa | 22 |
| 2.5. Uporabna svojstva i trajnost kratkih čarapa | 25 |
| 3. MATERIJALI I METODE | 30 |
| 3.1. Izrada kratkih čarapa i primijenjeni materijali | 30 |
| 3.2. Metodika ispitivanja | 35 |
| 3.2.1. Priprema kratkih čarapa za ispitivanje | 36 |
| 3.2.2. Ispitivanje temeljnih svojstava čarapa i pletiva čarapa | 37 |
| 3.2.3. Ispitivanje udobnosti čarapa | 39 |
| 3.2.4. Ispitivanje uporabnih svojstava čarapa | 43 |
| 4. REZULTATI I RASPRAVA | 48 |
| 4.1. Temeljna svojstva čarapa i pletiva čarapa | 48 |
| 4.2. Udobnost čarapa | 51 |
| 4.3. Uporabna svojstva čarapa | 58 |
| 5. ZAKLJUČCI | 83 |
| 6. ZAHVALE | 84 |
| 7. LITERATURA | 85 |
| SAŽETAK | 90 |
| SUMMARY | 91 |
| ŽIVOTOPIS | 92 |

1. UVOD

Kratke čarape su pleteni odjevni proizvodi koji uz stopalo prekrivaju i dio potkoljenice dijelom koji nazivamo tijelom čarape. Moraju zadovoljiti visoke zahtjeve koji se postavljaju na njihovu uporabnu trajnost, funkcionalnost i udobnost.

Uporabna trajnost kratkih čarapa ovisi o njihovoj konstrukciji te tipu i sirovinskom sastavu pređa od kojih su izrađene, a ogleda se u dobrom prilijeganju čarape uz nogu, stabilnosti veličine i oblika, visokoj postojanosti obojenja, manjoj sklonosti pojave površinskog pilinga te dobroj otpornosti na habanje tijekom nošenja. Zbog toga je, uz ostale proizvodne zahtjeve, veoma značajno međusobno uskladiti i odabrati odgovarajuće pređe za njihovu izradu. Glavnina kratke čarape se izrađuje najčešće jednonitnom predenom pređom s najvećim masenim udjelom pamuka ili vune. Kako su tijekom nošenja čarape u izravnom dodiru s kožom stopala i noge korisnika, uz pamuk su u novije vrijeme u primjeni i pređe izrađene iz umjetnih regeneriranih celuloznih vlakana (primjerice viskoznih, modalnih ili liocelnih) koja osiguravaju svilenkast opip, visoku higroskopnost i iznimnu kontaktnu te termofiziološku udobnost kratkih čarapa. Valja naglasiti da se s povećanjem finoće vlakana i primjenom tzv. mikrovlakana, finoće vrijednosti 1dtex i niže, navedena svojstva pletiva i od njih izrađenih čarapa dodatno unaprijeđuju.

Za elastičnost čarape, osim temeljne, upliće se u pravilu poliamidna teksturirana multifilamentna pređa. U okrajku, gornjem dijelu tijela čarape, upliće se elastanska nit. Sve upletene niti pređe imaju svoju funkciju koja se ogleda u kvalitetnoj čarapi. Učestalo se u izradi kratkih čarapa, u najvećem masenom udjelu, primjenjuju jednonitne pređe dobivene konvencionalnim postupkom prstenastog pređenja, a u novije vrijeme su u primjeni i pređe predene nekonvencionalnim rotorskim i aerodinamičkim postupkom koje se razlikuju po strukturi i svojstvima.

Kako je broj europskih normi vezanih uz ispitivanje i karakterizaciju pletiva, kao i od njih izrađenih čarapa mali, postoji potreba proširenja istraživanja u području razvoja metodologije vrjednovanja njihove udobnosti i uporabne trajnosti u simuliranim uvjetima uporabe. U uvjetima opetovanih ciklusa njege čarapa, najčešće pranja i sušenja, dolazi do promjene dimenzija i smanjenja elastičnosti čarapa, a uslijed dugotrajnog nošenja do trošenja pletiva, što se izravno reflektira na udobnost čarapa, njihovu uporabnu trajnost i estetska svojstva.

Stoga, a uz činjenice da je primjenjivost *modalnih vlakna* i *modalnih mikrovlakana* u pletenju čarapa nedovoljno istražena, kao i od njih izrađenih pređa pređenih nekonvencionalnim *rotorskim* i *aerodinamičkim* postupkom te izražene potrebe razvoja metodologije vrjednovanja udobnosti i uporabne trajnosti kratkih čarapa općenito, u radu je provedeno ispitivanje čarapa izrađenih od inovativnih materijala (na Sveučilištu u Zagrebu Tekstilno-tehnološkom fakultetu), a primjenom danog prijedloga metodologije vrjednovanja njihove kvalitete prema normiranim metodama.

1.1. Opći i specifični ciljevi rada

Cilj ovog rada je na uzorcima tri skupine punijih muških kratkih čarapa, projektiranih i izrađenih na Sveučilištu u Zagrebu Tekstilno-tehnološkom fakultetu u desno-lijevom kulirnom višestruko potpuno platirnom prepletu s najvećim masenim udjelom pređa od inovativnih nedovoljno istraženih sirovina – modalnih vlakana ili modalnih mikrovlakana, pređenih konvencionalnim postupkom prstenastog pređenja te nekonvencionalnim rotorskim i aerodinamičkim postupkom, provesti vrjednovanje udobnost i uporabne trajnosti primjenom prijedloga metodologije, koja uključuje:

- ispitivanje temeljnih svojstava čarapa i pletiva čarapa utvrđivanjem mase čarapa te plošne mase, gustoće i debljine pletiva čarapa; potom vrjednovanje udobnosti čarapa ispitivanjem sposobnosti apsorpcije vlage pletiva čarapa, zrakopropusnosti pletiva čarapa te toplinske udobnosti čarapa; te vrjednovanje uporabnih svojstava čarapa ispitivanjem otpornosti pletiva čarapa na habanje, sklonosti nastajanju površinskog pilinga na pletivu čarapa i dimenzijske stabilnosti čarapa nakon kućanske njege prema normiranim metodama.

Kako se svojstva pletiva i od njih izrađenih čarapa mijenjaju nakon kućanske njege, metodologija uključuje, iako to nije uobičajeno, ispitivanje svih svojstava predloženih metodologijom prije i nakon višekratno ponovljenih uzastopnih ciklusa simulacije kućanske njege, odnosno pranja i sušenja. Stoga je dodatni cilj rada, a u svrhu definiranja udobnosti i uporabne trajnosti čarapa, utvrditi veličinu i značajnost nastalih promjena.

Kako je predmet ovog istraživanja ocjena udobnosti i uporabne trajnosti kratkih čarapa, za čiju su izradu primijenjeni inovativni materijali, cilja rada je i:

- analizirati primjenjivost inovativnih materijala korištenih za pletenje čarapa,

- analizirati utjecaj finoće primijenjenih modalnih vlakana na dobivene rezultate ispitivanja,
- analizirati utjecaj tipa primijenjenih jednonitnih pređenih pređa, izrađenih konvencionalnim postupkom prstenastog te nekonvencionalnim postupcima rotorskog i aerodinamičkog pređenja iz modalnih i mikromodalnih vlakana, a korištenih za pletenje čarapa, na dobivene rezultate ispitivanja te
- analizirati utjecaj promjene postotnog udjela komponenti u sirovinskom sastavu tri skupine ispitivanih kratkih čarapa, kao i finoće poliamidne pređe korištene za platiranje, na dobivene rezultate ispitivanja.

2. O ČARAPAMA

Čarape (engleski: *sock*, latinski: *soccus*, staro grčki: *sykchos*) su pleteni tekstilni proizvodi namijenjeni odijevanju nogu. Prekrivaju stopalo, a ovisno o duljini gornjeg dijela koji nazivamo tijelom čarape prekrivaju gležanj, dio potkoljenice ili potkoljenicu i dio natkoljenice. Čarape su primjenjive za sve dobne skupine, a odijevaju se tijekom svakodnevnih slobodnih, sportskih, poslovnih i radnih aktivnosti. Razlikujemo muške, ženske i dječje čarape. Izrađuju se u različitim bojama i uzorcima, a prikladno dizajnirane mogu biti i modni dodatak.

Kao i u svakog pletenog odjevnog proizvoda koji se nalazi u izravnom dodiru s kožom korisnika, temeljna im je zadaća zadržavanje odgovarajuće topline stopala i omogućavanje čim učinkovitijeg isparavanja znoja te odvođenje vlage od tijela. U okolnim uvjetima niže temperature odijevaju se punije, deblje i grublje čarape, a tijekom toplijih dana tanje, lakše i finije čarape koje sprječavaju pregrijavanje stopala. Tijekom dana, a s obzirom na tjelesnu aktivnost korisnika, sa površine kože se izluči do 40 grama kožne masnoće te od 0,5 do 1 litra znoja. Pritom se samo sa površine kože stopala može izlučiti preko 0,12 l znoja po danu. Stoga se na čarape postavljaju visoki zahtjevi kontaktne i termofiziološke udobnosti pri nošenju, odgovarajuće funkcionalnosti i primjenjivosti za određenu namjenu te uporabne kvalitete koje valja ispuniti [1, 2].

Valja istaknuti zanimljivost da se u Kini, gradu Zhuji, pokrajini Zhejiang godišnje proizvede osam biliona pari čarapa što čini trećinu svjetske proizvodnje čarapa, a značilo bi da na godišnjoj razini (2011. godina) izrađuju dva para čarapa za svaku osobu na Zemlji. Najveći proizvođač čarapa u Republici Hrvatskoj je Jadran Tvornica čarapa d. d. [1, 3].

2.1. Čarape kroz povijest

Tijekom stoljeća, čarape su se mijenjale. Prve su bile načinjene od životinjske kože i zavezane oko gležnjeva. U zapisima starogrčkog pjesnika Hesioda u osmom stoljeću p.n.e. navodi se da su u to vrijeme odijevale čarape izrađene od pusta životinjske dlake zvane *piloi*. Rimljani su ponajprije omatali stopala kožom i tkaninama, a u drugom su

stoljeću n.e. prošivanjem komada tkanine izrađivali čarape koje su priliježale stopalu nazvane *udones*.

Čarape ipak pripadaju skupini najstarijih pletenih tekstilnih proizvoda. Očuvane pletene čarape pronađene su na egipatskim arheološkim lokalitetima. U posjedu muzeja *Victoria & Albert* u Londonu nalazi se najstariji očuvani par čarapa pronađenih na groblju drevnog Oxyrhynchusa, grčkog samostanskog središta na obali Nila u Egiptu. Smatra se da su čarape izrađene u periodu od 300. do 500. godine n.e. (Slika 1.a). Na slici 1.b prikazana je dječja pletena čarapa pronađena na istom lokalitetu koja datira iz drugog stoljeća n.e. [1, 4].



a)



b)

Slika 1. Čarape pronađene na arheološkom lokalitetu Oxyrhynchus Egiptat: a) par čarapa za odrasle; b) dječja čarapa [1, 4]

Pamučna čarapa iz 12. stoljeća prikazana na slici 2, pronađena u Egiptu, također jedan od sačuvanih arheoloških predmeta. Pletač ove čarape započeo je s radom na nožnom prstu, a zatim je nastavio plesti prema tijelu čarape. Peta je izrađena posljednja, a zatim je pričvršćena na tijelo čarape. Ova je praksa omogućila laku zamjenu pete kad se istroši.



Slika 2. Egipatska čarapa iz 12. stoljeća [1]

Smatra se da je ručno pletenje prenijeto iz Egipta u Španjolsku, a zatim u ostali tada poznati svijet. To pletenje izvodilo se ručno s ravnim iglama potpuno na isti način kao što se to radi i danas. Budući da je pletenje čarapa u predindustrijsko doba bilo relativno dugotrajno, dugo su ih odijevali isključivo pripadnici povlašćenih skupina.

Tijekom srednjeg vijeka produljuje se duljina hlaća, a čarapa postaje uski odjevni predmet jakih boja koji pokriva donji dio noge. Budući da čarape nisu imale elastičnu vrpcu, na vrh čarapa su se uvodile podvezice kako bi spriječile spuštanje čarape niz nogu. Kada su hlaće postale kraće, čarape su počele biti sve dulje, time naravno i skuplje. Stoga su u 10. stoljeću n.e. čarape postale statusni simbol dobrostojećeg plemstva. Od 16. stoljeća n.e. nadalje izrađuju se čarape s ukrasnim ornamentima na gležnju ili bočnoj strani čarape [1].

Strojno pletenje čarapa započinje pronalaskom prvog ravnog stroja za kulirno preplitanje 1857. godine nazvanog Paget po istoimenom engleskom konstruktoru. Isti konstruktor usavršio je ovaj stroj i konstruirao ravni motorni kulirni stroj Cotton. Pletenje čarapa na kružnoplećnim strojevima započinje pronalaskom jezičaste igle. Jednoležišni kružnoplećni stroj za pletenje čarapa s petom i prstima prvi je patentirao Amerikanac Mac Navy 1866. godine. Na slici 3 prikazan je jedan od tih prvih strojeva, kojeg je 1872. godine patentirao Englez Griswold. Napredak i usavršavanje ovih strojeva teče neprekidno i može se sa sigurnošću tvrditi da je na njima postignuta i najveća automatizacija i programiranost rada [5].



Slika 3. Stroj za pletenje čarapa iz 1872. godine, izumitelja Griswold-a

Izumom pletaćeg stroja čarape su se mogle pletiti i do šest puta brže nego ručno. Unatoč tome, na strojevima za pletenje su se proizvodila jako gruba pletiva te se sve do početka

19. stoljeća zadržalo ručno pletenje čarapa. Veliki napredak u izradi čarapa vezan je uz razvoj proizvodnog procesa za dobivanje poliamidnih vlakana 1938. godine. Do tada su se čarape izrađivale uglavnom od svile, pamuka i vune. Proizvodnjom sintetskog poliamidnog vlakna omogućen je početak uplitanja dvije ili više niti pređe različitog sirovinskog sastava u pletivo tijekom proizvodnje čarapa, što se do današnjeg dana zadržalo u primjeni [1, 5].

2.2. Vrste čarapa

Čarape prekrivaju odgovarajuću površinu nogu, a ovisno o vrsti i duljini dijelimo ih na: stopalice, kratke čarape, duge čarape (ili natkoljenice) i čarape s gaćicama.

Stopalice su čarape koje prekrivaju samo stopalo. Unutar ove skupine mogu se izdvojiti: stopalice koje prekrivaju samo donji dio stopala i prste, a otkrivaju gornji dio stopala (Slika 4.a), stopalice koje prekrivaju cijelo stopalo do gležnja (Slika 4.b) te stopalice koje prekrivaju i gležanj (Slika 4.c).



Slika 4. Stopalice: a) stopalice za donji dio stopala, b) stopalice do gležnja, c) stopalice koje prekrivaju gležanj

Kratke čarape, uz stopalo, prekrivaju i donji dio potkoljenice, dijelom koji nazivamo tijelom čarape. Tijelo kratke čarape je u pravilu dulje od duljine donjeg stopalnog dijela čarape, a ovisno o njegovoj duljini razlikujemo sokne, čarape koje dosežu polovicu potkoljениčnog dijela noge (Slika 5.a) i čarape koje dosežu koljena ili dokoljenice (Slika 5.b). Kratke čarape su primjenjive za sve dobne skupine, muškarce, žene i djecu, a odijevaju se tijekom svakodnevnih slobodnih i poslovnih aktivnosti.



Slika 5. Kratke čarape: a) sokne i b) dokoljenice

Duge čarape ili natkoljenice su čarape koje u potpunosti prekrivaju stopalo, potkoljenicu i dio natkoljenice do bedara. Većinom ih nose žene. Mogu se podijeliti na:

- *samostojeće čarape* koje sežu do bedara, na vrhu imaju elastični i/ili silikonski dio koji se priljubljuje uz nogu kako bi bile stabilne tijekom nošenja, a mogu biti izrađene s čipkastim završetkom (Slika 6.a) te
- *čarape s halterima* koje sežu do bedara, a pridržavaju se kopčicama za čarape koje su u gornjem dijelu pričvršćeni za gaćice (Slika 6.b).

Čarape s gaćicama (Slika 6.c) su ženski odjevni predmet koje se najčešće izrađuju od poliamida 6.6 s većim ili manjim udjelom elastana, različitih debljina. Finoća čarape, a ujedno i finoća temeljne pređe od kojih su izrađene iskazuje se u den-ima [3].



Slika 6. Duge čarape: a) samostojeće čarape i b) halter čarape, c) čarape s gaćicama

2.3. O kratkim čarapama

Kratke čarape su primjenjive za sve dobne skupine. Odrasli ih odijevaju tijekom svakodnevnih slobodnih i poslovnih aktivnosti. Pritom su muške poslovne čarape, kao dodatak odijelu, najčešće tamnijih boja, finoće ovisne o dobu godine i prigodi odijevanja (poslovna ili formalna). Univerzalne (tzv. uniseks) kratke čarape koje odijevaju muškarci i žene su primjenjive za svakodnevnu uporabu i uglavnom svjetlijih boja. Mogu biti tanje, pri čemu se tijekom pletenja u svaki red pletiva stopala i tijela čarapa, najčešće izrađenih u temeljnom platirnom desno-lijevom prepletu, upliću jedna temeljna koja je vidljiva na licu čarape i druga platirna nit koja naliježe na kožu noge. Kod izrade kvalitetnih punijih zimskih čarapa mogu se ovi dijelovi čarape izrađivati s dvije do četiri temeljnih niti što doprinosi većoj udobnosti nošenja i zadržavanju topline [6, 7].

2.3.1. Izrada kratkih čarapa

Proizvodnja kratkih čarapa pripada u tzv. deblji čaraparski program. Pri izradi istih slijedno se provode sljedeće radne operacije:

- pletenje – ponajprije okrajka (odn. rendera) potom tijela čarape, pete, stopalnog dijela čarape i na posljetku prstiju (Slika 7.a);
- mehanička dorada – okretanje čarape i šivanje prstiju (Slika 7.b i c);
- termička dorada – glačanje i termofiksiranje odn. stabiliziranje dimenzija (slika 7.d i f) te
- završna kontrola, razredba i pakiranje [7].



a)



b)





c)



d)



f)

Slika 7. Proizvodnja muških kratkih čarapa u Jadran Tvornici čarapa d.d.: a) pletenje, b) šivanje prstiju, c) čarapa prošivenih prstiju na naličju, d) čarapa pripremljena za glačanje, f) termofiksiranje [8]

Pletenje kratkih čarapa provodi se na jednocilindričnim čaraparskim strojevima koji su potpuno automatizirani i elektronski programirani. Strojevi imaju sljedeće tehničke karakteristike: promjer cilindra ležišta od 3 do 4 inča, broj okretaja od 500 do 1500 min^{-1} , uz vrijeme izrade jedne kratke čarape do 1 min i 15 s. Optimalna brzina pletenja, odnosno broj okretaja cilindra ležišta kod okrajka je 500 min^{-1} , pletenja tijela čarape i stopala 1200 min^{-1} , a pri završavanju čarape 500 min^{-1} . Okretanje čarapa provodi se ručno, pri čemu se čarape okreću na naličje (unutarnju stranu) zbog provedbe prošivanja prstiju čarapa. Šivanje prstiju se provodi na automatu za šivanje prstiju koji posluhuje jedan radnik, a radna operacija za jednu čarapu iznosi svega nekoliko sekundi. Vizualna kontrola čarapa je potpuna i provodi se na način da se čarape okreću na pravu stranu i dijele po veličinama i razredu kvalitete. Posebna se pozornost posvećuje kvaliteti šavova koji se ispituju istezanjem u poprečnom smjeru. Glačanje i termofiksiranje čarapa provodi se na aluminijskim kalupima u obliku noge koji stoje okomito na određenom razmaku, pričvršćeni na kružnoj ploči u skupinama od 5 do 10 komada, ovisno o vremenu i temperaturi termičke obrade u komori. Pakiranje čarapa u kartonske kutije ili vrećice provodi se ručno ili strojno. Ručno se mogu pakirati sve vrste čarapa, a strojno na automatima samo izglačane čarape [7, 9].

2.3.2. Materijali u izradi kratkih čarapa

Kratke čarape su jedan od rijetkih odjevnih tekstilnih proizvoda koji se, u pravilu, izrađuje iz najmanje tri konstrukcijski bitno različite pređe različitog sirovinskog sastava. Stoga će se u sljedećem tekstu dati kratki pregled vlakana i pređa koje se

primjenjuju u izradi čarapa, a s posebnim osvrtom na sirovine i pređe primijenjene u ovome radu.

2.3.3. Vlakna u izradi kratkih čarapa

Kratke čarape se uglavnom izrađuju s najmanje tri sirovine, kao što su pamuk, poliamid i elasthan. Pritom se glavnina čarape, a ovisno o njihovoj namjeni, izrađuje u najvećem masenom udjelu od pamuka, a mogu se koristiti vuna ili neka druga vlakna. U svrhu povećanja funkcionalnosti i ekskluzivnosti proizvoda najčešće su to svila, fina lanena vlakna, kašmir ili moher. Kao dodatak mješavini u primjeni su i poliesterska, akrilna ili olefinska (najčešće polipropilenska) vlakna [1, 6, 7, 10].

Pamuk je najšire i najviše upotrebljavano tekstilno vlakno te jedna od najvažnijih sirovina za izradu različitih tekstilija. Pripada skupini prirodnih biljnih, sjemenskih vlakana, a temeljna gradbena tvar mu je celuloza. Dobrih je sorpcijskih svojstava – upija vodu i vlagu. Prirodno je vlasasto vlakno, prosječne duljine od 25 do 45 mm, a finoće najčešće u području 1,5 do 2 dtex. Općenito se može reći da su pamučna vlakna dostatno čvrsta (Tablica 1) za raznovrsne tekstilne primjene.

Poliamidna vlakna pripadaju skupini umjetnih vlakana iz sintetskih polimera, a definirana su kao vlakna građena od linearnih makromolekula u kojima su meri povezani amidnim vezama (-CONH-), pri čemu najmanje 85 % njih povezuje alifatske ili cikloalifatske konstitucijske jedinice. **Poliamid 6.6** je sintetiziran od dvije vrste monomera – heksametilendiamina i adipinske kiseline. Poliamidna vlakna se odlikuju izvrsnim mehaničkim svojstvima, veoma su otporna na trganje, habanje i savijanje. Izrađena iz poliamida 6.6 otporna su na djelovanje vrućeg zraka temperature od 120 do 150 °C, a temperature glačanja od 180 do 200 °C. Teksturirana filamentna se najčešće koriste u pletastvu, kao najvažniji materijal za proizvodnju ženskih čarapa uz manji udio elastanskih vlakana.

Elastanska vlakna su građena od segmentiranog poliuretana (najmanje 85 % masenih), koja se nakon istezanja na duljini tri puta većoj od početne nakon prestanka djelovanja sile istezanja brzo vraćaju na početnu neistegnutu duljinu. Određeni tipovi se bez trajne deformacije mogu rastegnuti i na sedmerostruku duljinu. Najpoznatije elastansko vlakno je Lycra, a poznata su vlakna i drugih trgovačkih naziva [11, 12, 13].

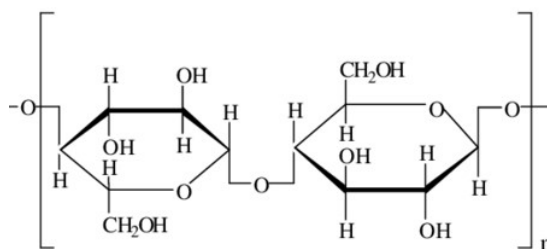
Iako se općenito pleteno rublje i majice, ali i čarape za svakodnevnu namjenu koje su tijekom nošenja u izravnom dodiru s kožom stopala i noge korisnika, uglavnom povezuju s prirodnim pamučnim pletivom, u novije vrijeme su za njihovu izradu u primjeni i pletiva izrađena iz umjetnih celuloznih vlakna proizvedenih iz prirodnih polimera odn. regeneriranih celuloznih vlakana (primjerice viskoznih, modalnih i liocelnih) koja osiguravaju svilenkast opip, visoku higroskopnost i iznimnu kontaktnu udobnost [14]. Valja istaknuti da se s povećanjem finoće proizvedenih vlakana i primjenom tzv. mikrovlakana, finoće 1dtex-a i niže, navedena svojstva pletiva dodatno unaprijeđuju.

Pregledom dostupne znanstvene literature utvrđeno je da se istražuju svojstva pletiva i čarapa izrađenih od mnogih inovativnih umjetnih vlakana dobivenih od prirodnih polimera i njihovih mješavina. Za izradu čarapa istražuju se mogućnosti primjene primjerice umjetnih celuloznih vlakana kao što su viskozna, modalna, mikromodalna, liocelna ili pak bambusova vlakna dobivena iz gradbene celuloze bambusa te Seacell vlakana koja se dobivaju liocelnim postupkom uz dodatak morskih algi ljekovitog učinka. Također se istražuju mogućnosti primjene umjetnih proteinskih vlakana dobivenih od proteina regeneriranog iz soje, kratice SPF (Soybean Protein Fiber) te vlakana dobivenih iz proteina kukaca kornjaša – hitina i hitozana [15 -19]. Valja istaknuti i istraživanja koja se provede na čarapama dobivenim iz oporabljenog pamuka [20, 21].

U sljedećem tekstu detaljnije su pojašnjena *modalna vlakna* i *modalna mikrovlakna*, koja su kao inovativna nedovoljno istražena sirovina za izradu čarapa primijenjena u najvećem masenom udjelu za izradu kratkih čarapa u ovome radu.

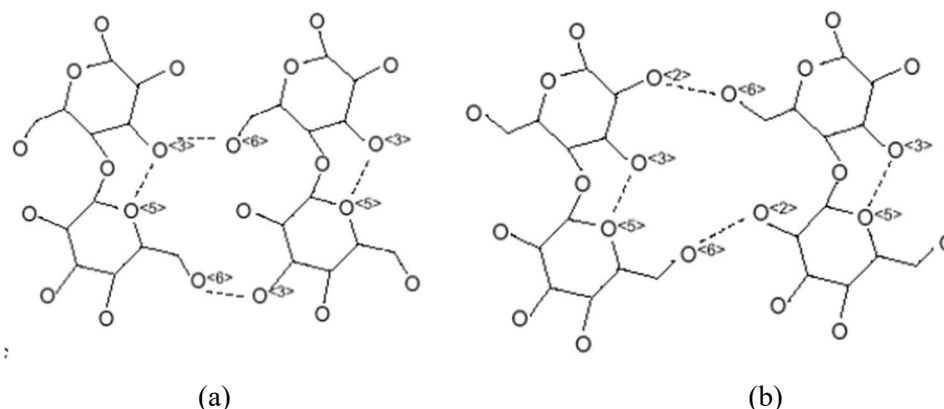
2.3.3.1. Modalna vlakna

Modalna vlakna su umjetna celulozna vlakna, pripadaju skupini celuloznih regenerata, a po kemijskom sastavu su čista celuloza empirijske formule $[C_6H_{10}O_5]_n$, ali tzv. celuloza II. Na slici 8 prikazana je strukturna formula ponavljajuće jedinice celuloze.



Slika 8. Ponavljajuća strukturna jedinica celuloze [21]

Celuloza II se dobiva alkalnom obradom celuloze I pri čemu dolazi do širenja kristalne rešetke i razmicanja molekulnih lanaca celuloze. S obzirom da celuloza na svakom anhidroglukoznom ostatku ima tri hidroksilne skupine koje su odgovorne za uspostavljanje intra- i intermolekulnih vodikovih veza, iz različitosti u konfiguraciji molekula celuloze proizlazi dvostruko manji broj intramolekulnih vodikovih veza u celulozi II (Slika 9). To se odražava i na različitost fizikalno-kemijskih i mehaničkih svojstava umjetnih celuloznih vlakana u odnosu na prirodna [23, 24].



Slika 9. Paralelni i antiparalelni poredak makromolekula i stvaranje vodikovih veza u celulozi I (a) i celulozi II (b) [23]

U usporedbi s viskoznim vlaknima, konvencionalnim celuloznim regeneriranim vlaknima, modalna vlakna su poboljšanih svojstava, a dobivaju se viskoznim tehnološkim postupkom ispredanja iz otopine od kvalitetnije drvene celuloze i uz drukčije procesne parametre. Poboljšana svojstva vlakana su rezultat sporijeg procesa razgradnje ksantata i skrutnjavanja niti. Drvna celuloza se najprije obrađuje s 18 %-tnom natrijevom lužinom čime se dobiva takozvana alkalna celuloza $(C_6H_9O_5Na)_n$. Pritom se izlužuje niskomolekulna hemiceluloza, α -celuloza mijenja oblik kristalne

rešetke, tj. celuloza I prelazi u celulozu II, čime se ujedno povećava reaktivnost celuloze. Potom slijedi proces predzrenja u kojem se pod utjecajem kisika događa kontrolirana oksidativna razgradnja celuloze, tj. depolimerizacija do potrebnog stupnja koji će osigurati pripremu otopine potrebnih reoloških svojstava za ispredanje vlakana. U sljedećem procesu alkalna celuloza se obrađuje ugljičnim disulfidom (CS_2), pri čemu se kemijski mijenja u derivat Na-celulozni-ksantat ($C_6H_9O_4 OCS_2 Na$)_n, koji je topljiv u natrijevoj lužini. Otapanjem celuloznog ksantata u razrijeđenoj otopini natrijeve lužine nastaje viskozna, gusta tekućina boje meda zvana viskoza, po kojoj je i cijeli postupak dobivanja vlakana dobio naziv viskozni postupak. Ta se otopina može ispredati u vlakna. Nakon daljnjih obrada zrenja, filtriranja i otplinjavanja, otopina viskoze protiskuje se kroz mlaznicu uronjenu u koagulacijsku kupelj. Koagulacijska kupelj sadrži sumpornu kiselinu i elektrolite - natrijev sulfat i cinkov sulfat. U njoj se istovremeno zbiva skrutnjavanje tj. koagulacija niti i regeneracija celuloze. Djelovanjem kiseline dolazi do hidrolize celuloznog ksantata i regeneracije celuloze, uz nastanak mnoštva drugih sporednih reakcijskih produkata. Obzirom da je celuloza netopiva u toj kupelji, polimerni se mlaz skrutnjava u vlakna. Na brzinu razgradnje ksantata, tj. na brzinu skrutnjavanja niti može se utjecati različitim koncentracijama elektrolita u koagulacijskoj kupelji i time ciljano utjecati na strukturu i svojstva vlakna. Svježe ispredeno vlakno se podvrgava procesu temeljitog pranja, bijeljenja i završnog ispiranja i sušenja.

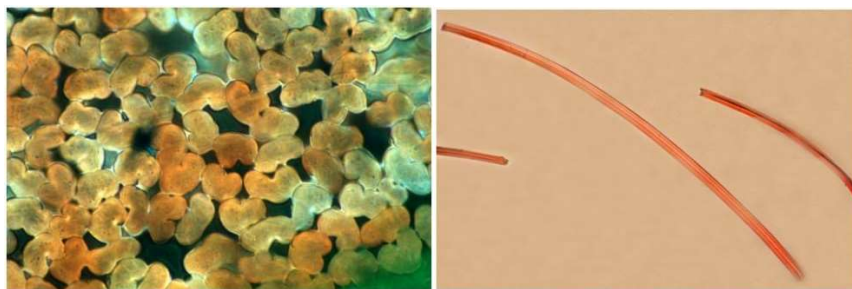
Prema ISO 2076 modalna vlakna moraju zadovoljiti uvjete o minimalnim mehaničkim svojstvima kako slijedi: Prekidna sila F_p (u cN) u kondicioniranom stanju mora biti u skladu sa zahtjevom u izrazu: $F_p \geq 1,3 \sqrt{T_t} + 2T_b$, a sila F_M (u cN) pri kojoj se vlakno u mokrom stanju izdužuje za 5 % mora odgovarati zahtjevu: $F_M \geq 0,5 \sqrt{T_t}$. T_t u oba izraza označava finoću vlakana iskazanu u deciteksima. Modalna vlakna u strukturi imaju znatno manje mikropora, što je još jedan razlog da je unutrašnjost vlakna bolje uređena nego u standardnih viskoznih vlakana. Stupanj polimerizacije celuloze je dosta velik (400 do 500), a po cijelom presjeku vlakno ima strukturu jezgre. Sve navedeno razlog je nešto većem udjelu kristalnog područja u vlaknima (40 - 50 %). Stoga je modalnim vlaknima značajno povećana čvrstoća, osobito u mokrom stanju, a smanjeno prekidno istezanje na 8 do 18 %. Zbog nešto većeg udjela kristalnih područja sposobnost upijanja vlage im je u području reprice od 11,5 do 12,5 %, a zbog manje količine mikropora

sposobnost zadržavanja vode se kreće u području od 66 do 90 %. Proizvode se uglavnom kao vlasasta vlakna i upotrebljavaju sama ili u mješavini s pamukom. Uobičajene finoće vlakana su 1,3 dtex za modalna i 1,0 dtex za mikromodalna vlakna, a duljina vlakna im je obično 38 mm. Proizvodi od modalnih vlakana su kvalitetni, a ističu se postojanošću oblika, manje se gužvaju i lakše njeguju, čvršći su u mokrom stanju, a po udobnosti kod nošenja ne zaostaju za onima od viskoznih vlakana [11, 13, 25]. U tablici 1 dan je usporedni prikaz svojstava prirodnih pamučnih i umjetnih celuloznih regeneriranih vlakana - viskoznih i modalnih.

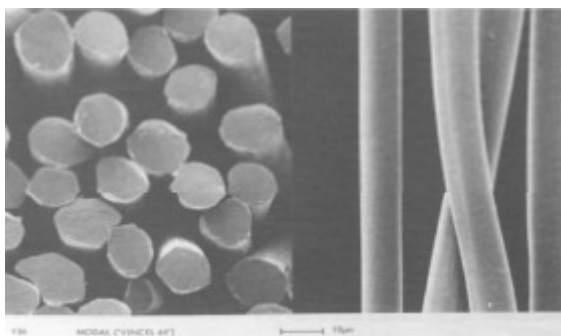
Tablica 1. Usporedba svojstava modalnih, viskoznih i pamučnih vlakana [11]

| Vlakna | Modalna | Viskozna | Pamučna |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|
| DP celuloze | 450 - 550 | 300 - 350 | 2000 - 3000 |
| Čvrstoća [cN/tex] u suhom stanju u mokrom stanju | 34 – 38 18 – 22 | 22 – 26 10 – 15 | 20 – 24 26 - 30 |
| Prekidno istezanje [%] u suhom stanju u mokrom stanju | 14 – 16 15 - 18 | 20 – 25 25 – 30 | 7 – 9 12 – 14 |
| Repriza [%] | 12,5 | 13 | 8,5 |
| Finoća [dtex] | 1 - 50 | 1 - 50 | 1,5 - 2 |

Modalna vlakna imaju pravilniji poprečni presjek u odnosu na viskozna vlakna, do približno kružna oblika, po čemu se pri identifikaciji mogu donekle razlikovati od viskoznih vlakana. Karakteristične mikroskopske slike poprečnog presjeka i uzdužne slike modalnih i viskoznih vlakana vidljive su na slici 10 i 11.

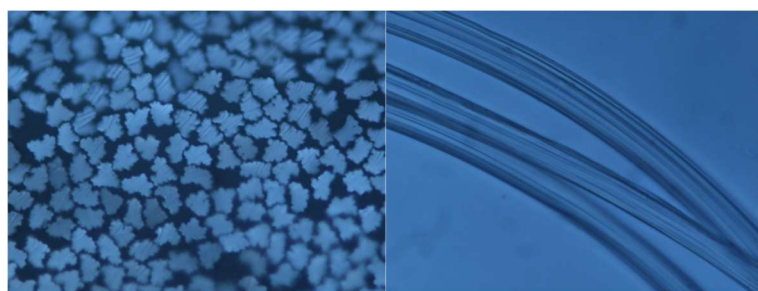


a)

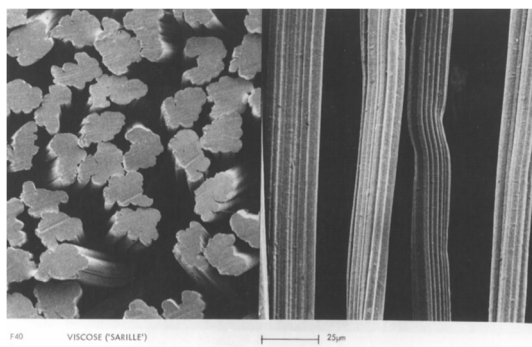


b)

Slika 10. Poprečni presjek i uzdužna slika modalnih vlakana: a) optički mikroskop, b) skenirajući elektronski mikroskop [26]



a)



b)

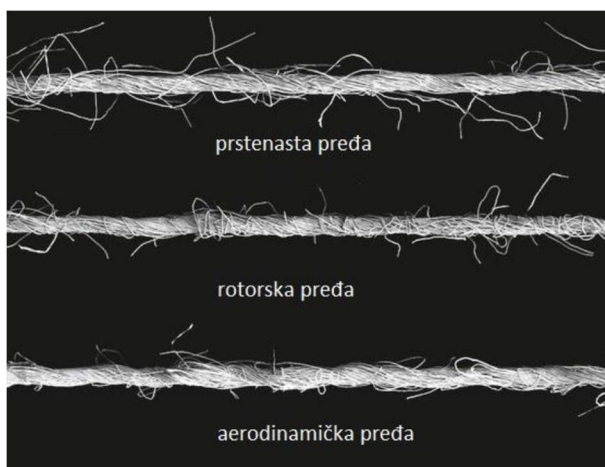
Slika 11. Poprečni presjek i uzdužna slika viskozničkih vlakana: a) optički mikroskop, b) skenirajući elektronski mikroskop [26]

2.3.4. Pređe u izradi kratkih čarapa

Glavnina kratke čarape se najčešće jednonitnom ili dvonitnom predenom predom s najvećim masenim udjelom pamuka, vune ili njihovih mješavina sa sintetskim vlaknima. Pamučne jednonitne pređe imaju prekidnu istezljivost najčešće 4 do 7 %, a višenitne pređe nešto manju, tj. 3 do 5 %. Vunene jednonitne pređe su malo elastičnije i imaju prekidnu istezljivost i do 16 %, a višenitne do 12 %. Stoga se za elastičnost

čarape koja treba dobro priliježati uz nogu, osim temeljne pređe, u cijelu čarapu upliće najčešće poliamidna teksturirana multifilamentna pređa. Ona se također često koristi pri izradi uzoraka na čarapi. Pri izradi čarapa pređa se u pletaći stroj dovodi iglama u istegnutom stanju. Nakon izrade, pređe se skupljaju vraćajući se u prvotno stanje, a pletivo koje oblikuje čarapu se skuplja 30 do 50 %. U tom slučaju, skupljanje pletiva omogućuje upravo elastičnost poliamidne multifilamentne pređe, čija prekidna istezljivost najčešće iznosi do 30 %. U gornjem okrajku tijela čarape (često nazivanim render čarape) potrebna je veća elastičnost pa se u ovaj dio u pravilu upliće elastanska nit (tzv. gumica) čija je svrha pridržavanje čarape u samostojećem položaju uz nogu. Sve tri upletene niti pređe imaju svoju funkciju koja se ogleda u kvalitetnoj čarapi [6, 7, 9]. Pritom se za pletenje klasične kratke muške čarape najčešće koriste bojadisane pamučne jednonitne ili dvonitne predene pređe finoće 10, 12, 14, 17 ili 20 tex te također bojadisane poliamidne teksturirane multifilamentne pređe finoće 112, 136 ili 156 dtex. Par ovakvih punijih kratkih čarapa ima masu 40 do 50 g, a finijih 20 do 30 g [7, 27].

U novije vrijeme se, uz temeljnu nit u pletenju, umjesto poliamidne pređe za platiranje primjenjuju inovativne pređe iz mješavina – primjerice poliamida i elastana ili pamuka i elastana [8, 28, 29]. Uobičajeno se u izradi kratkih čarapa kao temeljno predivo primjenjuju jednonitne predene pređe dobivene konvencionalnim postupkom prstenastog pređenja, a u novije vrijeme su u primjeni i inovativne predene pređe predene nekonvencionalnim rotorskim i aerodinamičkim postupkom koje se razlikuju po strukturi i svojstvima (Slika 12).



Slika 12. Usporedba pređa proizvedenih prstenastim, rotorskim i aerodinamičkim postupkom pređenja [30]

U sljedećem tekstu detaljnije su pojašnjeni postupci izrade jednonitnih predenih pređa i razlike u njihovim svojstvima, jer su kao inovativni materijali primijenjene u izradi temeljnog dijela čarapa u ovome radu.

2.3.5. Proizvodni postupci izrade predene pređe za kratke čarape

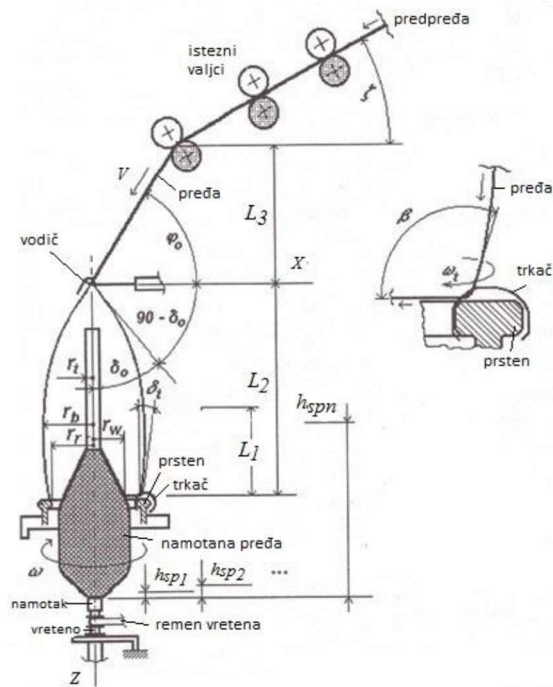
Vlasasta vlakna koja se koriste za pređenje podijeljena su u dvije skupine s obzirom na svoju duljinu, a prema njima su i usavršena dva načina izrade pređe. Prvu skupinu čine pamučna i vlakna pamučnog tipa, odnosno vlakna kratkog vlaska duljine 20 do 60 mm, a drugu skupinu čine vunena i vlakna vunenog tipa tj. vlakna dugog vlaska duljine 60 do 180 mm. Iako su procesi za izradu pređa od navedenih vrsta vlakana kompleksni i međusobno se razlikuju, može se ugrubo reći da se cijeli postupak sastoji od sljedećih pojedinačnih faza: otvaranje, čišćenje i miješanje, grebanje, priprema za češljanje i češljanje, istežanje, predpređenje, pređenje, prematanje i končanje.

Ovisno o vrsti vlakana, željenoj pređi i odabranom načinu pređenja, proizvodnja pređe razlikovati će se i neće nužno sadržavati sve prethodno navedene faze. No, bez obzira na točan redoslijed pojedinih faza, sve one koje prethode pređenju služe za postupno otvaranje vlakana (njihovo odvajanje iz snopića dok se ne dobiju pojedinačna vlakna), čišćenje (odstranjivanje nečistoća i prekratkih vlakana) i miješanje (međusobno miješanje vlakana iz više bala kako bi se dobio jednolik proizvod). Takvom postupnom preradom u svakoj fazi dobije se poluproizvod (pramen, koprena, predpređa) sve veće finoće, a sve manjeg broja vlakana u poprečnom presjeku. Gotova pređa može se dalje doradivati, a neki od postupaka dorade su smuđenje (odstranjivanje stršećih vlakana sa površine pređe prolaskom pređe preko plamena), bijeljenje, bojadisanje i slično [29, 30].

2.3.5.1. Prstenasti postupak pređenja

S namotka se predpređa uvodi u istežni uređaj gdje se pomoću valjka vrši njeno istežanje, potom izlaskom iz istežnog uređaja pređa prolazi kroz vodič koji ju uvodi na trkač prstenaste predilice. Okretanjem vretena pomoću vretenske trake dolazi do kretanja trkača po prstenu prilikom čega zbog njegove rotacije dolazi do uvijanja pređe, čime sama pređa postaje čvršća. Jedan okretaj trkača rezultira jednim uvojem pređe. Namatanje pređe na predionički namotak događa se zbog zaostajanja trkača za

vretenom uslijed visoke sile trenja između metalnih dijelova (trkača i prstena) i sile otpora zraka koja djeluje na trkač i predionički namotak (Slika 13). Tijekom procesa prstenastog pređenja vlakna u predpređi i pređi su izravnata i u međusobno paralelnom položaju. Krajnji broj uvoja pređe će ovisiti o vrsti vlakana iz koje se izrađuje pređe, njezinoj namjeni i željenoj finoći [31, 32].



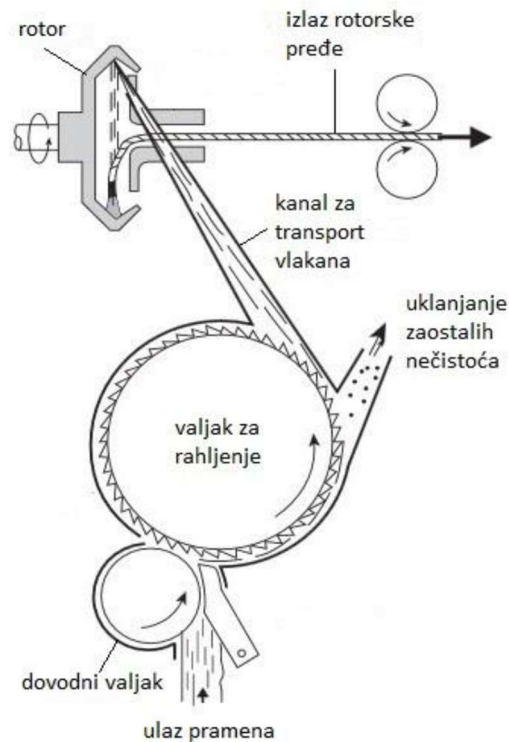
Slika 13. Shematski prikaz prstenaste predilice [33]

U prstenastoj pređi vlakna imaju dobru orijentaciju, te je pređa čvrsta i uvijena. Uvijenost joj raste od središta prema površini gdje su vlakna najviše uvijena. Minimalan broj vlakana u poprečnom presjeku prstenaste pređe je 50 do 75. Prstenasta pređa koristi se za izradu plošnih proizvoda za odijevanje, posteljnog rublja, pređa za šivanje u konfekciji, industriji obuće, a raznovrsnost njene upotrebe je moguća jer se proizvodi u rasponu finoća od 7,5 do 500 tex [32].

2.3.5.2. Rotorski postupak pređenja

U postupku rotorskog pređenja pramen sa prethodne faze istezanja ulazi u rotorsku predilicu te se dovodi do valjka za rahljenje koji otvara pramen do pojedinačnih vlakana te uklanja zaostale nečistoće. Zbog djelovanja podtlaka pojedinačna vlakna silaze s valjka u odvodnom kanalu valjka, odnosno dovodnom kanalu rotora (transportni kanal)

kroz kojeg se dovode i tangencijalno ubacuju u rotor. U rotoru se zbog djelovanja centrifugalne sile uzrokovane kretanjem rotora, brzinom i do 150 000 okretaja u minuti vlakna skupljaju u snop i vrtnjom po stjenkama rotora međusobno uvijaju zbog čega dolazi do formiranja pređe (Slika 14). Nastala pređa se odvodnim valjcima prenosi do valjaka za namatanje pomoću kojih se namata na križni namotak [32].



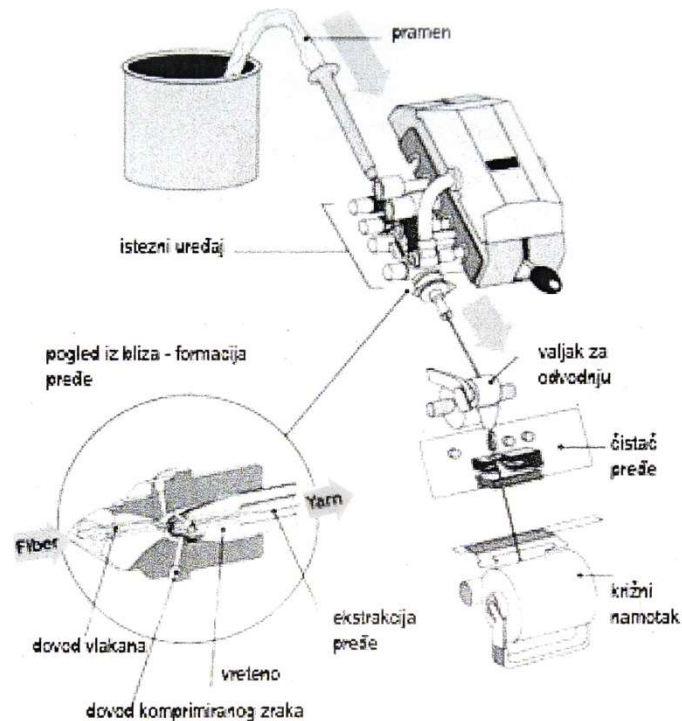
Slika 14. Shematski prikaz rotorske predilice [33]

Rotorska pređa u odnosu na prstenastu ima manju čvrstoću i krutost, uvijenost je najveća u središtu pređe, a smanjuje se prema njenoj površini. Minimalan broj vlakana u poprečnom presjeku rotorske pređe je između 90 i 110. Postupak proizvodnje rotorske pređe u odnosu na postupak prstenastog pređenja nema fazu predpređenja i fazu prematanja. Zbog kraćeg postupka proizvodnje, rotorske predilice imaju višestruko bolji učinak proizvodnje pređe naspram prstenastih predilica [32].

2.3.5.3. Aerodinamički postupak pređenja

Aerodinamička pređa izrađuje se u mlaznici za ispredanje uz pomoć komprimiranog zraka (0,6 MPa). U mlaznicu se tangencijalno dovodi zrak kroz četiri male rupice postižući brzinu od milijun okretaja po minuti. Rotiranje slobodnih krajeva vlakana pređe oko vretena koji miruje i stvaranje vakuuma su dvije funkcije koje okretanje

zraka, odnosno vortex ima. Slobodni krajevi vlakana omotavaju se oko jezgre pređe zbog njihove rotacije, dok jezgra vlakana ostaje paralelna na os struje vlakana.



Slika 15. Shematski prikaz aerodinamičke predilice [33]

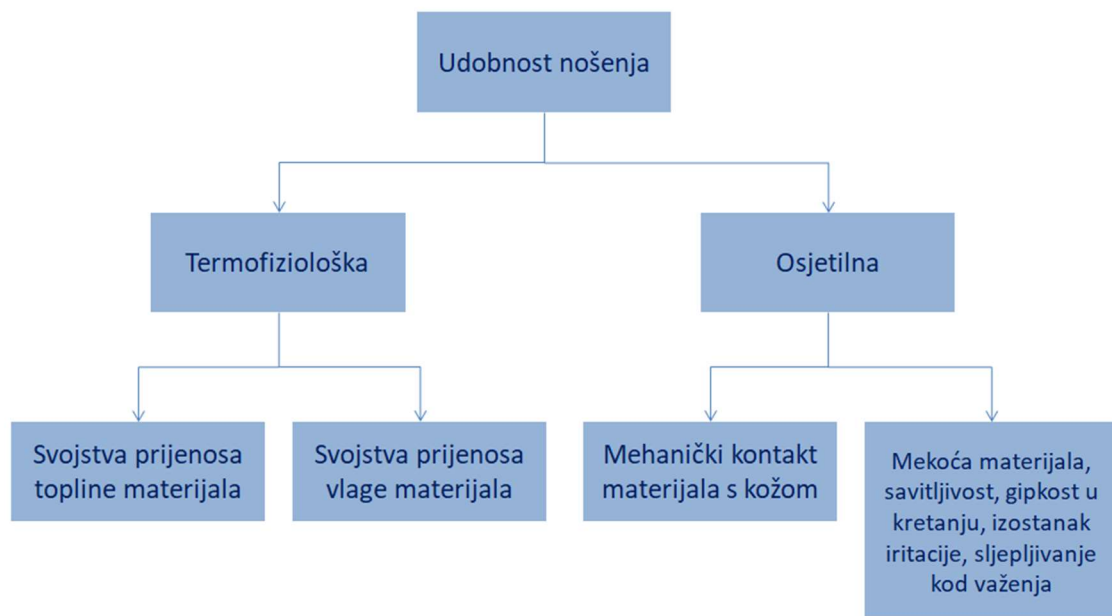
Nakon faze istezanja pramen dovodimo do isteznog uređaja koji je sastavljen od 4 para valjaka. Snop vlakana nakon istezanja u isteznom uređaju ulazi u prvu zonu uvijanja vlakana strujom zraka u smjeru S. U drugoj zoni, ovisno o tipu predilice, pređa se uvija u suprotnom Z smjeru ili između frikcijskih valjaka ili strujom zraka. Uvijanjem rubnih vlakana u Z smjeru napravili smo plašt pređe, te se prividno gube vlakna jezgre pređe. Pređa se potom odvodi odvodnim valjcima, prolazi pored odsisnog uređaja, čistača i namata se na križni namotak (Slika 15).

Struktura aerodiamičke pređe ima relativno paralelnu jezgru vlakana koje se drže zajedno pomoću napetosti površine. Jezgrom vlakana nazivamo paralelna vlakna, a omotačem obavijajuća. Aerodinamička pređa zbog određenog i posebnog načina formiranja pokazuje smanjenu sklonost površinske migracije vlakana [34].

2.4. Udobnost kratkih čarapa

Udobnost pri nošenju, udobnost nošenja ili udobnost odijevanja (eng. human wear comfort), posebice onih tekstilija koje se nalaze u neposrednoj blizini kože tijela kao što su čarape, određuju dvije komponente: *udobnost kontakta ili osjetilna udobnost* i *termofiziološka udobnost* (Slika 16).

Pod osjetilnom udobnošću obuhvaća se psiho-fiziološki osjet koji je pri odijevanju izazvan kontaktom tekstil/koža. To može biti ugodan osjet mekoće, podatnosti, ali i neugodan osjet iritacije ili sljepljivanja. Udobnost osjeta pri izravnom dodiru pletiva čarape i kože određuju površinska svojstva pletiva te sposobnost upijanja i prenošenja vlage. Pritom posebice značajnu ulogu imaju vlakanca koja strše iz pletiva i nalaze se u izravnom dodiru s kožom korisnika.



Slika 26. Dva stajališta udobnosti nošenja, termofiziološka i osjetilna [2]

Termofiziološka udobnost čarapa određena je sposobnošću prijenosa vlage i topline u i kroz sloj pletiva. Obje pojave služe tome da se uspostavi ravnoteža između topline koju tijelo stvara i topline koja prelazi u okolinu. Čarape koje su uz kožu moraju omogućiti što učinkovitije isparavanje znoja, pri čemu pletivo čarape mora imati dobru poroznost (autoprozračivanje) kako bi se tijekom pokretanja tijela, uz odgovarajuću veličinu i

pristalost čarape, mogla odvijati difuzija vodene pare kroz pore u pletivu iz mikroklimе stvorene uz kožu prema okolini [2, 35].

Svojstva prijenosa topline i vodene pare su dva parametra koja danas predstavljaju glavne objektivne termofiziološke parametre ocjene udobnosti nošenja, posebice onih odjevnih predmeta koji se odijevaju neposredno uz kožu i jedini su parametri procjene izmjene topline ljudskog tijela s okolinom i percepcije udobnosti nošenja.

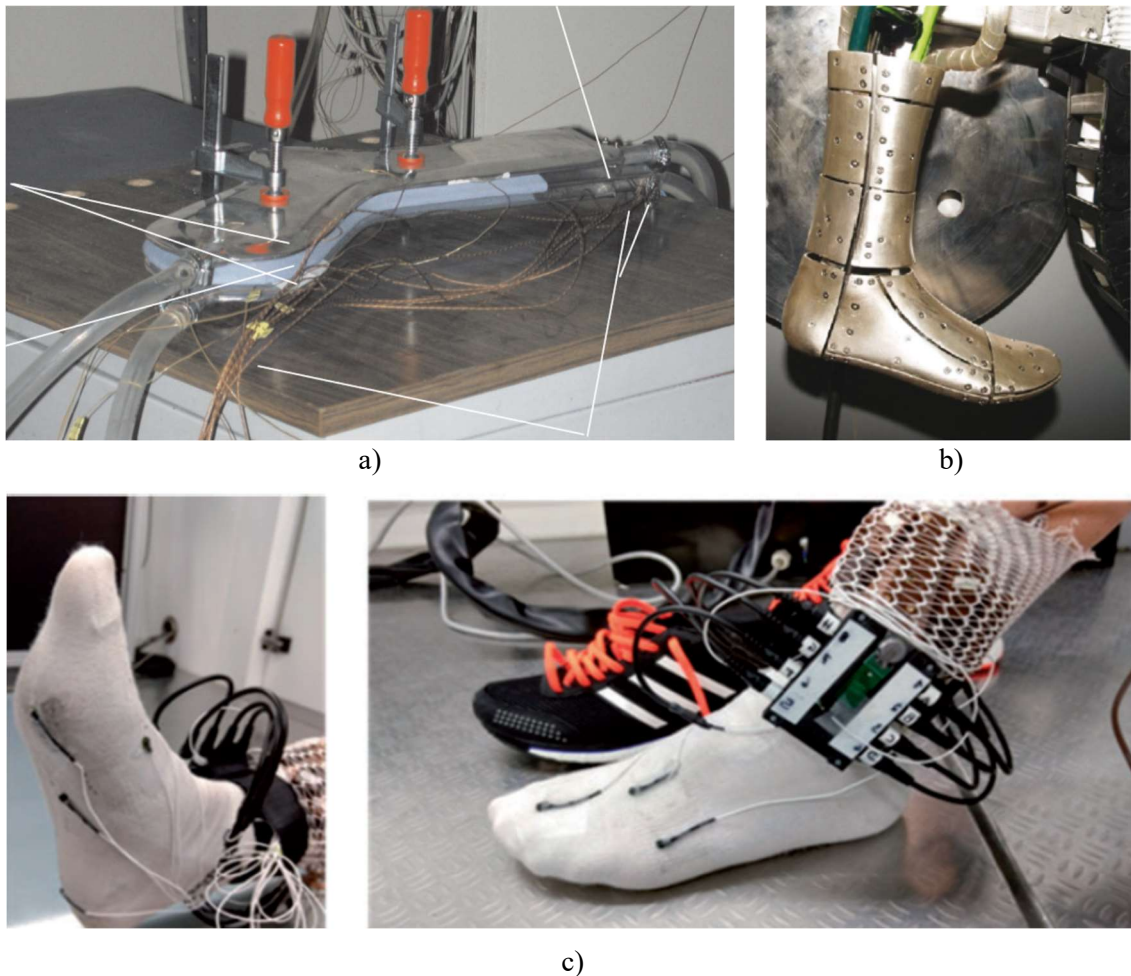
Pritom se metode ispitivanja udobnosti kratkih čarapa dijele se na *subjektivne* metode korištenjem ispitanika i bilježenjem te analizom njihovih ocjena o udobnosti nošenja čarape prema mjernoj skali koja ima četiri ili pet razina (1- udobno, 2- malo neudobno, 3-neudobno, 4 – vrlo neudobno i 5 – ekstremno neudobno) [36, 37] te *objektivne* metode koje se dijele na:

- statičke metode mjerenja otpornosti prolazu topline i vodene pare pletiva čarapa/čarape pomoću vruće ploče,
- statičke i/ili dinamičke metode mjerenja otpornosti prolazu topline i vodene pare pomoću manekena tzv. toplinskog stopala te
- dinamičke metode mjerenja na stopalu ispitanika uz primjenu odgovarajućih senzora [2, 15, 37].

Vruća ploča u obliku čarape prikazana na slici 17.a i toplinsko stopalo prikazano na slici 17.b simuliraju ponašanje kože na koju se tijekom ispitivanja postavlja/navlači čarapa i isključivo su namijenjene ispitivanju čarapa. Pritom je na toplinskom stopalu/manekenu, realnog oblika stopala definirane obuvne veličine i potkoljeničnog dijela noge, čarapu moguće ispitati i uz postavljanje/obuvanje obuće. U realnih ispitanika (Slika 17. c) je tijekom ispitivanja i bilježenja realnih vrijednosti temperature i vlažnosti na nozi, moguće istovremeno primijeniti i subjektivnu metodu ocjene ispitanika vezano uz osjet topline/hladnoće, suhoće/vlažnosti, mekoće/grubosti, ugodnosti/neugodnosti dodira, ljepljivosti i općenito udobnosti/neudobnosti čarape [2, 15, 37].

Udobnost odijevanja moguće je ocijeniti i neizravnim metodama ispitivanja, mjerenjem pojedinačnih svojstava koja utječu na osjet veće ili manje udobnosti, primjerice ispitivanja sorpcijskih svojstava (upijanja vlage i vode) te zrakopropusnosti tekstila. Ispitivanje sposobnosti upijanja plinovite vode (vlage) se svodi na određivanje količine vlage koja je pri određenim uvjetima prisutna u tekstilnom materijalu. Zrakopropusnost

tekstila je svojstvo koje neposredno utječe na udobnost odijevanja odjeće, a određena je brojem, količinom i veličinom pora unutar tekstilnog proizvoda [35].



Slika 37. Ispitivanje termofiziološke udobnosti čarapa: a) primjenom vruće ploče, b) primjenom toplinskog stopala, c) na stopalu ispitanika [2, 15, 37]

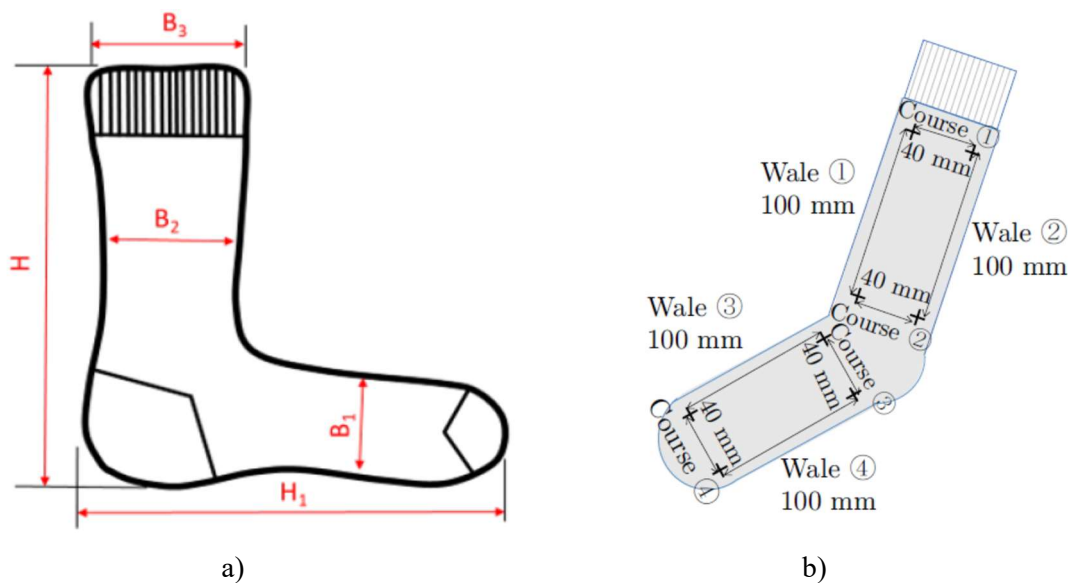
Pregledom znanstvene i stručne literature je utvrđeno da se istraživanja udobnosti nošenja čarapa provode na pletivima za izradu čarapa i samim čarapama primjenom subjektivnih metoda te izravnih ili neizravnih metoda utvrđivanjem vrijednosti objektivno mjerljivih svojstava pletiva i/ili čarapa [15-19, 20, 21, 38 - 41]. No, veoma je mali broj radova koji obrađuju samo termofiziološku udobnost čarapa utvrđenu na toplinskom stopalu [2, 8, 9, 28, 42, 43]. Mjerenja termofizioloških parametara čarapa obično se provode na toplinskom stopalu skupa s obućom.

2.5. Uporabna svojstva i trajnost kratkih čarapa

Uporabna trajnost kratkih čarapa ovisi o njihovoj konstrukciji te tipu i sirovinskom sastavu pređa od kojih su izrađene, a ogleda se u dobrom prilijeganju čarape uz nogu, stabilnosti veličine i oblika, visokoj postojanosti obojenja, manjoj sklonosti pojave površinskog pilinga te dobroj otpornosti na habanje tijekom nošenja odnosno uporabe i njege. Pritom valja istaknuti da je broj europskih normi vezanih uz ispitivanje i karakterizaciju pletiva, kao i od njih izrađenih čarapa mali. To ukazuje na potrebu proširenja istraživanja u razvoju metodologije ispitivanja i vrjednovanja njihove kvalitete odnosno uporabne i funkcionalne trajnosti u uvjetima primjene [8, 28].

Pri ispitivanju **postojanosti obojenja** kratkih čarapa, posebice čarapa pletenih u tamnijim tonovima, u primjeni su europske (hrvatske) norme za ispitivanje tekstila [8, 28]. Pritom se najčešće ispituje postojanost obojenja po provedenoj simulaciji kućanskog pranja i sušenja, na djelovanje znoja i trljanje na uzorcima pletiva uzorkovanih iz čarapa [44 - 46].

Tijekom svakodnevnog odijevanja čarape su na nozi korisnika izložene različitim deformacijama koje se izravno očituju na stabilnost njihova oblika i dimenzija. No, u uvjetima uporabe te opetovanih ciklusa pranja i definiranju proizvodnih uvjeta termofiksiranja i glačanja te postupka kućanske njege (pranja i sušenja) [47 - 49]. **Dimenzijska stabilnost** kratkih čarapa se u pravilu utvrđuje po provedbi jednog ciklusa kućanskog pranja i sušenja prema europskim normama koje se primjenjuju za plošni tekstil i odjeću, u relaksiranom stanju. Kako nisu precizno definirane izmjere i specifične granične točke za mjerenje dimenzijskih promjena u smjeru duljine i širine čarape, pri ispitivanju se čarape označuju na način kojim je omogućeno praćenje promjena specifičnih izmjera (slika 18.a) čarape ili pletiva stopalnog dijela i tijela čarape (slika 18.b). Utvrđuje se razlika u dimenzijama po provedenoj simulaciji pranja i sušenja u odnosu na početnu i iskazuje u postotcima. Pritom su za ispitivanje dimenzijske stabilnosti kratkih čarapa veoma značajni opseg stopala i tijela čarape, kao i njihova duljina (slika 18.a). Za funkcionalnost čarape tijekom odijevanja posebice se ističe opseg stopala i opseg tijela čarape te njihova dostatna istezljivost [6]. Iz navedenog proizlazi potreba provedbe ispitivanja po višekratnoj simulaciji ciklusa pranja i sušenja i praćenja značajnosti dimenzijskih promjena u ovisnosti o primijenjenom postupku i broju opetovanih ciklusa laboratorijski simulirane kućanske njege.



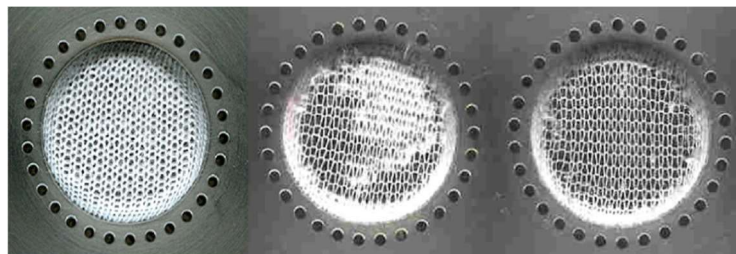
Slika 18. Kratka čarapa: a) s temeljnim izmjerama (H- duljina tijela čarape, H₁- duljina stopalnog dijela čarape, B₁- polovica opsega stopala, B₂- polovica opsega tijela čarape, B₃ – polovica opsega gornjeg okrajka tijela čarape), b) označivanje pletiva stopalnog dijela i tijela čarape u smjeru nizova i redova za ispitivanje dimenzijske stabilnosti [6, 40, 47]

U svakodnevnom životu korisnicima je vrlo važno da tekstilni proizvod zadrži početne karakteristike i nakon dulje uporabe, što uključuje i **otpornost na habanje** tijekom nošenja. Kako bi čim realnije simulirali postupak habanja i unaprijed definirali kako će se određeni tekstilni materijal ili proizvod ponašati pri stvarnim uvjetima uporabe potrebno je izabrati odgovarajuću metodu i normu za ispitivanje otpornosti na habanje te s tim u vezi i odgovarajući način iskazivanja rezultata ispitivanja. Danas postoji više različitih tipova uređaja za ispitivanje otpornosti na habanje, kojima je za različite materijale (uključujući i tekstilne) moguće uz specifične uvjete ispitivanja realno simulirati uvjete uporabe. Rezultati dobiveni različitim uređajima (uz primjenu različitih opterećenja, habajućeg sredstva i sl.) nisu međusobno usporedivi te često daju oprečne rezultate. U novije vrijeme jedna od najučestalijih metoda ispitivanja otpornosti na habanje plošnog tekstila je metoda primjenom habalice prema Martindale-u. Uporabom habalice prema Martindale-u uzorak plošnog tekstila se haba plošno o habajuće sredstvo (referentnu vunenu tkaninu), pri čemu se habajuća glava (odnosno nosač uzorka za ispitivanje) giba prema Lissajous-ovoj krivulji uz definirano opterećenje, što doprinosi realnijim uvjetima simulacije trošenja materijala u dodiru s drugim površinama tijekom nošenja, a time i rezultatima ispitivanja [50].

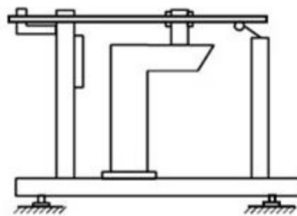
Za utvrđivanje otpornosti na habanje kratkih čarapa primjenjuje se postupak ispitivanja prema zahtjevima norme HRN EN 13770:2008, namijenjene ispitivanju čarapa. Otpornost pletiva čarapa na habanje ispituje se metodom 1 predmetne norme, primjenom habalice prema Martindale-u i posebno konstruirane habajuće glave instrumenta (Slika 19.a) uz uzorkovanje pletiva iz stopalnog dijela čarape - donjeg dijela (tabana) i pete, dijelova čarape na kojima dolazi do najvećeg trošenja. Postupak habanja se završava uslijed pojave rupice (dakle prekida niti u pletenoj strukturi) ili vidljivog stanjenja pletiva odnosno odhabavanja temeljne predene pređe i pojave zaostale sintetske podloge iz multifilamentnih platirnih niti pređe (Slika 19.b). Druga metoda predmetne norme opisuje metodu ispitivanja otpornosti na habanje cijele čarape, primjenom specifične aparature [51 - 53].



a)



b)

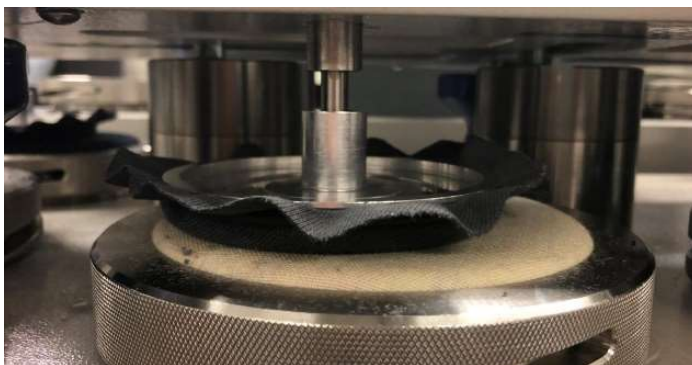


c)

Slika 19. Ispitivanje otpornosti kratkih čarapa na habanje: a) habalice prema Martindale-u s prilagođenim habajućim glavama za ispitivanje pletiva, b) izgled uzorka pletiva tijekom ispitivanja, c) nacrt uređaja za ispitivanje otpornosti čarapa na habanje [51, 52]

Pod pilingom se razumijeva pojava izvlačenja stršećih vlakana te manjih ili većih grudica zamršenih vlakana na površini pletiva čarapa. Do tvorbe pilinga dolazi zbog zamrsivanja stršećih vlakana na površini pletiva čarapa tijekom nošenja odnosno uporabe čarape. Tijekom nošenja čarape, zbog trošenja i habanja, količina stršećih vlakana na površini pletiva se povećava, a nastali piling značajno umanjuje njihovu uporabnu vrijednost, ponajprije zbog narušenog estetskog izgleda. Laboratorijski testovi ispitivanja **sklonosti pilingu** su osmišljeni na način da ubrzavaju sva tri procesa koja uzrokuju nastanak pilinga kod nošenja: povećanje količine stršećih vlakana, njihovo zamrsivanje i trošenje. Metode ispitivanja sklonosti pilingu u području europskih normi su vezane uz ispitivanje plošnog tekstila i možemo ih grubo podijeliti u dvije skupine: metode habanja i metode tumbanja (Slika 20).

Skлонost nastanku pilinga pletiva čarapa odn. sklonost izvlačenju vlakana i njihovo zamrsivanje na površini pletiva koje umanjuje estetsku vrijednost gotove čarapa najčešće se vrjednuje metodom habanja prema preinačenoj metodi po Martindale-u, pri čemu se tvorba pilinga inicira plošnim habanjem ispitivanog pletiva učvršćenog na habajuću glavu o referentnu vunenu tkaninu ili istovrsno pletivo čarape na podlozi instrumenta slijedeći Lissajous-ovu krivulju. Ocjena sklonosti pilingu (1 - 5) daje se vizualno usporedbom s početnim uzorkom i odgovarajućim etalonima nakon definiranog broja habajućih ciklusa [35, 53].



a)



b)



c)



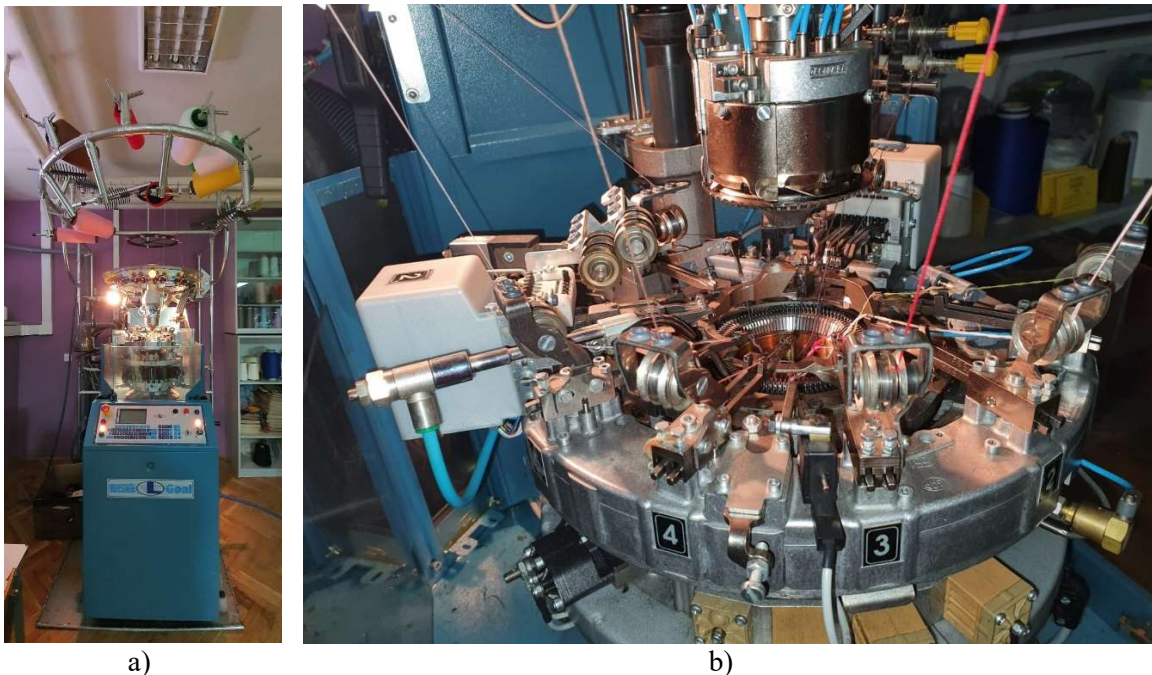
d)

Slika 20. Ispitivanje sklonosti pletiva nastanku površinskog pilinga: a) metoda habanja - habalica prema Martindale-u, b) uzorak pletiva na radnom mjestu instrumenta - tvorba pilinga plošnim habanjem, c) metoda tumbanja – instrument s rotirajućim komorama, d) uzorak pletiva - tvorba pilinga tumbanjem [53]

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Izrada kratkih čarapa i primijenjeni materijali

U radu su primijenjeni uzorci muških kratkih čarapa bijele boje, koje su projektirane i izrađene u veličini 42 na Sveučilištu u Zagrebu Tekstilno-tehnološkom fakultetu, Zavodu za menadžment i projektiranje tekstila. Za izradu uzoraka čarapa primijenjen je jednoiglenični čaraparski automat finoće E9 tt. Lonati, Italija, naziva Goal FL 626 (Slika 21) promjera cilindra 95 mm odnosno ($3 \frac{3}{4}$ inča) koji je pleo sa 108 igala i namijenjen je za izradu punijih pamučnih kratkih čarapa srednje finoće. Za izradu čarapa primijenjen je računalni upravljački program kojim se upravlja pletenje čarapa. U programu su ugrađene sve značajnije vrijednosti za izradu čarapa kod kojih se upliću četiri pređe u red pletiva. Za svaki red i dionicu čarape definirana je dubina kuliranja i brzina pletenja prema kojoj je usklađena i brzina dopremanja pređa s namotaka. Također je precizno definirano mjesto isključivanja/uključivanja vodiča iz/u rad s određenim pređama. Prema izrađenom upravljačkom programu vrijeme za pletenje jedne čarape je iznosilo 178 ± 4 sekunde. Po šivanju prstiju čarape su izglučane na metalnim kalupima propisane veličine i termofiksirane pri temperaturi od $120 \text{ }^\circ\text{C}$ na stroju tt. Cortese.



Slika 21. Jednoiglenični čaraparski automat Goal FL 626, tt. Lonati, Italija

Izrađene su tri skupine čarapa (označene: A, B i C) u desno-lijevom kulirnom višestruko potpuno platirnom prepletu s najvećim masenim udjelom modalnih ili mikromodalnih vlakana. Pritom su primijenjene predene pređe jednake finoće (20 tex) - jednonitne pređe od vlasastih *modalnih vlakana* prosječne finoće 1,3 dtex i duljine 38 mm dobivene postupkom prstenastog, rotorskog i aerodinamičkog pređenja te jednonitne pređe od vlasastih *modalnih mikrovlakana* prosječne finoće 1 dtex i duljine 38 mm dobivenih postupkom prstenastog, rotorskog i aerodinamičkog pređenja. U svaki red pletiva čarapa upletene su četiri niti pređe – tri temeljne i jedna platirna poliamidna multifilamentna teksturirana pređa (poliamid 6.6, PA 6.6) s tim da je u okrajak (ili render) čarape dodatno upletena jedna grublja elastanska monofilamentna pređa (tzv. *gumica*) kako slijedi:

- Čarape **skupine A** su u okrajku platirane elastanskom pređom finoće 54 tex i poliamidnom multifilamentnom teksturiranom pređom oznake PA 6.6 156 dtex f 42 (finoće 156 dtex, izrađene iz 42 monofilamentnih niti). Ostatak čarape je platiran s pređom iz PA 6.6 odn. multifilamentnom teksturiranom pređom finoće 156 dtex, pri čemu su u svaki red pletiva upletene tri istovrsne jednonitne predene pređe od modalnih vlakana ili mikrovlakana dobivene postupkom prstenastog, rotorskog i aerodinamičkog pređenja, finoće 20 tex.
- Čarape **skupine B** su u okrajku platirane elastanskom pređom finoće 54 tex i poliamidnom multifilamentnom teksturiranom pređom oznake PA 6.6 220 dtex f 68 (finoće 220 dtex, izrađene iz 68 monofilamentnih niti). Ostatak čarape je platiran s pređom iz PA 6.6 odn. multifilamentnom teksturiranom pređom finoće 220 dtex, pri čemu su u svaki red pletiva upletene tri istovrsne jednonitne predene pređe od modalnih vlakana ili mikrovlakana dobivene postupkom prstenastog, rotorskog i aerodinamičkog pređenja, finoće 20 tex.
- Čarape **skupine C** su u okrajku platirane elastanskom pređom finoće 54 tex i poliamidnom multifilamentnom teksturiranom pređom oznake PA 6.6 220 dtex f 68 (finoće 220 dtex, izrađene iz 68 monofilamentnih niti). Ostatak čarape je platiran s pređom iz PA 6.6 odn. multifilamentnom teksturiranom pređom finoće 220 dtex, pri čemu su u svaki red pletiva upletene dvije istovrsne jednonitne predene pređe od modalnih vlakana ili mikrovlakana dobivene postupkom prstenastog, rotorskog i aerodinamičkog pređenja, finoće 20 tex te jedna pamučna jednonitna pređa dobivena postupkom prstenastog pređenja finoće 25 tex.

U tablici 2 prikazana su temeljna svojstva pređa primijenjenih za izradu čarapa, a u tablici 3 sirovinski sastav tijela i okrajka čarapa primijenjenih za ispitivanje.

Tablica 2. Temeljna svojstva pređa primijenjenih za izradu čarapa

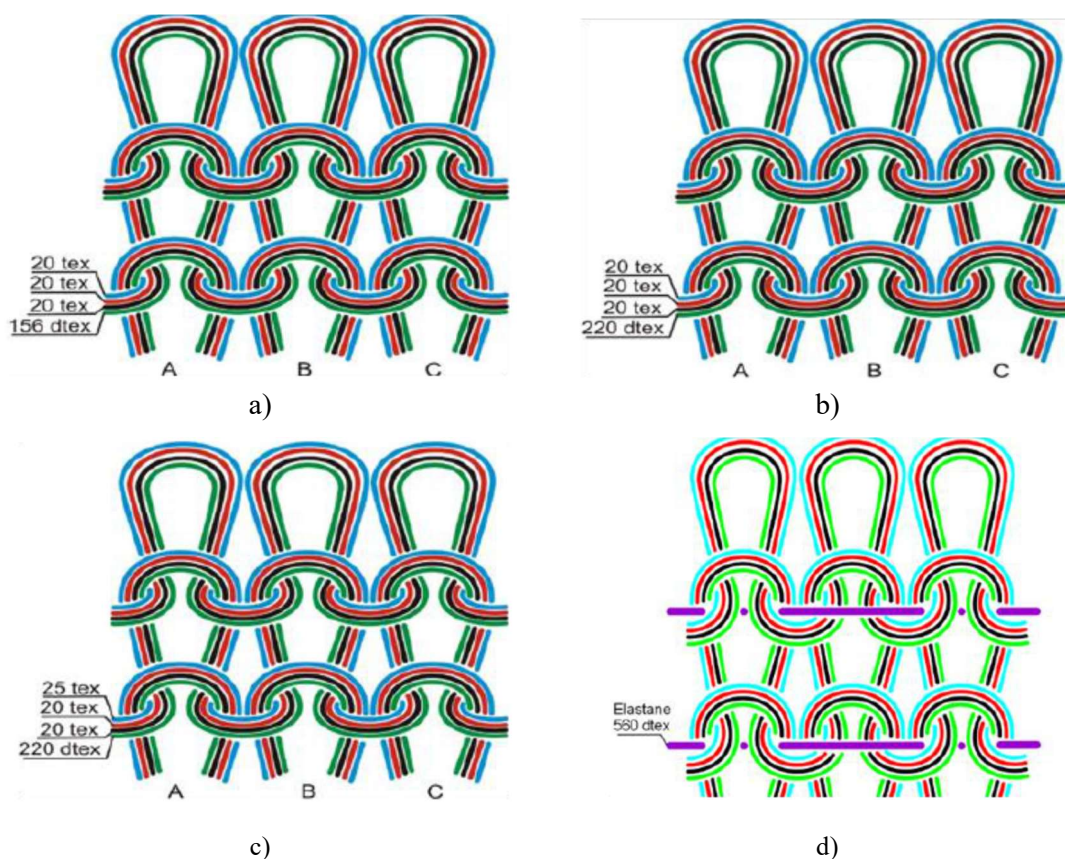
| Pređa | Finoća [tex] | Prekidna sila [cN] | Prekidno istezanje [%] | Prekidna čvrstoća [cN/tex] | Rad do prekida [cNcm] |
|-------------------------|--------------|--------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|
| PA 6.6 156 dtex f 42 | 15,6 | 652 ± 8 | 26,7 ± 0,6 | 41,8 ± 0,5 | 4775 ± 180 |
| PA 6.6 220 dtex f 68 | 22,0 | 991 ± 4 | 28,5 ± 0,2 | 45,0 ± 0,2 | 7846 ± 81 |
| ELASTAN | 54,0 | 551 ± 14 | 321,0 ± 18 | 10,2 ± 0,4 | 2467 ± 324 |
| PAM-P | 25,0 | 326 ± 8 | 3,8 ± 0,1 | 13,3 ± 0,3 | 333 ± 15 |
| MD-P | 20,0 | 487 ± 10 | 10,2 ± 0,2 | 24,3 ± 0,5 | 1436 ± 47 |
| MD-R | 20,0 | 325 ± 9 | 7,2 ± 0,2 | 16,3 ± 0,5 | 738 ± 32 |
| MD-A | 20,0 | 406 ± 10 | 9,0 ± 0,2 | 20,3 ± 0,5 | 1067 ± 42 |
| MMD-P | 20,0 | 506 ± 11 | 9,5 ± 0,2 | 25,3 ± 0,6 | 1421 ± 50 |
| MMD-R | 20,0 | 344 ± 10 | 7,3 ± 0,2 | 17,2 ± 0,5 | 777 ± 42 |
| MMD-A | 20,0 | 365 ± 11 | 8,2 ± 11 | 18,2 ± 0,5 | 886 ± 46 |

Legenda: PAM - pamuk P - prstenasto pređenje
 MD - modal R - rotorsko pređenje
 MMD - mikromodal A - aerodinamičko pređenje

Tablica 3. Sirovinski sastav pletiva čarapa u tijelu čarape i okrajku

| Prosječni sirovinski sastav [%] | | | |
|---------------------------------|----------------|---------------|----------------|
| Skupina čarapa | Pređa | Tijelo čarape | Okrajak čarape |
| A | Temeljna pređa | 79 ± 1 | 55 ± 1 |
| | Poliamid 6.6 | 21 ± 1 | 14 ± 1 |
| | Elastan | / | 31 ± 1 |
| B | Temeljna pređa | 71 ± 1 | 52 ± 1 |
| | Poliamid 6.6 | 29 ± 1 | 19 ± 1 |
| | Elastan | / | 29 ± 1 |
| C | Temeljna pređa | 44 ± 1 | 42 ± 1 |
| | Poliamid 6.6 | 28 ± 1 | 16 ± 1 |
| | Elastan | / | 24 ± 1 |
| | Pamuk | 28 ± 1 | 18 ± 1 |

Slika 22 daje shematski prikaz strukture pletiva tijela i okrajka čarapa (skupine A, B i C), a u tablici 4 se nalazi opis čarapa uz pripadajuće oznake koje će se nadalje koristiti u ovom radu.



Slika 22. Shematski prikaz strukture pletiva: tijela čarapa a) skupine A, b) skupine B, c) skupine C te okrajka čarapa d) skupine A, B i C [43]

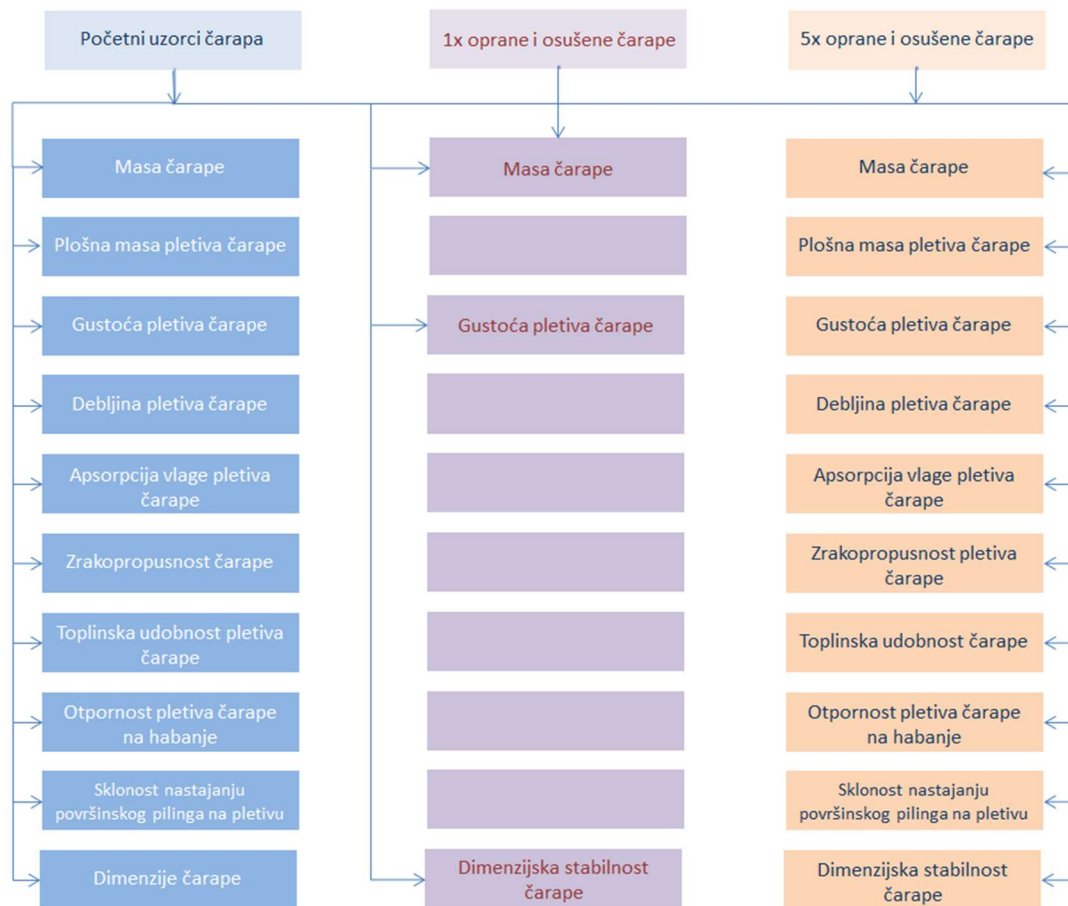
Tablica 4. Oznake i opis uzoraka čarapa pripremljenih za ispitivanje

| Oznaka uzoraka čarapa | Opis uzorka čarapa |
|-----------------------|---|
| MD-P-A | Čarape skupine A, pletene s 4 pređe u svakom redu: tri jednonitne predene pređe od modalnih vlakana dobivenih postupkom prstenastog pređenja finoće 20 tex te jedne poliamidne finoće 156 dtex |
| MD-P-B | Čarape skupine B, pletene s 4 pređe u svakom redu: tri jednonitne predene pređe od modalnih vlakana dobivenih postupkom prstenastog pređenja finoće 20 tex te jedne poliamidne finoće 220 dtex |
| MD-P-C | Čarape skupine C, pletene s 4 pređe u svakom redu: dvije jednonitne predene pređe od modalnih vlakana dobivenih postupkom prstenastog pređenja finoće 20 tex, jedne pamučne pređe dobivene postupkom prstenastog pređenja finoće 25 tex te jedne poliamidne finoće 220 dtex |
| MD-R-A | Čarape skupine A, pletene s 4 pređe u svakom redu: tri jednonitne predene pređe od modalnih vlakana dobivenih postupkom rotorskog pređenja finoće 20 tex te jedne poliamidne finoće 156 dtex |
| MD-R-B | Čarape skupine B, pletene s 4 pređe u svakom redu: tri jednonitne predene pređe od modalnih vlakana dobivenih postupkom rotorskog pređenja finoće 20 tex te jedne poliamidne finoće 220 dtex |
| MD-R-C | Čarape skupine C, pletene s 4 pređe u svakom redu: dvije jednonitne predene pređe od modalnih vlakana dobivenih postupkom rotorskog pređenja finoće 20 tex, jedne pamučne pređe dobivene postupkom |

| | |
|----------------|---|
| | prstenastog pređenja finoće 25 tex te jedne poliamidne finoće 220 dtex |
| MD-A-A | Čarape skupine A, pletene s 4 pređe u svakom redu: tri jednonitne predene pređe od modalnih vlakana dobivenih postupkom aerodinamičkog pređenja finoće 20 tex te jedne poliamidne finoće 156 dtex |
| MD-A-B | Čarape skupine B, pletene s 4 pređe u svakom redu: tri jednonitne predene pređe od modalnih vlakana dobivenih postupkom aerodinamičkog pređenja finoće 20 tex te jedne poliamidne finoće 220 dtex |
| MD-A-C | Čarape skupine C, pletene s 4 pređe u svakom redu: dvije jednonitne predene pređe od modalnih vlakana dobivenih postupkom prstenastog pređenja finoće 20 tex, jedne pamučne pređe dobivene postupkom aerodinamičkog pređenja finoće 25 tex te jedne poliamidne finoće 220 dtex |
| MMD-P-A | Čarape skupine A, pletene s 4 pređe u svakom redu: tri jednonitne predene pređe od modalnih mikrovlakana dobivenih postupkom prstenastog pređenja finoće 20 tex te jedne poliamidne finoće 156 dtex |
| MMD-P-B | Čarape skupine B, pletene s 4 pređe u svakom redu: tri jednonitne predene pređe od modalnih mikrovlakana dobivenih postupkom prstenastog pređenja finoće 20 tex te jedne poliamidne finoće 220 dtex |
| MMD-P-C | Čarape skupine C, pletene s 4 pređe u svakom redu: dvije jednonitne predene pređe od modalnih mikrovlakana dobivenih postupkom prstenastog pređenja finoće 20 tex, jedne pamučne pređe dobivene postupkom prstenastog pređenja finoće 25 tex te jedne poliamidne finoće 220 dtex |
| MMD-R-A | Čarape skupine A, pletene s 4 pređe u svakom redu: tri jednonitne predene pređe od modalnih mikrovlakana dobivenih postupkom rotorskog pređenja finoće 20 tex te jedne poliamidne finoće 156 dtex |
| MMD-R-B | Čarape skupine B, pletene s 4 pređe u svakom redu: tri jednonitne predene pređe od modalnih mikrovlakana dobivenih postupkom rotorskog pređenja finoće 20 tex te jedne poliamidne finoće 220 dtex |
| MMD-R-C | Čarape skupine C, pletene s 4 pređe u svakom redu: dvije jednonitne predene pređe od modalnih mikrovlakana dobivenih postupkom rotorskog pređenja finoće 20 tex, jedne pamučne pređe dobivene postupkom prstenastog pređenja finoće 25 tex te jedne poliamidne finoće 220 dtex |
| MMD-A-A | Čarape skupine A, pletene s 4 pređe u svakom redu: tri jednonitne predene pređe od modalnih mikrovlakana dobivenih postupkom aerodinamičkog pređenja finoće 20 tex te jedne poliamidne finoće 156 dtex |
| MMD-A-B | Čarape skupine B, pletene s 4 pređe u svakom redu: tri jednonitne predene pređe od modalnih mikrovlakana dobivenih postupkom aerodinamičkog pređenja finoće 20 tex te jedne poliamidne finoće 220 dtex |
| MMD-A-C | Čarape skupine C, pletene s 4 pređe u svakom redu: dvije jednonitne predene pređe od modalnih mikrovlakana dobivenih postupkom prstenastog pređenja finoće 20 tex, jedne pamučne pređe dobivene postupkom aerodinamičkog pređenja finoće 25 tex te jedne poliamidne finoće 220 dtex |

3.2. Metodika ispitivanja

S ciljem utvrđivanja udobnosti i uporabne trajnosti kratkih čarapa izrađenih u najvećem masenom udjelu pređama od inovativnih nedovoljno istraženih sirovina - modalnih i mikromodalnih vlakana, predenih konvencionalnim postupkom prstenastog pređenja te nekonvencionalnim rotorskim i aerodinamičkim postupkom, u radu je dan prijedlog metodologije vrjednovanja koja je shematski prikazana na slici 23. Kako se svojstva tekstilnih materijala i od njih izrađenih odjevnih proizvoda mijenjaju nakon kućanske njege, metodologija uključuje ispitivanje svih uzoraka čarapa predviđenih za ispitivanje prije i nakon višekratno ponovljenih uzastopnih ciklusa simulacije kućanske njege, odnosno pranja i sušenja.



Slika 23. Shematski prikaz primijenjene metodologije vrjednovanja udobnosti i uporabne trajnosti kratkih čarapa

Stoga je u radu ponajprije provedeno ispitivanje temeljnih svojstava čarapa i pletiva čarapa utvrđivanjem mase čarape te plošne mase, gustoće i debljine pletiva čarapa;

potom vrjednovanje udobnosti čarapa ispitivanjem sposobnosti apsorpcije vlage pletiva čarapa, zrakopropusnosti pletiva čarapa te toplinske udobnosti čarapa; te vrjednovanje uporabnih svojstava čarapa ispitivanjem otpornosti pletiva čarapa na habanje, sklonosti nastajanju površinskog pilinga na pletivu čarapa i dimenzijske stabilnosti čarapa prije i nakon jednog te višekratnih uzastopnih ciklusa kućanske njege (pranja i sušenja). Pritom je ispitivanje svih svojstava provedeno na početnim uzorcima te pet puta opranim i osušenim istovrsnim uzorcima čarapa. Zbog destruktivnosti prirode većine ispitnih metoda te potrebe izrezivanja uzoraka pletiva, po jednom provedenom ciklusu pranja i sušenja (kada su se ponajprije očekivale dimenzijske promjene) na svim uzorcima čarapa utvrđena je samo masa čarapa, gustoća pletiva čarapa te njihova dimenzijska stabilnost.

3.2.1. Priprema kratkih čarapa za ispitivanje

Kondicioniranje i uzorkovanje čarapa

Uzorci kratkih čarapa predviđeni za ispitivanje su položeni na stol u prostoru referentne atmosfere za ispitivanje, definiranih parametara stanja zraka: relativne vlažnosti 65 ± 4 % i temperature 20 ± 2 °C najmanje 24 sata kako bi se u relaksiranom stanju kondicionirali prije ispitivanja i izrezivanja ispitnih uzoraka pletiva, a prema normi HRN EN ISO 139:2008/A1:2011 [54].

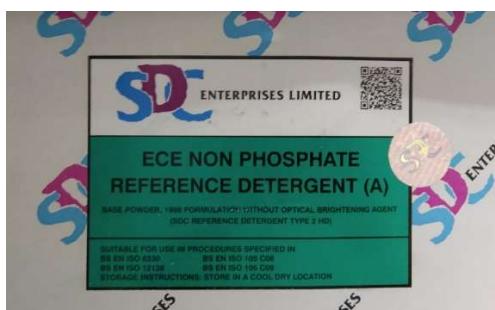
Prije izrezivanja uzoraka pletiva, čarape su razrezane na način kako nalaže norma HRN EN 13770:2008 [55]. Kao što je prikazano na slici 24 najprije je škarama uzdužno razrezan prednji dio čarape od okrajka do šava prstiju. Potom je po širini čarape razrezan dio pete po poprečnoj liniji pete s obje strane.



Slika 24. Priprema uzorka čarape za ispitivanje: a) cijela čarapa, b) razrezivanje čarape, c) čarapa pripremljena za uzorkovanje pletiva

Pranje i sušenje čarapa

Postupci pranja i sušenja provedeni su prema normi HRN EN ISO 6330:2012 [56]. Primijenjen je postupak pranja uz blagu mehaniku, oznake 3M, koji se sastoji od jednog pranja i dva ispiranja pri temperaturi od 30 °C u referentnoj perilici rublja (tip A), Vascator Electrolux, koristeći 20 g referentnog deterdženta ECE bez fosfata i optičkog bjelila (A), prema normi [56] referentnog deterdženta oznake 3 (slika 25, proizvođač SDC Enterprises Limited). Korišten je referentni pamučni balast (tip 1), istog proizvođača, kako bi ukupna masa pranog rublja iznosila oko 2 kg. Uzorci čarapa su nakon pranja sušeni na zraku u obješenom stanju (postupak A) te nakon završenog sušenja prije ispitivanja ponovno kondicionirani u uvjetima referentne atmosfere.



Slika 45. Referentni deterdžent bez fosfata i optičkog bjelila

3.2.2. Ispitivanje temeljnih svojstava čarapa i pletiva čarapa

U radu je provedeno ispitivanje temeljnih svojstava čarapa i pletiva čarapa utvrđivanjem mase čarapa te plošne mase, gustoće i debljine pletiva čarapa prije i nakon višekratno ponovljenih uzastopnih ciklusa simulirane kućanske njege, odnosno pranja i sušenja. Ispitivanja su provedena u prostoru referentne atmosfere za ispitivanje, definiranih parametara stanja zraka: relativne vlažnosti $65 \pm 4 \%$ i temperature $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$.

Masa čarapa

Masa svake čarape predviđene za ispitivanje utvrđena je vaganjem na analitičkoj vagi (Slika 26.a), prije te nakon jednog i pet opetovanih ciklusa kućanske njege. Rezultat je iskazan uz preciznost 0,01 g.

Plošna masa pletiva čarapa

Plošna masa se definira kao masa četvornog metra pletiva, a utvrđena je prema normi HRN ISO 3801:2003 [57]. Pomoću kružnog rezača izrezani su uzorci pletiva površine

100 cm² te vagani uz preciznost od 0,001. Plošna masa se iskazuje u g/m², a računamo je prema izrazu:

$$m_A = m_k \cdot 100 \quad (1)$$

gdje su:

m_A – plošna masa ispitivanog pletiva [g/m²],

m_k – masa kondicioniranog uzorka pletiva površine 100 cm² [g].

Rezultat je iskazan kao prosječna vrijednost triju mjerenja uz preciznost 0,01 g, prije te nakon pet opetovanih ciklusa kućanske njege.

Gustoća pletiva čarapa

Gustoću pletiva čarape definiramo kao broj nizova i redova očica na duljini od 1 cm, a utvrđuje se izbrojavanjem prema normi HRN EN 14971:2008 [58]. Mjerenje se provodi na kondicioniranim uzorcima pomoću tekstilnog povećala s duljinskim mjerilom u milimetrima (Slika 26.b). Potrebno je načiniti 5 mjerenja na različitim mjestima na temeljnom dijelu čarape. Rezultat je iskazan kao prosječna vrijednost, a mjerenje je provedeno prije te nakon jednog i pet opetovanih ciklusa kućanske njege.



a)



b)



c)

Slika 26. Ispitivanje temeljnih svojstava: a) vaganje čarape, b) tekstilno povećalo za ispitivanje gustoće pletiva čarapa, c) debljinomjer za ispitivanje debljine pletiva čarapa

Debljina pletiva čarapa

Debljina pletiva je definirana kao razmak između dvije metalne ravne paralelne ploče (podloge i pritiskivača debljinomjera) razdvojene pletivom koje se nalazi pod određenim pritiskom, a prema zahtjevima norme HRN EN ISO 5084:2003 [59]. Ispitivanje je provedeno pomoću digitalnog debljinomjera 2000-U (slika 26.c) tt. Hess

MBV GmbH. Raspon mjerenja instrumenta je od 0 do 10 mm. Primijenjen je promjer pritiskivača debljinomjera od 50 mm, a pritisak kojim se djelovalo na pletivo čarapa iznosio je 1 kPa. Provedeno je 10 mjerenja na različitim dijelovima temeljnog pletiva čarape uz preciznost 0,01 mm, a kao rezultat dana je prosječna vrijednost prije te nakon pet opetovanih ciklusa kućanske njege.

3.2.3. Ispitivanje udobnosti čarapa

Kako je udobnost odijevanja moguće ocijeniti neizravnim metodama ispitivanja, dakle mjerenjem pojedinačnih svojstava koja utječu na osjet veće ili manje udobnosti, u radu je provedeno vrjednovanje udobnosti čarapa ispitivanjem sposobnosti apsorpcije vlage pletiva čarapa te zrakopropusnosti pletiva čarapa. Termofiziološka udobnost vrjednovana je i izravno na Toplinskom stopalu, utvrđivanjem toplinske udobnosti odn. sposobnosti zadržavanja topline ispitivanih uzoraka punijih čarapa. Ispitivanja su provedena prije i nakon višekratno ponovljenih uzastopnih ciklusa simulirane kućanske njege u prostoru referentne atmosfere za ispitivanje, definiranih parametara stanja zraka: relativne vlažnosti $65 \pm 4 \%$ i temperature $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$.

Apsorpcija vlage pletiva čarapa

Ispitivanje sposobnosti upijanja odn. apsorpcije plinovite vode (vlage) se svodi na određivanje količine vlage koja je pri određenim uvjetima prisutna u pletivu čarape.

Količina vlage u pletivu tijela čarape određena je u skladu s ASTM D 2654-89a [60], metodom sušenja. Kružni uzorci pletiva (površine 100 cm^2) su kondicionirani u prostoru referentne atmosfere (pri temperaturi zraka od $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ i relativne vlažnosti od $65 \pm 4 \%$) tijekom 24 h te im je potom vaganjem utvrđena kondicionirana masa. Nakon toga su stavljeni u sušnicu i sušeni pri temperaturi od $105 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ 24 h, po čemu im je vaganjem utvrđena apsolutno suha masa (Slika 27). Apsorbirana (ravnotežna) vlaga iskazana je kao repriza u odnosu na apsolutno suhu masu pletiva čarape, a izračunata prema izrazu:

$$V_r = \frac{m_k - m_{as}}{m_{as}} \cdot 100 \quad (2)$$

gdje su:

V_r – ravnotežna vlaga [%],

m_k – masa kondicioniranog uzorka pletiva [g] i

m_{as} – masa apsolutno suhog uzorka pletiva [g].



a)

b)

Slika 27. Ispitivanje apsorpcije vlage pletiva čarape: a) uzorak pletiva, b) sušnica

Zrakopropusnost pletiva čarapa

Zrakopropusnost pletiva (ili propustljivost zraka) je svojstvo koje neizravno utječe na udobnost odijevanja čarapa, a određena je brojem, količinom i veličinom pora unutar strukture pletiva čarapa. Ispitana je prema zahtjevima norme HRN EN ISO 9237:2003 [61] primjenom aparata za određivanje propustljivosti zraka plošnog tekstila Air Tronic tt. Mesdan S.p.A. (Slika 28).



Slika 28. Uređaj za ispitivanje zrakopropusnosti pletiva

Zrakopropusnost pletiva je utvrđena na temelju mjerenja protoka zraka po jedinici površine ispitivanog materijala, pri konstantnoj razlici tlakova. Aparat radi uz podtlak, a

mjeri se količina zraka koja u jedinici vremena prođe kroz uzorak. Ispitivani materijal postavlja se na mjernu glavu instrumenta i učvrsti. Preporučena mjerna površina definirana normom je 20 cm², ali se može i smanjiti kod vrlo propusnih i poroznih tekstilija kao što su pletiva na 5 cm². Podtlak od 100 Pa uz koji su provedena ispitivanja postiže se pomoću kompresora. Rezultat ispitivanja je iskazan kao prosječna vrijednost šest mjerenja na uzorku čarape, prije te nakon pet opetovanih ciklusa kućanske njege. Zrakopropusnost pletiva čarapa R izračunata je prema izrazu:

$$R = \frac{\overline{qv}}{A} \cdot 167 \quad (3)$$

gdje su:

\overline{qv} – prosječna vrijednost protoka zraka [dm³/min],

A – mjerna površina [cm²] i

167 – faktor za pretvorbu dm³/min cm² u mm/s.

Toplinska udobnost čarapa

Termofiziološka udobnost čarapa određena je sposobnošću zadržavanja topline u i kroz sloj pletiva čarapa, mjerenjem otpora prolazu topline, kao jednog od glavnih objektivnih termofizioloških parametara ocjene udobnosti nošenja odjevnih predmeta koji se odijevaju neposredno uz kožu. Ispitivanje je provedeno na *Toplinskom stopalu*, punog naziva *Thermal Sweating Foot Manikin System*, prikazanog na slici 29. Veličina stopala odgovara obuvnoj veličini muškog stopala 42. Mjerna jedinica podijeljena je na 13 segmenata (Slika 29.a), a na svaki od njih zasebno postavljen je grijač i vrlo osjetljiv senzor temperature. Određenim programskim algoritmom određuje se otpor prolazu topline za svaki segment posebno. Toplinsko stopalo simulira ponašanje kože stopala te se pri mjerenju otpora prolazu topline mjerna jedinica na koju se obuva čarapa grije na $35 \pm 0,5$ °C, a uvjeti okoline trebaju odgovarati referentnoj atmosferi za ispitivanje tekstila: relativne vlažnosti zraka od 65 ± 4 % i temperature od 20 ± 2 °C, uz osiguranu brzinu strujanja zraka od 1,0 m/s. Na slici 29.c prikazano je sučelje upravljačke jedinice *Toplinskog stopala* s prikazom mjernih podataka.

Svi uzorci čarapa predviđeni za ispitivanje su postavljeni na Toplinsko stopalo tako da prekriju ukupnu mjernu površinu. Postupak mjerenja je proveden uz postavljanje temeljne pamučne čarape (sirovinskog sastava 100 % pamuk). Potom je provedena

stabilizacija mjernog sustava u vremenu od 20 do 30 minuta. Prema načelu rada *Toplinskog stopala* prvo je određen otpor uređaja s temeljnom čarapom (R_{ct0}) za trenutne uvjete okoline (temperatura, relativna vlažnost i brzina strujanja zraka) te je zatim postavljen ispitivani uzorak čarape i ponovno provedena stabilizacija sustava u vremenu od 20 do 30 minuta te mjeren ukupni otpor prolazu topline R_{ctu} . Iz razlike dvije mjerene vrijednosti se izračunava otpor prolazu topline ispitivanog uzorka čarape (R_{ct}) prema izrazu:

$$R_{ct} = R_{ctu} - R_{ct0} \quad (4)$$

gdje su:

R_{ct} – otpor prolazu topline ispitivane čarape [$\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$],

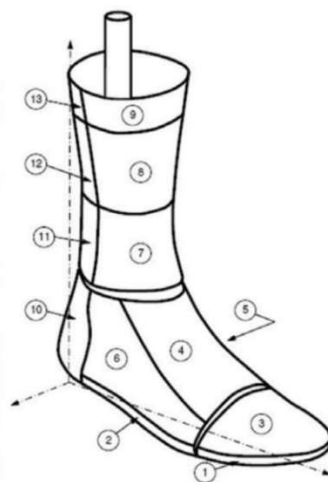
R_{ctu} – ukupni otpor prolazu topline [$\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$] i

R_{ct0} – otpor prolazu topline uređaja s temeljnom čarapom [$\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$].

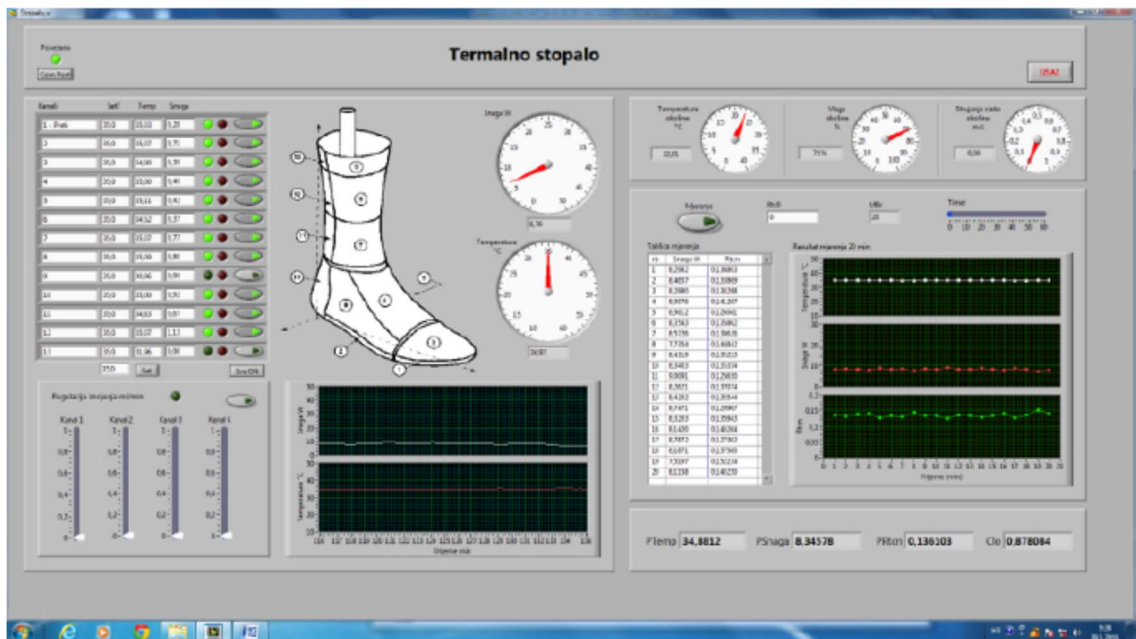
Ispitivanja su provedena na tri paralelne probe (3 čarape) za svaku ispitivanu skupinu. Ispitivanje se provodi 20 minuta za svaki uzorak čarape, a po završetku svake minute bilježe se trenutni podatci o utroška snage i otpora prolazu topline po svim segmentima. Po završetku mjerenja dobiva se prosječna vrijednost utrošene snage i prosječni otpor uređaja (otpor uređaja s temeljnom čarapom, R_{ct0}) te ukupni otpor prolazu topline (otpor uređaja, temeljne čarape i ispitivanog uzorka čarape, R_{ctu}), a na temelju rezultata bilježenih tijekom 20 minuta ispitivanja na svakom ispitivanom segmentu *Toplinskog stopala*.



a)



b)



c)

Slika 29. Toplinsko stopalo: a) mjerni segmenti Toplinskog stopala, b) ispitivanje kratke čarape na Toplinskom stopalu, c) upravljačka jedinica Toplinskog stopala

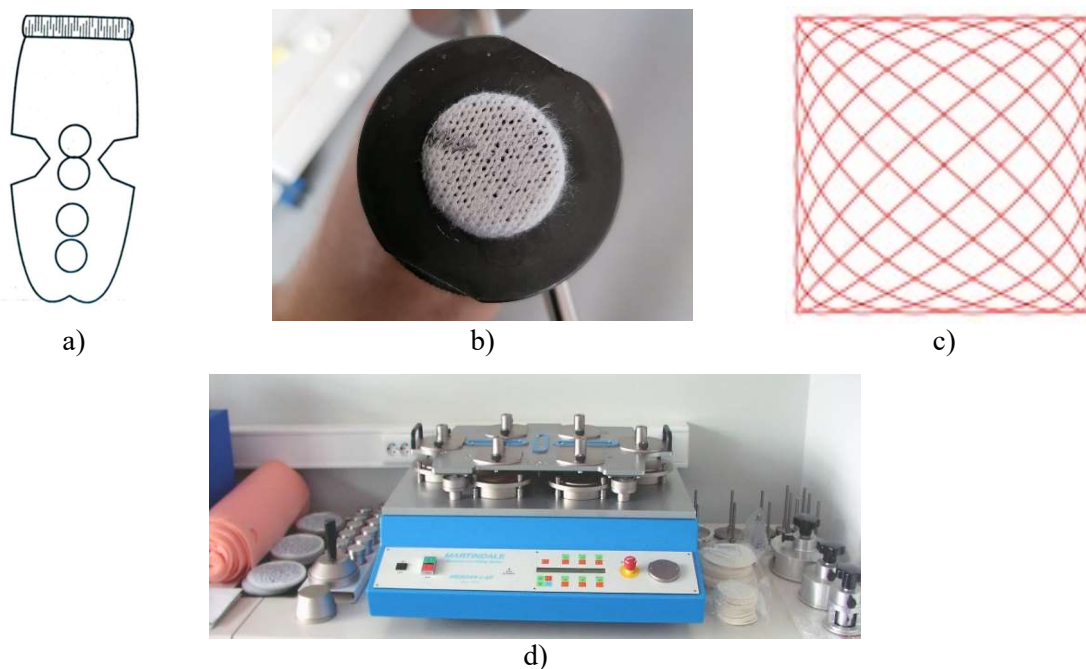
3.2.4. Ispitivanje uporabnih svojstava čarapa

U radu je vrjednovanje uporabne trajnosti čarapa provedeno ispitivanjem otpornosti pletiva čarapa na habanje, sklonosti nastajanju površinskog pilinga na pletivu čarapa i utvrđivanjem dimenzijske stabilnosti čarapa, uporabnih svojstava koja se izravno reflektiraju na estetska svojstva i trajnost čarapa. Ispitivanja su provedena prije i nakon višekратно ponovljenih uzastopnih ciklusa simulirane kućanske njege u prostoru referentne atmosfere za ispitivanje, definiranih parametara stanja zraka: relativne vlažnosti $65 \pm 4 \%$ i temperature $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$.

Otpornost pletiva čarapa na habanje

Ispitivanje i izuzimanje uzoraka za ispitivanje provedeno je prema zahtjevima norme HRN EN 13770:2008 [55] metode 1, uz uzorkovanje pletiva iz donjeg stopalnog dijela i pete čarape. Ispitivanje je provedeno primjenom habalice prema Martindale-u (Slika 30.d) postupkom prohabavanja, habanjem pletiva čarape o habajuće sredstvo - referentnu vunenu tkaninu. Ispravno gibanje habajućih glava po podlozi potvrđeno je iscrtnom Lissajous-ovom krivuljom na kontrolnom dijelu habalice (Slika 30.c). Pomoću kružnog rezača promjera 38 mm izrezana su 4 istovrsna uzorka pletiva, dva iz pete čarape i dva iz donjeg dijela stopala odn. tabanskog dijela čarape (Slika 30.a).

Prethodno se kao podložak na radno mjesto aparata postavi filc promjera 140 mm, a na habajuću glavu odnosno nosač uzorka pomoću prstena s iglicama učvrsti uzorak pletiva, uz umetnuti gumeni dodatak koji osigurava veću napetost i izbočenost uzorka pletiva tijekom ispitivanja (Slika 30.b). Nakon što se uzorci pričvrste, nosači uzoraka se optereće pripadajućim utegom od $795 \pm 7\text{ g}$ (kojim se uz masu nosača ostvaruje pritisak od 12 kPa).



Slika 30. Ispitivanje otpornosti pletiva čarapa na habanje: a) uzorkovanje, b) uzorak pripremljen za ispitivanje, c) Lissajous-ova krivulja, d) habalica prema Martindale-u

Potreban broj kontrolnih ciklusa do prohabavanja definiran je normom i prikazan u tablici 5.

Tablica 5. Kontrolni periodi tijekom ispitivanja otpornosti na habanje

| Očekivani broj habajućih ciklusa pri kojem dolazi do prohabavanja | Kontrolni period |
|---|--------------------------------|
| do 10000 | svakih 1000 habajućih ciklusa |
| više od 10000 do 15000 | svakih 2000 habajućih ciklusa |
| više od 15000 do 30000 | svakih 5000 habajućih ciklusa |
| više od 30000 | svakih 10000 habajućih ciklusa |

Po provedbi definiranog broja habajućih ciklusa potrebno je odrezati grudice zamršenih vlakana na površini ispitivanog pletiva nastalih habanjem pomoću škarica svinutog vrha

(Slika 31). Postupak habanja se završava po pojavi rupice (odn. prekida niti u pletenoj strukturi) ili vidljivog značajnog stanjenja pletiva odn. odhabavanja temeljne predene pređe i pojave zaostale sintetske podloge iz multifilamentne poliamidne pređe za platiranje (na ispitnoj površini uzorka pletiva, Slika 19.b).

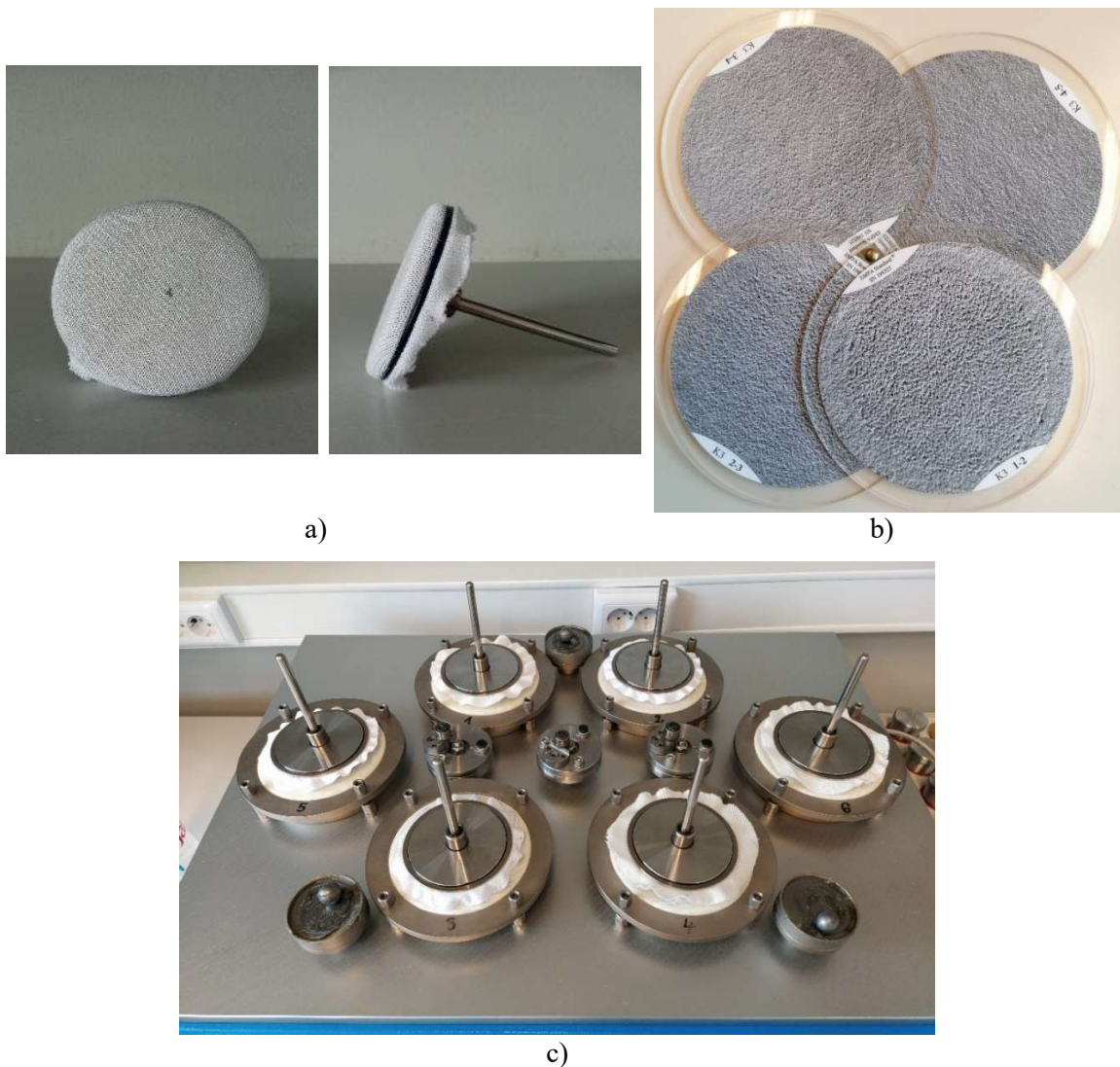


Slika 31. Rezanje grudica zamršenih vlakana na površini ispitivanog pletiva čarape [8]

Sklonost nastajanju površinskog pilinga na pletivu čarapa

Ispitivanje sklonosti nastanku površinskog pilinga na pletivu čarapa provedeno je prema preinačenoj metodi po Martindale-u u skladu s navodima norme HRN EN ISO 12945-2:2003 [62], habanjem ispitivanog uzorka pletiva čarapa o referentnu vunenu tkaninu. Pomoću kružnog rezača promjera 140 mm izuzeti su uzorci temeljnog pletiva čarapa. Prethodno se kao podložak na radno mjesto postavi filc i referentna vunena tkanina istih dimenzija, a na habajuću glavu filc promjera 90 mm. Nakon što se uzorci pletiva pričvrste, gornji nosače uzoraka se opterete utegom prstenastog oblika (masa nosača i pripadajućeg utega iznosi ca. 415 g, Slika 32.a i c), a aparat se ispravno podesi u radni položaj. Gibanjem habajuće glave po podlozi provodi se simulacija nastanka pilinga te se nakon definiranog broja habajućih ciklusa (koji za pletiva iznosi 125, 500, 1000, 2000, 5000 i 7000) vizualno daje ocjena.

Ocjena sklonosti nastajanja površinskog pilinga na pletivu čarapa donosi se uz uporabu etalona (Slika 32.b), usporedbom početnog i habanog uzorka. Ocjene su od 1 (vrlo jaki piling) do 5 (nema pilinga), a možemo dati i prijelazne ocjene, primjerice 3/4. Ocjena se provodi pod referentnim dnevnim svjetlom uz udaljenost promatrača (30 - 50 cm) od vertikalno postavljenih uzoraka.



Slika 32. Ispitivanje sklonosti nastajanju površinskog pilinga na pletivu čarapa: a) pripremljen uzorak za ispitivanje, b) uzorci na habalici prema Martindale-u, c) 2D etaloni s pripadajućom ocjenom sklonosti pilingu

Dimenzijska stabilnost čarapa

U svrhu definiranja uporabne trajnosti čarapa primjenom normiranih metoda, prilagođenih specifičnostima ispitivanih odjevnih predmeta i uvjetima njihove uporabe, u radu je utvrđena i dimenzijska stabilnost kratkih čarapa po pranju i sušenju.

Čarape su označene na način kojim je omogućeno praćenje promjena specifičnih izmjera po duljini i širini čarape (Slika 33). Mjerenje udaljenosti između naznačenih oznaka na čarapi je provedeno na početnim uzorcima kratkih čarapa te nakon jednog i pet uzastopnih ciklusa pranja i sušenja. Simulacija njege provedena je prema HRN EN ISO 6330:2012 [56], postupkom opisanim u okviru poglavlja 3.2.1. ovoga rada. Razlika

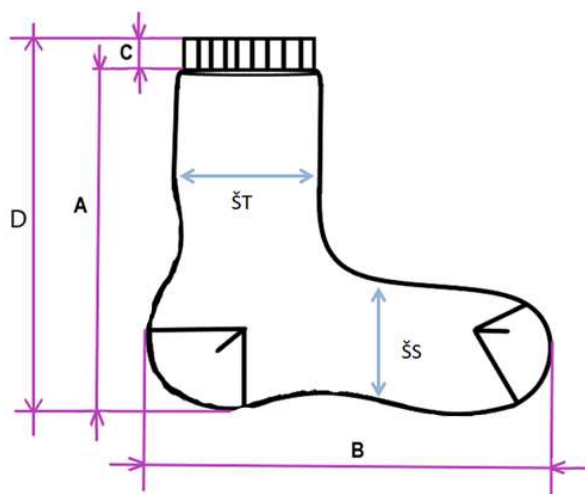
u dimenzijama po provedenoj simulaciji njege u odnosu na početnu utvrđena je na dva uzorka istovrsnih čarapa i iskazana u postocima, a izračunata prema izrazu:

$$\text{promjena dimenzije} = \frac{x_t - x_0}{x_0} \times 100 \quad (5)$$

gdje su:

x_0 - početna vrijednost izmjere,

x_t - vrijednost izmjere nakon njege.



a)



b)

Slika 33. Kratka čarapa: a) s naznačenim izmjerama (A - duljina tijela čarape, B - duljina stopalnog dijela čarape, C – duljina rendera čarape, D – zbirna vrijednost duljine tijela i rendera čarape, ŠT – širina tijela čarape (polovica opsega tijela čarape), ŠS – širina stopalnog dijela čarape (polovica opsega stopala), b) pripremljena za ispitivanje

4. REZULTATI I RASPRAVA

U okviru poglavlja 4. prikazani su i raspravljani rezultati provedenog istraživanja udobnosti i uporabne trajnosti kratkih čarapa, primjenom predložene metodologije vrjednovanja njihove kvalitete prema normiranim metodama. Rezultati su prikazani tablično i slikovno. Pritom su uzorci čarapa pripremljeni za ispitivanje izrađeni s najvećim masenim udjelom modalnih vlakana označeni oznakom MD, a uzorci s najvećim masenim udjelom modalnih mikrovlakana oznakom MMD. Oznake uzoraka i prikazanih rezultata detaljno su opisane u okviru legende ispod prikaza rezultata.

4.1. Temeljna svojstva čarapa i pletiva čarapa

U tablicama 6 - 9 prikazani su rezultati ispitivanja temeljnih svojstava čarapa i pletiva čarapa, mase čarapa (Tablica 6), plošne mase pletiva čarapa (Tablica 7), gustoće odnosno broja nizova i redova očica pletiva čarapa (Tablica 8) i debljine pletiva čarapa (Tablica 9) prije i nakon provedenih ciklusa simulirane kućanske njege, odnosno pranja i sušenja.

Tablica 6. Rezultati mase čarapa utvrđeni prije te nakon jednog i pet ciklusa kućanske njege

| Uzorak | m_0 [g] | m_1 [g] | Δm_1 [%] | m_5 [g] | Δm_5 [%] |
|---------|-----------|-----------|------------------|-----------|------------------|
| MD-P-A | 19,87 | 19,90 | 0,15 | 19,93 | 0,29 |
| MD-P-B | 22,27 | 22,32 | 0,22 | 22,36 | 0,39 |
| MD-P-C | 23,74 | 23,77 | 0,13 | 23,79 | 0,21 |
| MD-R-A | 20,10 | 20,13 | 0,15 | 20,15 | 0,27 |
| MD-R-B | 22,31 | 22,34 | 0,13 | 22,36 | 0,22 |
| MD-R-C | 23,73 | 23,77 | 0,17 | 23,80 | 0,29 |
| MD-A-A | 20,21 | 20,27 | 0,30 | 20,33 | 0,60 |
| MD-A-B | 22,63 | 22,68 | 0,22 | 22,73 | 0,46 |
| MD-A-C | 23,81 | 23,86 | 0,21 | 23,91 | 0,43 |
| MMD-P-A | 19,69 | 19,71 | 0,10 | 19,73 | 0,21 |
| MMD-P-B | 22,02 | 22,08 | 0,27 | 22,13 | 0,50 |
| MMD-P-C | 23,61 | 23,63 | 0,08 | 23,65 | 0,18 |
| MMD-R-A | 20,12 | 20,17 | 0,25 | 20,21 | 0,43 |
| MMD-R-B | 22,63 | 22,68 | 0,22 | 22,72 | 0,42 |
| MMD-R-C | 24,01 | 24,04 | 0,12 | 24,06 | 0,20 |
| MMD-A-A | 20,18 | 20,24 | 0,30 | 20,29 | 0,52 |
| MMD-A-B | 22,49 | 22,53 | 0,18 | 22,57 | 0,35 |
| MMD-A-C | 23,72 | 23,75 | 0,13 | 23,78 | 0,25 |

Legenda: MD- modal P- prstenasto A- skupina ispitivanih m_0 – masa neoprane čarape
MMD- mikromodal R- rotorsko B- skupina ispitivanih m_1 – masa čarape nakon jednog ciklusa kućanske njege
pređenje A- aerodinamičko C- skupina ispitivanih m_5 – masa čarape nakon pet ciklusa kućanske njege
pređenje čarapa Δm_1 - razlika u masi nakon jednog ciklusa kućanske njege i neoprane čarape
čarapa Δm_5 - razlika u masi nakon pet ciklusa kućanske njege i neoprane čarape

Pritom je masa čarapa i gustoća pletiva čarapa ispitana na početnim uzorcima te po jednom i pet uzastopnih ciklusa kućanske njege, a plošna masa i debljina pletiva čarapa prije nakon pet ciklusa pranja i sušenja. U svrhu utvrđivanja značajnosti nastalih promjena po simulaciji kućanske njege, izračunate su i tablično prikazane postotne razlike utvrđenih vrijednosti u odnosu na početnu vrijednost (Δ). Rezultati dobiveni na uzorcima čarapa od modalnih vlakana istaknuti su sivom bojom.

Iz rezultata prikazanih u tablici 6 vidljivo je da su čarape skupine A manje **mase** u odnosu na čarape skupine B te C koje su teže (A: oko 20 g, B: oko 22 g, C: oko 24 g). Navedeno se može obrazložiti povećanjem duljinske mase multifilamentne poliamidne pređe za platiranje (odnosno mase pređe na jediničnoj duljini) u skupina čarapa B i C te u skupine C zamjenom jedne predene pređe iz MD ili MMD vlakana duljinske mase 20 tex, predenom pamučnom predom veće duljinske mase (25 tex) u svakom redu pletiva čarape. Unutar iste skupine, sve čarape su pletene pređama jednake finoće (odnosno duljinske mase) te stoga nisu utvrđene značajne razlike u masi čarapa izrađenih od vlakana različite finoće - modalnih vlakana (1,3 dtex) i mikrovlakana (1,0 dtex). Nakon jednog i pet ciklusa kućanske njege masa svih čarapa se neznatno povećava - nakon jednog provedenog pranja i sušenja do 0,30 %, a nakon pet do 0,60 %.

Tablica 7. Rezultati plošne mase pletiva čarapa utvrđeni prije te nakon pet ciklusa kućanske njege

| Uzorak | m_{A0} [g/m ²] | m_{A5} [g/m ²] | Δm_{A5} [%] |
|---------|------------------------------|------------------------------|---------------------|
| MD-P-A | 267,97 | 295,05 | 10,11 |
| MD-P-B | 284,67 | 310,14 | 8,95 |
| MD-P-C | 292,87 | 326,66 | 11,54 |
| MD-R-A | 262,45 | 290,28 | 10,60 |
| MD-R-B | 279,88 | 327,18 | 16,90 |
| MD-R-C | 304,47 | 308,43 | 1,30 |
| MD-A-A | 261,48 | 316,56 | 21,06 |
| MD-A-B | 289,33 | 296,76 | 2,57 |
| MD-A-C | 310,77 | 329,62 | 6,07 |
| MMD-P-A | 276,45 | 300,23 | 8,60 |
| MMD-P-B | 279,63 | 294,21 | 4,96 |
| MMD-P-C | 310,05 | 354,99 | 14,49 |
| MMD-R-A | 270,71 | 295,22 | 9,05 |
| MMD-R-B | 279,67 | 316,74 | 13,25 |
| MMD-R-C | 298,83 | 323,46 | 8,24 |
| MMD-A-A | 268,43 | 299,2 | 11,46 |
| MMD-A-B | 291,59 | 306,4 | 5,08 |
| MMD-A-C | 311,64 | 331,89 | 6,50 |

Legenda: MD- modal
MMD-
mikromodal

P- prstenasto
predenje
R- rotorsko
predenje
A- aerodinamičko
predenje

A- skupina ispitivanih
čarapa
B- skupina ispitivanih
čarapa
C- skupina ispitivanih
čarapa

m_{A0} – plošna masa pletiva neoprane čarape
 m_{A5} – plošna masa pletiva čarape nakon pet
ciklusa kućanske njege
 Δm_{A5} – razlika plošne mase pletiva nakon
pet ciklusa kućanske njege i neoprane
čarape

Tablica 8. Rezultati gustoće pletiva čarapa prije te nakon jednog i pet ciklusa kućanske njege

| Uzorak | Gustoća pletiva početnih uzoraka | | Gustoća pletiva poslije 1 ciklusa njege | | Gustoća pletiva poslije 5 ciklusa njege | |
|---------|----------------------------------|-----------|---|-----------|---|-----------|
| | Nizova/cm | Redova/cm | Nizova/cm | Redova/cm | Nizova/cm | Redova/cm |
| MD-P-A | 6 | 7 | 7 | 8 | 7 | 8 |
| MD-P-B | 6 | 7 | 7 | 9 | 7 | 9 |
| MD-P-C | 6 | 7 | 6 | 8 | 6 | 8 |
| MD-R-A | 6 | 8 | 6 | 8 | 6 | 8 |
| MD-R-B | 6 | 8 | 6 | 9 | 6 | 9 |
| MD-R-C | 6 | 7 | 6 | 9 | 6 | 9 |
| MD-A-A | 6 | 7 | 6 | 9 | 6 | 9 |
| MD-A-B | 6 | 7 | 6 | 8 | 6 | 8 |
| MD-A-C | 6 | 7 | 6 | 8 | 6 | 8 |
| MMD-P-A | 6 | 8 | 7 | 8 | 7 | 8 |
| MMD-P-B | 6 | 8 | 7 | 8 | 7 | 8 |
| MMD-P-C | 6 | 8 | 6 | 8 | 6 | 8 |
| MMD-R-A | 6 | 8 | 6 | 9 | 6 | 9 |
| MMD-R-B | 6 | 7 | 7 | 8 | 7 | 8 |
| MMD-R-C | 6 | 7 | 6 | 8 | 6 | 8 |
| MMD-A-A | 6 | 8 | 6 | 8 | 6 | 8 |
| MMD-A-B | 6 | 7 | 6 | 9 | 6 | 9 |
| MMD-A-C | 6 | 7 | 6 | 8 | 6 | 8 |

Legenda: MD- modal P- prstenasto pređenje A- skupina ispitivanih čarapa
MMD- mikromodal R- rotorsko pređenje B- skupina ispitivanih čarapa
A- aerodinamičko pređenje C- skupina ispitivanih čarapa

Broj nizova očica pletiva u svih početnih uzoraka čarapa je jednak i iznosi 6 nizova po centimetru, dok se broj redova očica minimalno razlikuje i iznosi 7 ili 8 redova po centimetru. Po jednom provedenom ciklusu kućanske njege dolazi do skupljanja pletiva koje je značajnije u smjeru duljine čarapa i zabilježeno je kod svih ispitivanih uzoraka (u iznosu 8 ili 9 redova očica /cm). Nakon pet provedenih pet ciklusa simulirane njege nisu utvrđene dodatne promjene u gustoći pletiva ispitivanih uzoraka čarapa (Tablica 8).

Analizom dobivenih rezultata **plošne mase** (Tablica 7) i **debljine** pletiva čarapa (Tablica 9) vidljivo je da se u početnih uzoraka čarapa skupine A utvrđene niže vrijednosti u odnosu na čarape skupine B te C, što je moguće obrazložiti finoćom pređa primijenjenih u njihovu pletenju i povezati s prethodno raspravljenim rezultatima mase čarapa prikazanih u tablici 6. Iz navedenog proizlazi da su čarape skupine C najdeblje i najpunije. Unutar iste skupine (A, B ili C), za sve čarape pletene pređama jednake duljinske mase nisu utvrđene značajne razlike u utvrđenim vrijednostima plošne mase i debljine pletiva čarapa. Nakon pet ciklusa kućanske njege plošna masa i debljina svih čarapa se značajnije povećava (do 21,06 %, odnosno 16,84 %), što također potvrđuje da je došlo do skupljanja pletiva čarapa i povećanja zbijenosti strukture.

Uz prosječne rezultate debljine pletiva čarapa prije i nakon simulacije kućanske njege, u tablici 9 dane su i vrijednosti pripadajućeg koeficijenta varijacije kao mjerila rasipanja mjernih rezultata, a iskazane u postocima. Nakon pet provedenih ciklusa pranja i sušenja, sveobuhvatno gledajući, bilježi se manje odstupanje vrijednosti koeficijenta varijacije između pojedinih uzoraka pletiva čarapa, što ukazuje na veću jednolikost strukture pletiva čarapa po provedenoj njezi.

Tablica 9. Rezultati debljine pletiva čarapa utvrđeni prije te nakon pet ciklusa kućanske njege

| Uzorak | \bar{d}_0 [mm] | CV [%] | \bar{d}_5 [mm] | CV [%] | $\Delta\bar{d}_5$ [%] |
|---------|------------------|--------|------------------|--------|-----------------------|
| MD-P-A | 0,88 | 5,70 | 1,02 | 2,96 | 15,91 |
| MD-P-B | 0,95 | 3,01 | 1,11 | 2,70 | 16,84 |
| MD-P-C | 1,01 | 3,24 | 1,15 | 2,81 | 13,86 |
| MD-R-A | 0,90 | 4,68 | 1,00 | 3,37 | 11,11 |
| MD-R-B | 0,99 | 3,91 | 1,09 | 2,80 | 10,10 |
| MD-R-C | 1,06 | 1,30 | 1,13 | 2,45 | 6,60 |
| MD-A-A | 0,93 | 4,33 | 1,08 | 4,44 | 16,13 |
| MD-A-B | 1,00 | 3,97 | 1,08 | 1,77 | 8,00 |
| MD-A-C | 1,04 | 3,26 | 1,12 | 4,36 | 7,69 |
| MMD-P-A | 0,90 | 9,32 | 0,94 | 2,93 | 4,44 |
| MMD-P-B | 0,96 | 4,80 | 1,01 | 4,63 | 5,21 |
| MMD-P-C | 1,01 | 1,14 | 1,10 | 3,45 | 8,91 |
| MMD-R-A | 0,86 | 4,60 | 1,00 | 2,71 | 16,28 |
| MMD-R-B | 0,97 | 2,94 | 1,01 | 1,86 | 4,12 |
| MMD-R-C | 0,98 | 2,97 | 1,10 | 1,86 | 12,24 |
| MMD-A-A | 0,92 | 3,23 | 1,00 | 3,29 | 8,70 |
| MMD-A-B | 0,96 | 3,29 | 1,04 | 3,92 | 8,33 |
| MMD-A-C | 1,02 | 3,97 | 1,12 | 2,16 | 9,80 |

Legenda: MD- modal P- prstenasto A- skupina ispitivanih čarapa d_0 – početna prosječna debljina pletiva čarape
MMD- mikromodal R- rotorsko pređenje B- skupina ispitivanih čarapa \bar{d}_5 – prosječna debljina pletiva čarape nakon pet ciklusa kućanske njege
A- aerodinamičko pređenje C- skupina ispitivanih čarapa $\Delta\bar{d}_5$ – razlika debljine pletiva čarape nakon pet ciklusa kućanske njege i neoprane čarape
CV – koeficijent varijacije

4.2. Udobnost čarapa

U tablicama 10 - 14 prikazani su rezultati vrjednovanja udobnosti čarapa ispitivanjem sposobnosti apsorpcije vlage pletiva čarapa (Tablica 10), zrakopropusnosti pletiva čarapa (Tablice 11 i 12) i toplinske udobnosti čarapa mjerene izravno na Toplinskom stopalu utvrđivanjem otpora prolasku topline (Tablice 13 i 14, Slike 34 i 35). Ispitivanja su provedena na početnim uzorcima čarapa i nakon pet provedenih ciklusa simulirane kućanske njege - pranja i sušenja. Također su u svrhu utvrđivanja značajnosti nastalih

promjena po simulaciji kućanske njege, u tablicama 10 – 12 izračunate i tablično prikazane postotne razlike utvrđenih vrijednosti u odnosu na početnu vrijednost (Δ). Rezultati dobiveni na uzorcima čarapa izrađenih u najvećem masenom udjelu od modalnih vlakana u tablicama su istaknuti sivom bojom.

Tablica 10. Rezultati apsorbirane (ravnotežne) vlage pletiva čarapa prije te nakon pet ciklusa kućanske njege

| Uzorak | V_{r0} [%] | V_{r5} [%] | ΔV_{r5} [%] |
|----------------|--------------|--------------|---------------------|
| MD-P-A | 9,29 | 9,93 | 6,91 |
| MD-P-B | 8,19 | 9,37 | 14,43 |
| MD-P-C | 7,13 | 8,19 | 14,86 |
| MD-R-A | 9,42 | 9,76 | 3,58 |
| MD-R-B | 8,29 | 9,34 | 12,62 |
| MD-R-C | 7,12 | 9,11 | 27,84 |
| MD-A-A | 9,13 | 9,26 | 1,36 |
| MD-A-B | 8,19 | 9,69 | 18,36 |
| MD-A-C | 6,82 | 7,91 | 16,05 |
| MMD-P-A | 9,63 | 9,65 | 0,19 |
| MMD-P-B | 8,39 | 9,79 | 16,77 |
| MMD-P-C | 7,24 | 7,57 | 4,66 |
| MMD-R-A | 9,30 | 9,75 | 4,89 |
| MMD-R-B | 8,37 | 9,12 | 8,93 |
| MMD-R-C | 7,12 | 8,05 | 13,04 |
| MD-A-A | 9,26 | 9,69 | 4,66 |
| MMD-A-B | 8,38 | 9,09 | 8,49 |
| MMD-A-C | 6,78 | 7,91 | 16,72 |

Legenda: MD- modal
MMD- mikromodal
P- prstenasto predenje
R- rotorsko predenje
A- aerodinamičko predenje
A- skupina ispitivanih čarapa
B- skupina ispitivanih čarapa
C- skupina ispitivanih čarapa
 R_0 –apsorbirana vlaga početnih uzoraka
 R_5 – apsorbirana vlaga nakon pet ciklusa kućanske njege
 ΔR_5 – razlika apsorbirane vlage pletiva čarape nakon pet ciklusa kućanske njege i neoprane čarape

Kako je udobnost odijevanja moguće ocijeniti neizravnim metodama ispitivanja, dakle mjerenjem pojedinačnih svojstava koja utječu na osjet veće ili manje udobnosti, u radu je provedeno ispitivanje **spособnosti apsorpcije vlage** pletiva čarapa. Apsorbirana (ravnotežna) vlaga iskazana je kao repriza u odnosu na apsolutno suhu masu pletiva čarape.

Analizom rezultata prikazanih u tablici 10, vidljivo je da je sposobnost upijanja vlage početnih uzoraka čarapa najveća u čarapa serije A. Povećanjem debljine i plošne mase uzoraka (dakle ispunjenosti pletene strukture čarapa) u čarapa serije B i C smanjuju se vrijednosti utvrđene vlage prisutne u pletivu čarape pri referentnim atmosferskim

uvjetima. Navedeno je moguće obrazložiti i većom duljinskom masom poliamidne pređe primijenjene za platiranje kod uzoraka čarapa skupine B i C (finoće 220 dtex), u odnosu na čarape skupine A (156 dtex), što je opisano u Tablici 4. Dodatno uvođenjem pamučne pređe kod uzoraka čarapa skupine C i promjenom sirovinskog sastava čarape, dakle smanjenjem postotnog udjela modalnih vlakana ili mikrovlakana, u čarapa skupine C dolazi do smanjenja apsorbirane vlage za oko 2 % u odnosu na čarape skupine A. To je moguće obrazložiti i činjenicom da repriza modalnih vlakana iznosi 12,5 %, a pamučnih 8,5 % (Tablica 1) te većom duljinskom masom primijenjene pamučne pređe.

Po provedenih pet uzastopnih ciklusa pranja i sušenja, sposobnost upijanja vlage pletiva svih uzoraka čarapa se povećava, što zasigurno utječe na osjet veće udobnosti uslijed znojenja. Pritom su postotne vrijednosti razlike u odnosu na početnu vrijednost apsorbirane vlage veće kod uzoraka skupine B i C, što znači da po provedenoj njezi dolazi do relaksiranja gusto pletene strukture pletiva čarapa i povećanja prijemčivosti vlage. Unatoč tome, rezultati apsorbirane vlage pletiva čarapa skupine C su manji i iznose oko 8 %, u usporedbi s čarapama pletenih s najvećim masenim udjelom modala (MD i MMD) koji iznose oko 9,5 %.

Čarape koje su u izravnom dodiru s kožom stopala i donjim dijelom noge moraju omogućiti što učinkovitije isparavanje znoja, pri čemu pletivo čarape mora imati dobru poroznost i osigurati autoprozračivanje kako bi se tijekom pokretanja tijela, mogla odvijati difuzija vlage (vodene pare) kroz pore u pletivu iz mikroklimi stvorene uz kožu prema okolini. **Zrakopropusnost** pletiva (ili propustljivost zraka) je određena je brojem, količinom i veličinom pora unutar strukture pletiva čarapa. Dobiveni rezultati su prikazani u tablicama 11 i 12 te iskazani u mm/s prema naputcima norme [61] u tablici 11, a zbog lakšeg tumačenja rezultata i u $\text{dm}^3/\text{min cm}^2$ (Tablica 12), uz pripadajuće vrijednosti koeficijenta varijacije.

Iz rezultata prikazanih u tablicama 11 i 12 je razvidno da svi početni uzorci pletiva čarapa serije A pokazuju najviše vrijednosti propustljivosti zraka te stoga imaju najveću poroznost i sposobnost autoprozračivanja. Povećanjem mase čarape te debljine i plošne mase pletiva, odnosno ispunjenosti njezine strukture zrakopropusnost pletiva čarapa skupine B i C se smanjuje.

Tablica 11. Rezultati propustljivosti zraka pletiva čarapa prije te nakon pet ciklusa kućanske njege iskazani u mm/s

| Uzorak | Zrakopropusnost [mm/s] | | Zrakopropusnost [mm/s] | | $\Delta\bar{X}_5$ [%] |
|---------|------------------------|--------|------------------------|--------|-----------------------|
| | \bar{X}_0 | CV [%] | \bar{X}_5 | CV [%] | |
| MD-P-A | 1300,1 | 9,30 | 1115,4 | 13,40 | -14,23 |
| MD-P-B | 952,3 | 14,39 | 682,8 | 9,92 | -28,31 |
| MD-P-C | 898,0 | 11,80 | 652,6 | 8,76 | -27,33 |
| MD-R-A | 1227,8 | 8,49 | 880,9 | 6,59 | -28,24 |
| MD-R-B | 1073,4 | 13,52 | 624,1 | 15,17 | -41,85 |
| MD-R-C | 974,5 | 13,75 | 851,9 | 10,29 | -12,58 |
| MD-A-A | 1463,5 | 13,08 | 1309,0 | 13,74 | -10,57 |
| MD-A-B | 1105,2 | 9,79 | 834,5 | 15,17 | -24,51 |
| MD-A-C | 1124,6 | 12,25 | 699,2 | 14,19 | -37,84 |
| MMD-P-A | 980,0 | 8,59 | 760,6 | 8,69 | -22,39 |
| MMD-P-B | 899,9 | 9,54 | 709,3 | 3,47 | -21,16 |
| MMD-P-C | 906,2 | 10,00 | 665,7 | 6,04 | -26,54 |
| MMD-R-A | 1351,9 | 15,55 | 578,7 | 37,21 | -57,19 |
| MMD-R-B | 1208,4 | 9,37 | 745,2 | 15,27 | -38,34 |
| MMD-R-C | 1037,2 | 9,61 | 645,1 | 19,37 | -37,81 |
| MMD-A-A | 1117,1 | 8,61 | 925,0 | 10,68 | -17,19 |
| MMD-A-B | 1040,9 | 11,69 | 856,2 | 9,33 | -17,75 |
| MMD-A-C | 883,0 | 13,11 | 715,2 | 14,08 | -19,02 |

Legenda: MD- modal P- prstenasto pređenje A- skupina ispitivanih čarapa \bar{x}_0 – početna zrakopropusnost pletiva čarape
MMD- mikromodal R- rotorsko pređenje B- skupina ispitivanih čarapa \bar{x}_5 – zrakopropusnost pletiva čarape nakon pet ciklusa kućanske njege
A- aerodinamičko pređenje C- skupina ispitivanih čarapa Δx_5 – razlika zrakopropusnosti pletiva nakon pet ciklusa kućanske njege i neoprane čarape
CV – koeficijent varijacije

Po provedenih pet uzastopnih ciklusa pranja i sušenja, zrakopropusnost pletiva svih uzoraka čarapa se značajno smanjuje zbog skupljanja i relaksiranja napetosti u pletivu, na što ukazuju i utvrđene postotne vrijednosti razlike u odnosu na vrijednosti zrakopropusnosti početnih uzoraka prikazane u tablicama 11 i 12. Valja istaknuti da se zrakopropusnost pletiva ispituje u nerastegnutom stanju na relativno maloj površini od 5 cm². Stoga su i utvrđene vrijednosti koeficijenta varijacije u pojedinim čarapa relativno visoke.

S obzirom na činjenicu da su u radu ispitivane deblje i punije čarape smanjenje propustljivosti zraka u hladnijem periodu godine može biti i prednost. No, kako su sve čarape elastične zbog dodatka platirne paliamidne multifilamentne tekstuirane pređe u svaki red pletiva čarapa, one će se na stopalu korisnika rastegnuti, a poroznost čarape i autoprozračivanje povećati, što će pozitivno utjecati na osjet veće udobnosti odijevanja.

Tablica 12. Rezultati propustljivosti zraka pletiva čarapa prije te nakon pet ciklusa kućanske njege iskazani u $\text{dm}^3/\text{min cm}^2$

| Uzorak | Zrakopropusnost [(dm^3/min)/ cm^2] | | Zrakopropusnost [(dm^3/min)/ cm^2] | | $\Delta\bar{x}_5$ [%] |
|---------|---|--------|---|--------|-----------------------|
| | \bar{x}_0 | CV [%] | \bar{x}_5 | CV [%] | |
| MD-P-A | 38,93 | 9,30 | 33,39 | 13,40 | -14,23 |
| MD-P-B | 28,51 | 14,39 | 20,44 | 9,92 | -28,31 |
| MD-P-C | 26,89 | 11,80 | 19,54 | 8,76 | -27,33 |
| MD-R-A | 36,76 | 8,49 | 26,38 | 6,59 | -28,24 |
| MD-R-B | 32,14 | 13,52 | 18,69 | 15,17 | -41,85 |
| MD-R-C | 29,18 | 13,75 | 25,51 | 10,29 | -12,58 |
| MD-A-A | 43,82 | 13,08 | 39,19 | 13,74 | -10,57 |
| MD-A-B | 33,09 | 9,79 | 24,98 | 15,17 | -24,51 |
| MD-A-C | 33,67 | 12,25 | 20,93 | 14,19 | -37,84 |
| MMD-P-A | 29,34 | 8,59 | 22,77 | 8,69 | -22,39 |
| MMD-P-B | 26,94 | 9,54 | 21,24 | 3,47 | -21,16 |
| MMD-P-C | 27,13 | 10,00 | 19,93 | 6,04 | -26,54 |
| MMD-R-A | 40,48 | 15,55 | 17,33 | 37,21 | -57,19 |
| MMD-R-B | 36,18 | 9,37 | 22,31 | 15,27 | -38,34 |
| MMD-R-C | 31,05 | 9,61 | 19,31 | 19,37 | -37,81 |
| MMD-A-A | 33,45 | 8,61 | 27,70 | 10,68 | -17,19 |
| MMD-A-B | 31,16 | 11,69 | 25,63 | 9,33 | -17,75 |
| MMD-A-C | 26,44 | 13,11 | 21,41 | 14,08 | -19,02 |

Legenda: MD- modal P- prstenasto A- skupina ispitivanih \bar{x}_0 – početna zrakopropusnost pletiva čarape
MMD- mikromodal predenje R- rotorsko B- skupina ispitivanih \bar{x}_5 – zrakopropusnost pletiva čarape nakon pet ciklusa kućanske njege
A- aerodinamičko predenje C- skupina ispitivanih Δx_5 – razlika zrakopropusnosti pletiva nakon pet ciklusa kućanske njege i neoprane čarape
CV – koeficijent varijacije

Termofiziološka udobnost vrjednovana je i izravno na *Toplinskom stopalu*, utvrđivanjem **toplinske udobnosti** odn. sposobnosti zadržavanja topline ispitivanih uzoraka čarapa. Ispitivanja su provedena prije i nakon pet ponovljenih uzastopnih ciklusa simulirane kućanske njege. U tablicama 13 i 14 prikazane su prosječne vrijednosti otpora prolazu topline, kao jednog od glavnih objektivnih termofizioloških parametara ocjene udobnosti nošenja odjevnih predmeta koji se odijevaju neposredno uz kožu i to: vrijednosti ukupnog otpora prolazu topline R_{ctu} (koje uključuju otpor uređaja, temeljne čarape i ispitivanog uzorka čarape) za definirane uvjete okoline (temperatura, relativna vlažnost i brzina strujanja zraka) te izračunate vrijednosti otpora prolazu topline ispitivanog uzorka čarape (R_{ct}). U cilju lakšeg praćenja rezultata izračunate su i tablično prikazane vrijednosti postotnog udjela otpora prolazu topline ispitivanih čarapa u ukupnom otporu prolazu topline.

Tablica 13. Rezultati otpora prolazu topline početnih uzoraka čarapa

| Uzorak | R_{ctu} [m ² °C W ⁻¹] | R_{ct} [m ² °C W ⁻¹] | $(R_{ct}/R_{ctu}) \cdot 100$ [%] |
|---------|---|--|-------------------------------------|
| MD-P-A | 0,159141 | 0,01178 | 7,41 |
| MD-P-B | 0,156736 | 0,01684 | 10,75 |
| MD-P-C | 0,171469 | 0,01670 | 9,74 |
| MD-R-A | 0,156630 | 0,01673 | 10,68 |
| MD-R-B | 0,161756 | 0,01440 | 8,90 |
| MD-R-C | 0,169190 | 0,01774 | 10,49 |
| MD-A-A | 0,160509 | 0,01315 | 8,20 |
| MD-A-B | 0,157280 | 0,01317 | 8,38 |
| MD-A-C | 0,154633 | 0,01473 | 9,53 |
| MMD-P-A | 0,150828 | 0,02558 | 16,96 |
| MMD-P-B | 0,156350 | 0,03110 | 19,89 |
| MMD-P-C | 0,153587 | 0,02354 | 15,33 |
| MMD-R-A | 0,157765 | 0,03251 | 20,61 |
| MMD-R-B | 0,154967 | 0,02971 | 19,17 |
| MMD-R-C | 0,157111 | 0,02706 | 17,23 |
| MMD-A-A | 0,152931 | 0,02768 | 18,10 |
| MMD-A-B | 0,152717 | 0,02587 | 16,94 |
| MMD-A-C | 0,153845 | 0,02380 | 15,47 |

Legenda: MD- modal P- prstenasto A- skupina ispitivanih R_{ctu} - ukupni otpor prolazu topline
MMD- predenje čarapa R_{ct} - otpor prolazu topline čarape
mikromodal R- rotorsko B- skupina ispitivanih $(R_{ct}/R_{ctu}) \cdot 100$ – udio otpora prolazu topline
predenje čarape u ukupnom otporu prolazu topline
A- aerodinamičko C- skupina ispitivanih čarapa
predenje čarapa

Tablica 14. Rezultati otpora prolazu topline uzoraka čarapa nakon pet ciklusa kućanske njege

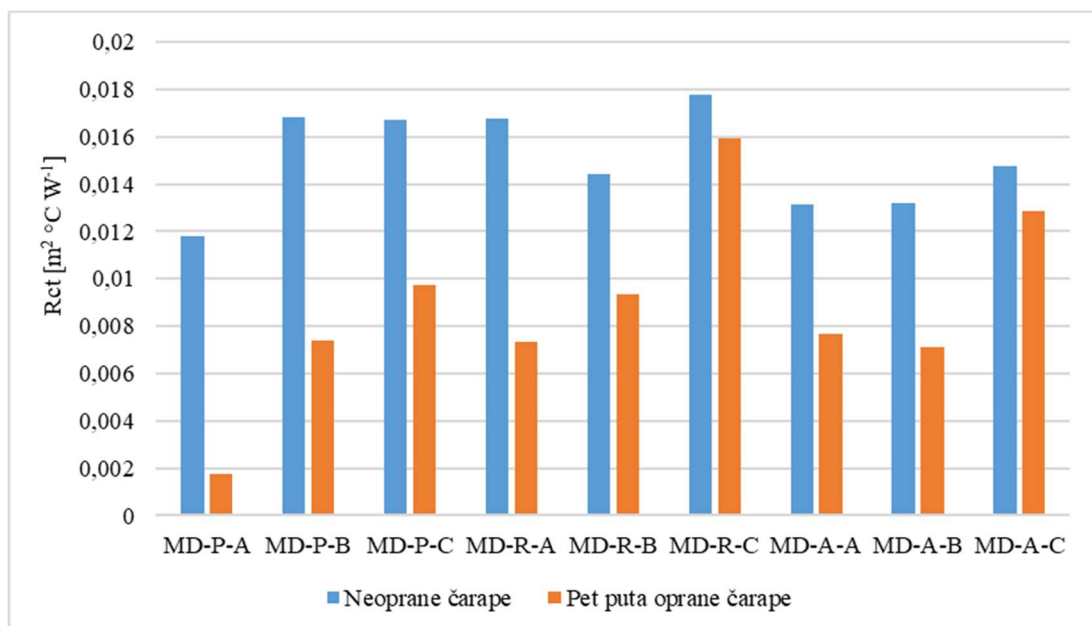
| Uzorak | R_{ctu} [m ² °C W ⁻¹] | R_{ct} [m ² °C W ⁻¹] | $(R_{ct}/R_{ctu}) \cdot 100$ [%] |
|---------|---|--|-------------------------------------|
| MD-P-A | 0,14074 | 0,00178 | 1,27 |
| MD-P-B | 0,14633 | 0,00737 | 5,04 |
| MD-P-C | 0,14868 | 0,00972 | 6,54 |
| MD-R-A | 0,14627 | 0,00731 | 5,00 |
| MD-R-B | 0,14829 | 0,00933 | 6,29 |
| MD-R-C | 0,14876 | 0,01590 | 10,69 |
| MD-A-A | 0,15107 | 0,00765 | 5,07 |
| MD-A-B | 0,15055 | 0,00713 | 4,74 |
| MD-A-C | 0,15178 | 0,01283 | 8,45 |
| MMD-P-A | 0,141656 | 0,01778 | 12,55 |
| MMD-P-B | 0,145756 | 0,02188 | 15,01 |
| MMD-P-C | 0,147328 | 0,01910 | 12,96 |
| MMD-R-A | 0,144028 | 0,02015 | 13,99 |
| MMD-R-B | 0,145214 | 0,02134 | 14,70 |
| MMD-R-C | 0,154215 | 0,02598 | 16,85 |
| MMD-A-A | 0,144097 | 0,02022 | 14,03 |
| MMD-A-B | 0,147156 | 0,02328 | 15,82 |
| MMD-A-C | 0,152560 | 0,02433 | 15,95 |

Legenda: MD- modal P- prstenasto R_{ctu} - ukupni otpor prolazu topline
MMD- predenje čarape R_{ct} - otpor prolazu topline čarape
mikromodal R- rotorsko B- skupina ispitivanih $(R_{ct}/R_{ctu}) \cdot 100$ – udio otpora prolazu topline
predenje čarape u ukupnom otporu prolazu topline
A- aerodinamičko C- skupina ispitivanih čarapa
predenje čarapa

Iz rezultata prikazanih u tablici 13, vidljivo je da svi početni uzorci čarapa izrađeni u najvećem masenom udjelu od modalnih mikrovlakana (MMD) pružaju veći otpor prolazu topline od čarapa izrađenih u najvećem masenom udjelu od modalnih vlakana (MD). Navedeno ukazuje da finoća vlakana značajno utječe na dobivene rezultate, što je moguće obrazložiti činjenicom da se u primijenjenoj predenoj pređi od mikrovlakana finoće odn. duljinske mase 20 tex, na jediničnoj duljini nalazi veći broj vlakana, a uslijed čega se povećava specifična površina te i otpor prolazu topline.

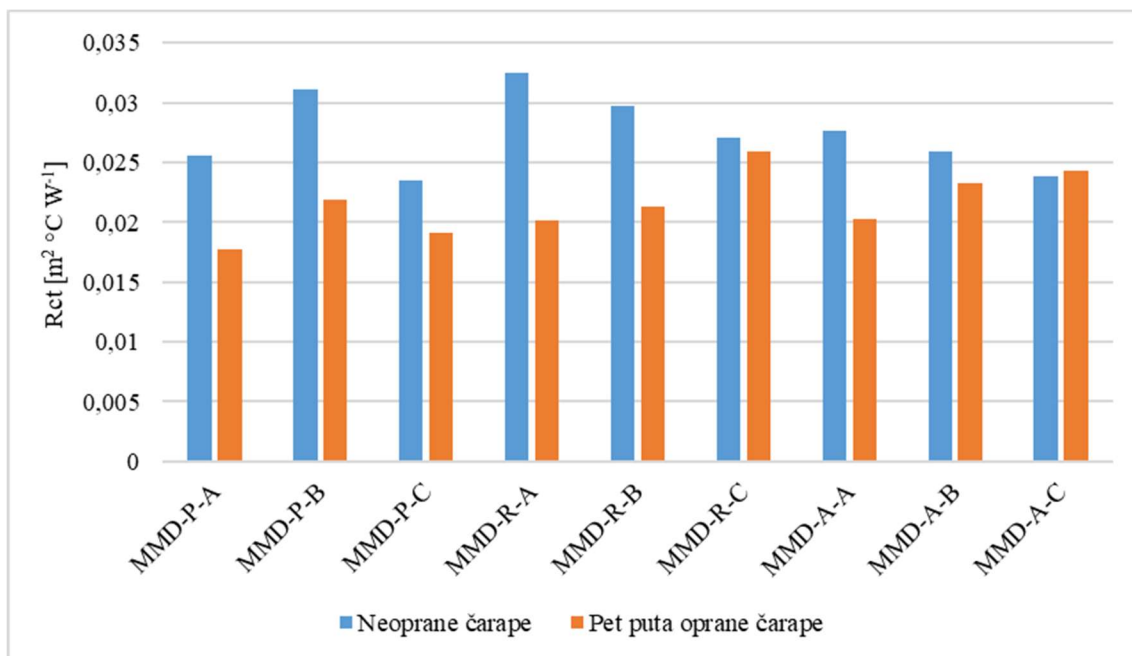
Jednaka slijednost rezultata bilježi se i kod istih ispitivanih čarapa nakon provedenih uzastopnih pet ciklusa kućanske njege (Tablica 14). Vrijednosti postotnog udjela otpora prolazu topline ispitivanih čarapa u ukupnom otporu prolazu topline, nakon simulacije njege, su kod punijih uzoraka čarapa serija B i C, u pravilu, veće u odnosu na finije čarape serije A.

Valja istaknuti da se po provedenih pet ciklusa simulirane kućanske njege sve ispitivane čarape skupljaju (potvrđeno u okviru točke 3.3. rada), ali i da po postavljanju čarapa na Toplinsko stopalo (kao i odijevanjem na stopalu korisnika), zbog elastičnosti pletiva, dolazi do njihova istežanja. Time se otvorena poroznost pletiva čarapa i autoprozračivanje povećava. Navedeno pozitivno utječe na osjet udobnosti, a očituje se i manjim otporom prolazu topline svih ispitivanih uzoraka čarapa po provedenoj kućanskoj njezi (Slike 34 i 35).



Slika 34. Prikaz vrijednosti otpora prolazu topline čarapa izrađenih u najvećem masenom udjelu od pređa iz modalnih vlakana (MD) prije i nakon pet uzastopnih ciklusa kućanske njege

Iz rezultata prikazanih na slici 35 je također jasno vidljivo da svi uzorci čarapa izrađeni u najvećem masenom udjelu od modalnih mikrovlakana pružaju veći otpor prolazu topline u usporedbi s čarapama izrađenih u najvećem masenom udjelu od modalnih vlakana (Slika 34).



Slika 35. Prikaz vrijednosti otpora prolazu topline čarapa izrađenih u najvećem masenom udjelu od pređa iz modalnih mikrovlakana (MMD) prije i nakon pet uzastopnih ciklusa kućanske njege

4.3. Uporabna svojstava čarapa

U tablicama 15 - 22 prikazani su rezultati vrjednovanja uporabne trajnosti čarapa ispitivanjem otpornosti pletiva čarapa na habanje (Tablica 15), sklonosti nastajanju površinskog pilinga na pletivu čarapa (Tablice 22 i 23) i utvrđivanjem dimenzijske stabilnosti čarapa (Tablice 25 – 29). Pritom su rezultati dobiveni na uzorcima čarapa izrađeni u najvećem masenom udjelu od modalnih vlakana u tablicama istaknuti sivom bojom. Kako se otpornost na habanje i sklonost nastajanju površinskog pilinga pletiva čarapa izravno reflektiraju na estetska svojstva i trajnost čarapa, zbog vjernijeg pojašnjenja dobivenih rezultata, u tabličnom prikazu priložene su i slike uzoraka pletiva nastale tijekom ispitivanja (Tablice 16 – 21 i 24).

Tijekom ispitivanja **otpornosti pletiva na habanje** uz veću napetost ispitnog uzorka pletiva na gumenim podloškom izbočenom središnjem dijelu habajuće glave u dodiru s habajućim sredstvom se vjerno simulira opterećenje pletiva čarape tijekom nošenja u

kontakta s primjerice unutarnjim dijelom gornjišta obuće ili uložnom tabanicom. Do prohabavanja čarapa najčešće dolazi na donjem stopalnom (tabanskom) dijelu čarape i području pete uslijed trošenja pletiva. Stoga su dobiveni rezultati ispitivanja otpornosti na habanje pletiva na uzorcima izuzetim iz stopalnog dijela i pete čarapa prikazani u tablici 15. Kod svih ispitivanih uzoraka pletiva postupak ispitivanja je završen značajnim stanjenjem pletiva odn. odhabavanjem temeljne predene pređe i pojave zaostale sintetske podloge iz multifilamentne poliamidne pređe za platiranje (što je razvidno iz slika prikazanih u tablicama 16 - 21.

Tablica 15. Rezultati ispitivanja otpornosti pletiva čarapa na habanje metodom prohabavanja dobiveni prije te nakon pet ciklusa kućanske njege

| Uzorak | Broj habajućih ciklusa do značajnog stanjenja | | | |
|---------|---|---------|----------------------------|---------|
| | Početni uzorci | | Poslije 5 pranja i sušenja | |
| | peta | stopalo | peta | stopalo |
| MD-P-A | 18 000 | 16 000 | 30 000 | 40 000 |
| MD-P-B | 14 000 | 14 000 | 40 000 | 40 000 |
| MD-P-C | 16 000 | 16 000 | 40 000 | 35 000 |
| MD-R-A | 15 000 | 15 000 | 30 000 | 30 000 |
| MD-R-B | 14 000 | 16 000 | 30 000 | 35 000 |
| MD-R-C | 12 000 | 12 000 | 30 000 | 30 000 |
| MD-A-A | 12 000 | 14 000 | 25 000 | 40 000 |
| MD-A-B | 8000 | 12 000 | 35 000 | 35 000 |
| MD-A-C | 12 000 | 12 000 | 40 000 | 40 000 |
| MMD-P-A | 12 000 | 8000 | 40 000 | 35 000 |
| MMD-P-B | 16 000 | 14 000 | 40 000 | 35 000 |
| MMD-P-C | 6000 | 6000 | 25 000 | 30 000 |
| MMD-R-A | 12 000 | 12 000 | 30 000 | 30 000 |
| MMD-R-B | 18 000 | 18 000 | 40 000 | 35 000 |
| MMD-R-C | 8000 | 6000 | 30 000 | 25 000 |
| MMD-A-A | 12 000 | 10 000 | 25 000 | 20 000 |
| MMD-A-B | 10 000 | 10 000 | 35 000 | 30 000 |
| MMD-A-C | 12 000 | 10 000 | 35 000 | 30 000 |

Legenda: MD- modal P- prstenasto pređenje A- skupina ispitivanih čarapa
MMD- mikromodal R- rotorsko pređenje B- skupina ispitivanih čarapa
A- aerodinamičko pređenje C- skupina ispitivanih čarapa




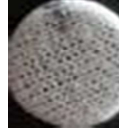



















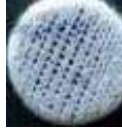
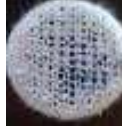
Iz prikazanih rezultata u tablici 15 je također razvidno da sirovinski sastav pletiva odn. finoća primijenjenih regeneriranih celuloznih vlakana utječu na otpornost pletiva čarapa na habanje. Pletiva uzoraka čarapa, prije simulacije njege, izrađena u najvećem masenom udjelu iz modalnih mikrovlakana finoće 1 dtex su manje otpornosti na habanje u odnosu na istovrsna izrađena iz modalnih vlakana finoće 1,3 dtex-a. Iako se u strukturi pređe izrađene iz mikrovlakana u jedinici duljinske mase nalazi veći broj vlakana, očito je da neovisno o tipu primijenjene pređe odn. postupku njezinog pređenja, u pređenih pređa iz mikrovlakana dolazi do lakšeg površinskog odhabavanja.

Tablica 16. Izgled uzoraka pletiva čarapa serije A s većinskim masenim udjelom modalnih vlakana tijekom ciklusa habanja _1. dio

| Broj ciklusa | MD-P-A | | | | MD-R-A | | | |
|--------------|----------------|------|--------------------|------|----------------|------|--------------------|------|
| | Početni uzorci | | Nakon petog pranja | | Početni uzorci | | Nakon petog pranja | |
| | Stopalo | Peta | Stopalo | Peta | Stopalo | Peta | Stopalo | Peta |
| 0 | | | | | | | | |
| 4000 | | | | | | | | |
| 8000 | | | | | | | | |
| 12000 | | | | | | | | |
| 15000 | | | | | | | | |
| 20000 | | | | | | | | |
| 25000 | | | | | | | | |
| 30000 | | | | | | | | |
| 35000 | | | | | | | | |
| 40000 | | | | | | | | |

Legenda: MD- modalno vlakno P- prstenasto pređenje A- skupina ispitivanih čarapa
R- rotorsko pređenje

Tablica 16. Izgled uzoraka pletiva čarapa serije A s većinskim masenim udjelom modalnih vlakana tijekom ciklusa habanja _2. dio

| Broj ciklusa | MD-A-A | | | |
|--------------|--|--|---|---|
| | Početni uzorci | | Nakon petog pranja | |
| | Stopalo | Peta | Stopalo | Peta |
| 0 |  |  |  |  |
| 4000 |  |  |  |  |
| 8000 |  |  |  |  |
| 12000 |  |  |  |  |
| 15000 | | |  |  |
| 20000 | | |  |  |
| 25000 | | |  |  |
| 30000 | | |  | |
| 35000 | | |  | |
| 40000 | | |  | |















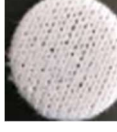








Legenda: MD-omodalno vlakno A-aerodinamičko pređenje A- skupina ispitivanih čarapa

Tablica 17. Izgled uzoraka pletiva čarapa serije B s većinskim masenim udjelom modalnih vlakana tijekom ciklusa habanja _1. dio

| Broj ciklusa | MD-P-B | | | | MD-R-B | | | |
|--------------|----------------|------|--------------------|------|----------------|------|--------------------|------|
| | Početni uzorci | | Nakon petog pranja | | Početni uzorci | | Nakon petog pranja | |
| | Stopalo | Peta | Stopalo | Peta | Stopalo | Peta | Stopalo | Peta |
| 0 | | | | | | | | |
| 4000 | | | | | | | | |
| 8000 | | | | | | | | |
| 12000 | | | | | | | | |
| 15000 | | | | | | | | |
| 20000 | | | | | | | | |
| 25000 | | | | | | | | |
| 30000 | | | | | | | | |
| 35000 | | | | | | | | |
| 40000 | | | | | | | | |

Legenda: MD- modalno vlakno P- prstenasto pređenje B- skupina ispitivanih čarapa
R- rotorsko pređenje

Tablica 17. Izgled uzoraka pletiva čarapa serije B s većinskim masenim udjelom modalnih vlakana tijekom ciklusa habanja _2. dio

| Broj ciklusa | MD-A-B | | | |
|--------------|--|---|---|---|
| | Početni uzorci | | Nakon petog pranja | |
| | Stopalo | Peta | Stopalo | Peta |
| 0 |  |  |  |  |
| 4000 |  |  |  |  |
| 8000 |  |  |  |  |
| 12000 |  | |  |  |
| 15000 | | |  |  |
| 20000 | | |  |  |
| 25000 | | |  |  |
| 30000 | | |  |  |
| 35000 | | | | |
| 40000 | | | | |

















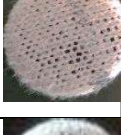





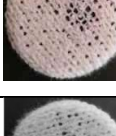
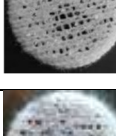

Legenda: MD- modalno vlakno A-aerodinamičko predenje B- skupina ispitivanih čarapa

Tablica 18. Izgled uzoraka pletiva čarapa serije C s većinskim masenim udjelom modalnih vlakana tijekom ciklusa habanja _1. dio

| Broj ciklusa | MD-P-C | | | | MD-R-C | | | |
|--------------|----------------|------|--------------------|------|----------------|------|--------------------|------|
| | Početni uzorci | | Nakon petog pranja | | Početni uzorci | | Nakon petog pranja | |
| | Stopalo | Peta | Stopalo | Peta | Stopalo | Peta | Stopalo | Peta |
| 0 | | | | | | | | |
| 4000 | | | | | | | | |
| 8000 | | | | | | | | |
| 12000 | | | | | | | | |
| 15000 | | | | | | | | |
| 20000 | | | | | | | | |
| 25000 | | | | | | | | |
| 30000 | | | | | | | | |
| 35000 | | | | | | | | |
| 40000 | | | | | | | | |

Legenda: MD- modalno vlakno P- prstenasto pređenje C- skupina ispitivanih čarapa
R- rotorsko pređenje

Tablica 18. Izgled uzoraka pletiva čarapa serije C s većinskim masenim udjelom modalnih vlakana tijekom ciklusa habanja _2. dio

| Broj ciklusa | MD-A-C | | | |
|--------------|--|--|---|---|
| | Početni uzorci | | Nakon petog pranja | |
| | Stopalo | Peta | Stopalo | Peta |
| 0 |  |  |  |  |
| 4000 |  |  |  |  |
| 8000 |  |  |  |  |
| 12000 |  |  |  |  |
| 15000 | | |  |  |
| 20000 | | |  |  |
| 25000 | | |  |  |
| 30000 | | | |  |
| 35000 | | | |  |
| 40000 | | | |  |






















Legenda: MD- modalno vlakno A-aerodinamičko pređenje C-skupina ispitivanih čarapa

Tablica 19. Izgled uzoraka pletiva čarapa serije A s većinskim masenim udjelom modalnih mikrovlakana tijekom ciklusa habanja _1. dio

| Broj ciklusa | MMD-P-A | | | | MMD-R-A | | | |
|--------------|----------------|------|--------------------|------|----------------|------|--------------------|------|
| | Početni uzorci | | Nakon petog pranja | | Početni uzorci | | Nakon petog pranja | |
| | Stopalo | Peta | Stopalo | Peta | Stopalo | Peta | Stopalo | Peta |
| 0 | | | | | | | | |
| 4000 | | | | | | | | |
| 8000 | | | | | | | | |
| 12000 | | | | | | | | |
| 15000 | | | | | | | | |
| 20000 | | | | | | | | |
| 25000 | | | | | | | | |
| 30000 | | | | | | | | |
| 35000 | | | | | | | | |
| 40000 | | | | | | | | |

Legenda: MMD-
vlakno mikromodalno P- prstenasto pređenje A- skupina ispitivanih čarapa
R- rotorsko pređenje

Tablica 19. Izgled uzoraka pletiva čarapa serije A s većinskim masenim udjelom modalnih mikrovlakana tijekom ciklusa habanja _2. dio

| Broj ciklusa | MMD-A-A | | | |
|--------------|--|--|---|---|
| | Početni uzorci | | Nakon petog pranja | |
| | Stopalo | Peta | Stopalo | Peta |
| 0 |  |  |  |  |
| 4000 |  |  |  |  |
| 8000 |  |  |  |  |
| 12000 |  |  |  |  |
| 15000 | | |  |  |
| 20000 | | |  |  |
| 25000 | | | |  |
| 30000 | | | | |
| 35000 | | | | |
| 40000 | | | | |



















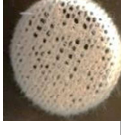




Legenda: MMD- mikromodalno A-aerodinamičko A- skupina ispitivanih čarapa
 vlakno predenje

Tablica 20. Izgled uzoraka pletiva čarapa serije B s većinskim masenim udjelom modalnih mikrovlakana tijekom ciklusa habanja _1. dio

| Broj ciklusa | MMD-P-B | | | | MMD-R-B | | | |
|--------------|----------------|------|--------------------|------|----------------|------|--------------------|------|
| | Početni uzorci | | Nakon petog pranja | | Početni uzorci | | Nakon petog pranja | |
| | Stopalo | Peta | Stopalo | Peta | Stopalo | Peta | Stopalo | Peta |
| 0 | | | | | | | | |
| 4000 | | | | | | | | |
| 8000 | | | | | | | | |
| 12000 | | | | | | | | |
| 15000 | | | | | | | | |
| 20000 | | | | | | | | |
| 25000 | | | | | | | | |
| 30000 | | | | | | | | |
| 35000 | | | | | | | | |
| 40000 | | | | | | | | |

Legenda: MMD- mikromodalno P- prstenasto pređenje B- skupina ispitivanih čarapa
 vlakno R- rotorsko pređenje

Tablica 20. Izgled uzoraka pletiva čarapa serije B s većinskim masenim udjelom modalnih mikrovlakana tijekom ciklusa habanja _2. dio

| Broj ciklusa | MMD-A-B | | | |
|--------------|---|---|---|---|
| | Početni uzorci | | Nakon petog pranja | |
| | Stopalo | Peta | Stopalo | Peta |
| 0 |  |  |  |  |
| 4000 |  |  |  |  |
| 8000 |  |  |  |  |
| 12000 | | |  |  |
| 15000 | | |  |  |
| 20000 | | |  |  |
| 25000 | | |  |  |
| 30000 | | |  |  |
| 35000 | | | |  |
| 40000 | | | | |




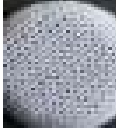
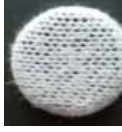
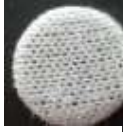












Legenda: MMD- mikromodalno A-aerodinamičko pređenje B- skupina ispitivanih čarapa
vlakno

Tablica 21. Izgled uzoraka pletiva čarapa serije C s većinskim masenim udjelom modalnih mikrovlakana tijekom ciklusa habanja _1. dio

| Broj ciklusa | MMD-P-C | | | | MMD-R-C | | | |
|--------------|----------------|------|--------------------|------|----------------|------|--------------------|------|
| | Početni uzorci | | Nakon petog pranja | | Početni uzorci | | Nakon petog pranja | |
| | Stopalo | Peta | Stopalo | Peta | Stopalo | Peta | Stopalo | Peta |
| 0 | | | | | | | | |
| 4000 | | | | | | | | |
| 8000 | | | | | | | | |
| 12000 | | | | | | | | |
| 15000 | | | | | | | | |
| 20000 | | | | | | | | |
| 25000 | | | | | | | | |
| 30000 | | | | | | | | |
| 35000 | | | | | | | | |
| 40000 | | | | | | | | |

Legenda: MMD-
vlakno mikromodalno P- prstenasto pređenje C- skupina ispitivanih čarapa
R- rotorsko pređenje

Tablica 21. Izgled uzoraka pletiva čarapa serije C s većinskim masenim udjelom modalnih mikrovlakana tijekom ciklusa habanja _2. dio

| Broj ciklusa | MMD-A-C | | | |
|--------------|--|--|---|---|
| | Početni uzorci | | Nakon petog pranja | |
| | Stopalo | Peta | Stopalo | Peta |
| 0 |  |  |  |  |
| 4000 |  |  |  |  |
| 8000 |  |  |  |  |
| 12000 |  |  |  |  |
| 15000 | | |  |  |
| 20000 | | |  |  |
| 25000 | | |  |  |
| 30000 | | |  |  |
| 35000 | | | |  |
| 40000 | | | | |

Legenda: MMD- vlakno mikromodalno A-aerodinamičko pređenje C- skupina ispitivanih čarapa

Nakon provedbe simulacije njege, u svih uzoraka čarapa se značajno povećava otpornost na habanje. Navedeno je moguće obrazložiti skupljanjem pletiva i većom elastičnosti ispitivanih uzoraka pletiva čarapa. Slijednost rezultata manje otpornosti pletiva čarapa (izrađenih u najvećem masenom udjelu) od modalnih mikrovlakana u odnosu na čarape od modalnih vlakana se zadržava i po postupku simulacije njege, ali u značajno manjem iznosu.

Valja naglasiti da su struktura pređe, njezina finoća, uvojitost i površinska dlakavost, svojstva koja izravno utječu na otpornost na habanje pletiva čarapa. Samim tim na otpornost na habanje također utječe i tip pređe odnosno proizvodni postupak pređenja primijenjen za njihovu izradu. Pletiva izrađena iz prstenaste pređe su u odnosu na pletiva izrađena iz pređe dobivene rotorskim postupkom pređenja, u pravilu, veće otpornosti na habanje [63]. Prstenasta pređa je dlakavija, ali kompaktnije strukture, čvršća (Tablica 2) i kruća u odnosu na rotorsku pređu. Takova struktura i veća uvijenost u površinskom dijelu pređe, onemogućava lako odhabavanje vlakana. Navedeno potvrđuju rezultati prikazani u tablici 15. Neovisno o sirovinskom sastavu pređe na pletenim uzorcima izrađenim iz prstenaste pređe, u pravilu, je utvrđena najveća otpornost na habanje, što potvrđuju i slike u tablicama 16 - 21 posebice nakon pet uzastopnih ciklusa pranja i sušenja. Manja otpornost na habanje utvrđena je uglavnom kod pletenih uzoraka izrađenih i rotorske pređe, što ukazuje na činjenicu da manja čvrstoća i uvijenost vlakana na površini pređe u odnosu na središte kod pređe dobivene rotorskim postupkom pređenja, utječe i na manju otpornost pletiva na habanje. Pletiva izrađena iz pređe predene aerodinamičkim postupkom, koja je relativno uniformne strukture po poprečnom presjeku i manje površinske dlakavosti, u usporedbi s pletivima izrađenim iz prstenaste i rotorske pređe pokazuju prosječne vrijednosti otpornosti na habanje. Analizom dobivenih rezultata nije utvrđen značajniji utjecaj dodatka pamuka u pletivo čarapa skupine C na povećanje otpornosti na habanje ispitivanih uzoraka.

Rezultati ispitivanja **sklonosti nastanku površinskog pilinga** na pletivu čarapa primjenom preinačene metode habanja uz primjenu habalice prema Martindale-u prikazani su u tablicama 22 i 23, a iskazani brojčanom ocjenom po provedenom broju kontrolnih habajućih ciklusa, prije i nakon simulacije njege. U tablici 24 dan je prikaz slika izgleda površine uzoraka pletiva čarapa nakon 7000 habajućih ciklusa koje vezujemo uz brojčane ocjene dane u tablicama 22 i 23.

Tablica 22. Ocjena sklonosti nastanku površinskog pilinga na pletivu početnih uzoraka čarapa

| Uzorak | Ocjena nakon određenog broja habajućih ciklusa | | | | | |
|---------|--|-----|------|------|------|------|
| | 125 | 500 | 1000 | 2000 | 5000 | 7000 |
| MD-P-A | 4/5 | 4/5 | 4/5 | 4 | 4 | 3/4 |
| MD-P-B | 4 | 4 | 3/4 | 3/4 | 3 | 2/3 |
| MD-P-C | 3/4 | 3 | 2/3 | 2 | 1 | / |
| MD-R-A | 4/5 | 4/5 | 4/5 | 4 | 4 | 3 |
| MD-R-B | 4/5 | 4 | 4 | 3/4 | 2/3 | 2/3 |
| MD-R-C | 4 | 3/4 | 3 | 2/3 | 2 | 1 |
| MD-A-A | 5 | 5 | 5 | 5 | 4/5 | 4/5 |
| MD-A-B | 4/5 | 4/5 | 4/5 | 3/4 | 3 | 2/3 |
| MD-A-C | 4 | 3/4 | 3 | 3 | 1/2 | 1 |
| MMD-P-A | 5 | 5 | 5 | 5 | 4/5 | 4/5 |
| MMD-P-B | 5 | 4/5 | 4/5 | 4/5 | 4 | 2/3 |
| MMD-P-C | 3/4 | 3 | 2/3 | 2/3 | 2 | 1 |
| MMD-R-A | 5 | 4/5 | 4/5 | 4/5 | 4 | 3 |
| MMD-R-B | 5 | 4/5 | 4/5 | 4/5 | 4 | 3 |
| MMD-R-C | 3 | 2/3 | 2 | 1/2 | 1 | / |
| MMD-A-A | 5 | 5 | 5 | 5 | 4/5 | 4 |
| MMD-A-B | 5 | 4/5 | 4/5 | 4/5 | 4 | 3/4 |
| MMD-A-C | 5 | 4/5 | 4 | 3/4 | 3 | 2/3 |







Legenda: MD- modal
MMD- mikromodal
P- prstenasto pređenje
R- rotorsko pređenje
A- aerodinamičko pređenje
A- skupina ispitivanih čarapa
B- skupina ispitivanih čarapa
C- skupina ispitivanih čarapa








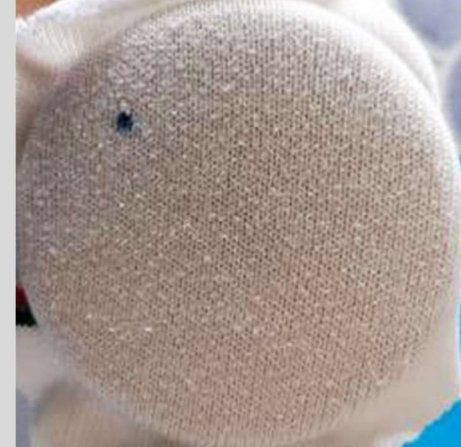
Tablica 23. Ocjena sklonosti nastanku površinskog pilinga na pletivu čarapa poslije pet ciklusa kućanske njege









| Uzorak | Ocjena nakon određenog broja habajućih ciklusa | | | | | |
|---------|--|-----|------|------|------|------|
| | 125 | 500 | 1000 | 2000 | 5000 | 7000 |
| MD-P-A | 4/5 | 4 | 3 | 2/3 | 2 | 2 |
| MD-P-B | 4/5 | 4/5 | 4 | 3/4 | 3 | 1 |
| MD-P-C | 4/5 | 4 | 3 | 2/3 | 2 | 1 |
| MD-R-A | 4/5 | 4/5 | 4 | 3/4 | 3 | 2/3 |
| MD-R-B | 4/5 | 4/5 | 4 | 4 | 3/4 | 3 |
| MD-R-C | 4/5 | 4/5 | 4 | 3/4 | 3/4 | 3 |
| MD-A-A | 4/5 | 3/4 | 3 | 2/3 | 2 | 1 |
| MD-A-B | 4/5 | 3 | 2/3 | 2 | 1 | / |
| MD-A-C | 4/5 | 4/5 | 3/4 | 3 | 2/3 | 2 |
| MMD-P-A | 4 | 3 | 2 | 2 | 1/2 | 1 |
| MMD-P-B | 4/5 | 3 | 2/3 | 2 | 1/2 | 1 |
| MMD-P-C | 4/5 | 4 | 3 | 2/3 | 2 | 1 |
| MMD-R-A | 4/5 | 4 | 3/4 | 3 | 2/3 | 2 |
| MMD-R-B | 4/5 | 4 | 3/4 | 3 | 2/3 | 2 |
| MMD-R-C | 4/5 | 4 | 3 | 2/3 | 2 | 1 |
| MMD-A-A | 4/5 | 3/4 | 3 | 2/3 | 1/2 | 1 |
| MMD-A-B | 4/5 | 3 | 2/3 | 2 | 1 | / |
| MMD-A-C | 4/5 | 4 | 3/4 | 3 | 1 | / |









Legenda: MD- modal
MMD- mikromodal
P- prstenasto pređenje
R- rotorsko pređenje
A- aerodinamičko pređenje
A- skupina ispitivanih čarapa
B- skupina ispitivanih čarapa
C- skupina ispitivanih čarapa

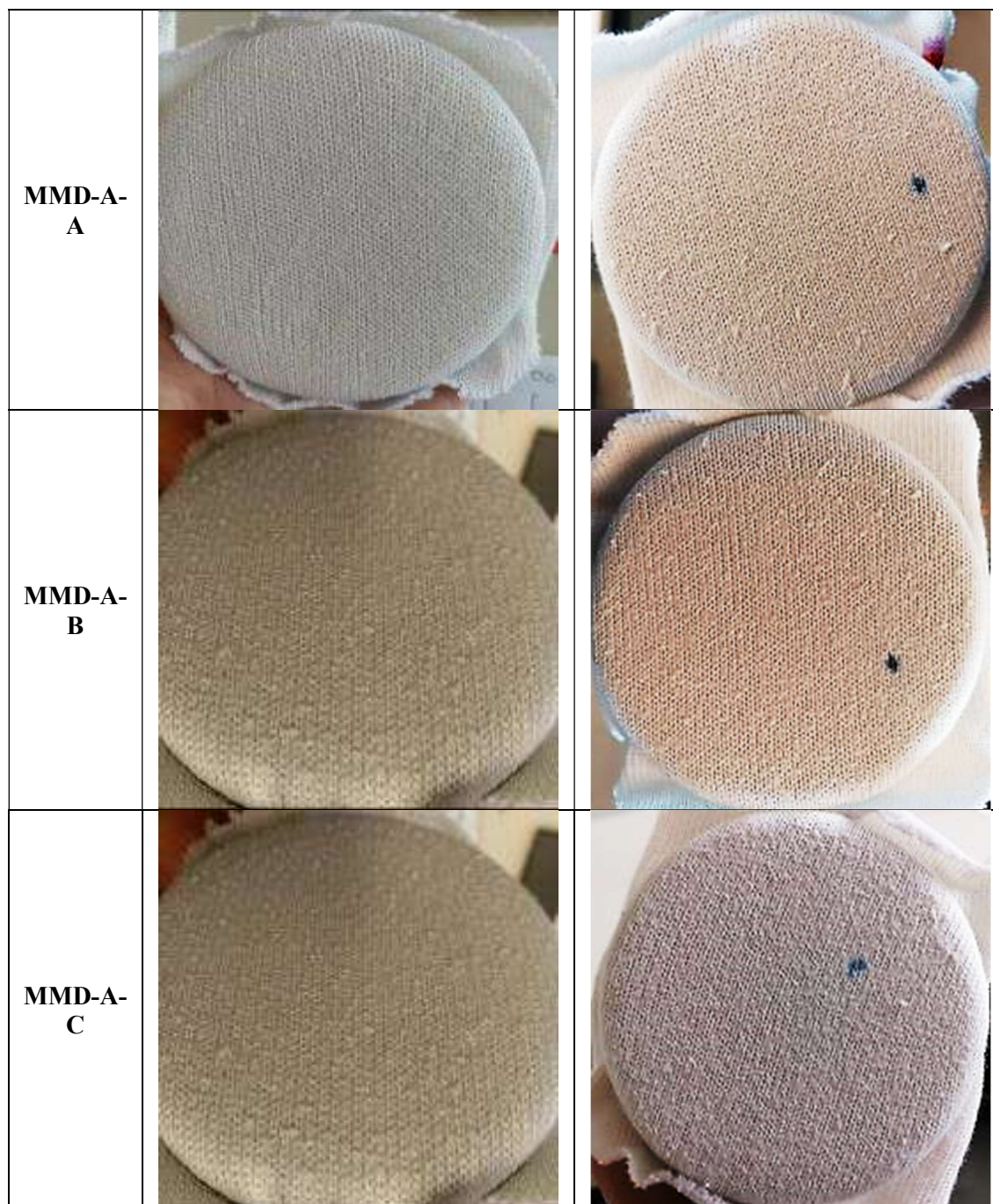
Tablica 24. Karakteristične slike izgleda površine uzoraka pletiva čarapa nakon 7000 habajućih ciklusa pri ocjeni sklonosti nastanku pilinga prije i nakon pet ciklusa kućanske njege

| Uzorak | Neoprane čarape | Pet puta oprane čarape |
|--------|---|--|
| MD-P-A |  |  |
| MD-P-B |  |  |
| MD-P-C |  |  |

| | | |
|----------------------|---|--|
| <p>MD-R-A</p> |  |  |
| <p>MD-R-B</p> |  |  |
| <p>MD-R-C</p> |  |  |
| <p>MD-A-A</p> |  |  |

| | | |
|-----------------------|---|--|
| <p>MD-A-B</p> |  |  |
| <p>MD-A-C</p> |  |  |
| <p>MMD-P-A</p> |  |  |
| <p>MMD-P-B</p> |  |  |

| | | |
|----------------------------|---|--|
| <p>MMD-P- C</p> |  |  |
| <p>MMD-R- A</p> |  |  |
| <p>MMD-R- B</p> |  |  |
| <p>MMD-R- C</p> |  |  |



Legenda: MD- modal P- prstenasto predenje A- skupina uzoraka čarapa
MMD- mikromodal R- rotorsko predenje B- skupina uzoraka čarapa
A- aerodinamičko predenje C- skupina uzoraka čarapa

S povećanjem broja habajućih ciklusa, u svih uzoraka pletiva je utvrđena veća sklonost nastanku površinskog pilinga, što je potvrđeno i kontinuiranim smanjenjem pridruženih ocjena (Tablice 22 i 23). Pletiva izrađena iz pređe predene rotorskim postupkom, u odnosu na pređe predene aerodinamičkim i prstenastim postupkom bi trebala pokazivati manju sklonost nastanka površinskog pilinga uslijed laboratorijske simulacije habanja dvije tekstilne površine. Najbolja estetska svojstva i najmanju sklonost nastanku

površinskog pilinga, odnosno površinskom izvlačenju ili migraciji vlakana, pokazuju pleteni uzorci izrađeni iz pređe predene aerodinamičkom postupkom, što je u skladu s literaturnim navodima [63]. Navedeno je moguće obrazložiti manjom dlakavosti pređe i specifičnom strukturom pređe opisanom u okviru poglavlja 2.3.5.3. Valja istaknuti da su zbog većeg broja (tri) predenih pređa upletenih u svaki red pletiva čarapa uz poliamidnu pređu za platiranje i njegove specifične strukture, također primjenom predene pređe izrađene prstenastim postupkom zabilježeni dobri rezultati smanjene sklonosti nastanku pilinga u čarapa serije B i C.

Analizom dobivenih rezultata je utvrđen negativan utjecaj dodatka pamučne pređe u pletivo čarapa skupine C, kod kojih je zabilježena veća sklonost nastanku pilinga na površini svih ispitivanih uzoraka pletiva prije provedene kućanske njege (izrađenih u najvećem masenom udjelu od modalnih vlakana i mikrovlakana, Tablica 22). Dodatak grublje poliamidne pređe za platiranje, u uzoraka čarapa skupine B i C utječe na povećanje sklonosti pilingu i, u pravilu, smanjenje danih brojčanih ocjena nakon provedenih 7000 habajućih ciklusa.

Poslije provedbe simulacije kućanske njege sklonost nastanku površinskog pilinga u svih ispitivanih uzoraka pletiva čarapa se značajno povećava, a dane ocjene po provedenih 7000 habajućih ciklusa se smanjuju (Tablica 23). Najbolje ocjene i manju sklonost nastanku pilinga, nakon provedenih pet uzastopnih ciklusa kućanske njege pokazuju uzorci pletiva čarapa izrađenih u najvećem masenom udjelu od predenih pređa dobivenih rotorskim postupkom pređenja (iz modalnih vlakana i mikrovlakana).

Navedeno potvrđuje opravdanost provedenih ispitivanja na uzorcima čarapa po provedenoj simulaciji kućanske njege, iako to u okviru normiranih metoda za ispitivanje otpornosti na habanje i sklonosti nastanku površinskog pilinga nije predviđeno.

Usporedbom mjerenih **dimenzija** na početnim uzorcima čarapa, pletenih na jednak način, utvrđeno je da, u pravilu, nema razlika u širini tijela i stopalnog dijela čarapa. Duljina rendera svih čarapa je također jednaka, a u duljini stopala te duljini tijela čarapa uočavaju se mala odstupanja, posebice u čarapa pletenih s najvećim udjelom pređa dobivenih aerodinamičkim postupkom (Tablica 25). Za funkcionalnost čarape veoma je značajan opseg stopala i tijela čarape te njihova istezljivost, a u načelu je poprečna istezljivost kratkih čarapa veća [6]. U tablicama 26 i 27 prikazano su vrijednosti izmjera čarapa nakon jednog i pet ciklusa kućanske njege, a u tablicama 28 i 29 su izračunate promjene dimenzija odn. **dimenzijska stabilnost** čarapa iskazana u postotcima.

Tablica 25. Izmjere početnih uzoraka čarapa

| Uzorak | A [cm] | C [cm] | B [cm] | D [cm] | ŠT [cm] | ŠS [cm] |
|---------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| MD-P-A | 21,5 | 2,5 | 25,0 | 24,0 | 9,0 | 9,0 |
| MD-P-B | 22,0 | 2,5 | 26,0 | 24,0 | 9,0 | 9,0 |
| MD-P-C | 22,0 | 2,5 | 26,0 | 25,0 | 9,0 | 9,0 |
| MD-R-A | 22,0 | 2,5 | 26,0 | 24,0 | 9,0 | 9,0 |
| MD-R-B | 22,5 | 2,5 | 26,5 | 25,0 | 9,0 | 9,0 |
| MD-R-C | 22,0 | 2,5 | 26,0 | 24,0 | 9,0 | 9,5 |
| MD-A-A | 23,0 | 2,5 | 26,0 | 26,0 | 9,0 | 9,0 |
| MD-A-B | 23,0 | 2,5 | 25,0 | 26,0 | 9,0 | 9,0 |
| MD-A-C | 23,0 | 2,5 | 26,0 | 26,0 | 9,0 | 9,0 |
| MMD-P-A | 21,0 | 2,5 | 25,0 | 25,0 | 9,0 | 9,0 |
| MMD-P-B | 22,0 | 2,5 | 25,0 | 25,0 | 9,0 | 9,0 |
| MMD-P-C | 22,0 | 2,5 | 26,0 | 24,0 | 9,0 | 9,0 |
| MMD-R-A | 22,0 | 2,5 | 26,0 | 24,5 | 9,0 | 9,0 |
| MMD-R-B | 23,0 | 2,5 | 25,0 | 25,0 | 9,0 | 9,0 |
| MMD-R-C | 23,0 | 2,5 | 25,5 | 25,0 | 9,0 | 9,0 |
| MMD-A-A | 23,0 | 2,5 | 26,0 | 25,0 | 9,0 | 9,0 |
| MMD-A-B | 22,0 | 2,5 | 26,0 | 25,0 | 9,0 | 9,0 |
| MMD-A-C | 22,0 | 2,5 | 24,0 | 25,5 | 9,0 | 9,0 |

Legenda: MD- modal
MMD-
mikromodal

P- prstenasto predenje
R- rotorsko predenje
A- aerodinamičko predenje

A- skupina ispitivanih čarapa
B- skupina ispitivanih čarapa
C- skupina ispitivanih čarapa

Izmjere:
A- duljina tijela čarape
B- duljina stopala čarape
C- duljina rendera čarape
D- zbirna vrijednost tijela i rendera čarape
ŠT- širina tijela čarape
ŠS- širina stopalnog dijela čarape

Tablica 26. Izmjere čarapa nakon jednog ciklusa kućanske njege

| Uzorak | A [cm] | C [cm] | B [cm] | D [cm] | ŠT [cm] | ŠS [cm] |
|---------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| MD-P-A | 21,0 | 2,5 | 22,8 | 23,5 | 8,0 | 8,0 |
| MD-P-B | 21,0 | 2,5 | 23,8 | 23,3 | 9,0 | 9,0 |
| MD-P-C | 21,3 | 2,5 | 23,8 | 24,3 | 9,0 | 9,0 |
| MD-R-A | 21,0 | 2,4 | 24,3 | 23,3 | 8,5 | 8,5 |
| MD-R-B | 21,5 | 2,5 | 24,3 | 24,0 | 9,0 | 8,5 |
| MD-R-C | 21,3 | 2,4 | 24,3 | 22,8 | 9,0 | 9,0 |
| MD-A-A | 21,5 | 2,5 | 24,0 | 24,3 | 8,5 | 8,5 |
| MD-A-B | 21,8 | 2,4 | 24,3 | 24,8 | 8,5 | 8,5 |
| MD-A-C | 21,5 | 2,5 | 24,3 | 24,5 | 9,0 | 9,0 |
| MMD-P-A | 21,0 | 2,4 | 24,0 | 23,5 | 8,0 | 8,5 |
| MMD-P-B | 21,3 | 2,4 | 23,8 | 23,8 | 9,0 | 8,5 |
| MMD-P-C | 21,5 | 2,4 | 24,8 | 23,5 | 8,5 | 8,5 |
| MMD-R-A | 21,3 | 2,5 | 24,3 | 23,8 | 8,5 | 8,5 |
| MMD-R-B | 22,0 | 2,4 | 23,5 | 23,5 | 8,5 | 9,0 |
| MMD-R-C | 22,0 | 2,4 | 24,5 | 24,0 | 9,0 | 9,0 |
| MMD-A-A | 22,3 | 2,5 | 24,5 | 24,0 | 8,5 | 8,5 |
| MMD-A-B | 21,8 | 2,5 | 24,8 | 23,5 | 9,0 | 9,0 |
| MMD-A-C | 21,3 | 2,4 | 23,5 | 24,3 | 8,5 | 8,5 |

Legenda: MD- modal
MMD-
mikromodal

P- prstenasto predenje
R- rotorsko predenje
A- aerodinamičko predenje

A- skupina ispitivanih čarapa
B- skupina ispitivanih čarapa
C- skupina ispitivanih čarapa

Izmjere:
A- duljina tijela čarape
B- duljina stopala čarape
C- duljina rendera čarape
D- zbirna vrijednost tijela i rendera čarape
ŠT- širina tijela čarape
ŠS- širina stopalnog dijela čarape

Tablica 27. Izmjere čarapa nakon pet provedenih ciklusa kućanske njege

| Uzorak | A [cm] | C [cm] | B [cm] | D [cm] | ŠT [cm] | ŠS [cm] |
|---------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| MD-P-A | 20,5 | 2,4 | 20,5 | 23,0 | 8,0 | 8,0 |
| MD-P-B | 20,0 | 2,5 | 21,5 | 22,5 | 8,5 | 9,0 |
| MD-P-C | 20,5 | 2,4 | 21,5 | 23,5 | 9,0 | 9,0 |
| MD-R-A | 20,0 | 2,3 | 22,5 | 22,5 | 8,5 | 8,0 |
| MD-R-B | 20,5 | 2,5 | 22,0 | 23,0 | 8,5 | 8,0 |
| MD-R-C | 20,5 | 2,3 | 22,5 | 21,5 | 9,0 | 9,0 |
| MD-A-A | 20,0 | 2,5 | 22,0 | 22,5 | 8,5 | 8,5 |
| MD-A-B | 20,5 | 2,3 | 23,5 | 23,5 | 8,5 | 8,5 |
| MD-A-C | 20,0 | 2,5 | 22,5 | 23,0 | 8,5 | 9,0 |
| MMD-P-A | 21,0 | 2,2 | 23,0 | 22,0 | 8,0 | 8,0 |
| MMD-P-B | 20,5 | 2,2 | 22,5 | 22,5 | 8,5 | 8,5 |
| MMD-P-C | 21,0 | 2,2 | 23,5 | 23,0 | 8,0 | 8,5 |
| MMD-R-A | 20,5 | 2,5 | 22,5 | 23,0 | 8,5 | 8,5 |
| MMD-R-B | 21,0 | 2,3 | 22,0 | 22,0 | 8,5 | 9,0 |
| MMD-R-C | 21,0 | 2,2 | 23,5 | 23,0 | 9,0 | 9,0 |
| MMD-A-A | 21,5 | 2,5 | 23,0 | 23,0 | 8,0 | 8,0 |
| MMD-A-B | 21,5 | 2,5 | 23,5 | 22,0 | 8,5 | 8,5 |
| MMD-A-C | 20,5 | 2,3 | 23,0 | 23,0 | 8,5 | 8,5 |

Legenda: MD- modal P- prstenasto A- skupina ispitivanih čarapa Izmjere:
MMD- predenje B- skupina ispitivanih čarapa A- duljina tijela čarape
mikromodal R- rotorsko predenje C- skupina ispitivanih čarapa B- duljina stopala čarape
A- aerodinamičko predenje A- zbirna vrijednost tijela i rendera čarape
ŠT- širina tijela čarape
ŠS- širina stopalnog dijela čarape

Tablica 28. Dimenzijska stabilnost čarapa nakon jednog ciklusa kućanske njege

| Uzorak | A [%] | C [%] | B [%] | D [%] | ŠT [%] | ŠS [%] |
|---------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| MD-P-A | -2,33 | -2,00 | -9,00 | -2,08 | -11,11 | -11,11 |
| MD-P-B | -4,55 | 0,00 | -8,65 | -3,13 | 0,00 | 0,00 |
| MD-P-C | -3,41 | -2,00 | -8,65 | -3,00 | 0,00 | 0,00 |
| MD-R-A | -4,55 | -4,00 | -6,73 | -3,13 | -5,56 | -5,56 |
| MD-R-B | -4,44 | 0,00 | -8,49 | -4,00 | 0,00 | -5,56 |
| MD-R-C | -3,41 | -4,00 | -6,73 | -5,21 | 0,00 | -5,26 |
| MD-A-A | -6,52 | 0,00 | -7,69 | -6,73 | -5,56 | -5,56 |
| MD-A-B | -5,43 | -4,00 | -3,00 | -4,81 | -5,56 | -5,56 |
| MD-A-C | -6,52 | 0,00 | -6,73 | -5,77 | 0,00 | 0,00 |
| MMD-P-A | 0,00 | -6,00 | -4,00 | -6,00 | -11,11 | -5,56 |
| MMD-P-B | -3,41 | -6,00 | -5,00 | -5,00 | 0,00 | -5,56 |
| MMD-P-C | -2,27 | -6,00 | -4,81 | -2,08 | -5,56 | -5,56 |
| MMD-R-A | -3,41 | 0,00 | -6,73 | -3,06 | -5,56 | -5,56 |
| MMD-R-B | -4,35 | -4,00 | -6,00 | -6,00 | -5,56 | 0,00 |
| MMD-R-C | -4,35 | -6,00 | -3,92 | -4,00 | 0,00 | 0,00 |
| MMD-A-A | -3,26 | 0,00 | -5,77 | -4,00 | -5,56 | -5,56 |
| MMD-A-B | -1,14 | 0,00 | -4,81 | -6,00 | 0,00 | 0,00 |
| MMD-A-C | -3,41 | -4,00 | -2,08 | -4,90 | -5,56 | -5,56 |

Legenda: MD- modal P- prstenasto predenje A- skupina ispitivanih čarapa Izmjere:
MMD- predenje R- rotorsko predenje B- skupina ispitivanih čarapa A- duljina tijela čarape
mikromodal A- aerodinamičko predenje C- skupina ispitivanih čarapa B- duljina stopala čarape
C- duljina rendera čarape
D- zbirna vrijednost tijela i rendera čarape
ŠT- širina tijela čarape
ŠS- širina stopalnog dijela čarape

Tablica 29. Dimenzijska stabilnost čarapa nakon pet provedenih ciklusa kućanske njege

| Uzorak | A [%] | C [%] | B [%] | D [%] | ŠT [%] | ŠS [%] |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| MD-P-A | -4,76 | -4,08 | -19,78 | -4,26 | -11,11 | -11,11 |
| MD-P-B | -9,52 | 0,00 | -18,95 | -6,45 | -5,56 | 0,00 |
| MD-P-C | -7,06 | -4,08 | -18,95 | -6,19 | 0,00 | 0,00 |
| MD-R-A | -9,52 | -8,33 | -14,43 | -6,45 | -5,56 | -11,11 |
| MD-R-B | -9,30 | 0,00 | -18,56 | -8,33 | -5,56 | -11,11 |
| MD-R-C | -7,06 | -8,33 | -14,43 | -10,99 | 0,00 | -5,26 |
| MD-A-A | -13,95 | 0,00 | -16,67 | -14,43 | -5,56 | -5,56 |
| MD-A-B | -11,49 | -8,33 | -6,19 | -10,10 | -5,56 | -5,56 |
| MD-A-C | -13,95 | 0,00 | -14,43 | -12,24 | -5,56 | 0,00 |
| MMD-P-A | 0,00 | -12,77 | -8,33 | -12,77 | -11,11 | -11,11 |
| MMD-P-B | -7,06 | -12,77 | -10,53 | -10,53 | -5,56 | -5,56 |
| MMD-P-C | -4,65 | -12,77 | -10,10 | -4,26 | -11,11 | -5,56 |
| MMD-R-A | -7,06 | 0,00 | -14,43 | -6,32 | -5,56 | -5,56 |
| MMD-R-B | -9,09 | -8,33 | -12,77 | -12,77 | -5,56 | 0,00 |
| MMD-R-C | -9,09 | -12,77 | -8,16 | -8,33 | 0,00 | 0,00 |
| MMD-A-A | -6,74 | 0,00 | -12,24 | -8,33 | -11,11 | -11,11 |
| MMD-A-B | -2,30 | 0,00 | -10,10 | -12,77 | -5,56 | -5,56 |
| MMD-A-C | -7,06 | -8,33 | -4,26 | -10,31 | -5,56 | -5,56 |

Legenda: MD- modal P- prstenasto pređenje A- skupina ispitivanih čarapa Izmjere:
MMD- mikromodal R- rotorsko pređenje B- skupina ispitivanih čarapa A- duljina tijela čarape
mikromodal A- aerodinamičko C- skupina ispitivanih čarapa B- duljina stopala čarape
pređenje C- duljina rendera čarape
D- zbirna vrijednost tijela i rendera čarape
ŠT- širina tijela čarape
ŠS- širina stopalnog dijela čarape

Po provedenom jednom ciklusu pranja i sušenja u svih uzoraka čarapa dolazi do skupljanja na što nam ukazuje predznak – (Tablica 28), pri čemu se u nekih uzoraka čarapa nakon pet provedenih ciklusa kućanske njege skupljanje dodatno povećava (Tablica 29).

Pritom je utvrđeno skupljanje u smjeru duljine stopala čarape značajnije u odnosu na skupljanje tijela čarape. To je moguće povezati s rezultatima utvrđene gustoće pletiva prikazanih u tablici 8. Širina tijela i stopalnog dijela čarape u nekih uzoraka po provedenoj njezi ostaje nepromijenjena. Najčešće su to čarape skupine C s pamučnom pređom upletenom u strukturu pletiva.

Nakon pletenja pletivo koje oblikuje čarapu se skuplja 30 do 50 %. Skupljanje pletiva omogućava elastičnost mutifilamentne poliamidne pređe korištene za platiranje [6]. Jednako tako po provedenom pranju i sušenju je čarape zbog elastičnosti moguće rastegnute na početne dimenzije, ali uz malo veću poroznost strukture pletiva potvrđenu mjerenjem zrakopropusnosti pletiva i toplinske udobnosti čarapa.

5. ZAKLJUČCI

Temeljem provedene analize udobnosti i uporabne trajnosti kratkih čarapa izrađenih u najvećem masenom udjelu od inovativnih materijala – pređa iz modalnih vlakana i mikrovlakana pređenih prstenastim, rotorskim ili aerodinamičkim postupkom, a u skladu s postavljenim ciljevima rada, doneseni su sljedeći zaključci:

- Ispitivanjem temeljnih svojstva čarapa i pletiva čarapa - mase čarapa, plošne mase pletiva čarapa, gustoće odnosno broja nizova i redova očica pletiva čarapa i debljine pletiva čarapa, prije i nakon provedenih ciklusa simulirane kućanske njege, utvrđeno je da dimenzijska i konstrukcijska svojstva pletiva ovise ponajprije o finoći primijenjenih pređa za njihovu izradu. Nema zamjetnog utjecaja finoće vlakana i tipa predene pređe na dobivene rezultate.
- Vrijednovanjem udobnosti čarapa - ispitivanjem sposobnosti apsorpcije vlage pletiva čarapa, zrakopropusnosti pletiva čarapa i toplinske udobnosti čarapa mjerene izravno na Toplinskom stopalu utvrđivanjem otpora prolasku topline, prije i nakon provedenih ciklusa simulirane kućanske njege, utvrđeno je da količina apsorbirane vlage ovisi ponajprije o sirovinskom sastavu čarape, propustljivost zraka o poroznosti strukture pletiva, a otpornost prolasku topline o finoći primijenjenih vlakana za izradu predene pređe, konstrukcijskim i dimenzijskim karakteristikama pletiva te njegovoj poroznosti.
- Vrijednovanjem uporabne trajnosti čarapa - ispitivanjem otpornosti pletiva čarapa na habanje, sklonosti nastajanju površinskog pilinga na pletivu čarapa i utvrđivanjem dimenzijske stabilnosti čarapa, prije i nakon provedenih ciklusa simulirane kućanske njege, utvrđeno je da otpornost pletiva čarapa ovisi finoći vlakana primijenjenih za izradu pređe te tipu predene pređe odnosno postupku njezina pređenja; sklonost nastanku pilinga na površini pletiva također ovisi o primijenjenom tipu pređe te da su dimenzijske promjene čarapa po provedenoj njezi u prosjeku veće u smjeru duljine čarapa.
- Nakon provedene simulacije njege u svih ispitivanih čarapa su utvrđene promjene vrijednosti ispitivanih svojstava, što opravdava primjenu predložene metodologije u vrijednovanju njihove udobnosti i uporabne trajnosti.
- Potvrđena je primjenjivost u radu korištenih inovativnih materijala za izradu kratkih čarapa.

6. ZAHVALE

Zahvaljujem se mentorici prof. dr. sc. Antoneti Tomljenović na svakoj sekundi odvojenog vremena, savjetu i trudu koji je meni kao studentu bio posvećen. Od srca hvala na razumijevanju, strpljenju i prenošenju velikog znanja i iskustva bez kojeg ovaj rad ne bi bio potpun. Hvala Vam što u meni vidite veliki potencijal i svakodnevno podržavate uloženi trud i rad.

Također, veliku zahvalu upućujem asistentu Juri Živičnjaku s kojim sam proveo dugi vremenski period u istraživanju, radu i druženju. Neprocjenjiv je svaki trenutak, savjet i pomoć koja je uvijek bila dostupna s Vaše strane. Hvala na svemu.

Zahvaljujem se svim djelatnicima Zavoda za materijale, vlakna i ispitivanje tekstila, prije svega na ugodnoj atmosferi za rad i druženje. Veliko mi je bilo zadovoljstvo raditi i družiti se s Vama.

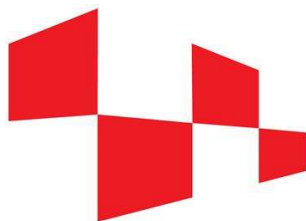
Također se želim zahvaliti prof. dr. sc. Zenunu Skenderiju na posvećenom vremenu, ukazanom povjerenju te mogućnosti rada na Toplinskom stopalu u Laboratoriju za termofiziološku udobnost obuće. Zahvaljujem se i prof. dr. sc. Zlatku Vrljičku, u mirovini, na velikoj pomoći u izradi uzoraka čarapa.

Hvala djelatnicima tvrtke Mirta-kontrol d.o.o na svesrdnoj pomoći i mogućnosti ispitivanja na uređaju za ispitivanje zrakopropusnost te ugodnom dočeku.

Veliko hvala mojim roditeljima, te braći i sestrama što su mi cijelo vrijeme podrška u životu i školovanju, te mojim prijateljima uz koje studentski dani lakše prolaze.

Zahvala i financiranje

Rad studenta Ivana Mihaljevića financirala je Hrvatska zaklada za znanost projektom HRZZ IP-2016-06-5278 Udobnost i antimikrobna svojstva tekstila i obuće, voditelj: prof. dr. sc. Zenun Skenderi.



HRZZ
Hrvatska zaklada
za znanost

7. LITERATURA

- [1]: Sock, *dostupno na: <https://en.wikipedia.org/wiki/Sock>*, *posjećeno: 10.2.2021.*
- [2] Z. Skenderi, A. Mihelić-Bogradnić, B. Mijović: Termofiziološka udobnost nošenja obuće, *Koža & Obuća*, **66** (2017.) 3, str. 12-21.
- [3] V. Barišić, *Proizvodnja čarapa, sirovine i postupci*, Zagreb, JADRAN Tvornica čarapa d.d., 2007.
- [4] J. Harris: *5000 Years of Textiles*, British Museum Press, The Whiworth Art Gallery and The Victoria and Albert Museum, 2006.
- [5] Ž. Meral: Ispitivanje uporabnih svojstava muških kratkih čarapa, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, završni rad, Zagreb, 2017.
- [6] Z. Vrljičak, Ž. Pavlović: Dimenzijska nestabilnost kratkih čarapa. *Tekstil*, **63** (2014.) 1-2, str. 27 – 40.
- [7] Z. Vrljičak, A. Kovač, Projektiranje i izrada kratkih čarapa, *Tekstil*, **60** (2011.) 4, str. 149-159.
- [8] A. Tomljenović, I. Kraljević, Ž. Meral: Uporabna trajnost muških kratkih čarapa, *Proceedings of International Conference MATRIB 2016*, Materials, Tribology, Recycling, 27. – 29.6. 2018., Vela Luka, Hrvatska, str. 247 – 260.
- [9] B. Rogina-Car, Z. Skenderi, Z. Vrljičak: Otpor prolazu topline kratkih čarapa iz viskoznih pređa, *Koža & Obuća*, **68** (2019.) 3, str. 14-17
- [10] R. R. Van Amber et al: Sock fabrics: relevance of fiber type, yarn, fabric structure and moisture on cyclic compression, *Textile Research Journal*, **85** (2015) 1, pp. 26-35.
- [11] R. Čunko, M. Andrassy: *Vlakna*, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, 2005.
- [12] R. Čunko, E. Pezelj: *Tekstilni materijali*, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, 2002.
- [13] Čunko R.: *Procesi proizvodnje kemijskih vlakana*, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, 1993.
- [14] T. Kreze, S. Malej: Structural Characteristics of New and Conventional Regenerated Cellulosic Fibres, *Textile Research Journal*, **73** (2003) 8, pp. 675-684.

- [15] S. Cimilli, B. U. Nergis, C. Candan: A Comparative Study of Some Comfort-related Properties of Socks of Different Fiber Types, *Textile Research Journal*, 80 (2010.) 10, pp. 948-957.
- [16] H. Avcı et al: Comfort properties of socks from seacell fibers, *The Journal of The Textile Institute*, **109** (2018.) 3, pp. 419-425.
- [17] R. Čiukas, J. Abramovičiūtė, P. Kerpauskas: Investigation of the Thermal Properties of Socks Knitted from Yarns with Peculiar Properties. Part I. Thermal Conductivity Coefficient of Socks Knitted from Natural and Synthetic Textured Yarns, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, **18** (2010.) 3, pp. 89-93.
- [18] R. Čiukas, J. Abramovičiūtė, P. Kerpauskas: Investigation of the Thermal Properties of Socks Knitted from Yarns with Peculiar Properties. Part II. Thermal Resistance of Socks Knitted from Natural and Stretch Yarns, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, **19** (2011.) 3, pp. 64-68.
- [19] Hashan Md. M. et al: Functional Properties Improvement of Socks Items Using Different Types of Yarn, *International Journal of Textile Science*, **6** (2017.) 2, pp. 34-42.
- [20] A. D. Gun et al: Dimensional and physical properties of socks made from reclaimed fibre, *The Journal of The Textile Institute*, **105** (2014) 10, pp. 1108-1117.
- [21] A. D. Gun, G. Alan, A. S. Macit: Thermal properties of socks made from reclaimed fibre. *The Journal of The Textile Institute*, **107** (2016) 9, pp. 1112-1121.
- [22] ...: Chemical structure of cellulose, *dostupno na*:
<https://www.researchgate.net/figure/Chemical-structure-of-cellulose>, *posjećeno*:
 9.9.2020.
- [23] E. J. Kontturi: Surface chemistry of cellulose, From natural fibres to model surfaces, Technische Universiteit Eindhoven, 2005.
- [24] A. Tomljenović: Utjecaj ultrazvuka na svojstva celuloznih vlakana, magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, 2002.
- [25] V. Stamać: Vrijednovanje uporabne kvalitete pletiva izrađenih iz regeneriranih celuloznih vlakana, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, 2020.

- [26] HRI CEN ISO/TR 11827:2016 Tekstil - Ispitivanje sastava - Identifikacija vlakana
- [27] I. Bešanec: Proces izrade finih ženskih čarapa, *Tekstil*, **43** (1994.) 5, str. 255-259.
- [28] A. Tomljenović, Z. Skenderi, I. Kraljević: Evaluation of usage quality and thermal comfort of male socks, *Proceedings of 8th International textile conference*, 18 -19 October 2018, Tirana, Albania, pp. 206-2014.
- [29] Z. Vrljičak, Z. Dodig: Utjecaj značajki pređa i strojeva na parametre strukture kulirnih platirnih pletiva, *Tekstil*, **6** (2011.) 6, str. 241-250.
- [30] Z. Skenderi: Interni materijali za predmet Tekstilno-mehanički procesi – pređenje, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, ak. god. 2017./2018.
- [31] M. Vlajinić: Ispitivanje uporabnih svojstava pletiva za izradu donjeg rublja, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, završni rad, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, 2018.
- [32] D. Kopitar, Z. Skenderi, M. Papić, A. Tomljenović: Surface friction coefficient of spun yarns, *Proceedings of International Conference MATRIB, Materials, Tribology, Recycling*, 23. – 25.06. 2016., Vela Luka, Hrvatska, pp. 206 -214.
- [33] M. Papić: Struktura i svojstva rotorske i aerodinamičke pređe, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, 2016.
- [34] Z. Skenderi, D. Kopitar, Z. Vrljičak, G. Iveković: Nejednolikosti aerodinamičke pređe u usporedbi s prstenastom i rotorskom pređom od mikromodalnih vlakana, *Tekstil*, **67** (2018.) 1-2, str. 1-13.
- [35] R. Čunko: Ispitivanje tekstila, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, 1995.
- [36] M. A. Moris, H. H. Prato, N. L. White: Relationship of Fiber Content and Fabric Properties to Comfort of Socks, *Clothing and Textiles Research Journal*, **3** (1984.) 1, pp. 1984-1985.
- [37] A. M. West, G. Havenith, S. Hodder: Are running socks beneficial for comfort?, The role of the sock and sock fiber type on shoe microclimate and subjective evaluations, *Textile Research Journal* 2021, doi: <https://doi.org/10.1177/0040517520986511>

- [38] R. R. Van Amber et al: Sock fabrics: relevance of fiber type, yarn, fabric structure and moisture on cyclic compression, *Textile Research Journal*, **85** (2015.) 1, pp. 26-35.
- [39] A. A. Mohammad et all: Studying The Performance of Men's Socks, *Research Journal of Textile and Apparel*, **16** (2012.) 1, pp. 86-92.
- [40] T. Tsujisaka, Y. Azuma: Comfort Pressure of the Top Part of Men's Socks, *Textile Research Journal*, **74** (2004.) 7, pp. 598-602.
- [41] N. Özdil: A study on thermal comfort properties of the socks, *Tekstil ve Konfeksiyon*, **18** (2018.) 2, pp. 154-158.
- [42] T. Mansoor et all: Novel method on thermal resistance prediction and thermophysiological comfort of socks in a wet state, *Textile Research Journal*, **90** (2020.) 17-18, pp. 1987-2006.
- [43] B. Rogina-Car, Z. Skenderi, Z. Vrljićak: Termofiziološka udobnost viskoznih i tencel čarapa, *Koža & Obuća*, **68** (2019.) 4, str. 30-37
- [44] HRN EN ISO 105-C06:2010 Tekstil - Ispitivanje postojanosti obojenja – Dio C06: Postojanost obojenja pri pranju u kućanstvu i komercijalnom pranju.
- [45] HRN EN ISO 105-E04:2013 Tekstil – Ispitivanje postojanosti obojenja – Dio E04: Postojanost obojenja na znoj.
- [46] HRN EN ISO 105-X12:2016 Tekstil - Ispitivanje postojanosti obojenja - Dio X12: Postojanost obojenja na trljanje
- [47] Y. Hashimoto et al: Effect of Washing and Drying Conditions on Dimensional Change in Various Articles of Knitted Clothing, *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics*, **11** (2018.) 4, pp. 227-240.
- [48] S. B. Abdessalem et al: Dimensional Stability of Men's Socks, *Research Journal of Textile and Apparel*, **12** (2018.) 4, pp. 61-69.
- [49] Khan A. et al: Development od Statistical Model for Predicting the Dimensional Stability of Socks during Wet Processing, *Journal of Textile Science & Engineering*, **7** (2018.) 3, pp. 1-3.
- [50] A. Tomljenović: Kvaliteta tekstila i odjeće, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, ak. god. 2020./2021., nastavni materijali *dostupni na: <https://moodle.srce.hr/2020-2021/course/view.php?id=88603>*, posjećeno: 31.3. 2021.

- [51] K. Özdil et al: The abrasion resistance of socks. *International Journal of Clothing Science and Technology*, **21** (2009.) 1, pp. 56-63.
- [52] I. Kraljević: Čarape visoke funkcionalnosti i mogućnosti objektivnog vrjednovanja, *Dan doktoranada 2018. Zbornik radova*, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, 9. 2. 2018., Zagreb, str. 56-58
- [53] H. A. El-Dessouki: A Study on Abrasion Characteristics and Pilling Performance of Socks. *International Design journal*, **4** (2015.) 2, pp. 229-234.
- [54] HRN EN ISO 139:2008/A1:2011 Tekstil - Standardna atmosfera za kondicioniranje i ispitivanje
- [55] HRN EN 13770:2008 Tekstilije - Određivanje otpornosti na habanje pletenih odjevnih proizvoda za noge
- [56] HRN EN ISO 6330:2012 Tekstil - Postupci pranja i sušenja u kućanstvu za ispitivanje tekstila
- [57] HRN ISO 3801:2003 Tekstil - Tkanine - Određivanje mase po jedinici duljine i mase po jedinici površine
- [58] HRN EN 14971:2008 Tekstilije - Pletiva - Određivanje broja očica po jedinici duljine i jedinici površine
- [59] HRN EN ISO 5084:2003 Tekstil - Određivanje debljine tekstila i tekstilnih proizvoda
- [60] ASTM D 2654-89a Test Methods for Moisture in Textiles
- [61] HRN EN ISO 9237:2003 Tekstil - Određivanje propusnosti zraka plošnog tekstila
- [62] HRN EN ISO 12945-2:2003 Tekstil - Određivanje sklonosti površinskom stvaranju dlačica i pilingu na plošnom tektilu - 2. dio: Preinačena metoda po Martindaleu
- [63] Özdil N. et al: Analysis of Abrasion Characteristic in Textiles, In *Abrasion Resistance of Materials*, InTech, Rijeka, 2012, pp 119-146

SAŽETAK

Udobnost i uporabna trajnost kratkih čarapa izrađenih od inovativnih materijala

Ivan Mihaljević

Kratke čarape su pleteni odjevni proizvodi koji uz stopalo prekrivaju i dio potkoljenice. Moraju zadovoljiti visoke zahtjeve koji se postavljaju na njihovu uporabnu trajnost, funkcionalnost i udobnost. Uporabna trajnost i udobnost kratkih čarapa ovisi o njihovoj konstrukciji te tipu i sirovinskom sastavu pređa od kojih su izrađene. Zbog toga je, uz ostale proizvodne zahtjeve, veoma značajno međusobno uskladiti i odabrati odgovarajuće pređe za njihovu izradu. Kako je broj europskih normi vezanih uz ispitivanje i karakterizaciju pletiva, kao i od njih izrađenih čarapa mali, postoji potreba proširenja istraživanja u području razvoja metodologije vrjednovanja njihove udobnosti i uporabne trajnosti u simuliranim uvjetima uporabe. Stoga, a uz činjenice da je primjenjivost modalnih vlakna i modalnih mikrovlakana u pletenju čarapa nedovoljno istražena, kao i od njih izrađenih pređa predenih nekonvencionalnim rotorskim i aerodinamičkim postupkom, u radu je provedeno ispitivanje čarapa izrađenih od inovativnih materijala, primjenom danog prijedloga metodologije vrjednovanja njihove kvalitete prema normiranim metodama. Provedeno je ispitivanje temeljnih svojstava čarapa i pletiva čarapa utvrđivanjem mase čarapa te plošne mase, gustoće i debljine pletiva čarapa; vrjednovanje udobnosti čarapa ispitivanjem sposobnosti apsorpcije vlage pletiva čarapa, zrakopropusnosti pletiva čarapa te toplinske udobnosti čarapa; te vrjednovanje uporabnih svojstava čarapa ispitivanjem otpornosti pletiva čarapa na habanje, sklonosti nastajanju površinskog pilinga na pletivu čarapa i dimenzijske stabilnosti čarapa, prije i nakon višekratno ponovljenih uzastopnih ciklusa simulacije kućanske njege, a u svrhu analize utjecaja primijenjenih inovativnih materijala na ispitivana svojstva i potvrde primjenjivosti predložene metodologije vrjednovanja.

Ključne riječi: kratke čarape, udobnost, uporabna trajnost, pletivo, tip pređe, modalna vlakna, ispitivanje tekstila

SUMMARY

Comfort and usage durability of socks made of innovative materials

Ivan Mihaljević

The socks are a knitted item of clothing worn on the feet and covers part of the calf. They have to meet high demands for usage durability, functionality and comfort. Usage durability and comfort of socks depends on their construction, type and fiber composition of the yarn they are made of. Therefore, besides other production requirements, it is important to harmonize and choose right type of yarns for their production. However, the number of European standards related to testing and characterization of knitted fabrics are low, as well as items made from them like socks, there is a need to expand the research and develop the methodology for evaluation of their comfort and usage durability in the conditions of use. Therefore, and with the fact that the applicability of modal fibers and modal microfibers in knitting of socks is insufficiently researched, as well as yarns made from them by unconventional rotor and air-jet process, in this paper testing was conducted on socks made of innovative materials, using the given proposal of the methodology for evaluating their quality according to standardized test methods. The investigation of fundamental properties of socks and socks knitted fabric was carried out by determining the mass of socks, mass per unit area, number of wales and courses per unit length and thickness of knitted fabrics; by evaluation of sock comfort by investigation of moisture regain, air permeability of knitted fabrics and socks thermal comfort; and evaluation of the usage properties of socks by testing propensity to surface pilling and abrasion resistance of socks knitted fabrics and dimensional stability of socks before and after consecutive repeated washing and drying cycles, all with the purpose of analyzing the impact of applied innovative materials on the examined properties and confirming the applicability of the proposed evaluation methodology.

Key words: *socks, comfort, usage durability, knitted fabrics, yarn type, modal fibres, textile testing*

ŽIVOTOPIS

Ivan Mihaljević

Rođen je u Livnu, 6. travnja 1992. godine. 2017. godine upisuje preddiplomski sveučilišni studij Tekstilni i modni dizajn na Sveučilištu u Zagrebu Tekstilno-tehnološkom fakultetu. Na prvoj godini studija, u ak. god. 2017./2018. dobitnik je nagrade AMCA TTF-a za najbolji studentski umjetnički rad pod mentorstvom izv. prof. art. Helene Schultheis Edgeler. Ak. god. 2019./2020. na *Natječaju za izradu izgleda prepoznatljive radne odore Ljekarne Kremić* pod mentorstvom izv. prof. art. dr. sc. Jasminke Končić i doc. art. Marina Sovara, dobitnik je drugoplasiranog rješenja i nagrade. Od ak. god. 2019./2020. do danas aktivni je član Fakultetskog vijeća i član Studentskog zbora Tekstilno-tehnološkog fakulteta, te član skupštine Studentskog zbora Sveučilišta u Zagrebu. U koautorstvu je u Zborniku radova 13. međunarodnog znanstveno-stručnog savjetovanja Tekstilna znanost i gospodarstvo objavio rad naziva *The influence of Chinese folk costume on the design of womens business clothing*, 2020. godine. Preddiplomski studij završava ak. god. 2019./2020. s prosjekom ocjena 5,000 te upisuje diplomski sveučilišni studij Tekstilna tehnologija i inženjerstvo, smjer: Industrijski dizajn odjeće. Dobitnik je dvije nagrade Dekanice, za postignut izvrstan uspjeh na preddiplomskom sveučilišnom studiju Tekstilni i modni dizajn, 2019. i 2021. godine. Na prvoj godini diplomskog studija sudjeluje u nastavi kao demonstrator na predmetima *Konstrukcija odjeće I*, *Normizacije u odjevnoj tehnologiji*, *Tehnička priprema proizvodnje odjeće*, *Modeliranje odjeće*, *Modeliranje odjeće I*, *Tekstilni materijali i Ispitivanje tekstila i odjeće*, nositelja prof. dr. sc. Darka Ujevića, prof. dr. sc. Antonete Tomljenović, prof. dr. sc. Slavenke Petrak i doc. dr. sc. Blaženke Brlobašić Šajatović. Realizira i prvu samostalnu izložbu u TTF galeriji pod mentorstvom izv. prof. art. dr. sc. Jasminke Končić na temu: *Kontrast modnog i antimodnog - modni opus Thierrya Muglera i estetika livanjske narodne nošnje na primjeru vlastite modne kolekcije*. Ak. god. 2018./2019., 2019./2020. i 2020./2021. dobitnik je stipendija, ponajprije STEM stipendije, a potom stipendija Grada Zagreba za izvrsnost studenata. Trenutni prosjek ocjena mu je 5,000.