

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

LINA ČEPUKONĖ

MEZGINIŲ IŠ DURPIŲ PLUOŠTO  
KŪRIMAS IR JŲ SAVYBIŲ TYRIMAS

Daktaro disertacija  
Technologijos mokslai, medžiagų inžinerija (08 T)

Kaunas, 2018

Disertacija rengta 2014–2018 metais Kauno technologijos universitete, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultete, Medžiagų inžinerijos katedroje ir remta Lietuvos mokslo tarybos.

**Mokslinis vadovas:**

prof. dr. Daiva MIKUČIONIENĖ (Kauno technologijos universitetas, technologijos mokslai, Gamybos inžinerijos katedra, medžiagų inžinerija – 08 T).

Interneto svetainės, kurioje skelbiama disertacija, adresas:

<http://ktu.edu>

Redagavo:

Virginija Stankevičienė (KTU, Užsienio kalbų centras)

© L. Čepukonė, 2018

ISBN (978-609-02-1541-8)

Leidinio bibliografinė informacija pateikiama Lietuvos nacionalinės Martyno Mažvydo bibliotekos Nacionalinės bibliografijos duomenų banke (NBDB).

## TURINYS

|   |    |
|---|----|
| SIMBOLIŲ IR SANTRUMPŲ SĄRAŠAS .....   | 5  |
| ĮVADAS .....  | 6  |
| 1. LITERATŪROS APŽVALGOS .....  | 9  |
| 1.1. Natūralių celiuliozinių pluoštų apžvalga .....   | 9  |
| 1.1.1. Natūralių celiuliozinių pluoštų rūšys .....  | 9  |
| 1.1.2. Durpių pluošto kilmė .....   | 14 |
| 1.1.3. Funkcinių tekstilės medžiagų iš natūralių celiuliozinių pluoštų apžvalga .....                 | 18 |
| 1.2. Pluoštinės sudėties įtakos mezginių geometrijai bei struktūrinėms savybėms tyrimų apžvalga ..... | 19 |
| 1.3. Pluoštinės sudėties įtakos mezginių mechaninėms ir funkcinėms savybėms tyrimų apžvalga .....     | 22 |
| 1.4. Literatūros apžvalgos apibendrinimas .....   | 30 |
| 2. TYRIMO OBJEKTAS IR DARBO METODIKA .....  | 32 |
| 2.1. Tyrimo objektas, mezginių projektavimas ir gamyba .....  | 32 |
| 2.2. Tyrimų metodika .....  | 33 |
| 2.2.1. Durpių pluošto savybių tyrimo metodika .....   | 33 |
| 2.2.2. Mezginių medžiagų struktūros rodiklių nustatymo metodika .....                                 | 33 |
| 2.2.3. Durpių ir švylių pluošto bei verpalų iš durpių pluošto mechaninių savybių tyrimai .....        | 34 |
| 2.2.4. Mezginių matmenų stabilumo tyrimo metodika .....   | 34 |
| 2.2.5. Mezginių trinties tyrimo metodika .....  | 35 |
| 2.2.6. Mezginių atsparumo dėvėjimui ir dilinimui nustatymo metodika .....                             | 35 |
| 2.2.7. Mezginių laidumo orui nustatymo metodika .....   | 35 |
| 2.2.8. Mezginių šiluminių savybių tyrimo metodika .....   | 35 |
| 2.2.9. Mezginių statinės vandens absorbcijos nustatymo metodika .....                                 | 36 |
| 2.2.10. Mezginių degumo tyrimo metodika .....   | 36 |
| 2.3. Eksperimentų rezultatų statistinė ir matematinė analizė .....                                    | 37 |
| 3. TYRIMŲ REZULTATAI .....  | 38 |
| 3.1. Durpių pluošto morfologiniai ir cheminiai tyrimai .....  | 38 |

|   |    |
|---|----|
| 3.2. Durpių verpalų stipruminių charakteristikų tyrimas.....                            | 44 |
| 3.3. Mezginių struktūros rodiklių ir pluošto prigimties kilpos geometrijai analizė..... | 48 |
| 3.4. Megztinių medžiagų mechaninių savybių tyrimas .....                                | 50 |
| 3.4.1. Mezginių matmenų stabilumas .....  | 50 |
| 3.4.2. Mezginių trinties tyrimas.....   | 52 |
| 3.4.3. Mezginių atsparumas dėvėjimui ir dilinimui .....                                 | 54 |
| 3.5. Megztinių medžiagų fizikinių savybių tyrimas .....                                 | 58 |
| 3.5.1. Mezginių laidumas orui .....   | 58 |
| 3.5.2. Mezginių šiluminės savybės .....   | 61 |
| 3.5.3. Mezginių statinė vandens absorbcija.....   | 66 |
| 3.5.4. Mezginių degumo tyrimas .....  | 68 |
| 4. IŠVADOS.....   | 73 |
| 5. LITERATŪROS SĄRAŠAS.....   | 75 |
| 6. PUBLIKACIJŲ DISERTACIJOS TEMA SĄRAŠAS, DALYVAVIMAS KONFERENCIJOSE.....               | 87 |

## SIMBOLIŲ IR SANTRUMPU SAŽAŠAS

- $\bar{x}$  – eksperimentinių rezultatų vidurkis  
 $\sum S^2$  – visų eksperimento taškų dispersijų suma  
 $A$  – tiriamoji zona,  $5 \text{ cm}^2$   
 $D$  – oro srauto debitas,  $\text{dm}^3/\text{min}$   
 $D$  – verpalai su durpių pluoštu  
 $F$  – *Fišerio* kriterijus  
 $FAO$  – Jungtinių Tautų maisto ir žemės ūkio organizacija  
 $FR$  – antipirenas (flame retardant - angliškai)  
 $G$  – *Kochreno* kriterijus  
 $L$  – bandinio matmuo po skalbimo ir džiovavimo, mm  
 $l$  – faktinis kilpos ilgis, mm  
 $L$  – elastomerinis Lycra<sup>®</sup> siūlas  
 $L_0$  – bandinio matmuo prieš skalbiant, mm  
 $M$  – medvilniniai verpalai  
 $m_0$  – pradinė bandinio masė, g  
 $m_1$  – bandinio masė po nustatyto sūkių skaičiaus, g.  
 $Ma$  – masės nuostolis, g  
 $m_d$  – sauso bandinio masė, g  
 $m_w$  – drėgno bandinio masė, g  
 $N$  – eksperimento taškų skaičius  
 $P_h$  – horizontalusis tankumo koeficientas,  $\text{cm}^{-1}$   
 $P_v$  – vertikalusis tankumo koeficientas,  $\text{cm}^{-1}$   
 $R$  – laidumas orui,  $\text{dm}^3/(\text{m}^2\text{s})$   
 $S$  – vidutinė kvadratinė nuokrypa  
 $S_2$  – dispersija  
 $S_{max}^2$  – maksimalioji eksperimento taškų dispersija  
 $SEM$  – skenuojančių elektronų mikroskopas  
 $S_y^2$  – vidutinė bandymų dispersija (eksperimento dispersija)  
 $S_w$  – statinė vandens absorbcija, %  
 $T$  – verpalų ilginis tankis, tex  
 $T$  – temperatūra, °C  
 $V$  – vilnoniai verpalai  
 $A$  – santrauka, %  
 $\varphi$  – santykinis oro drėgnis, %

## IVADAS

**Tiriamos problemos pagrindimas ir darbo aktualumas.** Pastarąjį dešimtmetį ypatingas dėmesys tekstilės inžinerijoje yra kreipiamas į tekstilės gaminių funkcionalų išskirtinumą ir ekologiškumą. Siekiant išgauti naujas funkcines (apsaugines, gydomąsias, geresnio komforto ir pan.) tekstilės gaminio savybes arba sustiprinti esamas, yra kuriamos naujos tekstilinės struktūros, naujos apdailos rūšys ar nauji pluoštai.

Projektuojant kokybiškas megztines struktūras, būtina gerai išmanyti mezginio pynimą. Pynimo tipas priklauso nuo sandaros elementų tipo bei megztos struktūros formavimo būdo. Tai lemia ne tik mezginio išvaizdą, bet ir gaminio savybes. Mezginių kilpos gali būti lankstomos iš įvairios pluoštinės sudėties ir struktūros siūlų, vieną mezginio elementą formuojant iš vienos rūšies arba skirtingų rūšių siūlų, o tai taip pat lemia gaminio savybes. Šiame darbe tiriami lygiojo skersinio pynimo meziniai, kurie suprojektuoti vienoje kilpoje lankstant tiek vienos pluoštinės sudėties verpalus, tiek skirtingus natūralios pluoštinės sudėties verpalus.

Dėl didėjančio vartotojų sąmoningumo ir reklamo ekologiniams gaminiams, funkcionalios tekstilės gamyboje ypatingas dėmesys yra skiriamas ekologiškiems natūraliems pluoštams.

Globalus ekologiškumo klausimas keliamas jau ne vienerius metus. Tvaresnis vartojimas ir būtinybė spręsti gamtos saugos problemas skatina domėtis žiedinės ekonomikos modeliu, kuris yra aktualus ir naudojamas daugelyje Europos valstybių. Siekiama atrasti būdų išspręsti pastaruoju metu aktualią problemą – kaip pagaminti ne tik ekologišką gaminį, bet ir rasti kuo draugiškesnį / tinkamesnį gamtai būdą šiai gamybai vykdyti bei reikalingam pluoštui išgauti. Todėl šiame disertaciniame darbe pagrindiniu tyrimų objektu pasirinktas durpių pluoštas. Šis pluoštas yra durpių kasybos pramonės šalutinis produktas. Kasmet iškasami didžiuliai kiekiai durpių, naudojamų kurui, žemdirbystei ir kitoms reikmėms. Šiems produktams naudojami tik giluminiai durpynų sluoksniai, o paviršinis sluoksnis yra šios pramonės šakos atliekos. Tačiau šią, paviršinę sluoksnio dalį, sudaro vegetacinį ciklą baigusią ir iš dalies degradavusių švylių (lot. *Eriophorum vaginatum*) stiebai, paveikti specifinių pelkėtos vietovės aplinkos sąlygų. Taigi, skirtingai nei kitoms pluoštinėms kultūroms (pvz., linams), durpių pluoštui išgauti nereikia dirbamos žemės plotų, nenualinami laukai, nenaudojama pesticidų ir herbicidų (kas yra būdinga auginant kultūrinius augalus), taip pat nereikia papildomai vandens (pvz., auginant medvilnę). Durpių pluoštas palankus aplinkai, nes gaminamas iš atsinaujinančių žaliavų – iškasti durpynai natūraliai atsistato.

Durpių pluošto pritaikymo galimybių tekstilės gaminiams gaminti, taip pat moksliniais tyrimais pagrįstų duomenų apie šio pluošto savybes, jo perdirbimą bei įtaką baigtų tekstilinių gaminių vartojamosioms ir funkcinėms savybėms, labai trūksta. Todėl moksliniai tyrimai šioje srityje yra labai reikalingi ir aktualūs.

**Darbo tikslas** – ištyrus durpių pluošto morfologiją bei cheminę sudėtį nustatyti durpių pluošto įtaką mezginių struktūrinėms, mechaninėms ir fizikinėms savybėms.

### **Darbo uždaviniai:**

1. ištirti durpių pluošto morfologiją ir cheminę sudėtį;
2. nustatyti pluoštinės sudėties įtaką mezginių su durpių pluoštu struktūriniais rodikliais;
3. nustatyti pluoštinės sudėties įtaką mezginių su durpių pluoštu atsparumą dėvėjimui ir dilinimui, trinčiai bei matmenų stabilumui;
4. nustatyti pluoštinės sudėties įtaką mezginių su durpių pluoštu laidumą orui, sorbcinėms savybėms ir šilumai;
5. nustatyti mezginių su durpių pluoštu degumą ir specialios apdailos įtaką mezginių nedegumui.

**Mokslinis darbo naujumas.** Durpių pluošto pritaikymas mezgimo pramonei ir buitinių bei funkcinių mezginių gamybai yra labai perspektyvi ir šiuo metu nauja sritis. Nepaisant to, kad praėjusio šimtmečio pradžioje buvo bandymų gaminti durpių pluošto verpalus ir tekstilės medžiagas iš durpių pluošto, moksliniais tyrimais pagrįstų duomenų apie šį pluoštą, mezginius iš jo bei savybes, beveik nėra. Literatūros apie durpių pluoštą ir jo savybes randama tik senuosiuose XIX a. šaltiniuose arba nedaug moksliniuose straipsniuose, kuriuose dažniausiai nagrinėjamas durpių panaudojimas energetikos pramonėje bei botanikos srityje (tiriant durpių augalų rūšis). Duomenų apie durpių pluošto morfologiją ir cheminę sudėtį, pluošto mechanines savybes ir jų įtaką tekstilės struktūrai, mechaninėms bei fizikinėms savybėms literatūroje nerasta (Wegman, 1929).

Šioje disertacijoje atlikti tyrimai ir gauti rezultatai įrodė, kad siūlai su durpių pluoštu gali būti naudojami mezginiams projektuoti. Tokie mezginiai mechaninėmis ir vartojamosiomis savybėmis nenusileidžia plačiausiai naudojamiems celiulioziniais tekstilės gaminiais iš medvilnės pluošto arba pasižymi geresnėmis savybėmis – šilumos ir degumo. Darbo metu nustatyta išskirtinė durpių pluošto savybė – gerokai ilgesnė degimo trukmė nei medvilninių mezginių, kuri yra labai svarbi funkcinės paskirties gaminiais.

Įvertinus tai, kad durpių pluoštas yra išskirtinai ekologiškas, jo naudojimas vietoje panašių lignoceliuliozinių pluoštų, kuriems auginti išeikvojama daug resursų, yra labai perspektyvus ir skatintinas. Disertacinio darbo tyrimų rezultatai išplėtė žinias apie durpių pluošto savybes, jo taikymo mezgimo pramonėje galimybes, megztų struktūrų su durpių pluoštu mechanines, vartojamąsias ir funkcines savybes, panaudojimo sritis. Šie rezultatai gali būti pritaikomi praktiškai ir naudingi tolimesniems tyrimams siekiant skatinti ekologišką gamybą bei propaguoti gamtos saugojimą.

### **Autorės indėlis**

Tyrimams reikalingi tiriamieji bandiniai, kuriuos suprojektavo disertacijos autorė, buvo numegzti tekstilės įmonėje UAB „Vegateksa“ (Kaunas, Lietuva).

Dauguma disertacijos tyrimų rezultatų buvo gauti Kauno technologijos universiteto Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakulteto Medžiagų inžinerijos katedroje. KTU darbuotojai, prisidėję prie darbo yra dr. Žaneta Rukuižienė, kuri prisidėjo prie durpių pluošto morfologinės ir geometrinės analizės mokydama doktorantę dirbti su optiniu mikroskopu bei atlikti pluoštų paviršiaus analizę *SEM*

(skenuojančiu elektroniniu mikroskopu). Dr. Daiva Milašienė prisidėjo atliekant šiluminių savybių eksperimentinį tyrimą, kuriame disertacijos autorė vertino pluoštinės sudėties įtaką šilumos mainų dinamikai.

Cheminė durpių pluošto sudėtis buvo nustatyta Latvijos valstybiniame medienos ir chemijos institute (Riga, 27 Dzerbenes g. LV 1006, Latvija).

Tyrimų rezultatų analizę ir interpretaciją atliko disertacijos autorė, o koregavimus, patikslinimus, pataisymus ir patvirtinimus atliko mokslinė vadovė prof. dr. Daiva Mikučionienė.



# 1. LITERATŪROS APŽVALGOS

Šiame skyriuje bus siekiama išsamiai ir trumpai aptarti natūralių celiuliozinių pluoštų rūšis, bei pluoštinės sudėties įtaką mezginių geometriniams, struktūros parametrams, funkcinėms ir mechaninėms savybėms. Skaitytojui pristatomas durpių pluoštas, aprašoma jo kilmė bei pritaikomumo galimybės.

## 1.1. Natūralių celiuliozinių pluoštų apžvalga

Pastaraisiais metais jaučiamas didelis vartotojų poreikis įsigyti funkcionalių ir ekologiškesnių tekstilės gaminių. Todėl atsirado natūralūs pluoštai, pasižymintys ekologiškai išskirtinėmis bei vartotojo poreikius ypač tenkinančiomis pluošto savybėmis. Pastaruoju metu vis dažniau tiriami natūralūs celiulioziniai pluoštai, tokie kaip bambuko, kokoso, dilgėlių ar kiti, augalinės kilmės pluoštai. Tekstilėje naudojamų augalų įvairovė pasižymi skirtingomis mechaninėmis ir fizikinėmis savybėmis, todėl šiandieninis vartotojas pagal savo poreikius gali pasirinkti iš kokio augalo celiuliozės pagamintas tekstilės gaminy yra tinkamiausias ir reikalingas jam.

Augaluose, esančiuose audiniuose susikaupia daug technologiniam perdirbimui tinkamų pluoštinių ląstelių, kurios, naudojant įvairias technologijas, lengvai atskiriamos nuo balastinių medžiagų ir gaunamas augalinis natūralus celiuliozinis pluoštas. Celiuliozė yra pagrindinis augalų ląstelių sienelių komponentas, kuriame taip pat yra ir lignino bei kitų komponentų. Priklausomai nuo augalų rūšies, celiuliozės kiekis juose yra nevienodas. Didžioji dalis celiuliozės sankaupų randama augalo stiebe bei lapuose. Augaluose esanti ląsteliena yra ypač vertinga žaliava. Pramonės srityje celiuliozė cheminiais būdais perdirbama į pluoštines medžiagas, kurios naudojamos popieriaus, plastiko gamyboje, taip pat tekstilės pramonėje.

### 1.1.1. Natūralių celiuliozinių pluoštų rūšys

Tekstilėje naudojami tiek natūralūs, tiek dirbtiniai celiulioziniai pluoštai. Natūralius celiuliozinius pluoštus galima būtų suskirstyti į grupes pagal tai, iš kurios augalo dalies pluoštas išgaunamas (Hps, Jawaid ir Khalil, 2011).

- Stiebo (karnienos) – džiuto pluoštas, kanapinės kinrozės pluoštas, dilgelių pluoštas, linų pluoštas, kanapių pluoštas, cukranendrių pluoštas, bambuko pluoštas.
- Lapų – banano pluoštas, sizalinės agavos pluoštas, ananaso pluoštas, palmių pluoštas.
- Sėklų – medvilnės pluoštas, kapoko pluoštas.
- Vaisių – kokoso pluoštas, šiūruoklės pluoštas.

#### Pluoštai iš augalo karnienos dalies

**Linas** (lot. *Linum*) – lininių (*Linaceae*) šeimos genties augalai, kuriems priskiriamos vienmetės ir daugiametės žolės bei puskrūmiai. Linų stiebas yra status, kuris siekia iki 150 cm. Lino pluoštas išgaunamas iš stiebo žievės (Fouk ir kt., 2002). Tekstiliniai gaminiai iš lino pluošto yra vieni iš seniausių pasaulyje. Apie 5000 m. pr. kr. Egipte buvo dėvimi drabužiai iš lino pluošto. Lietuvoje linus tautosakoje vadina šventu augalu, saulės žolynu bei moters javu.

**Bambukas** (lot. *Bambuseae*) – miglinių (*Poaceae*) šeimos daugiamečiai, visžaliai augalai, kurie yra gausiai paplitę tropinio ir subtropinio klimato zonose, daugiausia Pietryčių ir Rytų Azijoje, Himalajuose, Pietų Amerikoje ir JAV. „Banana fibre“ internetiniame žurnale aprašoma, kad šis žolinis augalas yra vienas greičiausiai augančių augalų žemėje. Jei yra tinkamos augimo sąlygos, bambukas per dieną užauga net iki 1 metro aukščio.

**Kanapė** (lot. *Cannabis*) magnolijų augalų gentis, kuri priklauso kanapinių (*Cannabace*) šeimai. Išskiriamos trys kanapės rūšys: sėjamoji kanapė (*Cannabis sativa*; jos porūšiai *Cannabis sativa sativa*, *Cannabis sativa indica* ir *Cannabis sativa spontanea*), indinė kanapė (*Cannabis indica*) ir šiukšlyninė kanapė (*Cannabis ruderalis*) (Elsohly, 2002). Kanapės yra vieni seniausių iš natūralių augalinių pluoštų, ekologiški, tvirti bei patvarūs. Graikų istorikas Herodotas iš Halikarnaso (490–430 m. pr. m. e.) pirmą kartą rašytiniuose šaltiniuose papasakojo kaip skitų gentys šį augalą naudojo kaip pluoštą. Dabartinės Mongolijos teritorijoje archeologai, tyrinėdami skitų laidojimo pilkapius, rado smilkytuvo laikiklių, pilnų kanapių sėklų bei suanglėjusių sėklų likučių. Manoma, kad radiniai siekia apie 2400 metus (Kabelik, Krejey ir Santavy, 1960; Van Der Merwe, 1975).

**Kanapinė kinrožė** (lot. *Hibiscus cannabinus*) yra 4 000 metų senumo pluoštinis augalas, galintis užaugti net iki 4 metrų aukščio. Iš augalo stiebo gaminami dviejų tipų pluoštai: šiurkštesnis pluoštas išgaunamas iš išorinio žievės sluoksnio, o minkštesnis, geresnės kokybės, iš vidinės dalies. Kanapinės kinrožės pluoštas Europoje atsirado apie 1900 metus. Dabartiniu metu pagrindinės šalys, kuriose auginami šios rūšies augalai yra Kinija, Indija. Kanapinės kinrožės pluoštas buvo naudojamas virvėms, špagatui, šiurkščiai dangai gaminti bei popieriaus pramonėje (Cheng ir kt., 2004).

**Dilgėlė** (lot. *Urtica*), dilgėlinių šeimos augalų gentis. Dilgėlės pavadinimas kilęs iš lotynų kalbos žodžio *urere* ir reiškia „dilginti“ (Taylor, 2009). Archelagai randa patvirtinimų, jog Danijoje net bronzos amžiuje iš šio augalo buvo gaminamos tekstilinės dangos bei virvės. Taip pat reikia paminėti, kad Didžiojoje Britanijoje radiniai patvirtina dilgėlių naudojimą jau senojo neolito laikais. Didžiojoje Britanijoje vietiniai gyventojai audinius iš dilgėlių pluošto vadindavo audiniu iš Škotijos. Dilgėlės XIX a. buvo naudojamos Skandinavijoje, Vokietijoje bei Rusijoje (Hartl ir Vogl, 2003).

**Džiutas** (lot. *Corchorus capsularis*) ilgas ir blizgus pluoštas, gaunamas iš karnienos, liepinių šeimos vienmečių atogrąžų augalų – kapsulinio džiuto – stiebų. Augalas užauga nuo dviejų iki penkių metrų aukščio. Džiutas taip pat vadinamas „auksiniu pluoštu“ dėl savo spalvos. Daugelį šimtmečių džiutas buvo neatsiejamas nuo kultūrinio paveldo Rytinėje Bengalijoje, Bangladešo pietvakariuose. Pluoštas buvo plačiai naudojamas žvejyboje, statyboje, mene ir rankdarbių pramonėje (Kundu, 1956).

#### Pluoštai iš augalo lapų

**Abaka** (lot. *abacá*, *abaca*) labai stiprus augalinis pluoštas, kuris yra gaminamas iš pluoštinio banano (*Musa textilis*) lapamakščių. Šis augalas auga nuo 4 iki 6,7 metrų, o vidutinis aukštis siekia apie 3,7 metrus (Vijayalakshmi ir kt., 2014).

Dar prieš sintetinių pluoštų naudojimo pradžią, Manilos kanapė arba, kitaip vadinamas, banano pluoštas buvo vertinamas kaip aukščiausios kokybės pluoštas. Šiandien bananų pluoštas komerciniams tikslams yra auginamas ir ruošiamas trijose šalyse: Filipinuose, Ekvadore ir Kosta Rikoje. Filipinuose gaminama nuo 85 % iki 95 % viso bananų pluošto kiekio pasaulyje. Gamybai yra samdoma apie 1,5 milijono žmonių (Spencer, 1953; Owen, 1984).

**Sizalinė agava** arba **sizalis** – agavinių (lot. *Agavaceae*) augalų rūšis. Iš šio augalo lapų išgaunamas ypač stiprus ir lankstus pluoštas. Sizalinės agavos lapų pluoštas ypač atsparus drėgmei (Davis, Dohleman ir Long, 2011). Seniau sizalinės agavos buvo auginamos tik Centrinėje Amerikoje, o dabar randamos tropiniuose ir subtropiniuose regionuose.

**Ananasas** (lot. *Ananas*) – bromelijinių (*Bromeliaceae*) šeimos augalų gentis. Daugiausia ananasinio pluošto audiniai naudojami Filipinuose oficialiems drabužiams siūti. Šio pluošto audinys naudojamas ir namų tekstilėje įvairiems krepšiams gaminti bei kilimų pramonėje (Devi ir kt., 1997).

**Raffia-Rafija** (lot. *Raphia*) – priklauso palminių augalų šeimai, kurią sudaro net 20 skirtingų rūšių. Šis augalas randamas Afrikoje, daugiausia Madagaskare. Ploni plaušai išgaunami nuo kiekvieno lapo apatinės dalies, kai nulupamas plaušinis sluoksnis. Iš šio pluošto gaminami įvairiausi gaminiai – nuo aprangos papuošalų iki statybos pramonėje naudojamų sijų ar stogų (Odera, Onukwuli ir Osoka, 2011).

#### Pluoštai iš augalo vaisiaus arba sėklų

**Medvilnė** (lot. *Gossypium*) – augalinis pluoštas, kuris gaunamas iš vilnamedžio genties augalų sėklų gaubiančio audinio. Medvilnės pluoštas yra labai nevienodas, nes vieni pluošto plaukeliai būna ilgi ir purūs, o kiti trumpi ir šiurkštūs. Pluošto plaukelio skersmuo gali būti nuo 2 iki 60 mikrometrų. Taip pat skiriasi ir pluošto ilgis. Vidutinis pluošto ilgis turi būti ne mažesnis nei 20 mm, o ilgapluoštis nuo 30 mm. Vertingiausiais laikomi patys ploniausi, ilgiausi ir lygiausi pluošteliai (Denham, 1922).

**Kapokmedis** (lot. *Ceiba*) – dedešvinių (*Malvaceae*) šeimos augalų gentis, kuriai priklauso ir medžiai. Kai kurios rūšys užauga iki 70 metrų aukščio, o suaugę medžiai užaugina po kelis šimtus apie 15 cm ilgio vaisių „dėžučių“, kurių sienelės iš vidaus padengtos gausiais gelsvais blizgančiais plaukeliais. Plaukeliai sudaryti iš celiuliozės ir lignino. Pluoštui išgauti žmonės kapokmedžio plaukelius iš vaisių išiminėja rankomis. Taigi iš kapokmedžio vaisių gaunamas lengvas pluoštas, kurio plaušai gerai plaukia, sunkiai įmirksta bei lengvai užsidega. Kapoko pluoštas naudojamas minkštiems baldams, gelbėjimosi liemenėms ir ratams bei minkštiems žaislams prikimšti. Pluoštą taip pat naudoja kaip garsą ir šilumą izoliuojančią medžiagą (Hori ir kt., 2000; Molsa ir kt., 2002).

**Kokoso** (lot. *Kayar*) pluoštas yra labai grubus ir išgaunamas iš kokospalmės vaisiaus plaušinio sluoksnio. Šis plaušingas sluoksnis padengia vaisiaus kauliuką, kokoso riešutą. Kokoso pluoštas išgaunamas iš dalies, esančios tarp kevalo ir odelės. Pavieniai kokoso pluoštai yra siauri ir jiems būdingos storos celiuliozinės sienelės. Po išgavimo pluoštas keičia savo spalvą (gelsvėja) bei kietėja. Kiekviena plaušų ląstelė yra 1 mm ilgio ir nuo 10 iki 20 μm storio. Plaušai būna nuo

20 iki 30 cm ilgio. Priklausomai nuo išgaunamo augalo subrendimo ir plaušų storio, kokoso pluoštas skirstomas į dvi rūšis: rudasis (subrendusio vaisiaus) ir baltasis (nesubrendusio).

### Natūralių celiuliozinių pluoštų savybės ir panaudojimas

Gebėjimas ventiliuoti, gerai praleisti orą, sugerti drėgmę – yra viena iš pagrindinių ir geriausių celiuliozinių pluoštų savybių. Dėvimi drabužiai ar naudojama patalynė, pagaminta iš organinės medvilnės, yra puikiai tinkama kūdikių ar vaikų gaminiuose, nes šis pluoštas pasižymi antialergiškomis savybėmis. Kanapių pluošto gaminiai pasižymi ne tik geru drėgmės sugeriamumu ar laidumu orui, bet ir antibakterinėmis savybėmis, kurios labai svarbios gaminant neįgaliesiems žmonėms skirtą aprangą. Tiriant natūralius pluoštus bei juos mediciniškai testuojant buvo nustatyta, kad megztinė, 100 % lininė medžiaga yra pati higieniškausia patalynės patiesalams bei paklotams gaminti. Geriausios rūšies lino pluoštas naudojamas tekstilės pramonėje, o šiurkštesnis pluoštas naudojamas gaminant špagatą, virves ar drobę. Virvių gamyboje taip pat naudojamas sizalinės agavos pluoštas. Paminėtina tai, kad baltos skalbinių virvės gaminamos būtent iš šio sizalinio pluošto. Virvės, kurios pagamintos iš šio pluošto vertinamos dėl savo stiprumo, ilgaamžiškumo, gebėjimo tįsti bei atsparumo sūriam jūros vandeniui. Sizalio pluoštas naudojamas trijose pramonės srityse: žemesnės rūšies pluoštas yra naudojamas popieriaus pramonėje dėl didelio celiuliozės kiekio; vidutinės rūšies pluoštas yra naudojamas jau minėtų virvių pramonėje; aukštesnės rūšies pluoštas po apdorojimo yra perdirbamas į gijas ir puikiai naudojamas kilimų pramonėje (Sinha, 1974). Reikia paminėti, jog sizalinės agavos pritaikomumas pastaruoju metu sparčiai plečiasi, nes atsiranda potencialus panaudojimas šios medžiagos net ir medicinos srityje (Debnath ir kt., 2010).

Paminėtina ir tai, kad šiuo metu taip pat plačiai naudojami audiniai iš dilgėlių pluošto namų tekstileje bei baldiniams apmušalams. Pastaruoju metu dilgėlių tyrimais, jų panaudojimu bei pritaikymu labai domisi Austrijos, Vokietijos, Jungtinės Karalystės, Suomijos ir Lenkijos mokslininkai. Kreipiamas dėmesys į dilgėlių panaudojimo galimybes ir gyvuliniam pašarui gaminti (Kandimalla ir kt., 2016; Kozłowski ir kt., 2009).

Celiulioziniai pluoštai yra svarbūs šiuo metu aktualioje „žaliojoje“ ekonomikoje, kuri yra paremta energijos valdymo efektyvumu, atsinaujinančiais ištekliais, pramoniniais procesais, kuriuose yra mažinama anglies emisija ir pakartotinai naudojamos perdirbtos medžiagos. Jungtinių Tautų maisto ir žemės ūkio organizacija (FAO) atliko tyrimus ir pateikė rezultatus, kuriuose aprašoma, kad džiuoto pluošto vienos tonos gamybai reikia tik 10 % energijos. Kadangi džiuotas yra auginamas daugiausia mažuose ūkiuose, todėl ūkininkaujant yra svarbiausia žmogaus darbo jėga, o ne iškastinis kuras. Bananų pluoštas laikomas vienu stipriausiu iš natūralių pluoštų, plačiai naudojamas popieriaus pramonėje, specializuotiems produktams, tokiems kaip arbatos maišeliai, taip pat naudojamas rankdarbiams, kilimams gaminti, baldų, tekstilės ar minėtoje automobilių pramonėje. Abakos (banano) pluoštas yra lankstus ir atsparus sūriam vandeniui, todėl jis puikiai gali būti pritaikytas laivybos pramonėje gaminant tinklus, virves ar uždangalus. Pavyzdžiui,

2,5 cm storio abakos pluošto virvė išlaiko 4 tonų masės svorį (Vijayalakshmi ir kt., 2014). Publikuojamoje „Ecosalon“ internetinėje svetainėje glaustai yra aprašoma, kaip Japonijoje žmonės mokėjo apdirbti bananinius pluoštus jau tryliktajame amžiuje. Japonų kultūroje ir mene šis pluoštas naudojamas plačiai. Aukščiausios kokybės bananinio stiebo pluoštas yra pritaikomas kimono suknelėms ir kamišimo drabužiams, taip pat naudojamas ir oficialiai aprangai, skirtai dėvėti samurajams. Nepalo amatininkai taip pat kūrė gražiausius kilimėlius iš bananinių pluoštų, nes bananinis pluoštas pasižymi geru drėgmės sugeriamumu, todėl idealiai tinka grindų patiesalams ar kilimams gaminti.

Vis labiau vertinami celiulioziniai pluoštai sunkiosios pramonės srityse. Pavyzdžiui, Europoje bananų, kanapių, kenafu, sizalinės agavos ar lino pluoštai yra naudojami automobilių gamyboje. Jie pakeičia stiklo pluoštą termoplastinėse detalėse bei sėdynėse, nes yra lengvesni nei stiklo pluoštas. Automobilių pramonėje „Ford“ ir „BMW“ kompanijos kenafu pluoštą pradėjo naudoti net ir automobilių kėbulams gaminti. Šis pluoštas sėkmingai buvo panaudotas 2013 metais gaminant „Ford Escape“ ir „BMW i3“ automobilių modelius. Automobilių pramonėje naudojami prieš tai minėti natūralūs celiulioziniai pluoštai mažina automobilio kuro sunaudojimą, taip pat anglies dioksido emisiją bei oro taršą (Heil, 2015; Visi, 2015).

Pasaulinė pramonė natūralius celiuliozinius pluoštus naudoja ir žemės ūkio ar pramoninės statybos srityse. Olandijoje gaminami geotekstiliniai tinklai iš kokoso pluošto, kuriais dengiami laukai. Minėti tinklai pagerina augalų augimą, kai jie yra paliekami dirvožemyje. Geotekstilė, pagaminta iš kokoso pluošto, pasižymi ilgamažišku, gerai absorbuoja vandenį, neveikiama saulės spindulių, dirvožemyje lengvina sėklų dygimą ir yra 100 % skaidoma mikroorganizmų. Augalininkystės ir grybininkystės srityse kokoso pluoštas naudojamas kaip auginimo terpių komponentas. Kokoso pluoštas, įaustas į tekstilę, naudojamas žemės erozijai mažinti. Sodininkystėje ir daržininkystėje kokoso pluoštą naudoja sraigėms atbaidyti nuo augalinių sodinukų (Index, 2012).

Kitas, geotekstilėje taip pat plačiai naudojamas pluoštas – džiuto pluoštas. Pluoštas yra naudojamas tinklų gamyboje, kurie naudojami žemės erozijai kontroliuoti bei pasodintoms sėkloms apsaugoti. Geotekstilė iš džiuto pluošto gali būti naudojama daugiau nei metus, o biodegraduojanti geotekstilė paliekama ant dirvožemio iki tol, kol supūva, taip patrešdama dirvą. Toks būdas naudojant geotekstilę taikytas ir Gango Deltos Saharos ir Australijos dykumų derlingumui didinti. Statybų pramonėje naudojami celiulioziniai pluoštai: grindų, sienų ar stogų gamyboje. Tokiu būdu gaudamos lengvesnės struktūros. Dabartiniu metu Tanzanijoje ir Brazilijoje gaminami cemento blokėliai su sizalinės agavos pluoštu, o Europoje cementiniai blokėliai iš kanapės pluošto. Indijoje didėjantis medienos stygius privertė ieškoti naujų medžiagų, kurios reikalingos statybos sektoriuje. Atlikti tyrimai atskleidė, kad kokoso ir džiuto pluoštų mišiniai pasižymi stipresnėmis ir puvimui atsparesnėmis savybėmis nei tikmedis (Drzai, Misra ir Mohanty, 2002).

Pastaruoju metu celiuliozinių pluoštų populiarumas tekstilės pramonėje skatina mados mylėtojus bei gamintojus atkreipti dėmesį į žodžius, kaip „žalias“, perdirbtas, ekologiškas, augalinis ar pan. Tai lemia susidomėjimą ne tik gaminio dizainu ir tai kas madinga, tačiau ir tai, kokia tekstilė naudojama, iš ko ji pagaminta, kokiomis

sąlygomis išgaunami pluoštai ir kitus, svarbius aspektus. Atsiranda nauja prekinių ženklų mada, kuri apibūdinama kaip „angl. 100 % *carbon neutral*“, o tai reiškia, kad anglies dioksidas nenaudojamas nei viename tekstilės gavybos raidos cikle – nuo pluoštų išgavimo iki pagamintų gaminių transportavimo (CarbonNeutral®).

### 1.1.2. Durpių pluošto kilmė

Pastaraisiais metais ypač daug dėmesio skiriama aplinkosaugos problemoms. Tekstilės pramonė yra viena iš aplinkai kenksmingiausių ir didelius atliekų kiekius gamybos grandinėje kaupianti pramonės šaka. Siekiant išsaugoti aplinką ir sumažinti atliekas, didėja natūralių, tvarių pluoštų naudojimas bei naujų technologijų kūrimas, kuriomis stengiamasi sumažinti gamybos atliekas, pvz., besiūlių mezginių gamybos technologijos. Natūralūs pluoštai, tokie kaip medvilnė, ne visada yra ekologiški, nes norint greitai užauginti medvilnės pluoštą dažnai jis būna užaugintas naudojant daug pesticidų, herbicidų, vandens. Ekologiška tekstilė ir ekologiškais drabužiais galima vadinti tuos pluoštus, kurie yra pagaminti iš organinio šilko, organinės vilnos, kanapių, natūralaus bambuko ir kt. Visos čia išvardytos medžiagos yra tvarios ir gali atsinaujinti per trumpą laiką. Šie natūralūs pluoštai užima mažesnę žemės ūkio paskirties dalį, lyginant su įprastais augalais, todėl jiems auginti reikia mažiau cheminių medžiagų arba jos visiškai nenaudojamos (Curteza, 2014).

Bendra pasaulinė natūralių pluoštų gamyba siekia nuo 35 iki 40 milijonų tonų per metus. Tikimasi, kad pasauliniu mastu augantis globalus gyventojų skaičius, klimato pokyčiai ir mažėjanti bei ribota medvilnės pluošto pasiūla lems didesnę paklausą kitų celiuliozinių pluoštų, kurie buvo neseniai atrasti (Barriga, Kozlowski ir Mackiewicz, 2016).

Labai daug žadantis pluoštas yra durpių pluoštas. Durpių pluoštas išgaunamas iš viksvinių žolių *Eriophorum vaginatum* / švylių genties augalų, kurie auga pelkėse ir pelkiniuose dirvožemiuose (žr. 1.1 pav.).

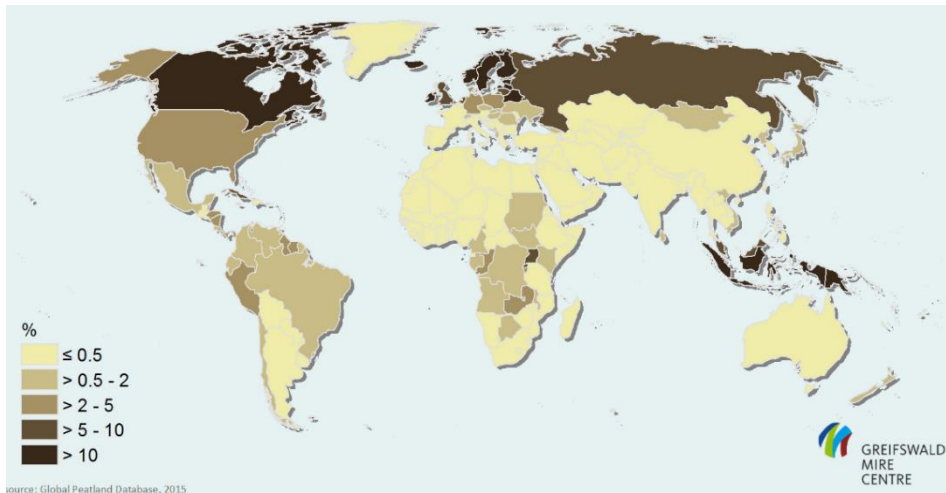


1.1 pav. *Eriophorum vaginatum* / švylių genties augalas

Durpių pluoštas išgaunamas iš durpyno paviršinio sluoksnio, kuris, kaip šalutinis energetikos pramonės produktas, lieka nepanaudotas. Kai durpės iškasamos iš pelkių, jos turi būti išgryninamos jas atskiriant nuo kitų sudedamųjų komponentų. Vienas svarbiausių komponentų yra durpių žolės pluoštas, susidaręs augalui augant durpyno paviršiuje, o po gyvavimo ciklo suvysta ir būna iš dalies susiskaidęs.

Durpės yra organinė degioji nuosėdinė medžiaga, susidariusi iš pelkių augalijos liekanų, kurios ne visai mineralizavosi dėl vandens pertekliaus ir deguonies trūkumo.

Pagrindinis veiksnys, kuris keičia durpių skaidymosi greitį, yra temperatūra ir vanduo, o tai paveikia vegetaciją ir mikroorganizmų augimą. Esančios dirvožemio sąlygos, tokios kaip dirvožemio temperatūra, drėgmė, mikroorganizmai, skaidymasis ir pH, paveikia durpių formavimąsi. Kaip durpės, taip ir durpių samanos auga drėgnose vietovėse ir tai yra skaidi augalinė medžiaga. Jungtinių Tautų akredituota pasaulinė energetikos įstaiga „World energy“ savo internetinėje svetainėje teigia, jog visame pasaulyje durpių plotai apima 400 milijonų hektarų žemės 180 šalyse ir tai sudaro beveik 3 % visos pasaulio žemės. Žemynai, kuriuose yra daug durpynų – Europa, Šiaurės Amerika, Afrika. 2015 metų geografinis žemėlapis, vaizduojantis durpynų išsidėstymą, pateikiamas 1.2 paveiksle.



**1.2 pav.** Durpynai (Bogology, 2014; Global Peatland database, 2015)

Didžiausia produktų iš durpių gamintoja laikoma Suomija. Durpynai dengia šios šalies teritoriją beveik 30 % , o tai sudaro maždaug 9,3 milijonus hektarų. Antrosios šalies, Švedijos, durpynų teritorija siekia 66 000 km<sup>2</sup> su 30 cm storio durpių sluoksniu žemės paviršiuje. Švedijoje durpių gamyba pramoniniam energijos naudojimui prasidėjo XIX a. ir aukščiausią gamybos lygį buvo pasiekusi Antrojo pasaulinio karo metais.

Didieji durpynai ir pelkės yra šimtų ar tūkstančius metų senumo. Tačiau kasant durpynus laikas, siekiant juos grąžinti į ekologiškai subalansuotą sistemą, gali trukti nuo 5 iki 20 metų po iškasimo. Durpės naudojamos įvairiose srityse, pavyzdžiui, energijai gaminti, žemės ūkiui, sodininkystei, statybinėms medžiagoms, pramonės ir infrastruktūros plėtrai, medicinos tikslams ir kt. Maždaug 90 % durpių panaudojama energijai gaminti. Tačiau durpių pluošto panaudojimas tekstilėje yra dar viena galimybių sritis (Suoninen, 1976).

Durpių savybės priklauso nuo to, kokioje aplinkoje durpės formavosi, paties vystymosi proceso bei durpių tipo. Tai sudaro pagrindinį durpių klasifikavimo ir kokybės vertinimo pagrindą. Keletas klasifikavimo sistemų yra pagrįstos durpių cheminėmis savybėmis, o ne aplinkos poveikiu pačioms durpėms. Yra glaudus ryšys tarp cheminių klasifikavimo sistemų ir durpių kilmės. Durpės gali būti

klasifikuojamos pagal joms pačioms būdingas chemines savybes arba bendrą organinę aplinką, kurioje jos randamos. Durpės yra klasifikuojamos: naudojant vandenyje tirpiųjų medžiagų kiekius; atsižvelgiant į celiuliozės ir hemiceliuliozės kiekius, taip pat lignino darinius. Šiomis savybėmis remiamasi daugiausia, kai norima įvertinti durpių galimybes ar pramoninį pritaikomumą (Kivinen, 1980).

Durpių fizikinėms savybėms priskiriamas durpių skaidymosi laipsnis, vandens kiekis, savitasis tankis, tūrio tankis ir kt. Durpės pagal skaidymosi laipsnį gali būti skirstomos į mažai susiskaidžiusias, vidutiniškai susiskaidžiusias ir intensyvaus susiskaidymo. Durpių cheminėms savybėms priskiriama cheminių elementų sudėtis, organinės sudedamosios dalys ir pelenai. Yra penki pagrindiniai ir svarbiausi durpių cheminiai komponentai: *C*, *H*, *O*, *N* ir *S*. Šių elementų proporcijos mažai susiskaidžiusiose durpėse yra artimos medienos struktūrai, o stipriai susiskaidžiusiose durpėse primena ligniną. Cheminę durpių sudėtį taip pat lemia ir augalinės medžiagos, iš kurių gautos susiformavusios durpės. Durpių organiniai komponentai gali būti skirstomi į keturias grupes. Pirmoji grupė yra bitumas (natūralus junginys durpėse), antrąją grupę sudaro vandenyje tirpi medžiaga, lengvai hidrolizuota medžiaga ir celiuliozė. Vandenyje tirpiųjų medžiagų ir lengvai hidrolizuotos medžiagos kiekis gali būti įvairus ir keičiasi priklausomai nuo durpių susiskaidymo laipsnio. Esant didesniam susiskaidymo laipsniui šių medžiagų variacija yra mažesnė. Trečiajai grupei priskiriamas humusas, kuriame yra humino ir fulvo rūgštys. Ketvirtąją grupę sudaro natūralūs mišiniai, įskaitant ligniną, lignino tipo medžiagas ir kt. (Paivanen, 1984; Scherdtfeger, 1980).

Angliavandeniai komponentai – tai didžiausia organinių medžiagų dalis durpėse. Jos yra išskiriamos į dvi grupes pagal jų vandeninį tirpumą: 1) vandenyje tirpi, pvz., hemiceliuliozė, pektinas ir kai kurie glikozidai; 2) netirpi vandenyje, kurią sudaro celiuliozė (Domenico, 1996).

Priklausomai nuo to, iš kokių augalų susiformavo durpės, jų kilmę galima suskirstyti į tipus pagal augalus, tokius kaip durpių samanų, viksvinių augalų durpės, miškinės (medžių) durpės. Daugelis bendrųjų durpių savybių priklauso nuo augalinės kilmės. Pavyzdžiui, durpės, susiformavusios iš nendrinėlių augalų pievose ir iš įvairių medžių pasižymi dviem ar keturiais kartais didesniu azoto kiekiu nei durpės, kurios susidaro iš *Sphagnum* samanų ir *Eriophorum* genties augalų. Durpių klasifikacija pagal augalus daugiausia taikoma šiaurinio ir vyraujančio vidutinio klimato regionuose. Daugiausia durpynuose yra paplitusios samaninės (lot. *Sphagnum*) durpės ir švylių genties žolių (lot. *Eriophorum vaginatum*) durpės. Durpynai, įskaitant paviršiuje augančią švylių žolę, turi ne didesnę nei keliasdešimties centimetrų „gyvąjį“ paviršiaus sluoksnį (Domenico, 1996).

Kai durpės iškasamos iš pelkių, jos turi būti išgryninamos atskiriant jas nuo kitų komponentų. Vienas svarbiausių komponentų yra švylių žolė. Padengtas paviršius švylių žole yra įprasta durpynuose esanti augmenija. Pluoštas iš švylių augalo susiformuoja tuomet, kai augalas žūsta ir iš dalies suyra, atsiskirdamas ir formuodamas pluošto sankaupas. Dėl rūgštinio ir anaerobinio (organizmai, gyvenantys laisvojo deguonies neturinėjoje aplinkoje, t. y. dauguma bakterijų) dirvožemio, švylių augalo stiebas ir šaknys yra ne visiškai skaidūs, bet formuojantys pluoštą. Šis pluoštas yra šalutinis produktas durpių kasimo procese ir nuo durpių



atskiriamas mechaniniu, rotaciniu būdu. Likę po mechaninio atskyrimo proceso pluoštai (kaip šalutinis produktas) gali būti pritaikomi tekstilės pramonėje (Hautala ir kt., 2004).

Vidurio Europoje durpių pluoštas, kaip tekstilinė žaliava, buvo bandomas naudoti jau XIX amžiuje. 1890 m. G. H. Beraudas buvo pirmasis Londone, kuris užpatentavo durpių verpalų gamybą, skirtą tekstilės pramonei: pluoštas verdamas šarminiame tirpale esant aukštam slėgiui, po to skalaujamas vandenyje, kol gaunama kieta ir trapi durpinė vata. Austrijos įmonė „Karl A. Zschomer ir Co“ šį metodą naudojo skrybėlėms, kilimams, užuolaidoms ir dangoms, dekoratyvinėms medžiagoms ir plytelėms gaminti. 1898 m. Diuseldorfo audinių fabrike buvo atliktas tolimesnis durpės pluošto apdorojimas šarmais ir rūgštimi siekiant pluoštą suminkštinti, padaryti jį lankstesniu. 1929 m. I. Wegman Šveicarijoje aprašė durpių pluošto pritaikymo pluoštinės medžiagos gamybai galimybes, pažymėdama, kad durpių pluošto verpalai gali būti tinkami tekstilei. Taip išgautas ir išvalytas pluoštas dar nebuvo paruoštas verpimui. Šio išradimo tikslas buvo pagerinti verpalų savybes, atsparumą tempimui, elastingumą ir pagerinti išvaizdą. Tačiau, siekiant pagerinti pluošto savybes, jis turėjo būti apdorotas cheminiais ar biologiniais metodais. Nustatyta, kad apdorojimas augaliniais ekstraktais labai gerai veikia durpių pluošto stiprumą, išvaizdą ir verpimo savybes. Apdorojimo procesą sudaro durpių pluošto pamerkimas į atskiestą augalinį ekstraktą arba į dervų emulsijos tirpalą. Toks augalinis ekstraktas ir / arba emulsija iš dervų efektyviai palaiko nedidelį šarminių ir / arba metalo druskų kiekį. Poveikis gaunamas, jei po apdorojimo ekstraktu pluoštai papildomai paveikiami bet kokia deguonies medžiagos forma. Tuomet po džiovavimo pluoštas tinkamas ir paruoštas verpimui. Tokie gauti rezultatai, kaip stiprumosavybės, maloni ir blizgi išvaizda bei minkšta struktūra, primenanti vilną, šiam durpių pluoštui suteikia galimybę tolimesnei verpalų gamybai, ją maišant su vilnos ar medvilnės pluoštais (Wegman, 1929).

1997 m. Suomijos geologijos tarnyba inventorizavo keletą durpynų, todėl laboratorijoje išsamiau buvo tiriami pluoštai, kurie buvo išgaunami iš dviejų laukynių. Pluoštų procentinė dalis tirtuose durpynuose svyravo sudarydama 0,09–4,16 % sausos durpių masės. Tik pusę durpių Suomijos dirvožemiuose sudaro švylių žolė, tačiau vis tiek galima teigti, kad jų dalis didelė. Pluoštų amžius siekė 1830 metų, iškasami 40–50 cm gylyje, 10–120 cm gylyje durpių pluošto amžius siekė apie 4200 metų. Šiuose klotuose ir buvo rasti svarbiausi durpių pluošto – iš dalies suirusių švylių augalų – telkiniai. Praktiniai tyrimai patvirtino, kad net ir senieji švylių augalai bei iš jų išgautas pluoštas buvo pakankamai tinkamas ir geras verpalams gaminti (Korhonen ir kt., 2012).

Durpių pluošto tekstilė yra visiškai ekologiška, nes verpalų ar tekstilės medžiagų gamybos procese nereikia jokių cheminių priedų. Durpėms būdingas natūralus gyvavimo ciklas, opragulėjusios šimtus ar tūkstančius metų pelkių gelmėse, leido naują pluoštą paversti tokiomis žaliavomis, kurios puikiai tinkamos tekstilės gamybai mechaniškai apdorojant pluoštą be jokių cheminių medžiagų.

Galima daryti išvadą, kad, tiek fizikinės, tiek cheminės durpių savybės išsilaiko ir yra veikiamos pirminių durpių formavimosi veiksnių bei augalui būdingų cheminių sudedamųjų dalių. Taigi, durpių pluoštas yra glaudžiai susijęs su durpių formavimusi,

nes jis yra sudedamoji durpyno dalis. Durpių pluošto verpalai gali būti pagaminami maišant durpių pluoštą su vilnos ar medvilnės pluoštais. Tokiuose mišiniuose išlieka durpių pluošto savybės arba papildomai pagerinamos pluoštų, su kuriais maišoma verpimo procese, savybės (Fritz, 1995).

**Apibendrinimas.** Šiuo metu ypatingas dėmesys skiriamas biodegraduojantiems, žmogui ir aplinkai draugiškiems natūraliems celiulioziniams pluoštams, kurie gaunami iš atsinaujinančių, gamtoje esančių žaliavų. Plati celiuliozinių pluoštų įvairovė leidžia juos pritaikyti skirtingos paskirties gaminiams gaminti. Naujos technologijos bei keliamos ekologijos problemos skatina domėtis naujomis galimybėmis išgaunant naujus celiuliozinius pluoštus. Vienu iš perspektyviausių pluoštų yra laikomas durpių pluoštas. Pritaikomumas tekstilėje ir ypač geros pluoštinės savybės buvo aprašomos net devynioliktajame amžiuje, tačiau mokslinėje literatūroje iki šių dienų labai trūksta mokslškai pagrįstos informacijos apie patį durpių pluoštą bei jo savybes ir pritaikomumą tekstilės gaminiuose.

### **1.1.3. Funkcinių tekstilės medžiagų iš natūralių celiuliozinių pluoštų apžvalga**

Šiuo metu tekstilės pramonėje ir moksle pagrindinis dėmesys yra skiriamas funkcinių tekstilės medžiagų kūrimui, tyrimui ir tvariai gamybai. Kuriant funkcines tekstilės medžiagas naudojami naujos kartos funkciniai pluoštai. Daugelis šių funkcionalių pluoštų yra natūralūs celiulioziniai pluoštai, išgaunami iš atsinaujinančių žaliavų.

Vartotojas ypatingą dėmesį atkreipia į komfortą lemiančias termofiziologines ar apsaugines gaminių savybes, nes funkcinės tekstilės medžiagos ir galutiniai jų gaminiai ypač gerina žmogaus gyvenimo kokybę. Taip keičiamas požiūris į tradicines tekstilės sampratas ir įvairiapusiškas panaudojimo galimybes.

Tekstilė iš natūralių celiuliozinių pluoštų yra plačiai naudojama įvairiose srityse: aviacijoje, karinėje pramonėje, kosmoso, žemės ūkio ar medicinoje.

Viena iš pirmaujančių ir greičiausiai plėtojamų funkcinės tekstilės sričių yra medicina. Šioje srityje funkcinė tekstilė yra naudojama higienos gaminiuose (speciali apranga, kaukės, kepurės, medicininiai įtvarai ir kt.). V isos tekstilinės medžiagos, kurios dažnai ir tiesiogiai kontaktuoja su žmogaus oda, turi turėti tinkamų biofizinių savybių, tokių kaip higroskopiškumas ir laidumas šilumai. Apžvelgus medicinos srityje naudojamas tekstilines medžiagas nustatyta, kad joms yra keliami labai aukšti reikalavimai. Higieniškumas ir komfortas labai priklauso nuo medžiagos pluoštinės sudėties, laidumo orui, vandens absorbcijos. Iš natūralių pluoštų gaminamos medžiagos pasižymi geromis higienos savybėmis (Dominika ir Frydrich, 2013).

Mickevičienė savo disertacijoje (Mickevičienė, 2015) tyrė antibakteriškai apdorotų mezginių funkcines savybes. Tiriamajame darbe nustatė, kad geriausių antibakteriniu poveikiu, pagal procentinį bakterijų sumažėjimą, pasižymėjo grynpluoščiai medvilniniai (su *E.coli* iki 89 %, su *S aureus* iki 78 %) mezginiai (Mickevičienė, 2015).

Namų tekstilėje ir aprangoje dažnai naudojamas dirbtinio bambuko pluoštas. Moksliniais tyrimais įrodyta, kad bambuko pluoštas pasižymi ypač gerais drėgmės sugėrimo, išgarinimo bei laidumo orui rodikliais. Nustatyta, kad esant 36 °C temperatūrai ir 100 % santykiniam drėgnumui, bambuko pluošto laidumas orui yra

daugiau nei 45 %. Tai yra daugiau nei 3,5 karto geresnis rodiklis nei medvilnės. Tyrėjai (Mahish, Patra ir Sudipta, 2012) savo moksliniame darbe nustatė, kad megztinės medžiagos, kuriose yra didesnis nei 80 % bambuko pluošto kiekis, pasižymi geresnėmis funkcinėmis medžiagos savybėmis. Padidėja ne tik vandens laidumas garams, bet ir apsauga nuo ultravioletinių spindulių.

Tekstilinių medžiagų, suteikiančių apsaugą, poreikis yra didelis įvairiose pramonės srityse. Reikalinga apsauga nuo didelio karščio ar ugnies, nuo šalčio bei kenksmingų darbo sąlygų. Mažo matomumo tekstilė naudojama kariniams ir gynybiniams tikslams. Šios rūšies tekstiliniai gaminiai tampa dabarties būtinybe, kaip nelaimingų atsitikimų prevencija, taip pat išsivysčiusiose valstybėse egzistuoja net oficialūs teisiniai aktai, aprašantys juos. Kinijos mokslininkai nustatė, kad specialios paskirties drabužiai, pagaminti iš mišraus pluošto medžiagų, kuriose yra ir kanapių pluošto, nereikalauja specialaus apdorojimo nuo ultravioletinių spindulių net kai paveikiama daugiau nei 95 % ultravioletiniais spinduliais. Medžiagos, kurios yra pagamintos iš 100 % kanapių pluošto, visiškai blokuoja ultravioletinius spindulius (Grifoni ir kt., 2009).

Pastaraisiais metais gausėjant aplinkosaugos problemoms, mokslininkai ir technologai skatinami dar labiau domėtis natūralių celiuliozinių pluoštų pritaikomumu šioms problemoms spręsti. Suomijoje (Pasila, 2004) atlikta mokslinių tyrimų, kurių objektais buvo tekstiliniai filtrai, pagaminti iš natūralaus celiuliozinio pluošto, taip pat tirtos absorbcinės galimybės. Tyrimai buvo atlikti su trimis tekstilinais filtrais, kurie buvo pagaminti iš nendrinės žolės, lino bei kanapių. Nafta (80 ml) buvo sumaišyta su vandeniu (200 ml) ir šis mišinys buvo perleistas per 10 ir 20 g absorbcinį tekstilinį filtrą. Iširta, kad mažesnio nei 1 mm skersmens kanapės pluoštas absorbuoja nuo 2 iki 4 g naftos, kai praleidžiami per šį filtrą 1–3 gramai vandens. Toks absorbcinis filtravimas yra puikus būdas surinkti išsiliejusią vandenyje naftą, kol ji dar nepasiekė sausumos ir gali būti naudingas ir pritaikytas siekiant išspręsti aplinkosaugos problemas.

**Apibendrinimas.** Atlikus funkcinių tekstilės medžiagų iš natūralių celiuliozinių pluoštų apžvalgą galima apibendrintai teigti, kad funkcinės tekstilės panaudojimas yra labai platus ir apima daugelį pramoninių sričių – pradedant medicinine tekstile ir baigiant tekstilinais aplinkosaugos sprendimais. Reikia paminėti, kad literatūros ar pyblikuojamų mokslinių tyrimų rezultatų, susijusių su inovatyvaus durpių pluošto funkcinėje tekstilėje pritaikomumu, nebuvo rasta.

## **1.2. Pluoštinės sudėties įtakos mezginių geometrijai bei struktūrinėms savybėms tyrimų apžvalga**

Mezginio konstrukcija gali būti siejama su tam tikrų elementų geometrinėmis erdvinėmis konfigūracijomis. Geometrija apibrėžiama kaip erdvėje esantys dydžiai (linijos, paviršiai ir kt.), savybės ir tarpusavio sąveika. Tiriamos meztų struktūrų geometrinų parametrų priklausomybės padeda apibūdinti geometriją (Alaiban ir Banerjee, 2008).

Mezginių sandarą galima apibūdinti keturiais svarbiais rodikliais: kilpos ilgiu  $l$ , kilpos žingsniu  $A$ , kilpos aukščiu  $B$ , tankumų santykio koeficientu  $C$ . Kilpų žingsnis priklauso nuo mezgimo mašinos tipo ir klasės, pynimo, siūlo charakteristikų.

Projektuojant naują mežginį, parametras  $A$  parenkamas iš žinyų, atsižvelgiant į žaliavą ir mežginio pynimą. Kilpos žingsnis tiesiogiai susijęs su siūlų pluoštine sudėtimi ir ilginiu tankiu. Kilpų eilutės  $B$  aukštis priklauso nuo mežgimo mašinos charakteristikų (klasės, kulyravimo gylio, atitraukimo jėgos), pynimo ir siūlo charakteristikų (Čiukas, Milašius ir Vitkauskas, 2007).

Tankumų santykio koeficientas leidžia tarpusavyje palyginti skirtingais įrenginiais numegztų mežginių tankumą, t. y., įvertinti ar naujai projektuojamo mežginio tankumai atitinka rekomenduojamo tankumo ribas.

Pagrindinis mežginio sandaros elementas yra kilpa. Kiekviena kilpa yra erdvinė kreivė, nuo kurios formos ir ilgio priklauso daugelis mežginio savybių. Keičiantis kilpos ilgiui, taip pat kinta ir mežginio savybės.

Projektuojant skersinį mežginį, reikia nustatyti ryšį tarp kilpos ilgio, mežginio tankumo ir siūlo storio. Siekiant nustatyti šių dydžių tarpusavio priklausomybę, naudojami geometriniai kilpos modeliai, kurie pagrįsti tam tikromis prielaidomis: siūlo išlankstymo į kilpą projekcija plokštumoje; siūlas, išlankstytas į kilpą, yra cilindro formos, o jo skersmuo apskritas ir vienodas; siūlo tamprumas per visą siūlo ilgį yra vienodas; kilpos ilgis prilyginamas siūlo ašies ilgiui. Pagrindinius geometrinius kilpos modelius sukūrė Dalidovičius, Chamberlainas, Peirce, Leaf'as, Glazkin, Korlinski, Čiukas (Čiukas, Milašius ir Vitkauskas 2007).

Daugelis tyrėjų teigia, kad mežginio kilpos ilgis nulemia kitus mežginio sandaros parametrus, o galiausiai ir mežginio fizikines bei mechanines savybes. Jau 1988 metais tyrėjai (Alaiban ir Banerjee, 1988) įrodė, kad medvilninio mežginio tankumų santykio  $C$  koeficientas priklauso nuo mežgimo mašinos klasės bei siūlo ilginio tankio. Mokslininkai savo darbe ištyrė (Kane, Patil ir Sudhakar, 2007), kad, mežginyje padidinus kilpos ilgį, sumažėja vertikalusis ir horizontalusis kilpų tankumai, mežginio storis ir dengiamumo koeficientas. Tokie pat tyrimo rezultatai gauti ir kitų autorių (Bivainytė ir Mikučionienė, 2011) darbe. Tyrėjas Wangas nustatė, kad mežginio storis didėja, didėjant siūlo ilginiam tankiui (Hu ir Wang, 2007).

Pagrindinė mežginių medžiagų gamintojų keliama užduotis ne tik parinkti projektavimo metu tinkamus mežginio geometrijos parametrus, bet ir atsižvelgti į naudojamus verpalus.

Tyrėjai Arbataitis ir Mikučionienė atliko palyginamąją analizę (Arbataitis ir Mikučionienė, 2013). Jie tyrė, koks yra dirbtinio bambuko ir kitų celiuliozinių pluoštų poveikis mežginių struktūros parametrams ir fizikinėms savybėms. Buvo nustatyta, kad dirbtinio bambuko mežginių geometriniai struktūros rodikliai panašūs į medvilnių mežginių, o kai kurios fizikinės savybės artimos mežginiams iš viskozės pluošto (Arbataitis ir Mikučionienė, 2013).

Mokslininkai Kumaras ir Sampat'is tyrė iš medvilnės ir elastomerinės šerdies verpalu suprojektuotus lygiojo skersinio pynimo mežginius, jų struktūros pokyčius. Buvo nustatyta, kad mežginiuose naudojamas medvilnės pluošto verpalas su elastomerinio siūlo šerdimi sutankina struktūrą, sudarydamas mažesnius tarpus eilučių ir stulpelių kryptimis (Kumar ir Sampath, 2013).

Tyrėjai (Anbumani ir Sakthivel, 2012) studijavo lygiojo skersinio pynimo mežginių iš regeneruoto celiuliozinio pluošto matmenų ypatybes. Mažesnės kilpos žingsnio ir kilpos aukščio vertės buvo gautos mežginiuose iš lyocelio siūlų, lyginant

su atitinkamų rodiklių vertėmis mezziniuose iš viskozinių siūlų. Mezziniuose iš lyocelio gautas didesnis mezzinio paviršinis tankis su atitinkamai mažesniu kilpos ilgiu.

Literatūroje taip pat yra randama straipsnių, kuriuose aprašomos mezzinio parametrų ir mechaninių savybių tarpusavio priklausomybės (Fatkić, Gersak ir Ujević, 2011; Gun, 2011). Nustatyta, jog vienas iš pagrindinių mezzimo procese veikiančių faktorių yra siūlų įrąža, kuri atitinkamai veikia mezztinių medžiagų struktūros rodiklius bei mezzinio savybes. Tyrimo rezultatai rodo, kad horizontalusis ir vertikalusis mezzinio tankumas ir storis didėja esant ilgesniam siūlo relaksacijos laikotarpiui (Fatkić, Gersak ir Ujević, 2011).

Taip pat labai svarbios yra fizikinės mezzinių savybės, kurias nulemia siūlų ilginis tankis, verpalų sukris, kilpos ilgis, dengiamumo koeficientas ir kt. (Gun ir Unal, 2008).

Mokslininkai ištyrė kilpos ilgio ir siūlo iš 100 % dirbtinio bambuko pluošto ilginio tankio įtaką šiluminėms komforto savybėms. Lygiojo skersinio pynimo mezziniuose buvo naudojami trys skirtingo ilginio tankio siūlai bei skirtingi kilpos ilgiai. Tiek laidumas vandens garams, tiek laidumas orui padidėjo, padidinus siūlų ilginį tankį bei kilpos ilgį (Kaushik, Prakash ir Ramakrishna, 2011). Kituose aprašytuose tyrimo rezultatuose pateikiama lygiojo skersinio pynimo mezzinyje kilpos ilgis ir pluoštinė sudėtis veikia laidumą orui ir kitas fizikines medžiagos charakteristikas. Statistinė analizė atskleidė stiprią priklausomybę tarp kilpos ilgio ir mezzinio geometrijos, dengiamumo koeficiento. Taip pat nustatyta, kad kilpos ilgis priklauso nuo pluoštinės sudėties, kuri lemia laidumą orui (Çoruh ir Degirmenci, 2017).

**Apibendrinimas.** Moksliniais tyrimais įrodyta, kad pluoštinė sudėtis lemia mezzinio geometrijos parametrus, kurie nulemia tiek fizikines, tiek ir mechanines mezzinių savybes. Gana didelį ir reikšmingą poveikį daro mezzinio elementas – kilpa, kuri tiesiogiai priklauso nuo siūlo, iš kurio ji yra išlankstoma, charakteristikų. Literatūroje netrūksta informacijos apie tai, kaip skiriasi mezzinių struktūros parametrai lankstant kilpas iš įvairių celiuliozinių verpalų, tačiau nėra informacijos apie durpių pluošto įtaką mezzinio struktūrai.

### 1.3. Pluoštinės sudėties įtakos mezginių mechaninėms ir funkcinėms savybėms tyrimų apžvalga

Funkcinėmis savybėmis pasižymintys tekstiliniai gaminiai yra vieni iš aukštą pridėtinę vertę turinčių produktų. Tekstilėje funkcionaliais mezginiais įvardijami tie, kurie apibūdinami tam tikromis išskirtinėmis funkcinėmis savybėmis: yra laidūs orui, laidūs vandeniui (arba priešingai – apsaugantys nuo drėgmės prasiskverbimo) ar vandens garams, atsparūs šalčiui ar ugniai, itin stiprūs ir ilgaamžiai net po daugkartinio naudojimo. Tiek ankstesniuose moksliniuose straipsniuose, tiek dabartiniuose yra aprašomi ir tiriama natūralių pluoštų mezginiai, neretai su nedideliu 3–5 procentų elastomerinio siūlo kiekiu mezginyje. Tokia tekstilė būdinga ir dažniausiai naudojama sportiniams, laisvalaikio, kasdienio dėvėjimo, apatiniams drabužiams ir kojinių gaminiams, dėl tokių savo savybių, kaip stabili forma, atsparumas trinčiams, nevaržomi judesiai ir pan.

Funkcinė tekstilė neatsiejama nuo „patogumo“ sąvokos, nes drabužių komfortas gali būti apibūdinamas trimis aspektais: termofiziologiniu, jutiminiu ir psichologiniu komfortu. Patogumo sąvoka yra subjektyvi ir gali būti vertinama kiekvieno žmogaus individualiai. Patogumas gali būti apibrėžiamas kaip natūrali jutiminė būseną, lyginant ją su žmogaus būseną po aktyvios veiklos. Termofiziologinis komfortas yra labai svarbus kasdieniams, sportiniams, apatiniams drabužiams, taip pat specialioms funkciniams drabužiams. Toks komfortas apibūdinamas šiluminiais mainais, kai nuo žmogaus kūno į išorę (per drabužius) vyksta oro perdavimas, drėgmės perkėlimas ar išgaravimas (Abramavičiūtė, Mikučionienė ir Čiukas, 2011; Ylmaz ir Uçar, 2004).

Drabužiai turi padėti dėvinčiojo kūnui kontroliuoti šilumos mainus keičiantis fiziniams krūviams taip, kad kūno šiluma ir drėgmė būtų subalansuoti, o sukuriamas mikroklimatas būtų artimas kūno šilumai. Įvairių mezginių struktūrų poveikį medžiagų mechaninėms ir komforto savybėms tyrė daugelis mokslininkų (Ahsan ir kt., 2014; Kiekens ir kt., 2014). Taip pat aprašytas lygiojo skersinio pynimo mezginio komforto savybių optimizavimas vertinant mezginio struktūros rodiklius bei pluoštinę sudėtį (Çoruh, 2015). Safdar'is ir kt., savo tiriamajame darbe mezgines medžiagas charakterizuoja kaip tamprias, ypač pralaidžias orui, minkštas ir akytas. Taip pat šių struktūrų medžiagoms būdingas mažesnis matmenų stabilumas nei kitų audinių (Safdar ir kt., 2014).

Tiriant mezginių matmenų stabilumą tikimasi, kad maksimali santrauka turi būti mažesnė nei  $\pm 3\%$ . Tyrėjai Čiukas ir kt., 2006 savo darbuose aprašo, kad mezginių santrauką nulemia tokie veiksniai kaip relaksacija (skirtingose gamybos etapuose), apdaila, džiovinimas (mechaninis ir ne tik) ir įrenginių poveikis (verpalų verpimo įtampiai, kilpos judėjimas bei kilpos formos pokyčiai) (Čiukas ir kt., 2006).

Nustatyta, jog reikšmingai kinta matmenų pokyčiai tiek išilgine, tiek skersine kryptimis, kai yra skirtingi verpalai ar jų pluoštinė sudėtis (Kalkanc ir Kurumer, 2015). Medvilniniams ir kitiems celiuliozinių pluoštų mezginiams būdingi ženklūs matmenų pokyčiai po šlapiojo apdorojimo (Bivainytė ir Mikučionienė, 2012). Matmenų pokyčiai po skalbimo atitinkamai turi didelę reikšmę medžiagos struktūros akytumui. Akytumas kinta priklausomai nuo skalbimo ciklo parametrų (temperatūros, trukmės) bei papildomų mechaninių veiksnių. Analizuoti matmenų pokyčiai bei tiriama lygiojo skersinio pynimo medvilniniai mezginiai (Hannan ir kt., 2014).

Pagrindinis darbo tikslas buvo palyginti santraukos parametrus esant skirtingam siūlų skaičiui mezginyje. Eksperimento rezultatai parodė, kad mezginio kilpoje lankstant daugiau siūlų, santraukos rodikliai po skalbimo ir džiovinimo ciklo padidėjo.

Emirhanova ir Kavusturanas tyrė keturiolikos skirtingų struktūrų (80 % lamų vilnos ir 20 % poliamido) megztnių medžiagų matmenų pokyčius (Emirhanova ir Kavusturan, 2008). Naujos megztnės medžiagos iš manila kanapių pluošto buvo ištirtos tarpusavyje lyginant santraukos vertes tiriamuosiuose mezginiuose iš kanapių, medvilnės ir viskozės pluoštų. Rezultatais buvo įrodyta, kad manila kanapių pluoštas puikiai tinka megztnėms medžiagoms projektuoti, nes pasižymėjo žemomis matmenų santraukos vertėmis bei aukštu atsparumu dilinimui (Peterson ir kt., 2016).

Kitas svarbus aprangai skirtų mezginių rodiklis yra trintis. Trintis megztnėms medžiagoms yra svarbi mechaninė charakteristika, galinti būti funkcionalumo rodikliu. Trintis labai svarbi tiek pluoštų jungimuisi į verpalus verpimo metu, tiek siūlų išlankstymui megztnėse medžiagose, tiek ir kirpimo bei siuvimo procesuose. Keletas tekstiliniams gaminiam būdingų savybių, tokių kaip jutiminių ir minkštumo, labai priklauso nuo trinties charakteristikos. Trinties savybės veikia ne tik pluoštus ar tekstilę gamybos metu, bet ir gali nulemti produkto galutinę išvaizdą. Be to, dėl trinties mezginys gali deformuotis, taip pat gali būti juntama šiluma. Verpalų tarpusavio sąveika yra pagrįsta trintimi ir lemia skirtingas mechanines savybes. Trintis tiesiogiai veikia tekstilės gamybos produktyvumą bei gaminio kokybę. Trinties intensyvumui įtakos turintis dviejų paviršių lietimosi plotas stipriai priklauso nuo siūlų ilginio tankio ir pynimo. Medžiagoms, kurios numegztos iš šiurkščių siūlų, būdinga didesnė trintis nei medžiagoms iš lygaus, slidaus paviršiaus siūlų. Medžiagos minkštumą lemia mažesnis siūlų sukris bei didesnis verpalų pūkuotumas, o tankesnės struktūros medžiagos yra minkštesnės (Čiukas, 2005; Mikučionienė ir kt., 2012; Čiukas ir Svetnickienė, 2016).

Taigi, nuolatinis tekstilės sąlytis su įvairiais paviršiais sukelia mezginio paviršiuje esančių pluoštų iškritimą ir, galiausiai, struktūros retėjimą. Struktūros retėjimas sumažina medžiagos masę, o tai ne tik blogina medžiagos estetinį vaizdą, bet ir sutrumpėja gaminio ilgaamžiškumas. Pirminio dilimo metu atsiranda neigiamas medžiagos paviršiaus pokytis, vadinamas pumpuravimusi. Tyrėjai, norėdami nustatyti atsparumą dilinimui bei pumpuravimuisi, analizuoja veiksnius, kurie daro įtaką šioms savybėms (Mikučionienė, 2009). Kaip teigia mokslininkai, medžiagos dilimo intensyvumas priklauso nuo pluoštinės verpalų sudėties, siūlų ilginio tankio, verpalų sukrio, pūkuotumo ir, galiausiai, nuo medžiagos struktūros, pynimo (Canadian ir Onal, 2002; Ramasamy, 2015).

Tyrėjas Petersonas ir kt., norėdami mezginiam pritaikyti naują manila kanapių pluoštą, vertino pluošto trinties parametrus bei galiausiai atliko mezginių atsparumo dilinimui tyrimus. Tiksliai aprašoma ar pluoštas tinkamas ir gali būti pritaikomas megztnėms medžiagoms projektuoti, ar pasižymi geromis savybėmis, atsparumu dilinimui bei pumpuravimuisi. Galiausiai publikacijoje pateikiamos išvados, kad manila kanapių pluošto mezginiai pasižymi geru atsparumu dilimui, o tai leidžia mezginius sėkmingai pritaikyti gaminant drabužius (Peterson ir kt., 2016). Tokias mechanines savybes siekiama nustatyti ir disertaciniame darbe, kuriame tiriamas inovatyvus durpių pluoštas lygiojo skersinio pynimo mezginiuose.

Medžiagos dilumas skiriasi priklausomai nuo pluoštinės verpalų sudėties (Jasinska, 2012). Autorė vertino mezginių iš medvilninių, vilninių, lininių, lyocelio, polipropileninių siūlų pumpuravimąsi. Rezultatai parodė, kad geriausiomis savybėmis, t. y. atsparumu pumpuravimuisi, pasižymi mežginys iš lyocelio siūlų (Jasinska, 2012). Kitoje publikacijoje (Coldea ir Vlad, 2017) aprašytas lygiojo skersinio pynimo mezginių iš vilnos, medvilnės, poliamido pluoštų ir jų mišinių atsparumas dilinimui. Priklausomai nuo mezginių pluoštinės sudėties, masės, nuostolio vertės yra didesnės medvilniniuose nei vilnioniuose mežginiuose, o net ir nedidelis procentas poliamido 6.6 mezginių struktūroje padidina jo atsparumą dilinimui.

Atlikta palyginamoji analizė, kurios metu vertinamas verpalų sukrumo poveikis megzinių medžiagų pumpuravimuisi (Ozdil ir kt., 2005). Rezultatai parodė, jog mežginiai, suprojektuoti iš kompaktiškai suverptų verpalų, pasižymi mažesniu pumpuravimuisi. Tokius patvirtinančius rezultatus apie verpalų sukrio poveikį medžiagų dilumui gavo ir kiti tyrėjai. Ištyrus mezginių atsparumą dilinimui buvo gauta, kad mezginių, kurie suprojektuoti iš kompaktiškai suverptų verpalų, atsparumas dilinimui padidėja nuo 40 % iki 50 %. Galima teigti, kad kompaktiškai suverptas pluoštas formuoja glotnesnį verpalo paviršių taip sumažindamas siūlo pūkuotumą (Ulku ir Omeroglu, 2007).

Vertinant mezginių dilumo lygį priklausomai nuo medžiagos struktūros buvo gauta, kad, esant skirtingiems mezginių pynimams, skiriasi ir dilumas. Lygiojo skersinio pynimo mežginiai pasižymi mažesniu atsparumu pumpuravimuisi lyginant su mežginiais, kuriuose formuojamas akytas raštas. Mežginiams, kuriuose yra daugiau akytumo ir mezginių kilpos ilgesnės, būdingas geresnis atsparumas pumpuravimuisi. Tokius rezultatus tyrėjai aiškina kaip mažesnio paviršiaus ploto lietimąsi trinties momentu (Uyanik ir Topalbekiroglu, 2017). Tyrėjai Abramavičiūtė ir kt., taip pat analizavo mezginių atsparumą dilinimui, vertino pumpuravimąsi esant skirtingiems mezginių pynimams. Kaip ir šiame tiriamajame darbe, Abramavičiūtė, Mikučionienė ir Čiukas atsparumą dilinimui vertino remdamiesi mezginių masės nuostolių santykiais po kintamų skirtingų dilinimo ciklų skaičiaus. Tyrėjų gauti rezultatai patvirtino, jog mezginių pynimas tikrai lemia atsparumą dilinimui bei pumpuravimuisi (Abramavičiūtė, Mikučionienė ir Čiukas, 2011).

Laidumas orui yra dar vienas svarbus parametras, kuriuo remiantis galima įvertinti gaminio funkcionalumą. Šiuo rodikliu galima nustatyti medžiagos gebėjimą praleisti orą – t. y. „kvėpuoti“. Nuo mezginių laidumo orui taip pat priklauso dėvinčiojo savijauta. Laidumas orui ir mezginių akytumas, struktūra nulemia pagrindines fizikines savybes, tokias kaip drėgmės sugeriamumas ar šiluminiai mainai. Pagrindiniai mezginių geometriniai rodikliai, kurie veikia laidumą orui, yra kilpos ilgis, vertikalusis ir horizontalusis tankumai bei mezginių pynimas (Abramavičiūtė, Mikučionienė ir Čiukas 2011). Tyrėjų nustatyta, kad kilpos ilgis lygiojo skersinio pynimo mežginyje turi didžiausią įtaką mezginių akytumui ir, atitinkamai, oro laidumui (Benltoufa, Fayala ir Cheikhrouhou, 2007).

Çoruh'as gavo tokius pat rezultatus, kaip kiti mokslininkai, ir padarė patvirtinančią išvadą, kad kilpos ilgis tikrai lemia mezginių laidumą orui bei vandens garams (Çoruh, 2015). Taip pat ištirta (Zhu ir kt., 2015), kad reikšmingą poveikį oro



laidumui bei šiluminiais mainams turi mezginio pynimo tipas bei mezginio struktūros elementų pasikartojimas.

Bivainytės, Čiužaitės ir Mikučionienės darbe buvo įvertintas laidumas orui, kuris priklauso nuo mezginio pluoštinės sudėties. Tyrimo rezultatai parodė, kad mezginių iš dirbtinio bambuko verpalų ir sintetinių siūlų derinių laidumas orui yra didesnis nei mezginių iš medvilninių verpalų ir sintetinių siūlų derinio (Bivainytė, Čiužaitė ir Mikučionienė, 2011).

Prakash'as ir kt., pristatė tyrimų rezultatus, kuriuose aprašė lygiojo skersinio pynimo mezginius iš medvilninių, dirbtinių bambuko ir medvilninių / bambuko viskozės verpalų. Priklausomai nuo pluoštinės sudėties, struktūroje buvo vertinamas laidumas orui. Buvo nustatyta, kad mezginio laidumas orui padidėjo, padidinus dirbtinio bambuko pluošto kiekį. Numatomas padidėjęs laidumas orui, kai sumažėja ilginis tankis (Prakash ir kt., 2015).

Kojinių komforto savybės, kurios buvo pagamintos iš įvairių tipų verpalų: medvilninių, dirbtinio bambuko, vilnionių, akrilo bei jų mišinių aprašytos Hashano ir kt. darbe (Hashan ir kt., 2017). Ištyrus laidumą orui nustatyta, kad didesnis laidumas orui buvo gautas mezginiuose iš vienagijų siūlų, o mažesniu oro laidumu pasižymėjo kojines iš poliesterio siūlų (Hashan ir kt., 2017).

Viena iš svarbiausių drabužių funkcijų dėvinčiajam yra šiluminis stabilumas, kuris turi būti optimalus, kad žmogus jaustųsi patogiai. Apranga yra kaip skiriamasis barjeras tarp išorinių veiksnių ir dėvinčiojo odos paviršiaus. Vykstantys šilumos mainai, išskiriamo dėvinčiojo prakaito garinimas, išorinė aplinkos temperatūra, oro judėjimas yra tiesiogiai ar glaudžiai susiję tarpusavyje. Tačiau ne mažiau svarbų vaidmenį atlieka drabužio, medžiagos pluoštinė sudėtis. Labai svarbi komforto jutiminė savybė bei šilumos mainai vartotojui dėvint kojines. Tai svarbi kojinių savybė tiek kasdieniam naudojimui, tiek ir aktyviam laisvalaikiui. Greitas šilumos perdavimas per medžiagą lemia gerą savijautą, nesukelia neigiamų ar nemalonių pojūčių (Bivainytė ir Mikučionienė, 2012; Irzanska, 2016; Puszkars ir kt., 2016).

Medžiagos šiluminė varža ir šilumos laidumas gali būti veikiamas drėgmės, taip sukuriant vartotojui šiluminį komfortą. Pavyzdžiui, medžiaga iš vilnos dažnai laikoma tinkamesnė negu iš kitų pluoštų, nes drėgnumo pusiausvyra tarp vilnionių medžiagų ir odos pasiekama lėčiau nei dėvint gaminius iš sintetinio pluošto. Mezginių struktūrų, turinčių skirtingą akytumą ir drėgmės sugeriamumą, šiluminių mainų prognozės yra labai svarbios, ypač projektuojant gaminius, kurie gali būti dėvimi kaip specializuota apranga, tenkinanti drabužio funkcines paskirtis.

Dauguma atliktų tyrimų skiriami statinėms šiluminėms savybėms matuoti. Tačiau reikia paminėti, kad labai svarbus ne tik šilumos išsiskyrimas į aplinką, bet ir šilumos perdavimo dinamika (Čiukas, 2006; Kowaczyk ir Matusiak, 2014; Sirvydas ir kt., 2006; Van Amber, 2015).

Šilumos perdavimo dinamika vyksta kasdienėje aprangoje ir avalynėje. Dėvinčiajam dažniausiai iškylanti problema yra komfortas bei pajūčiai, kuriuos sukelia mažesnė ar didesnė oro cirkuliacija drabužiuose. Kojinės, kaip ir avalynė, taip pat yra svarbi aprangos dalis, glaudžiai susijusi su šiluminėmis savybėmis, reikalingomis žmogui. Šia tema yra atliekami moksliniai tyrimai. Apžvelgus mokslinę literatūrą, jau ankstesniuose literatūros šaltiniuose tyrėjų buvo aprašoma,

kad šiltajam metų laikotarpiui tinkamos ir turinčios didžiausią komfortą kojinės yra iš kombinuotų siūlų su poliesteriu, nes taip pasiekiamas didžiausias šilumos laidumo koeficientas, todėl dėvintysis jaučia didesnę komfortą (Hursh ir Johnston, 1989). O kojinės, kuriose yra elastomerinio siūlo, rekomenduojamos šiltajam metų sezonui, nes pasižymi mažesniu šilumos laidumo koeficientu. Remiantis tyrimais dažniausiai rekomenduojami medvilniniai ar dirbtinio bambuko pluošto verpalai su poliesteriu, o žiemos sezonui to paties pluošto mezginiai tik su elastomeriniu siūlu. Amromavičiūtės, Čiuko ir Kerpauskio tyrime buvo analizuojamas mezginių iš natūralių pluoštų laidumas šilumai ir pateikti pastebėjimai bei rekomendacijos. Tinkamiausios šiltajam sezonui megztos kojinės pagamintos iš medvilnės / sojos ar bambuko / linų su tekstūruotu poliamido siūlu. Tokie mezginiai pasižymi geresniu laidumu šilumai bei didesniu komfortu. Mezginiai, kuriuose įvestas elastomerinis siūlas, tinkamiausi šaltuoju metų sezonu dėl jau prieš tai minėto mažesnio šiluminio laidumo (Abromavičiūtė, Čiukas ir Kerpauskas, 2010).

Kandhavadivu, Radhinamoorthy ir Surjit'as aprašė kojinių šiluminės savybės, o tiriamieji bandiniai buvo numegzti iš natūralių pluoštų (dirbtinio bambuko, medvilnės, sojų), jų mišinių bei derinių su tekstūruotu poliamidiniu ar elastano siūlais. Atlikus tyrimą buvo nustatyta, kad didėjant verpalų ilginiam tankiui, šiluminė varža mažėja. Tokie rezultatai gauti mezginių kombinacijose, kuriose mezginiai buvo suprojektuoti iš kelių skirtingų natūralių pluoštų verpalų ir tekstūruoto poliamidinio siūlo. Visi mezginiai su elastomeriniu siūlu pasižymėjo didesnėmis šiluminėmis varžomis, o mažesnės šilumos varžos buvo nustatytos mezginiuose iš natūralių pluoštų su poliamidiniu siūlu (Kandhavadivu, Radhinamoorthy ir Surjit, 2014).

Kitame tiriamajame darbe mokslininkai aprašė, kaip keičiasi kojinių šiluminės savybės priklausomybė nuo pluoštinės sudėties, lyginant grynpluoštį medvilninį meginį ir meginį iš poliesterio. Statistiniai rezultatai parodė, kad elastanas vienareikšmiškai veikia šiluminės kojinių savybes (Ayse, Gun ir Gonca, 2016).

Šiluminės mezginių savybės buvo tiriamos, iš natūralių ir dirbtinio bambuko pluoštų, o gauti rezultatai parodė, kad esant didesnei bambuko pluošto proporcijai verpale, laidumas šilumai padidėjo (Majumdar, Mukhopadhyay ir Yadav, 2010). Kitoje publikacijoje buvo aprašytos lygiojo skersinio pynimo mezginių komforto savybės esant skirtingoms tiriamųjų bandinių pluoštinėms sudėtims: iš dirbtinio bambuko, tencelio, bambuko / tencelio verpalų. Kaip ir kitų tyrėjų, gauti rezultatai parodė, kad, padidinus dirbtinio bambuko pluošto kiekį verpale, padidėja mezginio laidumas šilumai (Karthikeyan ir kt., 2016).

Mokslininko Badro publikacijoje pateikiama informacija apie komforto savybes tiriant medžiagas iš tencelio / medvilnės verpalų. Gauta, kad didesnis medvilninio verpalo pūkuotumo laipsnis gali padidinti šiluminę medžiagos varžą. Didesnis medvilninių verpalų pūkuotumo lygis struktūros viduje sudaro oro kišenės, dėl kurių sumažėja medžiagų laidumas šilumai. Šilumos varža 70 % bambuko ir 30 % medvilnės yra didesnė nei 67 % tencelio ir 33 % medvilnės ar 50 % tencelio ir 50 % medvilnės medžiagose (Badr ir kt., 2014).

Laidumas šilumai yra ne vienintelė savybė, atskleidžianti tekstilės gaminių medžiagų funkcionalumą. Patogumas vartotojui bei medžiagų funkcionalumas dažnai siejamas su laidumu vandens garams ar laidumu drėgmei. Prie kūno prigludęs ir

intensyviai dėvimas aprangos gaminys turi užtikrinti gerą drėgmės reguliaciją. Mežginiai iš natūralių pluoštų gali absorbuoti didesnę kiekį vandens nei mežginiai iš sintetinių pluoštų, nes sintetiniai pluoštai dažniausiai yra hidrofobiniai ir nelinkę absorbuoti drėgmės. Bivainytė ir Mikučionienė nustatė, kad didesnė vandens absorbcija yra būdinga medžiagoms, kurios suprojektuotos iš natūralių puoštų verpalų. Mežginiai iš tekstūrotų daugiakanalių poliamidinių verpalų pasižymi mažesne absorbcijos galimybe (Bivainytė ir Mikučionienė, 2011).

Tyrėjos (Bivainytė, Čiužaitė ir Mikučionienė) analizavo dvi sluoksnių skersinių mežginių statinės absorbcijos ir džiūvimo greitį. Tyrimo tikslas buvo nustatyti mežginių pluoštinės sudėties įtaką drėgmės sugėrimui bei išgarinimui. Tiriamosiose medžiagose vyravo medvilninių arba dirbtinio bambuko verpalų deriniai su sintetiniais siūlais. Tyrimo rezultatai atskleidė, kad du kartus daugiau vandens geba sugerti mežginiai iš dirbtinio bambuko ir sintetinio siūlo derinio, nei mežginiai iš medvilninių verpalų ir sintetinių siūlų derinio. Greičiausias džiūvimas vyko mežginiuose iš medvilninių / dirbtinio bambuko verpalų derinių su poliesterio Coolmax® siūlais (Bivainytė, Čiužaitė ir Mikučionienė, 2011).

Vandens statinė absorbcija buvo tiriama ir kitų tyrėjų, pvz., Abramavičiūtės, Čiužo ir Mikučionienės. Tyrimai parodė, kad mežginiams iš grynpluoščių ir mišriapluoščių verpalų su tekstūrotu poliamidiniu siūlu būdinga didesnė vandens absorbcija nei mežginiams, kurių struktūroje yra elastano siūlų. Poliamidinis siūlas dėl savitos tekstūros geba išlaikyti dalį vandens savo struktūroje, taip pat grynpluoščiuose mežginiuose dalis vandens pasilieka išbrinkusiuose verpalų plaukeliuose (Abramavičiūtė, Čiužas ir Mikučionienė, 2011). Panašūs tyrimo rezultatai aprašomi ir Bivainytės (Bivainytės, 2012) daktaro disertacijos darbe, kurioje tiriamos aktyviai fizinei veiklai skirtų dvisluoksnių mežginių termofiziologinės savybės. Nustatyta, kad didžiausią įtaką liekamajam drėgniui po vandens absorbcijos daro verpalų pluoštinė sudėtis.

Kitų tyrėjų darbo rezultatai taip pat įrodo, jog nuo mežginio pluoštinės sudėties priklauso drėgmės perdavimas per medžiagą. Nustatyta, kad mežginiuose iš natūralių pluoštų vandens garų absorbcija didesnė dėl jiems būdingo hidrofiliškumo (Salopek ir Skenderi, 2013). Taip pat tyrimai buvo atlikti su organinės medvilnės, dirbtinio bambuko verpalų, sojų verpalų medžiagomis. Gavus rezultatus buvo įrodyta, kad mežginio storis buvo pagrindinis veiksnys, lemiantis vandens garų laidumą, o pluošto rūšis reikšmingai veikia vandens absorbcijos laipsnį (Gun ir Unal, 2008). Taip pat tyrimų rezultatais įrodyta, kad laidumas vandens garams yra didesnis mežginiuose, suprojektuotuose iš regeneruoto pluošto, o ne iš grynpluoščių medvilninių mežginių (Ayse, Gun ir Gonca, 2016). Medvilninius mežginius savo tyrimuose analizavo Amran'as ir kt. Tiriamieji bandiniai buvo pagaminti iš trijų skirtingų variantų: 100 % medvilnės, 100 % dirbtinio bambuko ir kombinuotų medvilnės / bambuko siūlų. Prieš drėgmės sugeriamumo bandymus visi bandiniai buvo išskalbti. Rezultatai atskleidė, kad visi tiriamieji bandiniai pasižymi gera vandens sugertimi, tačiau didžiausias laidumas garams buvo nustatytas kombinuotuose mežginiuose, kai bambuko ir medvilnės santykis verpale 83:17 (Amran ir kt., 2016).

Mokslininkai, tirdami mežgtines medžiagas ir jų drėgmės sugeriamumo savybes nustatė, kad mežginiai iš poliesterio ir medvilninių / Coolmax® verpalų pasižymi

geromis drėgmės perdavimo savybėmis, o viskoziniam mezginiui būdingas mažas vandens garų perdavimas (Öner ir Okur, 2015).

Analizuojant funkcionalias medžiagas, kurios gali būti pritaikomos specialioje apsauginėje aprangoje, būtina įvertinti jų atsparumą karščiui ar ugniai. Atsparumas ugniai yra labai svarbus parametras medžiagoms, kurios projektuojamos iš natūralių celiuliozinių pluoštų. Natūraliems pluoštams būdingos greitos degumo savybės (t. y. greitas užsiliepsnojimas ir liepsnos plitimas), tačiau jų atsparumas ugniai yra labai skirtingas. Tai priklauso nuo medžiagos prigimties, drėgmės kiekio pluošte, pluošto storio ir pluoštinės medžiagos struktūros bei medžiagos sluoksnių skaičiaus. Celiuliozinės prigimties natūralių pluoštų degumas yra skirtingas dėl skirtingos pluošto mikrostruktūros ir cheminės sudėties. Celiuliozinių pluoštų cheminė sudėtis priklauso nuo pluošto kilmės, t. y. priklauso nuo to, iš ko pluoštas gaunamas: iš sėklų, lapų, stiebo karnienos, vaisių, medienos ar žolių. Dauguma natūralių pluoštų suyra esant didesnei nei 170–200 °C temperatūrai. Celiuliozė, ligninas ir hemiceliuliozė – tai pagrindiniai ląstelienos komponentai, kurių būvis, paveikus aukšta temperatūra gali būti įvairi. Hemiceliuliozės pirolizė sparčiai vyksta esant 220–315 °C temperatūrai. Ligninas yra toks komponentas, kuris degimo metu medžiagos paviršiuje formuoja apanglėjimą. Apanglėjimas tekstilės paviršiuje suformuoja vientisą „dangą“, kuri veikia kaip liepsnos izoliatorius. Taigi, degimo proceso metu atsiradęs apanglėjimas yra geras ugnies atsparumo rodiklis. Moksliniais tyrimais įrodyta, kad ligninas yra sunkiai skaidus, nes pasižymi nedideliu skilimo laipsniu, o didelis celiuliozės kiekis, priešingai, gali padidinti pluošto degumą (Dorez ir kt., 2014; Kandola, 2012).

Neaustinių medžiagų iš kanapių pluošto degumo savybės aprašytos mokslininkų darbuose (Freivalde ir kt., 2014). Tyrimo rezultatai patvirtino, kad celiuliozinių pluoštų degumą lemia cheminė pluošto sudėtis ir pluošto tankumas. Kitų tyrėjų nustatyta pluošto rūšies ir jo kiekio įtaką degumui. Tyrimai atlikti naudojant termogravimetrinę analizę ir kūginius kalorimetrus, o gauti rezultatai atskleidė išsiskiriamų dujų kiekį lignoceliuliozės deginimo metu (Dorez ir kt., 2012).

Pluoštų ir medžiagų degumą, atsižvelgiant į liepsnos poveikį, galima skirstyti į tris grupes: nedegūs – tiesiogiai veikiami liepsnos neužsidega (asbesto, stiklo, metalo pluoštai); užsidegantys, o pašalinus liepsnos šaltinį užgęstantys (vilnos, poliamido, poliesterio pluoštai); degūs – užsidega ir dega arba smilksta net ir pašalinus liepsną (medvilnės, linų, viskozės ir kiti celiuliozės) (Grover, Khandual ir Luximon, 2014). Kitas svarbus degumo rodiklis yra ribinis deguonies indeksas *LOI*, kuris parodo mažiausią deguonies kiekį aplinkoje, reikalingą medžiagai užsidegti. Šis rodiklis ir tokia pluoštų savybė yra labai svarbi apsauginei tekstilei, kuri naudojama žmonių, dirbančių šalia ugnies šaltinių, pavyzdžiui, ugniagesių drabužiams. Pagal deguonies indekso dydį tekstilės medžiagos klasifikuojamos į keturias kategorijas. Kai  $LOI \geq 35$  %, medžiaga klasifikuojama kaip visiškai nedegi; kai  $LOI = 26-34$  %, medžiaga klasifikuojama kaip atspari degimui; kai  $LOI = 20-26$  %, medžiaga klasifikuojama kaip degi; kai  $LOI \leq 20$  %, medžiaga klasifikuojama kaip labai degi, sparčiai užsiliepsnojanti (Feng, 2017).

Funkcionaliai ir specializuotai apsauginei tekstilei yra labai svarbi nedegumo savybė. Nedegi tekstilė gali būti skirstoma į medžiagas: kuriose naudojami

neorganiniai pluoštai (stiklo, asbesto ir kt.), kurios apdorotos cheminiais antipireniais ir medžiagas iš modifikuotų bei ugniai atsparių polimerų. Naudojami antipireniai gali būti klasifikuojami: su bromu, chloro, fosforo, azoto (melaminai) ir neorganiniai (Mazurowski ir Pfaendner, 2017). Konkrečiai kalbant apie tekstilės gaminius, antipireniai taip pat gali būti klasifikuojami pagal jų atsparumą skalbimui. Trumpalaikiai, kada antipirenas išplaunamas iš karto po pirmojo skalbimo ciklo, pusiau patvarūs, kurie atlaiko daugiau nei keletą plovimų ir ilgalaikiai, kurie išlaiko nedegumo savybes daugiau nei po 100 skalbimo ciklų (Gaan, Malucelli ir Salmeia, 2016).

Yra atlikta nemažai mokslinių tyrimų, kuriuose buvo tiriamas degumas natūralius pluoštus apdorojus įvairiais antipireniais (Dorez ir kt., 2012; Freivalde ir kt., 2014; Lazko ir kt., 2013). Celiuliozinius pluoštus Rupperis ir kt. apdorėjo fosforo turinčiu antipirenu. Gauti tyrimo rezultatai parodė, kad terminio skilimo proceso metu antipirenas, turintis fosforo, priverčia dehidratuoti celiuliozės pluoštą, taip suformuodamas didesnę paviršiaus apanglėjimą, kuris slopina degimą (Rupper ir kt., 2010).

Kiti mokslininkai tyrė celiuliozinių, trumpų lino pluoštų degumą, kuris buvo apdorotas skirtingais antipireniais. Įvertintas atsparumas ugniai ir atliktos apdailos su: 20 % aliuminio trihidroksidu (ATH), 20 % cinko boratu (ZB), 20 % melamino fosfatu (MMP) ir 20 % melamino boratu (MMB). Rezultatai parodė, kad pluoštą apdorojus 20 % melaminu, liepsna geso iš karto pašalinus jos židinį, todėl šiuo atveju ir gautas geriausias rezultatas (Lazko ir kt., 2013).

Mezginių iš medvilnės pluošto degumo analizės rezultatus aprašė tyrėja Salmeia. Bandiniai buvo apdoroti cheminiu antipirenu, turinčiu fosforo. Remiantis termogravimetrine analize buvo pastebėta, kad antipireno ir pluošto sintezės metu fosforo junginiai slopina medžiagos degumą (Salmeia ir kt., 2016). Tyrėjai tirdami nedegumą, medvilnės medžiagą apdorėjo sintetiniu nehalogeniniu fosforo sluoksniu. Paveikus ultravioleto spinduliuote bei atlikus termogravimetrinę analizę buvo gauta, kad antipirenas medžiagoje 48,1 % padidino apanglėjusio sluoksnio kiekį, kai tyrimo metu temperatūra siekė iki 600 °C. Tokie gauti rezultatai parodė, kad ultravioleto spinduliuotės inicijuota cheminė reakcija yra veiksmingas metodas vertinant medvilninės medžiagos degumą (Yu, Xu ir Wang, 2017). Taip pat Feng'as aprašė medvilninio audinio atsparumą ugniai, kuris buvo apdorotas neformaldehidiniu antipirenu. Atlikus deginimo tyrimą ir įvertinus deguonies indekso *LOI* vertes buvo nustatyta, kad po apdailos *LOI* siekė 43,2 %, o atlikus 30 skalbimo ciklų ir vėl įvertinus *LOI* vertę, ji vis dar buvo 30,5 %. Tokie geri rezultatai patvirtino, kad neformaldehidinis antipirenas taip gali būti naudojamas tekstilėje kaip pusiau ilgalaikis antipirenas (Feng, 2017).

**Apibendrinimas.** Celiuliozinių pluoštų mezginių po skalbimo dažnai pasikeičia matmenys. Reikia paminėti, kad matmenų pokyčiai po skalbimo turi didelę reikšmę medžiagos struktūrai, jos akytumui, nes jis yra tiesiogiai susijęs su laidumu orui. Svarbi mezginio savybė yra trintis, kuri priklauso nuo pluoštinės sudėties bei mezginio tankumo ir pynimo. Mezginiai, kuriuose yra paklotas elastomerinis siūlas dėl mažesnio šiluminio laidumo, tinkamiausi šaltuoju metų sezonu, nes elastomerinis siūlas sutankinta struktūrą. Šiluminėms savybėms įtaką taip pat turi siūlų pūkuotumas,

siūlų storis, mezginio struktūra. Pluošto degumas priklauso nuo pluošto prigimties bei cheminės sudėties. Pluoštai gali būti natūraliai nedegūs arba nedegumas gali būti suteikiamas specialiosios apdailos metu apdorojant antipirenais. Nors literatūroje randama daug tyrimų su įvairiais celiuliozinės prigimties mezginiais, tačiau mokslškai pagrįstų darbų, kuriuose būtų nagrinėtos mezginių iš durpių pluoštų savybės, nėra.

#### **1.4. Literatūros apžvalgos apibendrinimas**

Išanalizavus teorinę literatūrą apie natūralių celiuliozinių pluoštų įvairovę pirmiausia nustatyta, kad visi celiulioziniai pluoštai pasižymi tam tikromis prigimtinėmis pluoštinėmis savybėmis. Lyginant tarpusavyje, kai kurios savybės yra panašios, o kai kurios gerokai skiriasi. Remiantis kiekvienam pluoštui būdingomis savybėmis, tolimesnei tekstilės medžiagų gamybai parenkami tinkamiausi pluoštai, įvertinamos teigiamos ir neigiamos savybės bei atsižvelgiama į būsimojo gaminio panaudojimo sritį.

Funkcinių medžiagų iš celiuliozinių pluoštų asortimentas yra platus, kuriamas atsižvelgiant į įvairius vartotojų poreikius. Nustatyta, kad didžioji dalis tyrėjų domisi megztinių medžiagų komfortą lemiančiomis savybėmis. Labai dažnai tiriamuosiuose darbuose yra tiriami mezginiai iš medvilnės, lino, kanapių pluoštų, tačiau tyrimų ar kitos literatūros apie inovatyvų durpių pluoštą ar mezginius iš jo yra ypač mažai, o ir esantieji neturi mokslinio pagrindo. Analizuojant literatūrą apibendrintai galima teigti, kad ypač dvidešimt pirmajame amžiuje atkreiptas ypatingas dėmesys į ekologiškumą, todėl pradėta ieškoti, kuo būtų galima pakeisti dirbtinius pluoštus bei tuos natūralius, kurių auginimas ir perdirbimas taip pat yra labai taršus (pvz., medvilnė). Todėl durpių pluoštą galima vadinti perspektyviu, nes tekstilės pramonėje jis gali būti naudojamas kaip durpių kasybos pramonės šalutinis produktas, kaip liekana, o šių liekanų kiekiai susidaro dideli. Tačiau mokslškai pagrįstų duomenų ar informacijos literatūrinuose šaltiniuose apie durpių pluoštą yra labai mažai nepaisant to, kad komerciškai reklamuojama ir akcentuojama, jog šis pluoštas pasižymi geromis savybėmis ir gali būti tinkamas tekstilei. Yra paskelbta daugybė mokslinių tyrimų apie funkcines mezginių, taip pat ir iš natūralių pluoštų siūlų, savybes, tokias kaip laidumas orui ir vandens garams, drėgmės sugėrimo, šiluminio laidumo ir šiluminės varžos savybes, kurios didžia dalimi nulemia megztinių gaminių dėvėjimo komfortą. Taip pat nemažai mokslinių tyrimų atlikta tiriant natūralių pluoštų tekstilės medžiagų degumo savybes. Daug tyrimų atlikta su medvilniniais, kanapiniais, lininiais, dilgėlių pluošto ir kitų natūralių pluoštų mezginiais ir audiniais, tačiau neskelbiama jokių mokslinių tyrimų rezultatų apie durpių pluošto tekstilės gaminius. Literatūros šaltinių apžvalga rodo, kad laidumas orui ir vandens garams, laidumas šilumai, apsaugos savybės priklauso ne tik nuo pluošto savybių, bet ir nuo mezginio sandaros, mezginio kilpos geometrijos. Kilpos geometrija priklauso tiek nuo pluoštinės sudėties, tiek nuo siūlų charakteristikų, tiek nuo siūlų skaičiaus kilpoje.

Tekstilės gaminio kokybę lemia gaminio mechaninės savybės. Mechaninės savybės yra svarbios ne tik vartotojui, bet aktualios ir gamintojui. Daug tyrimų atlikta tiriant pluoštų ir verpalų mechanines savybes (stiprumą, tįsumą, trintį), taip pat ir tekstilės medžiagų mechanines savybes, kurių svarbiausios būtų stipruminės savybės,

trintis, matmenų stabilumas. Svarbu įvertinti ir tekstilės medžiagų ilgaamžiškumą dėvint ar vartojant jas. Tačiau, kaip jau buvo minėta anksčiau, mokliškai pagrįstų duomenų apie durpių pluošto tekstilės gaminius nėra. Remiantis atlikta literatūros analize ir įvertinus tvarių tekstilės gaminių iš durpių pluošto gamybos galimybes ir perspektyvas, iškeltas šio disertacinio darbo tikslas ir uždaviniai.

## 2. TYRIMO OBJEKTAS IR DARBO METODIKA

### 2.1. Tyrimo objektas, mezginių projektavimas ir gamyba

Tyrimo objektas – durpių pluoštas, verpalai su durpių pluoštu ir lygiojo skersinio pynimo megztinės medžiagos iš durpių pluošto bei jo derinių su kitais natūraliais pluoštais.

Tyrimui buvo suprojektuoti ir pagaminti lygiojo skersinio pynimo mežginiai, numegzti tekstilės įmonėje UAB „Vegateksa“ (Kaunas, Lietuva). Medžiagos pagamintos mažo skersmens, vienos adatinės 14E klasės apskritąja skersinio mezgimo mašina „Matec Techno New“ (Italija).

Medžiagoms megzti buvo sudaryta dvylika skirtingų verpalų pluoštinių sudėčių, pasirenkant mišrius, įvairios procentinės sudėties durpių / medvilnės bei durpių /vilnos verpalus, o palyginamiesiems tyrimams – grynpluoščius medvilninius, vilnonius ir durpių pluošto verpalus. Taip pat pasirinkti penki variantai derinių su elastomeriniu Lycra® siūlu. Lycra® siūlas sudarė mažiau nei 5 % bendros mezginio pluoštinės sudėties. Didžioji dalis pramoniniu būdu gaminamų megztnių medžiagų projektuojamos su nedideliu kiekiu elastomerinio siūlo, siekiant padidinti gaminio elastingumą ir matmenų stabilumą. Visų tiriamųjų bandinių variantai ir pluoštinė sudėtis pateikti 2.1 lentelėje.

#### 2.1 lentelė. Tiriamųjų bandinių pluoštinė sudėtis

| Bandinio kodas | Siūlų pluoštinė sudėtis ir ilginis tankis                       |
|----------------|---|
| 4D             | Durpės, 60 tex ×1×4   |
| 8M             | Medvilnė, 29,4 tex ×1×8   |
| 2V             | Vilna, 111 tex ×1×2   |
| 1D + 6M        | Durpės, 60 tex + Medvilnė, 29,4 tex ×1×6                        |
| 2D + 4M        | Durpės, 60 tex ×1×2 + Medvilnė, 29,4 tex ×1×4                   |
| 3D + 2M        | Durpės, 60 tex ×1×3 + Medvilnė 29,4 tex ×1×2                    |
| 4D + L         | Durpės, 60 tex ×1×4 + Lycra®, 8,6 tex                           |
| 2D + 1V        | Durpės, 60 tex ×1×2 + Vilna, 111 tex                            |
| 2D + 1V + L    | Durpės, 60 tex ×1×2 + Vilna, 111 tex + Lycra®, 8,6 tex          |
| 1D + 6M + L    | Durpės, 60 tex + Medvilnė, 29,4 tex ×1×6 + Lycra®, 8,6 tex      |
| 2D + 4M + L    | Durpės, 60 tex ×1×2 + Medvilnė, 29,4 tex ×1×4 + Lycra®, 8,6 tex |
| 3D + 2M + L    | Durpės, 60 tex ×1×3 + Medvilnė, 29,4 tex ×1×2 + Lycra®, 8,6 tex |

Šioje 2.1 lentelėje bandinio kodas reiškia siūlų pluoštinę sudėtį ir pirminių verpalų skaičių bendrame gretintame verpale, kurie naudojami tiriamiems megztniams bandiniams: D yra verpalai su durpių pluoštu (t. y. verpalai iš 40 % durpių pluošto ir 60 % medvilnės pluošto mišinio). Nors mišripluoštis verpalas sudarytas iš medvilnės ir durpių pluošto mišinio, tačiau nuspręsta darbe jį vadinti durpių verpalu. Lentelėje žymėjimai: M – medvilniniai verpalai, V – vilnoniai verpalai, L – elastomerinis Lycra® siūlas. Numeris prieš raidę žymi, kiek siūlų buvo klojama vienoje mezginio kilpoje. Lentelėje taip pat pateikiamas ilginio tankio



žymėjimas, pavyzdžiui, „60 tex  $\times 1 \times 4$ “, kuris reiškia, kad kilpos yra lankstomos iš keturių sugretintų, bet tarpusavyje nesusuktų siūlų, kurių kiekvieno ilginis tankis yra 60 tex. Tokia pati žymėjimo sistema buvo naudojama visiems bandinių variantams. Medvilnės ir durpių pluošto verpalų sukris  $35 \text{ m}^{-1}$ , o vilnionių verpalų sukris  $36 \text{ m}^{-1}$ . Taigi, visų verpalų sukris beveik nesiskiria. Verpalų stipruminių savybių lyginamajam tyrimui buvo pasirinkti 60 tex ilginio tankio lininiai verpalai.

## 2.2. Tyrimų metodika

Prieš atliekant laboratorinius tyrimus eksperimentiniai bandiniai buvo kondicionuojami standartinėje bandymų aplinkoje, kurios temperatūra  $T = (20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ , santykinis oro drėgnis  $\varphi = (65 \pm 4) \%$ .

Kondicionavimo bei eksperimentinių tyrimų aplinkai keliami reikalavimai aprašomi LST EN ISO 139:2005 standartu.

### 2.2.1. Durpių pluošto savybių tyrimo metodika

Durpių pluošto morfologinė ir geometrinė analizė buvo atliekama naudojantis optiniu mikroskopu „Nikon Eclipse E200“ ir skaitmenine kamera „Lumenera Infinity 1“ (naudojant  $\times 40$  (siūlams) ir  $\times 100$  (pluoštams) didinimą 0,001 mm tikslumu). Taip pat pluoštų paviršius buvo skenuojamas ir analizuojamas SEM (skenuojančiu elektroniniu mikroskopu) „Quanta 200 FEG“ (10 kV, didinimas: 1000x ir 5000x).

Durpių ir švylių pluoštų ilgiai ir skersmenys buvo matuojami naudojant optinį mikroskopą „Askania RML5“ (naudojant  $\times 40$  didinimą), skaitmeninę kamerą „Nikon Coolpix 4500“ ir „Metric ir ImageJ“ programinę įrangą.

Švylių žiedo plaukelių pluošteliams buvo atlikta po 100 matavimų dviem pluošto kryptimis (nes plaukelių pluošto skersinis pjūvis artimas elipsės formai), atitinkamai buvo išmatuoti trumpasis ir ilgasis skersmenys. Durpių pluošto ilgio tyrimui buvo atlikta 100 matavimų, o durpių pluošto skersmens tyrimui buvo atlikta 1000 matavimų. Toks didelis matavimų skaičius buvo reikalingas, nes buvo pastebėta, kad durpių pluošto skersmuo iš karnienos dalies labai nevienodas.

Cheminė durpių pluošto sudėtis buvo nustatyta Latvijos valstybinio medienos ir chemijos instituto (Riga, 27 Dzerbenes g. LV 1006, Latvija) laboratorijoje pagal Klason metodą, aprašytą literatūros šaltinyje (Pinto, Evtuguin, ir Neto, 2005). Pagal Klason metodą tiriamasis pluoštas 2 valandas yra veikiamas 72 % koncentracijos  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Po to medžiaga yra praskiedžiama dar 3 %  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ir viskas virinama keturias valandas. Lieka lignino gabaliukai, kurie filtruojami, perplaunami, džiovinami bei pasveriami.

### 2.2.2. Megztinių medžiagų struktūros rodiklių nustatymo metodika

Naujai suprojektuotų mezginių faktinis kilpos ilgis (mm) nustatytas remiantis LST EN 14970:2006 standartu. Faktinis kilpos ilgis skaičiuojamas išardant 10 kilpų (esant 0,02 cN/tex siūlo įtempiui). Kilpos ilgis apskaičiuotas padalijant išardyto siūlo ilgį iš išardytų kilpų skaičiaus. Vienam eksperimentiniam taškui gauti buvo atliekama po 10 elementariųjų matavimų.

Mezginio vertikalusis ir horizontalusis tankumų koeficientai ( $\text{cm}^{-1}$ ) nustatyti suskaičiuojant kilpas skersine ir išilgine kryptimis 10 mm atkarpoje (atitinkamai stulpelių ir eilučių kryptimi) pagal standartą LST EN ISO 14971:2006. Matavimai buvo kartojami 5 kartus penkiose skirtingose mezginio vietose.

Mezginio paviršinis tankis  $M$  ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) buvo apskaičiuotas taikant formulę:

$$M = P_v \cdot P_h \cdot l \cdot T \cdot 10^{-2}, \quad (1)$$

čia:  $P_h$  – horizontalusis tankumo koeficientas,  $\text{cm}^{-1}$ ;  $P_v$  – vertikalusis tankumo koeficientas,  $\text{cm}^{-1}$ ;  $l$  – faktinis kilpos ilgis, mm;  $T$  – verpalų ilginis tankis, tex.

Dengiamumo koeficientas  $TF$  ( $\text{tex}^{1/2}/\text{mm}$ ) apskaičiuotas taikant formulę:

$$TF = \frac{\sqrt{T}}{l}, \quad (2)$$

čia:  $T$  – siūlų ilginis tankis, tex;  $l$  – faktinis kilpos ilgis, mm.

### 2.2.3. Durpių ir švylių pluošto bei verpalų iš durpių pluošto mechaninių savybių tyrimai

Siūlų stipruminės charakteristikos nustatytos universaliuoju tempimo įrenginiu „Zwick/Z005“ (Vokietija) remiantis standartu LST EN ISO 2062:2010. Gauti rezultatai apdoroti „testXpert®“ programine įranga. Atstumas tarp spaustuvų 100 mm, tempimo greitis 100 mm/min. Siūlų trūkimo jėgos ir ištiesos vidutinės vertės buvo apskaičiuotos iš 30 elementariųjų bandymų.

Durpių pluošto iš švylių žiedo dalies bei durpių pluošto iš karnienos dalies stipruminės charakteristikos buvo nustatytos tempimo įrenginiu „Zwick/Roell“ (Vokietija). Atstumas tarp spaustuvų – 20 mm, tempimo greitis 50 mm/min. Plaukelių trūkimo jėgos ir ištiesos vidutinės vertės buvo apskaičiuotos iš 50 elementariųjų bandymų.

### 2.2.4. Mezginių matmenų stabilumo tyrimo metodika

Medžiagų matmenų stabilumas, t. y. santraukos vertės po skalbimo ir džiovinimo ciklo buvo apskaičiuotos pagal ISO 26330:1993 standartą. Bandiniai skalbiami ( $40 \pm 2$ ) °C temperatūros ir 3 g/l skalbimo miltelių koncentracijos plovimo tirpale. Skalbiama apie ( $10 \pm 0,5$ ) min. Bandiniai perplaunami tris kartus ( $20 \pm 2$ ) °C temperatūros vandeniu. Kiekvieno perplovimo trukmė ( $1 \pm 0,1$ ) min. Išplauti bandiniai centrifuguojami. Centrifugavimo trukmė ( $1 \pm 0,1$ ) min., sukimosi dažnis ( $1000 \text{ min}^{-1}$ ). Išcentrifuguoti bandiniai atsargiai išimami, ištaisomos raukšlės ir lūžiai, rankomis kiekvienas bandinys ištiesinamas eilučių ir stulpelių kryptimi. Po to bandiniai išdėliojami ant lygaus, slidaus paviršiaus ir džiovinami 24 h valandas standartinėse kondicinėse sąlygose. Santraukos vertė  $\lambda$  buvo apskaičiuota formule:

$$\lambda = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100 \%, \quad (3)$$

čia:  $\lambda$  – santrauka, %;  $L_0$  – bandinio matmuo prieš skalbiant, mm;  $L$  – bandinio matmuo po skalbimo ir džiovinimo ciklo, mm.

### 2.2.5. Mezginių trinties tyrimo metodika

Trinties tyrimai buvo atliekami pagal standartą LST EN ISO 53375 universaliuoju tempimo įrenginiu „Zwick/Z005“ (Vokietija). Buvo tirta trintis į dirbtinės odos paviršių. Mezginiai buvo tvirtinami ant specialių rogučių kairine puse į trinamąjį odos paviršių. Rogutės nueina 160 mm kelią, iš kurio 10 mm skirta statinės trinties koeficientui įvertinti ir 150 mm skirta dinaminės trinties koeficientui įvertinti. Vienam eksperimentiniam taškui gauti buvo atlikta po 6 bandymus. Bandiniai buvo tiriami išilgine ir skersine mezginių kryptimis. Variacijos koeficientas nebuvo didesnis kaip 7 %.

### 2.2.6. Mezginių atsparumo dėvėjimui ir dilinimui nustatymo metodika

Tekstilės medžiagų atsparumas dilinimui, t. y. vizualiniai pokyčiai mezginių paviršiuje ir masės nuostolis ( $Ma$ ) buvo nustatomi Martindale'o metodu. Metodika aprašoma dviem standartais: LST EN ISO 12947-4: 1998 (4 dalis: atsirandantys medžiagos paviršiaus pokyčiai) ir LST EN ISO 12947-3: 2001 (3 dalis: masės nuostolio įvertinimas). Remiantis šiais standartais buvo nustatomas megztinės medžiagos galutinis suirimas, kuriuo laikomas momentas, kai, nudilus mezginių paviršiui, pažeidžiamas mezginių struktūros pagrindas. Tai yra persislenka ar nutrūksta mezginių elementas (bent viena kilpa), dėl ko atsiranda matomas struktūros pokytis – skylė.

Masės nuostolio nustatymo intervalai – 10 000, 15000, 25 000, 75 000, 100 000 sūkių. Bandiniai svėrti elektroninėmis svarstyklėmis KERN EW 150-3M (Vokietija) 0,001 g tikslumu. Bandymai kartojami 3 kartus.

Masės nuostolių skaičiavimas:

$$Ma = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\%, \quad (4)$$

čia:  $m_0$  – pradinė bandinio masė, g;  $m_1$  – bandinio masė po nustatyto sūkių skaičiaus, g.

### 2.2.7. Mezginių laidumo orui nustatymo metodika

Megztinių medžiagų laidumas orui buvo nustatytas pagal LST EN ISO 9237:1997 standartą. Laidumas orui matuotas įrenginiu „L14DR Karl Schroder KG“ (Vokietija). Bandymams atlikti buvo naudojamas žiedo formos bandinio laikiklis su 5 cm<sup>2</sup> kiauryme, esant 100 Pa slėgių skirtumui. Atlikta po 20 matavimų kiekvienam bandiniui skirtingose bandinio vietose. Variacijos koeficientas ne didesnis kaip 8 %. Laidumas orui  $R$  buvo apskaičiuotas taikant formulę:

$$R = \frac{D}{A} \times 167, \quad (5)$$

čia:  $R$  – laidumas orui, dm<sup>3</sup>/ (m<sup>2</sup>s);  $D$  – oro srauto debitas, dm<sup>3</sup>/min;  $A$  – tiriamosios zonos plotas, 5 cm<sup>2</sup>; 167 – koeficientas.

### 2.2.8. Mezginių šiluminių savybių tyrimo metodika

Šiluminių mainų priklausomybė nuo medžiagų pluoštinės sudėties buvo tiriama „IG/ISOC“ (Giuliani technologijos, Italija) šilumos izoliacijos nustatymo įrenginiu.

Mezgtinės medžiagos buvo patiesiamos ant iki 36 °C įšildytos plokštės ir temperatūros sensoriumi buvo fiksuojama temperatūra medžiagos viršutinėje pusėje. Temperatūra medžiagos paviršiuje matuota skaitmeniniu termometru HD9214 su platininiu jutikliu PT100 (DELTA OHM SRL, Italija). Temperatūros pokyčiai buvo stebimi ir fiksuojami 30 min., t. y. iki to momento, kai temperatūra nusistovi ir rezultatai pradeda kisti paklaidų ribose. Buvo gauti 24 eksperimentiniai taškai kiekvienam mezginio variantui. Kiekvienam eksperimentiniam taškui buvo atlikta po penkis bandymus. Variacijos koeficientas ne didesnis kaip 6 %.

### 2.2.9. Mezginių statinės vandens absorbcijos nustatymo metodika

Statinė vandens absorbcija buvo nustatyta remiantis tarptautine BV S1008 „Bureau Veritas Consumer Products Service“ metodika. Bandiniai buvo kondicionuojami laboratorijoje standartinėse sąlygose, po stabilizavimosi sukarpomi (10 × 10) cm ir sveriami elektroninėmis svarstyklėmis KERN EW 150-3M (Vokietija), 0,001 g tikslumu, nustatant sauso gaminio masę gramais. Tuomet bandiniai įmerkami 1 min. į distiliuotą vandenį, kurio temperatūra (20 ± 2) °C. Ištraukti iš vandens bandiniai pakabinami 3 min., kad nubėgtų vandens perteklius ir dar kartą pasveriami. Statinė vandens absorbcija  $S_w$  įvertinama apskaičiavus procentinį skirtumą tarp šlapio ir sauso bandinio masių taikant formulę:

$$S_w = \frac{m_w - m_d}{m_d} \cdot 100 \%, \quad (6)$$

čia:  $S_w$  – statinė vandens absorbcija, %;  $m_w$  – drėgno bandinio masė, g;  $m_d$  – sauso bandinio masė, g.

### 2.2.10. Mezginių degumo tyrimo metodika

Mezginių degumo tyrimai buvo atliekami naudojant horizontalųjį deginimo metodą, kuris aprašomas DIN 50050-1:1986 standartu, taikomu visoms tekstilės medžiagoms. Tyrimo proceso metu, medžiagos bandinys įtvirtinamas tarp dviejų plokštelių horizontalioje padėtyje. Naudojantis horizontaliuoju deginimo tyrimu, buvo įvertinama medžiagos pradegimo trukmė (fiksuojamas laikas, kada bandinyje atsiranda įtrūkimas ir liepsna pasirodo medžiagos paviršiuje). Liepsnos aukštis – 4 cm, atstumas tarp liepsnos šaltinio ir tiriamojo medžiagos paviršiaus – 2 cm. Kiekvienam eksperimentiniam taškui gauti atlikta po 5 matavimus. Deginimo bandymas buvo atliktas neapdorotiems mezginiams, taip pat ir mezginiams, kurie buvo apdoroti nedegumą suteikiančia apdaila Aflammit® KWB, naudojant įvairią jos koncentraciją. Visą 100 % koncentracijos tirpalą sudarė: 250 g/AFLAMMIT®KWB antipirenas), 20 g/l melamino formaldehido junginys QUECODUR DM 70 ir 1 g/l praskiestos nejoninės drėkinančios medžiagos KYOLOX GPGB. Pabaigoje įdedamas katalizatorius – 15 g/l 85 % fosforo rūgšties. Prieš apdorojimą nedegiąja apdaila tiriamieji meginiai buvo skalbiami 30 minučių 90 °C temperatūroje, naudojant 2 % standartinį ploviklį. Šis išankstinis skalbimas buvo atliktas siekiant pašalinti pluošte esančias hidrofobines priemaišas, taip užtikrinant tolygų antipireno pasiskirstymą mezginiuose apdorojimo metu. Po apdorojimo Aflammit® KWB meginiai buvo džiovinami 100 °C temperatūroje, po to

2 min. išlaikomi 170 °C temperatūroje. Po šio apdorojimo mezginiai buvo dar kartą išskalbiami dėl rūgštinių likučių, apsaugant mezginius nuo pažeidimų. Tyrimas buvo atliktas ne tik su bandiniais, apdorotais maksimalios koncentracijos antipirenu, bet ir su bandiniais, apdorotais mažėjančios antipireno koncentracijos tirpalu: 1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32.

### 2.3. Eksperimentų rezultatų statistinė ir matematinė analizė

Atlikus visus eksperimentinius tyrimus buvo atlikta gautų duomenų matematinė statistinė analizė.

Buvo patikrintos abejotinių rezultatų atmetimo galimybės pagal *Grebso* ar *Diksono* kriterijus. Apskaičiuotas aritmetinis eksperimentinių rezultatų vidurkis ( $\bar{x}$ ), vidutinė kvadratinė nuokrypa ( $S$ ) bei dispersija ( $S^2$ ). Kad būtų galima įvertinti rezultatų sklaidą, buvo apskaičiuota absoliutinė atsitiktinė paklaida, santykinė atsitiktinė paklaida, variacijos koeficientas (Milašius, 2011).

Atlikta matematinė analizė remiantis *Kochreno* kriterijumi. Patikrinta ar eksperimento taškų dispersijos yra vienaarūšės:

$$G = S^2_{\max} / \sum S^2, \quad (7)$$

čia:  $S^2_{\max}$  – maksimalioji eksperimento taškų dispersija;  $\sum S^2$  – visų eksperimento taškų dispersijų suma.

Tikrinama lyginant su lentelėje pateiktu *Kochreno* kriterijumi  $G_{lent}$ . Jei dispersijos vienaarūšės, tuomet galima apskaičiuoti eksperimento informatyvumą remiantis *Fišerio* kriterijumi:

$$F = S_v^2 / S_y, \quad (8)$$

čia:  $S_y^2$  – vidutinė bandymų dispersija (eksperimento dispersija), kuri apskaičiuojama:

$$S_y^2 = \sum S^2 / N, \quad (9)$$

čia:  $N$  – eksperimento taškų skaičius; apskaičiuotas vidurkių vidurkis  $\bar{X}$ :

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^N \bar{x}_i / N, \quad (10)$$

$$S_v^2 = \sum_{i=1}^N (\bar{x}_i - \bar{X})^2 / N - 1. \quad (11)$$

Gautas rezultatas palyginamas su lentelėje pateiktu *Fišerio* kriterijumi  $F_{lent}$  (Milašius, 2011). Eksperimentų informatyvumas parodo ar atlikto eksperimento rezultatai yra adekvatūs, ar galima ieškoti priklausomybių. Jei eksperimentas informatyvus, gaunamos empirinės lygtys tarp tekstilės gaminio savybės ir kintamojo veiksnio. Apskaičiuojamas ir įvertinamas apibrėžties koeficientas (Milašius, 2011).

### 3. TYRIMŲ REZULTATAI

#### 3.1. Durpių pluošto morfologiniai ir cheminiai tyrimai

Analizuojant publikuojamus mokslinius darbus apie durpių pluošto – švylių, (lot. *Eriophorum vaginatum*) – savybes buvo nustatyta, kad didžioji dalis tyrimų yra atlikta botanikos srityje.

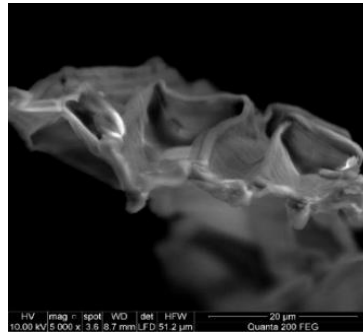
##### Durpių pluošto morfologija

Šiame darbe morfologiniai tyrimai atlikti švylių žiedo pluoštui ( šiame darbe vadinamas švylių pluoštu) ir karnienos pluoštui, kuris susidaro augalo stiebui degraduojant pelkėtoje vietovėje (durpyno sąlygomis) ir šiame darbe vadinamas durpių pluoštu. Švylių augalo fragmentas ir žiedo pluoštas pavaizduotas 3.1 pav.

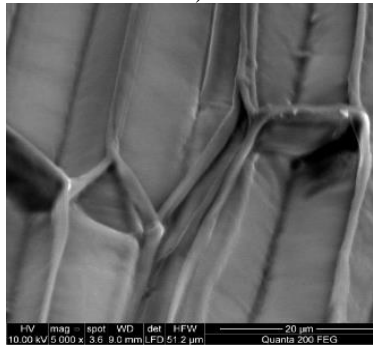


**3.1 pav.** *Eriophorum vaginatum* – švylių augalo žiedas su stiebeliu

Švylių pluošto *SEM* nuotraukos pateiktos 3.2 paveiksle, kur matomas pluošto skerspjūvis bei paviršiaus struktūra.



a)



b)

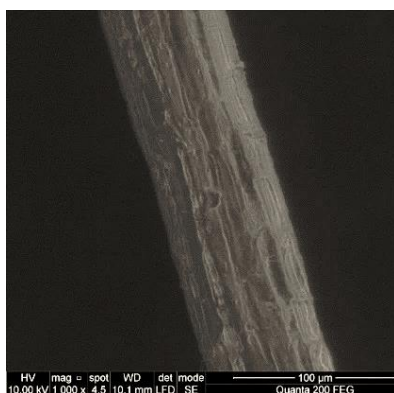


c)

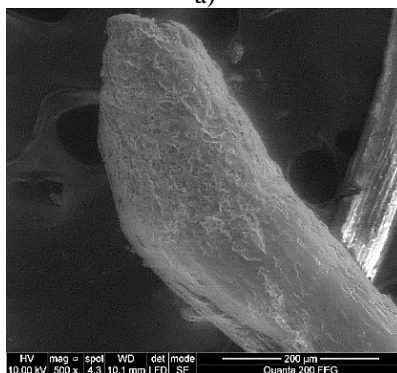
**3.2 pav.** Švylių pluošto *SEM* vaizdai: (a) skerspjūvis, (b) ir (c) pluošto paviršiaus vaizdas

Iš 3.2 paveiksle pateiktų *SEM* vaizdų matyti, kad (a) švylių pluošto skerspjūvis primena elipsės formą. Išmatavus pluošto elipsės formos mažąjį ir didįjį skersmenis, gautos tokios vidutinės vertės: mažasis skersmuo – 18,57  $\mu\text{m}$ , didysis skersmuo – 81,96  $\mu\text{m}$ . Švylių žiedo plaukeliui taip pat būdinga segmentuota (žr. 3.2 pav. b ir c) ir akyta struktūra. Dėl segmentuotos struktūros švylių pluoštas yra labai lūžus ir silpnas, šio pluošto plaukelių vidutinė trūkimo jėga yra tik 1,08 cN. Dėl šios priežasties švylių žiedų pluoštas netinkamas verpti.

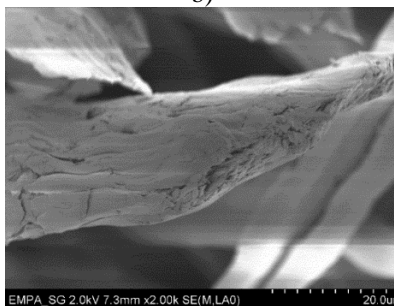
Durpių pluošto, gaunamo iš švylių karnienos dalies, vaizdas pateiktas 3.3 paveiksle. Pluošto paviršius yra panašus į kitų celiuliozinių karnienos pluoštų paviršių (lino, džiuoto, kanapių), kurie, kaip ir durpių pluoštas, yra išgaunami iš augalo stiebo dalies (Smole, 2013). Kad būtų galima įvertinti durpių (švylių augalo karnienos) pluošto stiprumines savybes bei tinkamumą verpalams gaminti, buvo ištirtos šio pluošto stipruminės charakteristikos. Nustatyta vidutinė 12,41 cN trūkimo jėga ir 8,63 % ištįsa. Matavimų variacijos koeficientas nebuvo didesnis kaip 5 %. Tirtųjų durpių pluoštų vidutinis ilginis tankis 5,4 tex.



a)



b)



c)

**3.3 pav.** Durpių pluošto iš stiebo dalies (a) paviršiaus vaizdas, (b) ir (c) įstrižinio pjūvio vaizdas



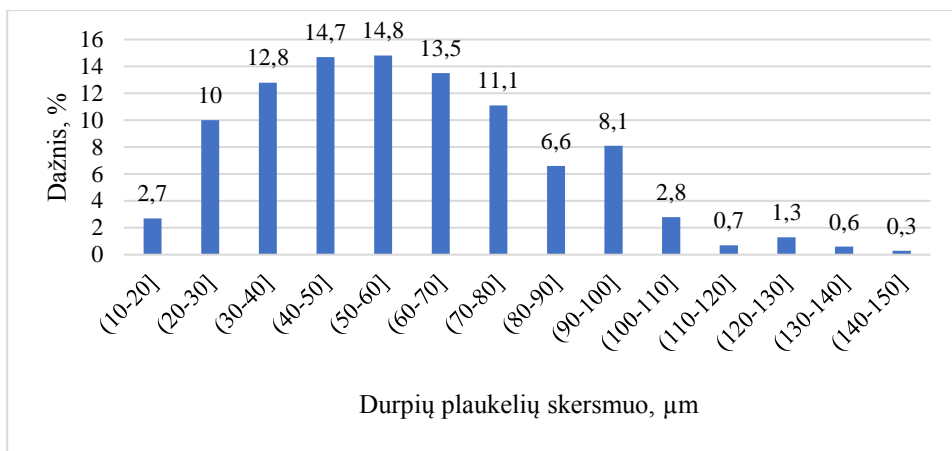
Pluoštams, kurie išgaunami iš karnienos, būdingas pluoštų jungimasis tarpusavyje veidrodiniu išsišakojimu. Kiekvienas pluoštelis ir jų sankaupos, ryšuliai yra susitvirtinę lignino ir pektino tarpelementinėmis medžiagomis, kurios turi būti pašalintos pluoštų išgavimo proceso metu (Smole, 2013).

Analizuojant švylių pluoštą, pastebimas natūraliai suskilęs epidermis, paviršinis sluoksnis ir taip matomas gilesnio sluoksnio aktyumas, t. y. parenchimatiniis ląstelių audinys (Brinkemper ir Joosten, 2012). Toks vaizdas matomas ir analizuojamose SEM nuotraukose 3.3 paveiksle.

Atliekant pluošto morfologinius tyrimus buvo pastebėta, kad durpių pluošto plaukelių skersmuo yra labai nevienodas. Dėl tokio būdingo nevienodumo buvo išmatuoti 1000 plaukelių skersmenys skirtingose plaukelių vietose. Buvo naudojamas optinis mikroskopas ir „ImageJ“ vaizdų analizės programa. Nustatytas vidutinis (visų 1000 matavimų aritmetinis vidurkis) plaukelio skersmuo yra 59,8 μm, tačiau pluošto skersmens ribos yra labai plačios – nuo 14 μm iki 150 μm. Matavimų variacijos koeficiento vertės neviršijo 11,19 %. Matavimų rezultatai pateikti 3.1 lentelėje, jų pasiskirstymo diagrama – 3.4 paveiksle.

### 3.1 lentelė. Durpių plaukelio vidutinio skersmens vertės

| Durpių plaukelio skersmens ribos, μm | Išmatuotų plaukelių skaičius, vnt. | Vidutinis durpių plaukelių skersmuo, μm |
|--------------------------------------|------------------------------------|---|
| (10–20]                              | 27                                 | 18,56 ± 0,74                            |
| (20–30]                              | 100                                | 25,76 ± 0,58                            |
| (30–40]                              | 128                                | 36,47 ± 0,86                            |
| (40–50]                              | 147                                | 45,68 ± 0,72                            |
| (50–60]                              | 148                                | 55,42 ± 0,71                            |
| (60–70]                              | 135                                | 65,67 ± 0,71                            |
| (70–80]                              | 111                                | 74,70 ± 0,72                            |
| (80–90]                              | 66                                 | 88,38 ± 1,29                            |
| (90–100]                             | 81                                 | 95,73 ± 0,55                            |
| (100–110]                            | 28                                 | 104,80 ± 1,29                           |
| (110–120]                            | 7                                  | 116,00 ± 2,56                           |
| (120–130]                            | 13                                 | 125,60 ± 1,47                           |
| (130–140]                            | 6                                  | 135,30 ± 2,27                           |
| (140–150]                            | 3                                  | 143,30 ± 5,74                           |



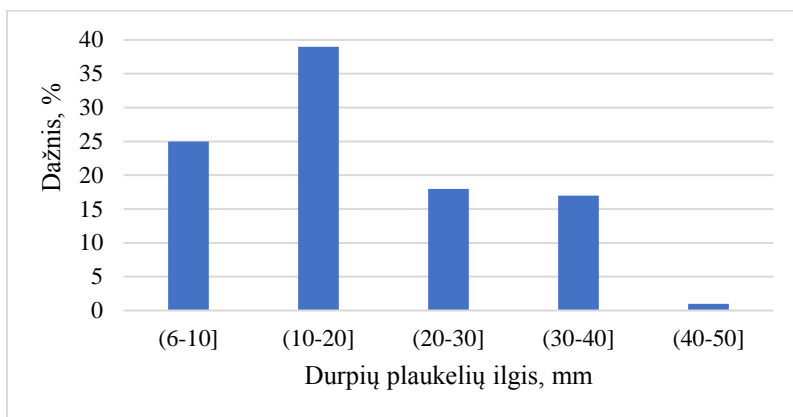
**3.4 pav.** Durpių pluošto (iš karnienos) skersmens intervalinis dažnių skirstinys

3.4 pav. pateikta durpių pluošto skersmens matavimo rezultatų santykinio dažnio histograma. Palyginus su tiriamajame darbe naudotos medvilnės pluošto vidutiniu skersmeniu, (kuris yra vidutiniškai 18,5 μm) nustatyta, jog durpių pluošto vidutinis skersmuo yra gerokai didesnis ir, svarbiausia, nevienodas. Storų plaukelių, kurių skersmuo yra didesnis nei 100 μm yra gana nedaug, t. y. pasitaikė tik 2 % visų matavimų. Tokia maža procentinė storų plaukelių dalis yra dėl tokio storo pluošto nubyrimo verpimo proceso metu. Tai patvirtina ir kiti tyrėjai (Monteiro ir kt., 2011; Guimaraes, Satyanarayana ir Wypych, 2007). Yra žinoma, jog lignoceliuliozės pluoštams yra būdinga, kad plonesni plaukeliai yra stipresni nei storesni. Tiriamajame darbe taip pat nustatyta, kad didžiąją pluošto dalį sudarė plaukeliai, kurių skersmuo yra nuo 30 μm iki 80 μm.

Taip pat yra žinoma, kad verpimo procesui svarbus ir pluošto plaukelių ilgis, kuris negali būti trumpesnis kaip 2–6 mm (Batra, 1983). Naudojant optinį mikroskopą ir „ImageJ“ vaizdų analizės programą, šiame darbe buvo išmatuotas ir nustatytas vidutinis durpių pluošto plaukelių ilgis. Apskaičiuotas vidutinis plaukelio ilgis yra 19,27 mm, tačiau pluošto plaukelių ilgio verčių intervalas yra labai platus – nuo 6 mm iki 42 mm, todėl matavimų variacijos koeficiento vertė siekia net 51 %. Matavimų rezultatai pateikti 3.2 lentelėje ir 3.5 paveiksle.

**3.2 lentelė.** Durpių plaukelių vidutinės ilgio vertės

| Durpių plaukelio ilgio intervalas, mm | Išmatuotų plaukelių skaičius, vnt. | Vidutinis durpių plaukelių ilgis, mm |
|---------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| (6–10]                                | 25                                 | 8,84 ± 0,55                          |
| (10–20]                               | 39                                 | 15,59 ± 0,96                         |
| (20–30]                               | 18                                 | 24,72 ± 1,68                         |
| (30–40]                               | 17                                 | 35,94 ± 1,71                         |
| (40–50]                               | 1                                  | 42                                   |



**3.5 pav.** Durpių pluošto (iš karnienos) ilgio intervalinis dažnių skirstinys

3.5 pav. pateiktas durpių pluošto ilgio matavimo rezultatų skirstinys, santykinio dažnio histograma. Tiriamajame darbe nustatyta, kad didžiąją pluošto dalį sudarė plaukeliai, kurių ilgis yra nuo 10 mm iki 20 mm. Dėl didelio plaukelių standumo, trumpesni nei 6 mm plaukeliai verpimo metu išbyra, o ilgesni nei 40 mm tiesiog lūžta į atskiras dalis.

Naujiems tiriamiesiems objektams, šiuo atveju durpių pluoštui, svarbi ir reikalinga cheminė analizė, kuri leistų įvertinti ir pagrįsti tolimesnius eksperimentinių tyrimų rezultatus. Augalinius pluoštus sudaro lignoceliuliozė (celiuliozė, hemiceliuliozė, ligninas), kuri nulemia pluošto fizikines savybes ir įvairios priemaišos, priklausančios nuo augalo rūšies (Ramamoorthy ir kt., 2015). Pagrindinės medvilnės pluošto sudedamosios dalys yra celiuliozė ir priemaišos, tokios kaip vašakai (0,4–1,7 %), neorganinės druskos (0,7–1,8 %), pektinas (0,4–1,9 %) ir dervos, pigmentai, hemiceliuliozė (1,5–2,5 %) (Degani, Dosoretz ir Gepstein, 2004). Dauguma šių priemaišų yra pašalinamos plovimo ir balinimo metu. Linų pluoštas, lyginant su medvilnės pluoštu, pasižymi didesniu hemiceliuliozės, lignino ir pektinų kiekiu (Chiparus, 2004).

Pagrindinė cheminė durpių pluošto sudėtis pateikta 3.3 lentelėje. Taip pat palyginimui pateikta populiariausių – medvilnės ir linų – pluoštų cheminė sudėtis. Kadangi neįmanoma suverpti verpalą iš gryno durpių pluošto, mezgimui buvo pagaminti ir naudoti verpalai, suverpti iš durpių ir medvilnės pluoštų mišinio, paruošto santykiu 40 % durpių pluošto ir 60 % medvilnės pluošto. 3.3 lentelėje taip pat pateiktos šio mišraus verpalų cheminės sudėties vertės.

### 3.3 lentelė. Durpių ir kitų celiuliozinių pluoštų cheminė sudėtis

| Pluoštas                                      | Celiuliozė (%) | Hemiceliuliozė (%) | Ligninas (%) | Kita (%) |
|---|----------------|--------------------|--------------|----------|
| Medvilnės                                     | 97,06          | 2,0                | 0,54         | 0,4      |
| Linų  | 80,0           | 9,70               | 3,0          | 7,3      |
| Durpių  | 78,08          | 4,44               | 10,2         | 7,28     |
| Durpių verpalas (durpės 40 % + medvilnė 60 %) | 87,57          | 3,22               | 5,37         | 3,84     |

Iš 3.3 lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad durpių pluoštas iš kitų celiuliozinių pluoštų išsiskiria mažesniu celiuliozės ir ypač dideliu (10,2 %) lignino kiekiu. Yra žinoma, kad ligninas atsakingas už mažesnių celiuliozinių pluoštų degumą. Todėl įvertinus, jog šiame darbe bandinių mezgimui naudotą verpalą sudaro durpių ir medvilnės pluoštų mišinys, kuriame ligninas sudaro net 5,37 %, galima prognozuoti, kad iš tokių verpalų numegztų mezginių degumas turėtų būti mažesnis nei grynai pluoščių medvilninių mezginių.

**Apibendrinimas.** Atlikti tyrimai parodė, kad švylių žiedų pluošto skerspjūvis yra elipsės formos, segmentuotas, akytas. Plaukeliai pasižymi labai maža, tik 1,08 cN trūkimo jėga. Dėl segmentuotos ir akytos struktūros švylių pluoštas netinka verpalams gaminti ir panaudoti tekstilėi. Durpių pluošto (gaunamo iš švylių karnienos dalies) vidutinis skersmuo gautas 59,8 μm. Storų, plaukelių yra ne daugiau kaip 2 %, nes jie verpimo metu dažniausiai išbyra. Durpių pluoštelio vidutinis ilgis yra 19,27 mm, todėl dėl reikiamo ilgio tinkamas verpalų gamybai. Durpių pluoštą sudaro 78,08 % celiuliozės, 4,44 % hemiceliuliozės, net 10,2 % lignino ir 3,84 % kitų sudedamųjų dalių (pektinų, įvairių priemaišų). Durpių verpalas, sudarytas iš 40 % durpių pluošto ir 60 % medvilnės pluošto, taip pat pasižymėjo išskirtinai dideliu lignino kiekiu – 5,37 %.

### 3.2. Durpių verpalų stipruminių charakteristikų tyrimas

Siūlų stiprumas ir ypač elastingumas yra svarbūs megztooms struktūroms vertinant jų kokybę. Mezgimo metu siūlų stiprumas nėra toks svarbus parametras, nes šiame procese siūlų apkrova nėra labai didelė, maždaug 0,5–1,5 cN/tex (Čiukas ir kt., 2005; Čiukas ir kt., 2006).

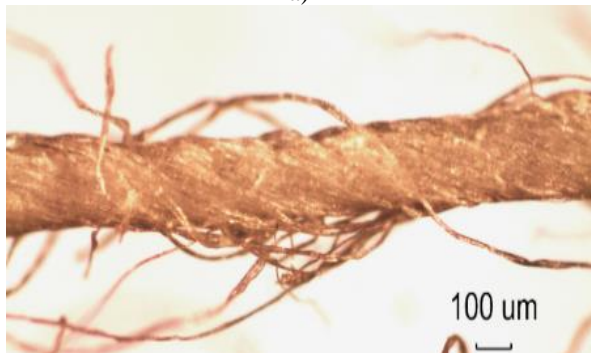
Durpių pluoštas yra pakankamai minkštas, tad gali būti naudojamas tekstilėje. Tačiau siekiant geresnio sukibimo verpaluose, jį reikia maišyti su kitais natūraliais pluoštais, tokiais kaip medvilnė arba vilna.

Disertaciniame darbe nuspręsta pagaminti mišriapluoščius durpių ir medvilnės pluoštų verpalus, kurie toliau vadinami durpių verpalais. Durpių verpalai suverpti iš 40 % durpių pluošto ir 60 % medvilnės pluošto mišinio. Toks procentinis pluoštų mišinys pasirinktas kaip optimaliausias, nes pakankamas durpių pluošto kiekis verpimo procesui bei išlieka reikšmingas tolimesnėms mezginių savybėms analizuoti. Medvilnės ir durpių pluoštai buvo sumaišomi dar paruošiamuosiuose procesuose prieš

verpant ir siekiant šiuos du pluoštus paskirstyti kiek įmanoma tolygiau per visą verpalą. Šių verpalų paviršiaus vaizdas parodytas 3.6, a paveiksle, o 3.6, b paveiksle parodytas grynapluoščio medvilninio verpalo paviršiaus vaizdas. Kaip matyti iš pateiktų nuotraukų, mišriapluoščio durpių verpalo paviršius yra nelygus, su daugiau išsidraikiusių ir atsikišusių plaukelių galų nei grynapluoščiam medvilniniame verpale.



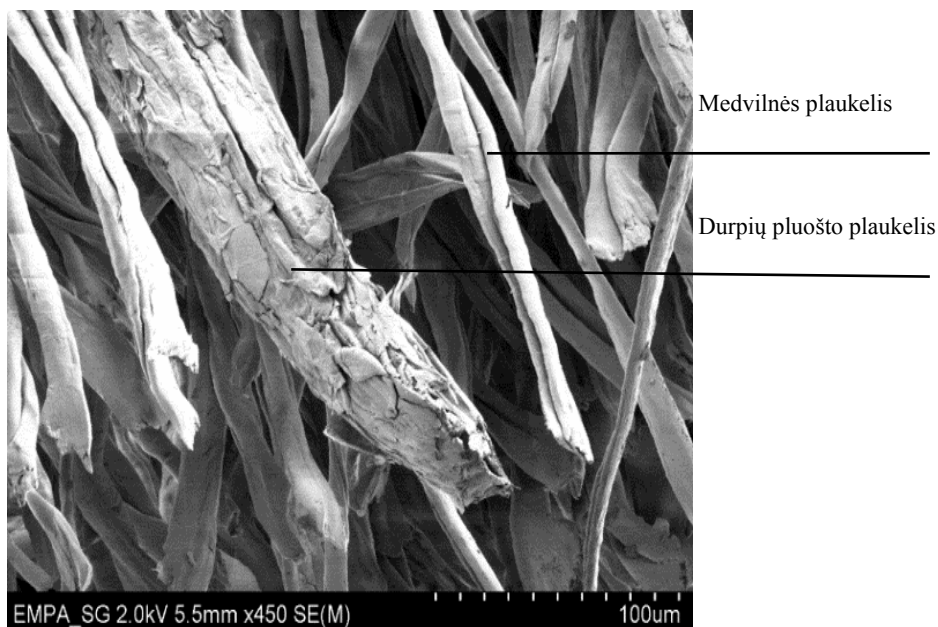
a)



b)

**3.6 pav.** Optinis išilginis vaizdas (a) durpių verpalo ir (b) medvilnės verpalo

Mišriapluoštis durpių verpalas yra suverptas iš dviejų natūralių celiuliozinių pluoštų: *Eriophorium vaginatum* (švylių augalo) karnienos dalies, toliau įvardijamo kaip durpių pluoštas bei medvilnės pluošto. Šių verpalų sudėtis ir verpalo pjūvis SEM nuotraukoje pavaizduotas 3.7 paveiksle.



**3.7 pav.** Durpių verpalo vaizdas

Kaip matyti iš 3.7 paveiksle pateiktos nuotraukos, durpių pluošto ir medvilnės pluošto plaukelių forma ir paviršiaus vaizdas gerokai skiriasi.

Dėl didesnio plaukelio standumo bei nevienodumo dalis trumpiausių durpių pluošto plaukelių verpimo metu išbyra. Buvo nustatyta, kad mezgimo proceso metu taip pat prarandama durpių pluošto dalis. Nuo ritės nuvyniojant verpalą bei lankstant jį ant adatų ir platinų, jis pereina per kreiptukus, temptukus, siūlvedį ir kitus besiliečiančius paviršius, todėl dėl lenkimo, sukimo ir trinties į besiliečiančius paviršius trumpiausi durpių pluošto plaukeliai išbyra. Po mezgimo proporcinė pluoštų sudėtis verpale lieka: 25 % durpių pluošto ir 75 % medvilnės pluošto. Visi mezginių eksperimentiniai tyrimai buvo atlikti po vieno skalbimo ciklo. Nustatyta, kad po pirmojo skalbimo ciklo netenkama dar 5 % durpių pluoštelių, taigi pluoštinės sudėties santykis mezginyje lieka: 20 % durpių pluošto ir 80 % medvilnės pluošto. Po pakartotinio, antrojo skalbimo ciklo šis skirtingų pluoštų santykis verpale nebekito, todėl galima daryti išvadą, kad minėtų technologinių procesų metu išbyra trumpiausi ir silpniausi durpių pluošto plaukeliai, likusieji plaukeliai lieka tvirtai įsitvirtinę verpale.

Apžvelgus literatūros šaltinius rasta nemažai informacijos bei tyrimų, kuriuose analizuojamos natūralių pluoštų stipruminės charakteristikos. Biswas su bendraautoriais atliko bandymus, kurių metu buvo nustatytos balto ir rudo kokoso, bambuko ir džiuoto pluoštų stipruminės charakteristikos (Biswas ir kt., 2010). Kiti tyrėjai atliko bandymus, kuriuose buvo analizuojama ir įvertinama, kokią įtaką pluošto ilgis turi pluošto stipruminėms charakteristikoms. Rezultatai parodė, kad pluošto tamprumo modulis priklauso nuo celiuliozės kiekio pluošte bei mikropluošto kampo (Arbataitis ir Mikučionienė, 2013). Fideis'as ir kiti mokslininkai pateikė tyrimų rezultatus, kuriuose teigiama, kad natūralių pluoštų stipruminės

charakteristikos priklauso ir nuo paties pluošto morfologijos (Fideis ir kt., 2013). Pluoštų stipruminėms savybėms įtakos taip pat turi pluoštų sandara, t. y. kaip pluoštai susiformavę, susigrupavę. Taigi, pluošto savybės yra labai svarbios verpimo procese bei turi didelę įtaką mezgtinių medžiagų savybėms.

Disertaciniame darbe buvo nustatytos mišriapluoščių durpių verpalų, grynapluoščių medvilninių verpalų ir, palyginimui, grynapluoščių lininių verpalų trūkimo charakteristikos. Santykinės trūkimo jėgos ir trūkimo ištisos tyrimo rezultatai pateikti 3.4 lentelėje. Matavimų vidurkis buvo apskaičiuotas iš 50 elementariųjų bandymų, variacijos koeficientas ne didesnis kaip 11 %. Visų tirtųjų verpalų ilginis tankis buvo vienodas – 60 tex.

### 3.4 lentelė. Tirtų verpalų stipruminių charakteristikų palyginimas

| Tirti verpalai       | Santykinė trūkimo jėga, cN/tex | Trūkimo ištisa, % |
|----------------------|--------------------------------|-------------------|
| Durpių verpalas      | 11,47                          | 5,3               |
| Medvilninis verpalas | 9,46                           | 7,4               |
| Lininis verpalas     | 17,46                          | 1,8               |

Iš 3.4 lentelėje pateiktų rezultatų matyti, kad durpių verpalo trūkimo jėgos ir trūkimo ištisos vertės yra vidutinės, lyginant su medvilniniais ir lininiais verpalais. Durpių verpalo trūkimo jėga yra apytikriai 20 % didesnė nei medvilninių verpalų ir apytikriai 45 % mažesnė nei lininių verpalų. Durpių verpalo trūkimo ištisa yra beveik tris kartus didesnė nei lininio verpalo (pasižyminčio ypač mažomis ištisos vertėmis) ir 28 % mažesnė nei grynapluoščio medvilninio verpalo. Taigi, gauti rezultatai rodo, kad pagal stiprumo-tįsumo parametrus durpių verpalas yra tinkamas mezgimui. Projektuojant mežginius siūlų stipruminės charakteristikos yra ypač svarbios, ypač svarbus yra siūlo elastingumas. Todėl lino pluošto siūlai retai naudojami mezgimui dėl mažo trūkimo elastingumo ir didelio standumo, nors pastarasis gali būti sumažintas taikant papildomas apdailos priemones.

Taigi, durpių pluoštas yra tinkamas tekstilės gaminiams, tarp jų ir mežginiams, gaminti. Geriausias variantas mezgimui – mišriapluoščiai durpių verpalai su medvilnės ar vilnos pluoštu. Durpių pluošto panaudojimo tekstilės pramonėje pagrindinis privalumas yra tas, kad dideli durpynų išteklių, esantys Šiaurės Europoje bei Kanadoje, yra savaime atsinaujinantys, nereikalaujantys papildomų dirbamos žemės plotų. Reikia paminėti, kad durpių pluošto išteklių yra durpių kasybos pramonės šalutinis produktas, dažniausiai traktuojamas kaip atliekos.

**Apibendrinimas.** Šiame darbe tiriamiesiems mežginiams mezgti naudoti mišriapluoščiai verpalai iš durpių pluošto (40 %) ir medvilnės pluošto (60 %) mišinio, sumaišyto dar prieš verpimo procesą. Nustatyta, kad durpių verpalų trūkimo jėgos ir trūkimo ištisos vertės yra vidutinės, lyginant su medvilniniais ir lininiais verpalais. Taigi, durpių pluoštas yra tinkamas mežginiams gaminti. Durpių pluošto naudojimas tekstilės pramonėje yra labai skatintinas, nes durpių pluoštas gaunamas iš savaime atsinaujinančių žaliavų, nereikia papildomų dirbamosios žemės plotų, yra panaudojamos durpių kasybos pramonės atliekos.

### 3.3. Mezginių struktūros rodiklių ir pluošto prigimties kilpos geometrijos analizė

Kaip teigiama paskelbtuose tyrimų rezultatuose (Munden, 1959), kilpa yra pagrindinis parametras mezgtinėje medžiagoje. Jis reikšmingai nulemia mezginio tankumą, aktytumą, t. y. svarbūs kilpos geometriniai parametrai – aukštis bei žingsnis.

Tiriamajam darbui buvo suprojektuota ir pagaminta 12 variantų tiriamųjų bandinių. Siekiant atlikti kuo išsamesnę palyginamąją analizę, mezginiai buvo pagaminti iš mišriapluoščių verpalų su durpių pluoštu, įvairaus proporcinio santykio, jų derinių su kitais natūralių pluoštų verpalais – medvilniniais ir vilnoniais, taip pat po vieną variantą grynapluoščių medvilninių ir vilnionių mezginių (palyginamajai analizei). Visų variantų mezginių suminis siūlų ilginis tankis buvo panašus, t. y. artimas 240 tex. Taip pat palyginamajai struktūrinei ir fizikinių savybių analizei suprojektuoti minėtų mezginių variantai su elastomeriniu Lycra® siūlu. Šiuose mezginiuose procentinė elastomerinio siūlo masės dalis yra mažesnė nei 5 %, todėl šių sintetinių siūlų įtaka natūralių pluoštų mezginių higieninėms savybėms jokios pastebimos įtakos neturi, tačiau teigiamai veikia komforto savybes (tąsumą, tamprumą). Skersinio mezgimo gaminiai yra mezgami su nedideliu (2–5 %) elastomerinių siūlų kiekiu, kuris lemia lengvesnį drabužio apsirengimą, prigludimą prie kūno, gerina matmenų stabilumą ir pan.

Nustatytos ir apskaičiuotos struktūros rodiklių vertės pateikiamos 3.5 lentelėje.

**3.5 lentelė.** Tiriamųjų mezginių struktūros rodiklių analizė

| Bandinio kodas | Siūlo pluoštinė sudėtis ir ilginis tankis, tex | Horizontalus tankumo koef., cm <sup>-1</sup> | Vertikalus tankumo koef., cm <sup>-1</sup> | Faktinis kilpos ilgis, mm | Kilpų žingsnis A, mm | Kilpų eilutės aukštis B, mm | Paviršinis tankis, g/m <sup>2</sup> | Dengiamumo koeficientas TF, tex <sup>1/2</sup> /cm |
|----------------|--|--|--|---------------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------------------|--|
| 4D             | Durpės, 60×1×4                                 | 4,0  | 4,5  | 11,4                      | 2,50                 | 2,22                        | 492,48                              | 1,36   |
| 2V             | Vilna, 111×1×2                                 | 3,9  | 4,4  | 11,2                      | 2,56                 | 2,27                        | 384,38                              | 1,26   |
| 8M             | Medvilnė, 29,4×1×8                             | 3,8  | 4,4  | 11,3                      | 2,63                 | 2,27                        | 444,38                              | 1,36   |
| 2D + 1V        | Durpės, 60×1×2 + Vilna, 111                    | 4,0  | 4,4  | 11,2                      | 2,50                 | 2,27                        | 433,66                              | 1,32   |
| 1D + 6M        | Durpės, 60 + Medvilnė, 29,4×1×6                | 3,9  | 4,2  | 11,5                      | 2,56                 | 2,38                        | 445,31                              | 1,34   |
| 2D + 4M        | Durpės, 60×1×2 + Medvilnė, 29,4×1×4            | 3,9  | 4,2  | 11,4                      | 2,56                 | 2,38                        | 443,68                              | 1,35   |
| 3D + 2M        | Durpės, 60×1×3 + Medvilnė 29,4×1×2             | 3,9  | 4,3  | 11,5                      | 2,56                 | 2,33                        | 460,54                              | 1,34   |
| 4D + L         | Durpės, 60×1×4 + Lycra®, + 8,6                 | 4,2  | 4,9  | 11,2                      | 2,38                 | 2,04                        | 573,01                              | 1,41   |
| 1D + 6M + L    | Durpės, 60 + Medvilnė, 29,4×1×6 + Lycra®, 8,6  | 4,0  | 4,9  | 11,2                      | 2,50                 | 2,04                        | 537,82                              | 1,40   |



3.5 lentelės tęsinys

|             |  |     |     |      |      |      |        |      |
|-------------|--|-----|-----|------|------|------|--------|------|
| 2D + 4M + L | Durpės, 60×1×2 +<br>Medvilnė, 29,4×1×4 +<br>Lycra <sup>®</sup> , 8,6 | 4,0 | 4,8 | 11,2 | 2,50 | 2,08 | 529,43 | 1,40 |
| 3D + 2M + L | Durpės, 60×1×3 +<br>Medvilnė, 29,4×1×2 +<br>Lycra <sup>®</sup> , 8,6 | 4,0 | 4,8 | 11,2 | 2,50 | 2,08 | 532,01 | 1,40 |
| 2D + 1V + L | Durpės, 60×1×2 +<br>Vilna, 111 + Lycra <sup>®</sup> ,<br>8,6         | 4,2 | 4,5 | 11,1 | 2,38 | 2,22 | 479,58 | 1,36 |

Pastaba: šioje lentelėje bandinio kodas reiškia siūlo pluoštinę sudėtį, kuri naudojama tiriamiems mezginiams bandiniams: D yra durpių, M yra medvilninis, V yra vilnonis siūlas, L yra elastomerinis Lycra<sup>®</sup> siūlas. Santykinė paklaida  $\delta$  yra mažesnė nei 5 %.

Durpių pluošto mezginio paviršiaus vaizdas pateiktas 3.8 paveiksle. Šiame paveiksle aiškiai matomas baltas medvilnės pluoštas ir tamsūs durpių pluošto plaukeliai.



**3.8 pav.** Iš mišriapluoščių durpių verpalų numegzto mezginio paviršiaus vaizdas

Apskaičiavus naujai suprojektuotų mezginių dengiamumo koeficiento vertes, kurios yra nuo  $1,26 \text{ tex}^{1/2}/\text{cm}$  iki  $1,41 \text{ tex}^{1/2}/\text{cm}$ , galima konstatuoti, kad visi mezginiai pasižymi optimaliais struktūros rodikliais (Mundeno, Knaptono ir Konopaseko tyrimų duomenimis, optimali dengiamumo koeficiento vertė lygiojo skersinio pynimo mezginiams yra nuo  $1,10 \text{ tex}^{1/2}/\text{cm}$  iki  $1,90 \text{ tex}^{1/2}/\text{cm}$ ) (Čiukas ir kt., 2006; Munden, 1959).

Visų tiriamųjų mezginių, numegztų iš skirtingos pluoštinės sudėties siūlų, kilpos ilgis yra labai panašus, tai yra nuo 11,1 mm iki 11,5 mm. Tačiau kilpos geometrija skiriasi ir svyruoja platesnėse verčių ribose – kilpų eilutės aukštis nuo 2,04 mm iki 2,38 mm, o kilpų žingsnis nuo 2,38 mm iki 2,63 mm. Kilpų žingsnis ir kilpų eilutės

aukštis yra svarbūs mezginio struktūros rodikliai, nes tiesiogiai susiję su kilpos geometrija bei horizontaliuoju ir vertikaliuoju mezginio tankumu, kurie lemia mezginio akytumą.

Lyginant mezginių su elastomeriniais Lycra® siūlais struktūrinius rodiklius su atitinkamos pluoštinės sudėties mezginiais be elastomerinio siūlo gauta, kad, mezginių su 5 % (8,6 tex) elastomerinio siūlo kiekiu, kilpų žingsnis yra iki 12 %, kilpų eilutės aukštis iki 8 % ir kilpos ilgis iki 2,5 % mažesni nei mezginių be elastomerinio siūlo. Atitinkamai padidėjo ir mezginių su elastomeriniu siūlu paviršinis tankis, kurį lėmė ne tiek papildomas mažo ilginio tankio elastomerinio siūlo kiekis struktūroje, kiek pakitusi kilpos geometrija ir dėl to padidėjęs kilpų tankumas mezginyje. Panašias išvadas yra publikavę ir kiti tyrėjai (Ambumani Mani, 2014; Abramavičiūtė, Čiukas ir Mikučionienė, 2011).

**Apibendrinimas.** Visų variantų mezginių suminis siūlų ilginis tankis buvo panašus, t. y. artimas 240 tex. Suprojektuotų mezginių dengiamumo koeficiento vertės yra nuo 1,26 tex<sup>1/2</sup>/cm iki 1,41 tex<sup>1/2</sup>/cm, t. y. visi mezginiai pasižymi optimaliais struktūros rodikliais. Visų mezginių kilpos ilgis gautas panašus, tačiau kilpos geometrija skyrėsi priklausomai nuo mezginio pluoštinės sudėties. Mezginių su elastomeriniu Lycra® siūlu kilpų žingsnis yra iki 12 %, kilpų eilutės aukštis iki 8 % ir kilpos ilgis iki 2,5 % mažesni nei mezginių be elastomerinio siūlo.

### **3.4. Mezginių medžiagų mechaninių savybių tyrimas**

#### **3.4.1. Mezginių matmenų stabilumas**

Matmenų pokyčiai eksploatacijos metu yra viena iš daugiausiai skersinio mezgimo mezginių dėvėjimo problemų keliančių veiksnių, ypač mezginių iš celiuliozinių pluoštų. Tai ypač aktualu lygiojo skersinio pynimo mezginiams, kuriuose dėl mažo kilpų persipynimo, taškų skaičiaus bei mažos trinties, šiuose taškuose yra nulemtas didesnis kilpų tarpusavio paslankumas, o kartu ir mažesnis matmenų stabilumas (Çoruh, 2015).

Skalbiamų ir džiovinamų medvilninių mezginių išvaizda gali lengvai pasikeisti. Taip yra todėl, kad po skalbimo ciklo pakinta geometriniai mezginių parametrai. Randama mokslinių tyrimų, kuriuose aprašomos mezginio parametrų ir mechaninių savybių priklausomybės. Tačiau didžioji dalis tyrimų skirti fizikiniams parametrams, tokiems kaip ilginis tankis, siūlo sukris, kilpos ilgis, dengiamumo kefcientas, apdailos ir skalbimo temperatūros poveikis mezginių matmenims, tirti (Mikučionienė ir Tvarijonavičienė, 1997; Emirhanova ir Kvusturan, 2008; Çelik ir Çoruh, 2008).

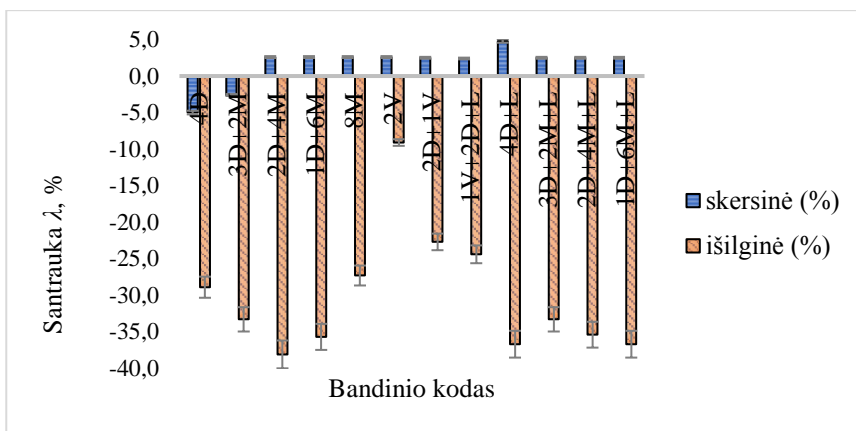
Šiame darbe mezginių struktūros rodiklių pokyčiai po vieno skalbimo ir džiovinimo ciklo pateikti 3.6 lentelėje.

**3.6 lentelė.** Mezginių struktūros rodikliai po skalbimo ir džiovavimo ciklo

| Bandinio kodas | Siūlo pluoštinė sudėtis ir ilginis tankis, tex                 | Horizontalus tankumo koef., cm <sup>-1</sup> | Vertikalus tankumo koef., cm <sup>-1</sup> | Faktinis kilpos ilgis, mm | Kilpų žingsnis A, mm | Kilpų eilutės aukštis B, mm | Paviršinis tankis, g/m <sup>2</sup> | Dengiamumo koeficientas TF, tex <sup>1/2</sup> /cm |
|----------------|--|--|--|---------------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------------------|--|
| 4D             | Durpės, 60×1×4   | 4,2  | 5,8  | 11,2                      | 2,38                 | 1,72                        | 654,80                              | 1,38   |
| 2V             | Vilna, 111×1×2   | 3,8  | 4,8  | 11,0                      | 2,63                 | 2,08                        | 401,28                              | 1,29   |
| 8M             | Medvilnė, 29,4×1×8   | 3,7  | 5,6  | 11,0                      | 2,70                 | 1,79                        | 536,07                              | 1,39   |
| 2D + 1V        | Durpės, 60×1×2 + Vilna, 111                                    | 3,9  | 5,4  | 11,0                      | 2,56                 | 1,85                        | 509,65                              | 1,35   |
| 1D + 6M        | Durpės, 60 + Medvilnė, 29,4×1×6                                | 3,8  | 5,7  | 11,2                      | 2,63                 | 1,75                        | 537,49                              | 1,37   |
| 2D + 4M        | Durpės, 60×1×2 + Medvilnė, 29,4×1×4                            | 3,8  | 5,8  | 11,2                      | 2,63                 | 1,72                        | 586,51                              | 1,38   |
| 3D + 2M        | Durpės, 60×1×3 + Medvilnė 29,4×1×2                             | 4,0  | 5,6  | 11,2                      | 2,50                 | 1,79                        | 599,10                              | 1,38   |
| 4D + L         | Durpės, 60×1×4 + Lycra <sup>®</sup> , + 8,6                    | 4,0  | 6,7  | 11,0                      | 2,50                 | 1,49                        | 732,87                              | 1,43   |
| 1D + 6M + L    | Durpės, 60 + Medvilnė, 29,4×1×6 + Lycra <sup>®</sup> , 8,6     | 3,9  | 6,7  | 11,0                      | 2,56                 | 1,49                        | 704,20                              | 1,42   |
| 2D + 4M + L    | Durpės, 60×1×2 + Medvilnė, 29,4×1×4 + Lycra <sup>®</sup> , 8,6 | 3,9  | 6,5  | 11,0                      | 2,56                 | 1,54                        | 686,53                              | 1,43   |
| 3D + 2M + L    | Durpės, 60×1×3 + Medvilnė, 29,4×1×2 + Lycra <sup>®</sup> , 8,6 | 3,9  | 6,4  | 11,0                      | 2,56                 | 1,56                        | 679,26                              | 1,43   |
| 2D + 1V + L    | Durpės, 60×1×2 + Vilna, 111+ Lycra <sup>®</sup> , 8,6          | 4,1  | 5,6  | 11,0                      | 2,44                 | 1,79                        | 577,35                              | 1,37   |

Analizuojant mezginių struktūros pokyčius po skalbimo matyti, kad horizontaliojo ir vertikaliojo tankumų koeficientai bei kilpos parametrai (kilpos žingsnis / eilutės aukštis) pakito ir išilgine, ir skersine kryptimis. Faktinis kilpos ilgis po skalbimo ir džiovavimo ciklo nežymiai sumažėjo (mažiau nei 3 %), taip pat sumažėjo skirtumai tarp skirtingų pluoštinių sudėčių mezginių kilpos ilgių. Vadinasi matmenų pokyčiai mezginiuose atsirado ne tik dėl relaksacijos įtempių, bet ir dėl kitų lenkimo ar sukimo deformacijų. Skalbtų mezginių dengiamumo koeficiento vertės išliko optimalių verčių ribose – nuo 1,29 tex<sup>1/2</sup>/cm iki 1,43 tex<sup>1/2</sup>/cm.

Tiriamųjų mezginių santraukos po skalbimo ir džiovavimo ciklo skersine ir išilgine kryptimis rezultatai grafiškai pavaizduoti 3.9 paveiksle.



3.9 pav. Mezgtinių medžiagų santrauka po skalbimo ir džiovinimo ciklo

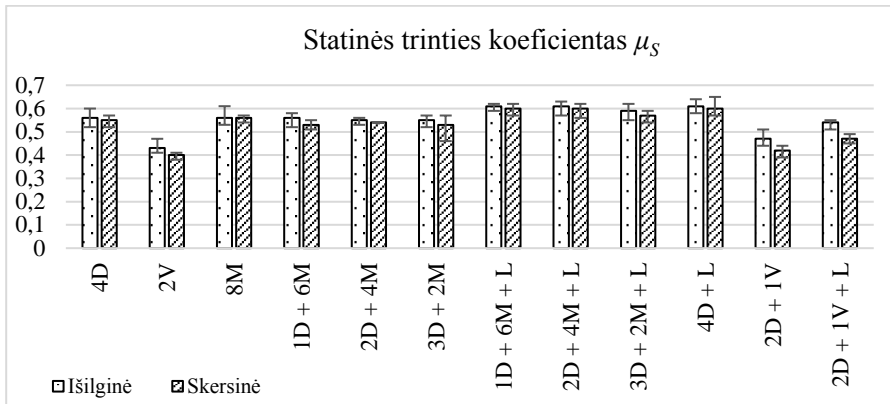
Kaip ir buvo galima prognozuoti, visi tiriamieji bandiniai labiausiai susitraukė išilgine kryptimi. Didžiausiu matmenų stabilumu pasižymėjo grynpluoščiai vilnoniai mezginiai, o mažiausiu – visi celiuliozinių pluoštų mezginiai. Mezginių iš vilnonių ir durpių verpalų derinio išilginė santrauka gauta apytikriai dvigubai didesnė nei grynpluoščių vilnonių mezginių. Skersine kryptimi beveik visi mezginiai šiek tiek ištūso (išskyrus mezginius su didžiausiu durpių pluošto kiekiu sudėtyje), tačiau skersine kryptimi matmenų pokyčiai neviršijo  $\pm 5\%$ , taigi buvo leistinose ribose.

**Apibendrinimas.** Kadangi visi tiriamieji mezginiai numegzti lygiu juoju skersiniu pynimu, pasižyminčiu mažiausiu matmenų stabilumu, visų mezginių santrauka išilgine kryptimi viršijo leistiną  $\pm 5\%$  ribą. Mažiausiu traukumu pasižymėjo grynpluoščiai vilnoniai mezginiai, o visi celiulioziniai – durpių, medvilniniai ir įvairių jų derinių – mezginiai išilgine kryptimi susitraukė nuo 25% iki 35%. Taigi, mezginių su durpių pluoštu santraukos vertės yra tokios, kokios būdingos ir kitiems celiuliozinės kilmės mezginiams. Po skalbimo horizontalusis ir vertikalusis tankumų koeficientai bei kilpos parametrai (kilpos žingsnis / eilutės aukštis) pakito ir išilgine, ir skersine kryptimis. Faktinis kilpos ilgis po skalbimo ir džiovinimo ciklo sumažėjo mažiau nei 3%, taip pat sumažėjo skirtumai tarp skirtingų pluoštinių sudėčių mezginių kilpos ilgių. Vadinasi matmenų pokyčiai mezginiuose atsirado ne tik dėl įtempimų relaksacijos, bet ir dėl kitų (lenkimo ar sukimo) deformacijų. Visų tiriamųjų skalbtų mezginių dengiamumo koeficiento vertės išliko optimalių verčių ribose – nuo  $1,29 \text{ tex}^{1/2}/\text{cm}$  iki  $1,43 \text{ tex}^{1/2}/\text{cm}$ .

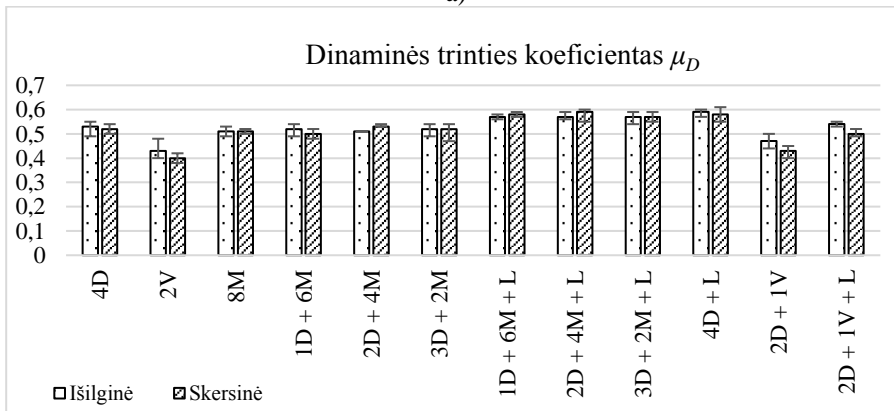
### 3.4.2. Mezginių trinties tyrimas

Medžiagų trintimi yra vadinama kūnų sąveika sąlyčio vietoje, trukdanti kūnams pasislinkti vienas kito atžvilgiu, kai tarp jų veikia normalinė jėga. Trintis gali būti statinė ir dinaminė. Statinė trintis vadinama pasipriešinimo jėga, kuri yra slydimo pradžioje. Dinaminė trintis atsiranda judant kūnams vienas kito atžvilgiu. Nuo trinties labai priklauso tekstilės gaminių gamybos technologinių procesų sudėtingumas, taip pat mezgtinės medžiagos standumas, lytėjimo savybės bei gaminio dilumas (Čiukas ir Svetnickienė, 2016). Taigi, trintis yra svarbus parametras tiek mechaninėms, tiek komforto savybėms. Trintis gali pasireikšti tarp tekstilinės medžiagos ir dėvinčiojo

odos, tarp atskirų medžiagų sluoksnių, taip pat tarp medžiagos ir kitų besiliečiančių paviršių. Nustatyta, kad mežginiai, kurie sąveikauja su dėvinčiojo odos paviršiumi ir pasižymi didele trintimi, gali sukelti neigiamą pojūtį ar net alerginę reakciją (Kirk ir Ibrahim, 1966; Anthony ir LI, 2010). Šiame disertaciniame darbe buvo nustatyti visų tiriamųjų mežginių statinės ir dinaminės trinties koeficientai mežginio eilučių (skersine) ir stulpelių (išilgine) kryptimis, tyrimo rezultatai pateikti 3.10, a ir b paveiksluose.



a)



b)

**3.10 pav.** Statinės (a) ir dinaminės (b) trinties koeficientai mežginio eilučių (skersine) ir stulpelių (išilgine) kryptimis

Yra žinoma, kad mežginių trinties savybės priklauso nuo keleto veiksnių: mežginio pynimo, tankumo, siūlų ilginio tankio ir struktūros, pluoštinės sudėties. Šiame darbe visų mežginių pynimas buvo toks pats, mežginių tankumas ir siūlų ilginis tankis skyrėsi nereikšmingai. Iš 3.10 paveiksle pateiktų rezultatų matyti, kad statinės ir dinaminės trinties koeficientų vertės daugiau priklausė nuo pluoštinės mežginių sudėties nei nuo bandinių krypties (bandymo metu trintis analizuojama atliekant tyrimą išilgine ir skersine mežginių kryptimis). Taigi, trinties savybės šiuo atveju lėmė verpalų paviršiaus savybės. Tirtųjų mežginių trinties koeficientų vertės tiek išilgine, tiek skersine kryptimis svyravo paklaidų ribose, išskyrus grynpluoščius vilnonius

mezginius 2V ar jų derinius su durpių verpalais 2D + 1V. Vilnoniai mezginiai pasižymėjo mažesne tiek statine, tiek dinamine trintimi nei celiulioziniai mezginiai. Taigi, mezginių su durpių pluoštu trinties savybės yra labai artimos medvilninių mezginių savybėms.

Mezginių su elastomeriniu Lycra® siūlu statinės ir dinaminės trinties vertės gautos nuo 8 % iki 17 % didesnės nei mezginių be elastomerinio siūlo. Taip yra todėl, kad elastomerinis Lycra® siūlas sutankina mezginio struktūrą, o didesnis kontaktuojantis plotas trinties metu padidina pasipriešinimą slydimo paviršiui. Gautos trinties koeficientų vertės rodo, kad mezginiai yra vidutinio šiurkštumo, t. y. nekelia problemų technologinio apdorojimo (pavyzdžiui, sukirpimo) metu, taip pat nesukelia nemalonaus pojūčio sąlytyje su oda.

Atlikta trinties eksperimento rezultatų matematinė analizė, rezultatai pateikti 3.7 lentelėje.

### 3.7 lentelė. Eksperimento matematinės analizės rezultatai

| Statinės trinties koeficientas $\mu_s$   |                          | Dinaminės trinties koeficientas $\mu_D$ |                          |
|--|--------------------------|---|--------------------------|
| Išilginė bandymo kryptis   | Skersinė bandymo kryptis | Išilginė bandymo kryptis                | Skersinė bandymo kryptis |
| Kochreno $G$ kriterijus lentelėje 0,3645; Fišerio $F$ kriterijus lentelėje 4,7 (Milašius, 2011). |                          |   |                          |
| $G = 0,1451$   | $G = 0,1731$             | $G = 0,2$                               | $G = 0,2368$             |
| $F = 5,9$  | $F = 11,01$              | $F = 5,6$                               | $F = 10,9$               |

Apskaičiuotas ir patikrintas *Kochreno* kriterijus. Gauti rezultatai parodė, kad dispersijos vienaarūšės. Eksperimento informatyvumas patikrintas *Fišerio* kriterijumi. Gauti rezultatai įrodė, kad atlikti tyrimai yra informatyvūs, gali egzistuoti ryšys tarp tiriamųjų trinties savybių ir kintančių faktorių.

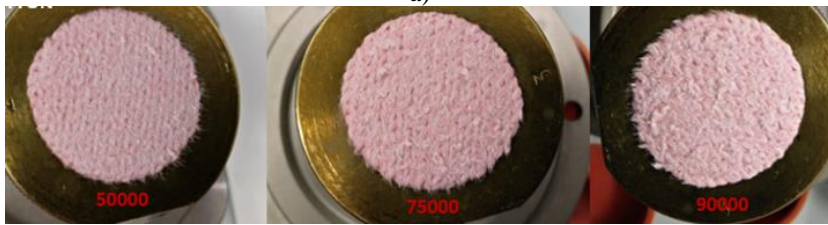
**Apibendrinimas.** Visų tirtų celiuliozinių mezginių statinės ir dinaminės trinties koeficientų vertės tiek skersine, tiek išilgine kryptimis buvo nuo 0,5 iki 0,6, tik vilnoniai mezginiai pasižymėjo mažesniu trinties koeficientu – 0,42 skersine kryptimi ir 0,47 išilgine kryptimi. Mezginių su elastomeriniu Lycra® siūlu statinės ir dinaminės trinties vertės gautos nuo 8 % iki 17 % didesnės nei mezginių be elastomerinio siūlo. Taip yra todėl, kad elastomerinis Lycra® siūlas sutankina mezginio struktūrą, o didesnis kontaktuojantis plotas trinties metu padidina pasipriešinimą slydimo paviršiui. Taigi mezginių su durpių pluoštu trinties savybės yra labai artimos medvilninių mezginių savybėms.

### 3.4.3. Mezginių atsparumas dėvėjimui ir dilinimui

Vizualus vertinimas ir atsparumo dilinimui tyrimas buvo atliekamas „Martindale“ įrenginiu, pokyčius fiksuojant skaitmeniniu fotoaparatu. Tirti trys megzinių bandinių variantai: durpių pluošto, medvilniniai ir vilnoniai grynpluoščiai mezginiai. Remiantis standarto rekomendacijomis, pirmiausia mezginiai buvo vertinami po 14400 sūkių, tačiau jokių pastebimų paviršiaus pokyčių nebuvo pastebėta, todėl mezginių pokyčiai dilinant buvo vertinami padidinus sūkių skaičių iki 50 000, 75 000 ir 90 000. Mezginių paviršiaus vaizdo pokyčiai po skirtingų dilinimo proceso etapų buvo fotografuojami, nuotraukos pateiktos 3.11 paveiksle.



a)



b)



c)

**3.11 pav.** Paviršiaus vaizdai (a) durpių mežginio, (b) medvilninio mežginio ir (c) vilnonio mežginio, po  $5 \times 10^4$ ,  $7,5 \times 10^4$ , ir  $9 \times 10^4$  sūkių dilinimo tyrimo metu

Jau po 50 000 sūkių pastebimi nežymūs pumpuravimosi požymiai (žr. 3.11 pav.), tai yra mežginių paviršiuje susidarė susivėlusių pluošto plaukelių pumpurėliai. Visų trijų medžiagų ženklesnis vizualus dilimo pokytis atsirado po 75 000 sūkių. Akivaizdžiai matoma, kad atskiri pavieniai pumpurėliai susivėlė į didesnius darinius. Visi tiriamieji mežginiai išlaiko panašų estetinį vaizdą. Po 90 000 sūkių medžiagoje iš durpių pluošto atsirado mežginio struktūros pažeidimų, tai yra matomas ne tik stipriai susivėlęs mežginio paviršius, bet ir deformuotos, pertemptos mežginio kilpos. Medvilninių ir vilnionių mežginių paviršiuje matomas laipsniškai didėjantis paviršiaus susivėlimas, vientisos pumpurėlių sankaupos, mežginio kilpų persislinkimai. Visi tiriamieji mežginiai gali būti vertinami kaip atsparūs dilinimui ir tinkami viršutinių bei kojinių gaminių mežgimui, nes šiame tyrime buvo naudojamas didesnius reikalavimus (techninės paskirties gaminiams) atitinkantis dilinimo sūkių skaičius.

Šiame darbe taip pat buvo vertinamas ir apskaičiuotas tiriamųjų mežginių masės vertės po dilinimo pokytis, esant skirtingam sūkių skaičiui: po 10 000, 25 000, 50 000, 75 000, 100 000 sūkių. Megztinių medžiagų masės ir masės nuostolių vertės pateiktos 3.8 ir 3.9 lentelėje bei 3.12 paveiksle.

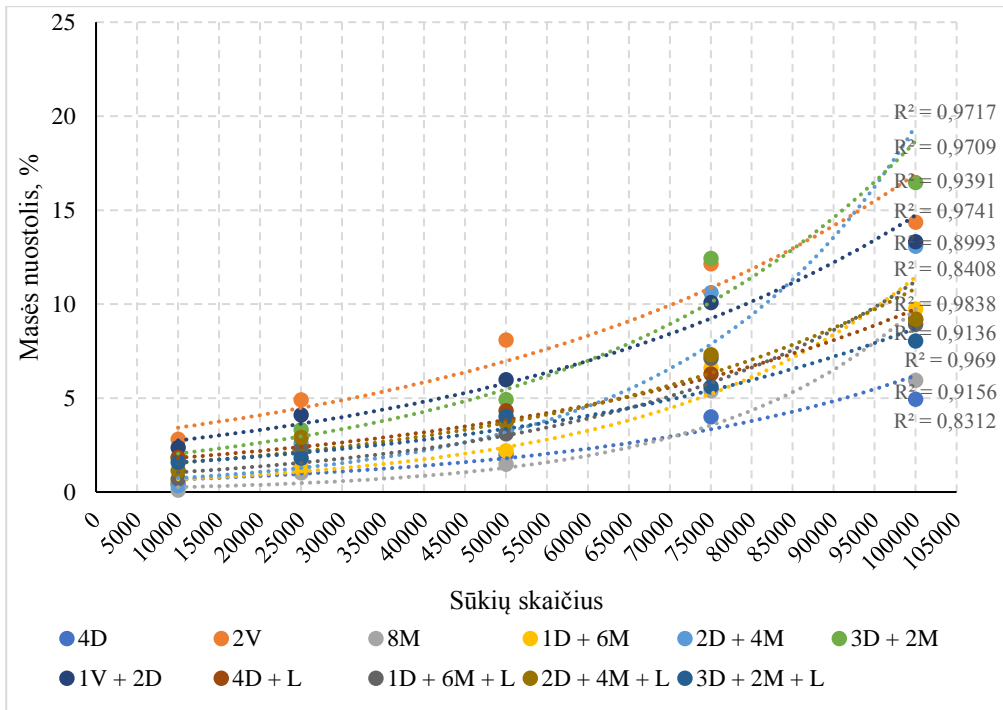
**3.8 lentelė.** Bandinių masė prieš ir po skirtingo dilinimo sūkių skaičiaus

| Bandinio kodas | Prieš dilinimą $m_0$ , g | Po 10000 sūkių $m_1$ , g | Po 25000 sūkių $m_2$ , g | Po 50000 sūkių $m_3$ , g | Po 75000 sūkių $m_4$ , g | Po 100000 sūkių $m_5$ , g |
|----------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 4D             | 0,851±0,01               | 0,847±0,01               | 0,840±0,01               | 0,834±0,01               | 0,817±0,01               | 0,809±0,01                |
| 2V             | 0,815±0,25               | 0,792±0,28               | 0,775±0,29               | 0,749±0,25               | 0,716±0,22               | 0,698±0,23                |
| 8M             | 0,874±0,09               | 0,873±0,09               | 0,865±0,09               | 0,861±0,08               | 0,827±0,08               | 0,822±0,35                |
| 1D + 6M        | 0,862±0,24               | 0,857±0,05               | 0,851±0,05               | 0,843±0,28               | 0,805±0,07               | 0,778±0,09                |
| 2D + 4M        | 0,848±0,07               | 0,845±0,24               | 0,826±0,07               | 0,817±0,07               | 0,758±0,04               | 0,737±0,07                |
| 3D + 2M        | 0,812±0,03               | 0,797±0,03               | 0,785±0,03               | 0,772±0,02               | 0,711±0,01               | 0,697±0,19                |
| 1V + 2D        | 0,803±0,09               | 0,784±0,12               | 0,77 ±0,09               | 0,755±0,09               | 0,722±0,09               | 0,696±0,12                |
| 4D + L         | 0,924±0,04               | 0,907±0,05               | 0,904±0,06               | 0,884±0,07               | 0,866±0,09               | 0,839±0,09                |
| 1D + 6M + L    | 0,997±0,07               | 0,99 ±0,07               | 0,974±0,08               | 0,966±0,08               | 0,926±0,07               | 0,908±0,09                |
| 2D + 4M + L    | 0,958±0,02               | 0,947±0,01               | 0,93 ±0,01               | 0,922±0,01               | 0,888±0,02               | 0,870±0,05                |
| 3D + 2M + L    | 0,945±0,01               | 0,93±0,01                | 0,928±0,01               | 0,907±0,02               | 0,892±0,06               | 0,869±0,09                |

**3.9 lentelė.** Masės nuostolių vertės po skirtingo sūkių skaičiaus

| Bandinio kodas | Masės nuostolis $M_1$ po 10000 sūkių, % | Masės nuostolis $M_2$ po 25000 sūkių, % | Masės nuostolis $M_3$ po 50000 sūkių, % | Masės nuostolis $M_4$ po 75000 sūkių, % | Masės nuostolis $M_5$ po 100000 sūkių, % |
|----------------|---|---|---|---|--|
| 4D             | 0,47                                    | 1,29                                    | 2,00                                    | 4,00                                    | 4,94                                     |
| 2V             | 2,82                                    | 4,91                                    | 8,10                                    | 12,15                                   | 14,36                                    |
| 8M             | 0,11                                    | 1,03                                    | 1,49                                    | 5,38                                    | 5,95                                     |
| 1D + 6M        | 0,58                                    | 1,28                                    | 2,20                                    | 6,61                                    | 9,74                                     |
| 2D + 4M        | 0,35                                    | 2,59                                    | 3,66                                    | 10,61                                   | 13,09                                    |
| 3D + 2M        | 1,85                                    | 3,33                                    | 4,93                                    | 12,44                                   | 16,48                                    |
| 1V + 2D        | 2,37                                    | 4,11                                    | 5,98                                    | 10,09                                   | 13,33                                    |
| 4D + L         | 1,84                                    | 2,16                                    | 4,33                                    | 6,28                                    | 9,20                                     |
| 1D + 6M + L    | 0,70                                    | 2,31                                    | 3,11                                    | 7,12                                    | 8,93                                     |
| 2D + 4M + L    | 1,15                                    | 2,92                                    | 3,76                                    | 7,31                                    | 9,19                                     |
| 3D + 2M + L    | 1,59                                    | 1,80                                    | 4,02                                    | 5,61                                    | 8,04                                     |





3.12 pav. Tiriamųjų bandinių masės nuostoliai

Iš 3.12 pav. pateikto grafiko matyti, kad masės nuostolių priklausomybė nuo sūkių skaičiaus didėja pagal eksponentinį dėsnį. Visų mezginių apibrėžties koeficientai gauti aukšti (nuo 0,8312 iki 0,9838), t. y. didėjant sūkių skaičiui, masė prarandama vis greičiau. Lyginant mezginių iš durpių verpalų masės nuostolius su grynapluoščių medvilninių ir vilninių mezginių masės nuostoliais matyti, kad iki 50 000 sūkių durpių mežginiai dyla ~ 30 % sparčiau nei grynapluoščiai medvilniniai mežginiai, tačiau didinant sūkių skaičių iki 100 000 sūkių, medvilniniai mežginiai praranda ~ 20 % daugiau masės nei durpių mežginiai. Vertinant grynapluoščius vilninius ir medvilninius mežginius akivaizdžiai matyti, kad didžiausiu masės nuostoliu pasižymėjo vilniniai mežginiai. Jų masės nuostoliai po 100 000 sūkių buvo beveik tris kartus didesni nei medvilninių ar durpių pluošto mezginių. Panašūs masės nuostolio rezultatai, lyginant medvilnės ir vilnos pluoštų mežginius, aprašomi ir kitų tyrėjų (Coldea ir Vlad, 2017).

Įdomūs rezultatai gauti vertinant mezginių iš skirtingų pluoštinių sudėčių siūlų derinių atsparumą dilinimui. Mezginių iš vilninių ir durpių pluošto siūlų derinio 1V + 2D masės nuostoliai po 100 000 sūkių gauti tik maždaug 8 % mažesni nei grynapluoščių vilninių mezginių, nors pastarųjų masės nuostoliai buvo beveik 3 kartus didesni nei grynapluoščių durpių pluošto mezginių. Dar įdomesni rezultatai gauti vertinant mežginius iš durpių pluošto ir medvilninių verpalų derinių. Visais atvejais masės nuostoliai gauti gerokai didesni nei grynapluoščių mezginių. Mezginio – 1D + 6M varianto masės nuostoliai yra maždaug 2 kartus didesni nei 4D varianto ir maždaug 1,6 karto didesni nei 8M varianto, o mezginio 2D + 4M masės nuostoliai

yra apytikriai 2,6 karto didesni nei 4D varianto ir maždaug 2,2 karto didesni nei 8M varianto. Mezginyje 3D + 2M, po 100 000 sūkių atsirado skylė, todėl šis mežginys yra vertinamas kaip silpniausias iš tirtųjų. Tokie tyrimo rezultatai gali būti paaiškinti tuo, kad, sudarant mežginio kilpą iš skirtingos pluoštinės sudėties ( taip pat ir skirtingų savybių, pvz., lenkiamasis standumas) siūlų, kilpos geometrija pakinta, skirtingos pluoštinės sudėties siūlai išlenkiami nevienodai ir kilpoje šiek tiek prasilenkia, o tai padidina masės nuostolius po dilinimo.

Tačiau visiškai kitokia tendencija gauta, kai mežginio kilpoje, drauge su pagrindo siūlu, lankstomi elastomeriniai Lycra® siūlai. 1D + 6M + L mežginio masės nuostoliai po 100 000 sūkių gauti 9,1 % mažesni nei 1D + 6M mežginio, o 2D + 4M + L mežginio masės nuostoliai gauti maždaug 42 % mažesni nei 2D+4M mežginio. 3D + 2M + L mežginio masės nuostoliai yra 8,04 %, o 3D + 2M mežginys pradilo iki skylės. Tai reiškia, kad elastomerinis Lycra® siūlas padidino mežginio atsparumą dilimui dėl sutankintos mežginio struktūros.

**Apibendrinimas.** Visi tiriamieji grynpluoščiai (4D, 2V, 8M) mežginiai gali būti vertinami kaip atsparūs pumpuravimuisi ir tinkami viršutinių bei kojinių gaminių mežgimui. Mezginių iš durpių verpalų dilinimo rezultatai yra panašūs į medvilninių mezginių, nes iki 50 000 sūkių durpių mežginys prarado iki 30 % daugiau masės nei medvilninis mežginys, tačiau po 100 000 sūkių medvilninis mežginys prarado maždaug 20 % daugiau masės nei durpių mežginys. Grynpluoštis vilnonis mežginys po 100 000 sūkių prarado maždaug 3 kartus daugiau masės nei durpių ar medvilninis mežginys. Mežginio kilpoje lankstant sugretintus skirtingos pluoštinės sudėties verpalus, gaunami iki 2 kartų ir daugiau didesni masės nuostoliai dilinimo metu nei grynpluoščiuose mežginiuose. Elastomerinis siūlas sutankino mežginio struktūrą, taip neleisdamas kilpoms persislinkti dilinimo metu, o tai sumažino ir mezginių masės nuostolius bei padidino jų atsparumą dilinimui.

### **3.5. Mežtinių medžiagų fizikinių savybių tyrimas**

#### **3.5.1. Mezginių laidumas orui**

Mezginių laidumas orui yra viena iš pagrindinių termofiziologinių savybių ir yra labai svarbi toms medžiagoms, kurios tiesiogiai kontaktuoja su dėvinčiojo oda. Nagrinėjant mokslinę literatūrą nustatyta, kad mežtinių medžiagų laidumas orui priklauso nuo kilpos ilgio, kilpų tankumo bei vyrauja stiprus koreliacinis ryšys su verpalų savybėmis, tokiomis kaip siūlo ilginis tankis ar siūlų skaičius kilpoje (Çoruh, 2015; Hussain, Iqbal ir Sfdar, 2014; Kalkanc ir Kurumer, 2015).

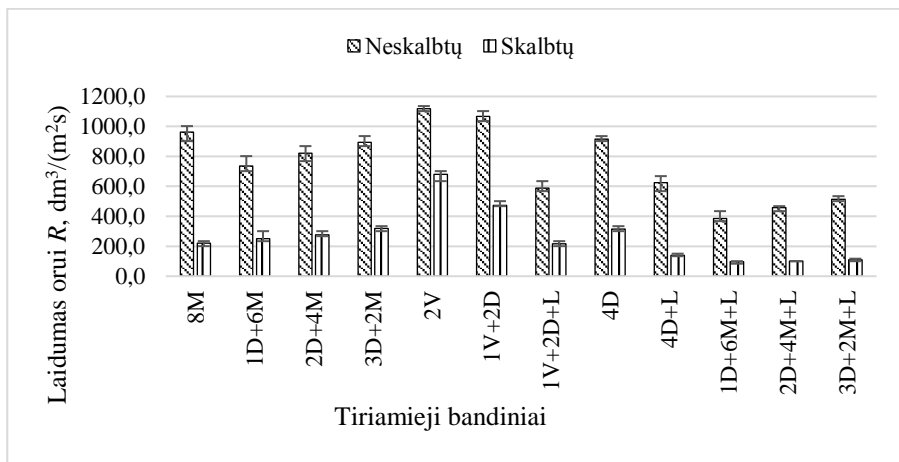
Šiame darbe laidumo orui tyrimai buvo atlikti visiems tiriamiesiems mežginiams, taip pat įvertinti laidumo orui pokyčiai po skalbimo. Gauti tyrimo rezultatai pateikti 3.10 lentelėje ir 3.13 paveiksle.

**3.10 lentelė.** Tirtųjų mezginių laidumas orui prieš skalbimą bei po skalbimo ir džiovavimo ciklo

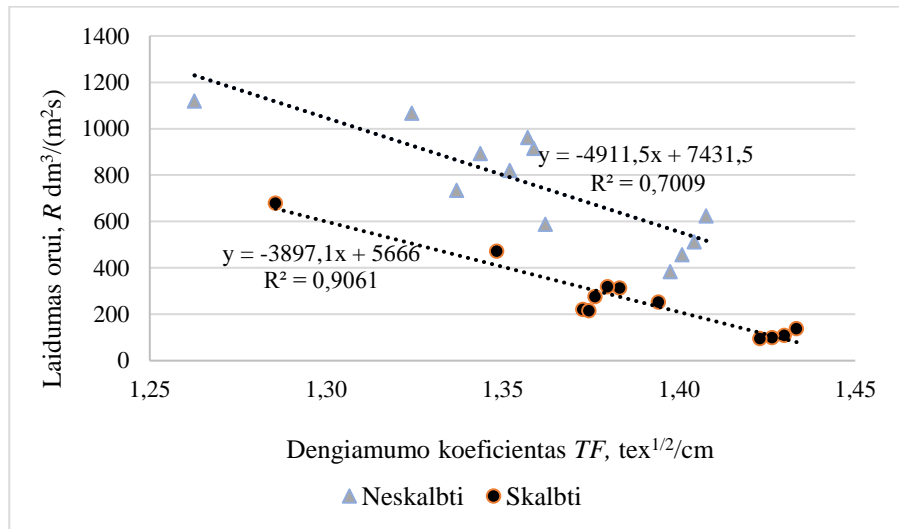
| Bandinio kodas | Laidumas orui $R$ , $\text{dm}^3/(\text{m}^2\text{s})$ |             | Variacijos koeficientas, % |             |
|----------------|--|-------------|----------------------------|-------------|
|                | Prieš skalbimą   | Po skalbimo | Prieš skalbimą             | Po skalbimo |
| 4D             | 915,2  | 314,0       | 1,83                       | 5,35        |
| 2V             | 1118,9   | 679,7       | 1,53                       | 3,66        |
| 8M             | 961,9  | 252,2       | 3,49                       | 8,00        |
| 1D + 6M        | 734,8  | 220,4       | 3,61                       | 7,62        |
| 2D + 4M        | 820,0  | 275,6       | 3,10                       | 5,38        |
| 3D + 2M        | 893,5  | 319,0       | 2,68                       | 3,76        |
| 1V + 2D        | 1067,1   | 472,6       | 2,38                       | 2,59        |
| 4D + L         | 624,6  | 138,6       | 4,62                       | 5,67        |
| 1V + 2D + L    | 587,8  | 215,4       | 3,40                       | 7,91        |
| 1D + 6M + L    | 384,1  | 95,9        | 4,46                       | 7,73        |
| 2D + 4M + L    | 457,6  | 100,2       | 3,43                       | 0,90        |
| 3D + 2M + L    | 512,7  | 108,6       | 3,19                       | 7,89        |

Iš gautų tyrimų rezultatų matyti, kad neskalbtų grynpluoščių medvilninių mezginių 8M laidumas orui yra maždaug 5 % didesnis nei mezginių su durpių pluoštu 4D. Tokį, šiek tiek didesnę laidumą orui nulėmė mažesnis medvilninio verpalo paviršiaus pūkuotumas (žr. 3.6 pav.). Tačiau medvilninių ir durpių mezginių laidumas orui yra labai panašus. Laidumo orui skirtumai iki 5 % vartotojo, paprastai, sunkiai jaučiami. Didžiausiu laidumu orui pasižymėjo grynpluoštis vilnonis meginys (laidumas orui 14 % didesnis nei grynpluoščio medvilninio meginio ir 18 % didesnis nei meginio su durpių pluoštu), nors visų mezginių siūlų ilginis tankis ir kilpų ilgis yra beveik vienodas. Taip pat nustatyta, jog mezginių iš durpių ir medvilninių siūlų derinio laidumas orui yra mažesnis nei grynpluoščio medvilnės ar durpių pluošto meginio. Tai leidžia daryti išvadą, kad skirtinga durpių ir medvilninių siūlų elgsena mezgimo metu lankstant siūlą į kilpą (dėl skirtingos trinties, lenkiamojo standžio ir kt.) lemia skirtingą kilpos geometriją. O tai nulemia didesnę paviršiaus dengiamumą bei mažesnę tokio meginio akytumą. Tai patvirtinantys panašūs rezultatai aprašomi ir kitų mokslininkų tyrimuose (Çoruh, 2015; Abramavičiūtė, Čiukas ir Mikučionienė, 2011). Kaip ir galima buvo tikėtis, laidumas orui sumažėjo lygiojo skersinio pynimo struktūroje pridėjus net ir nedidelį elastomerinio siūlo kiekį (šio tyrimo atveju mažesnę nei 5 %). Šiame darbe nustatyta, kad mezginių su elastomeriniu siūlu laidumas orui sumažėjo nuo 43 % iki 48 %, lyginant su atitinkamų mezginių be Lycra® siūlo laidumu orui. Taigi, dėl elastomerinio siūlo meginio struktūra tampa tankesnė, meginio kilpos geometrija keičiasi, mažėja vertikalūs ir horizontalūs tankumų koeficientai bei megztinės struktūros akytumas. Tokie patys oro laidumo rezultatai gaunami ir kitų tyrėjų tiriant medvilnės / spandex® meginus, numegztus lygiuoju skersiniu pynimu (Marmarali, 2003).

Akivaizdus mezginių laidumo orui sumažėjimas nustatytas po skalbimo ir džiovinimo ciklo (žr. 3.13 pav.). Po skalbimo ir džiovinimo proceso mezginiai labai susitraukė išilgine kryptimi. Padidėjęs mezginio tankumas ir dėl to sumažėjęs akytumas lėmė skalbtų mezginių laidumo orui sumažėjimą. Yra įrodyta, kad po skalbimo proceso ir relaksacijų megztinės medžiagos tampa tankesnės struktūros, todėl joms būdingas mažesnis laidumas orui (Mavruz ir Ogulata, 2011; Çoruh ir Degirmenci, 2017).



3.13 pav. Tiriamųjų bandinių laidumas orui



3.14 pav. Laidumo orui priklausomybė nuo mezginių dengiamumo koeficiento

3.14 pav. pateikti rezultatai rodo, kad mezginio laidumas orui tiesiškai priklauso nuo mezginio dengiamumo koeficiento – dengiamumo koeficientui didėjant, laidumas orui mažėja. Kadangi po skalbimo visų tiriamųjų mezginių struktūriniai rodikliai supanašėjo (žr. 3.6 lent.), laidumo orui priklausomybės nuo dengiamumo koeficiento apibrėžties koeficientas gautas gana aukštas ( $R^2 = 0,9061$ ). Laidumas orui

sumažėja ne tik dėl santraukos, padidėjusio mezginio kilpų tankumo, bet taip pat ir dėl anksčiau minėto plaukelių susivėlimo mezginio paviršiuje. Tai akivaizdžiai atskleidžia / parodo 3.14 paveiksle pateikti rezultatai. Mezginių, turinčių tokią pačią dengiamumo koeficiento vertę, laidumo orui vertės skiriasi iki 2 kartų. Įdomu tai, kad po skalbimo ir džiovinimo ciklo durpių mezginio 4D laidumas orui tapo beveik 25 % didesnis nei grynpluoščio medvilninio mezginio. Galima daryti išvadą, kad tam įtaką turėjo durpių pluošto plaukelių išbyrėjimas skalbimo metu (iki 5 %, kaip jau buvo minėta 3.2 skyr.). Dėl to atitinkamai sumažėja durpių verpalų plūkuotumas bei ilginis tankis.

Eksperimento informatyvumas patikrintas *Fišerio* ( $F > F_{lent}$ ) kriterijumi. *Fišerio* kriterijus, remiantis literatūros duomenimis (Milašius, 2011), yra  $F = 2,37$ .

Eksperimente neskalbtiems bandiniams apskaičiuotas  $F = 107,63$ , skalbtiems bandiniams  $F = 158,87$ . Apskaičiuoti rezultatai tenkina informatyvumo sąlygas, todėl atliktas eksperimentas yra informatyvus ir pakankamas priklausomybėms nustatyti.

**Apibendrinimas.** Neskalbto durpių mezginio 4D laidumas orui yra labai panašus į grynpluoščio medvilninio mezginio 8M. Jis dėl didesnio durpių verpalų pūkuotumo yra tik 5 % mažesnis. Mezginių iš medvilninių ir durpių verpalų derinių laidumas orui dėl skirtingos kilpos geometrijos gautas mažesnis nei grynpluoščio medvilnės ar durpių pluošto mezginio. Net ir nedidelis (iki 5 %) elastomerinio siūlo kiekis kilpoje mezginio struktūrą sutankina, padidina mezginio paviršiaus dengiamumą, dėl to mezginių su elastomeriniu siūlu laidumas orui sumažėjo nuo 43 % iki 48 %, lyginant su atitinkamų mezginių be elastomerinio siūlo laidumu orui. Padidėjęs mezginio tankumas ir dėl to sumažėjęs akytumas lėmė skalbtų mezginių laidumo orui sumažėjimą. Po skalbimo ir džiovinimo ciklo durpių mezginio 4D laidumas orui, dėl durpių pluošto plaukelių išbyrėjimo skalbimo metu ir dėl to atitinkamai sumažėjusio durpių verpalų plūkuotumo bei ilginio tankio, tapo beveik 25 % didesnis nei grynpluoščio medvilninio mezginio. Nustatyta stipri tiesinė laidumo orui priklausomybė nuo mezginio dengiamumo koeficiento – dengiamumo koeficientui didėjant, laidumas orui mažėja.

### 3.5.2. Mezginių šiluminės savybės

Šiluminės mezginių savybės yra svarbios vartotojui vertinant fiziologinį komfortą. Yra žinoma, kad šiluminės savybės priklauso nuo drabužių pluoštinės sudėties ir sluoksnių skaičiaus, oro sąlygų (klimato) bei fizinio aktyvumo lygio. Atlikta daug tyrimų, vertinančių tekstilės gaminių statines šilumines savybes. Tačiau svarbus yra ne tik bendras, į aplinką atiduodamas šilumos kiekis, bet ir šilumos perdavimo dinamika. Šilumos mainų dinamikos stebėjimas ir gauti rezultatai suteikia informaciją, kaip greitai šilumos perteklius yra perduodamas nuo kūno į aplinką.

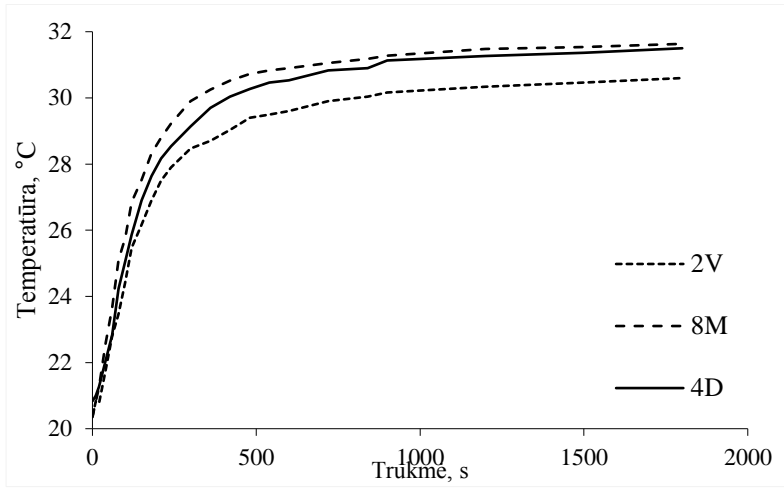
Šilumos mainų per tiriamuosius mezginius tyrimo rezultatai pateikti 3.11 lentelėje. Visų tirtųjų mezginių šilumos mainų stebėjimo trukmė buvo 1800 sekundžių, t. y., kol procesas nusistovi – temperatūra ima kisti nežymiose ribose. Vidutinės vertės apskaičiuotos iš penkių elementariųjų bandymų kiekviename laiko taške (variacijos koeficiento vertės yra nuo 0,18 % iki 5,07 %).

**3.11 lentelė.** Šilumos mainai (°C) per tiriamuosius mezginius

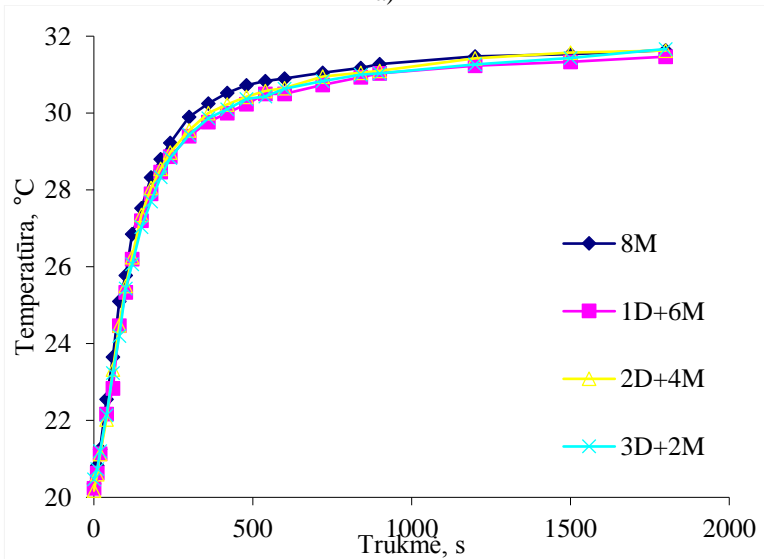
| Trukmė, s | Bandinio kodas |      |      |       |             |       |           |       |             |             |             |      |
|-----------|----------------|------|------|-------|-------------|-------|-----------|-------|-------------|-------------|-------------|------|
|           | 4D             | 2V   | 8M   | 1V+2D | 1V+2D<br>+L | 1D+6M | 2D+<br>4M | 3D+2M | 1D+<br>6M+L | 2D+<br>4M+L | 3D+<br>2M+L | 4D+L |
| 1         | 20,8           | 20,4 | 20,4 | 20,4  | 20,3        | 20,2  | 20,2      | 20,5  | 20,0        | 20,5        | 20,2        | 20,0 |
| 10        | 21,0           | 20,8 | 20,8 | 20,8  | 21,1        | 20,6  | 20,6      | 20,7  | 20,2        | 20,7        | 20,5        | 20,2 |
| 20        | 21,3           | 20,8 | 21,3 | 21,5  | 21,7        | 21,1  | 21,1      | 21,2  | 21,2        | 21,0        | 20,7        | 20,9 |
| 40        | 22,0           | 21,7 | 22,6 | 22,3  | 22,3        | 22,2  | 22,0      | 22,1  | 22,0        | 21,6        | 21,9        | 21,5 |
| 60        | 22,8           | 22,8 | 23,7 | 23,2  | 23,1        | 22,8  | 23,3      | 23,2  | 23,2        | 22,7        | 23,0        | 23,0 |
| 80        | 24,2           | 23,5 | 25,1 | 24,0  | 24,1        | 24,5  | 24,5      | 24,2  | 24,3        | 24,4        | 23,9        | 24,2 |
| 100       | 25,1           | 24,4 | 25,8 | 24,8  | 25,4        | 25,3  | 25,5      | 25,4  | 25,6        | 25,0        | 24,9        | 25,2 |
| 120       | 25,9           | 25,5 | 26,9 | 25,5  | 26,1        | 26,2  | 26,3      | 26,1  | 26,4        | 26,2        | 25,8        | 26,1 |
| 150       | 26,9           | 26,2 | 27,5 | 26,6  | 26,9        | 27,2  | 27,4      | 27,0  | 27,3        | 27,2        | 26,9        | 27,1 |
| 180       | 27,6           | 26,9 | 28,3 | 27,3  | 27,5        | 27,9  | 28,1      | 27,7  | 28,1        | 27,9        | 27,6        | 27,8 |
| 210       | 28,2           | 27,5 | 28,8 | 27,9  | 28,2        | 28,5  | 28,6      | 28,3  | 28,6        | 28,4        | 28,1        | 28,3 |
| 240       | 28,5           | 27,9 | 29,2 | 28,3  | 28,5        | 28,9  | 29,0      | 28,8  | 29,0        | 29,0        | 28,5        | 28,9 |
| 300       | 29,1           | 28,5 | 29,9 | 28,9  | 29,1        | 29,4  | 29,6      | 29,4  | 29,6        | 29,6        | 29,1        | 29,6 |
| 360       | 29,7           | 28,7 | 30,3 | 29,3  | 29,4        | 29,8  | 30,0      | 29,9  | 30,0        | 30,0        | 29,5        | 30,0 |
| 420       | 30,0           | 29,0 | 30,5 | 29,5  | 29,7        | 30,0  | 30,2      | 30,1  | 30,2        | 30,3        | 29,7        | 30,2 |
| 480       | 30,3           | 29,4 | 30,7 | 29,7  | 29,8        | 30,2  | 30,4      | 30,4  | 30,3        | 30,6        | 29,9        | 30,5 |
| 540       | 30,5           | 29,5 | 30,8 | 30,0  | 29,9        | 30,5  | 30,6      | 30,4  | 30,5        | 30,9        | 30,2        | 30,6 |
| 600       | 30,5           | 29,6 | 30,9 | 30,2  | 30,2        | 30,5  | 30,7      | 30,6  | 30,6        | 31,0        | 30,3        | 30,7 |
| 720       | 30,8           | 29,9 | 31,1 | 30,4  | 30,5        | 30,7  | 31,0      | 30,8  | 31,0        | 31,2        | 30,5        | 30,8 |
| 840       | 30,9           | 30,0 | 31,2 | 30,5  | 30,6        | 30,9  | 31,1      | 31,0  | 31,1        | 31,2        | 30,6        | 31,1 |
| 900       | 31,1           | 30,2 | 31,3 | 30,6  | 30,6        | 31,0  | 31,1      | 31,0  | 31,2        | 31,3        | 30,7        | 31,0 |
| 1200      | 31,3           | 30,3 | 31,5 | 30,9  | 30,9        | 31,2  | 31,4      | 31,3  | 31,2        | 31,7        | 30,9        | 31,3 |

| 3.11 lentelės tęsinys |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1500                  | 31,4 | 30,5 | 31,5 | 31,0 | 30,9 | 31,3 | 31,6 | 31,4 | 31,2 | 31,8 | 31,1 | 31,5 |
| 1800                  | 31,5 | 30,6 | 31,6 | 31,0 | 31,0 | 31,5 | 31,6 | 31,7 | 31,5 | 31,9 | 31,1 | 31,5 |

Lyginamoji rezultatų analizė vizualiai išreikšta kreivėmis (žr. 3.15 a, b, c, d pav.).

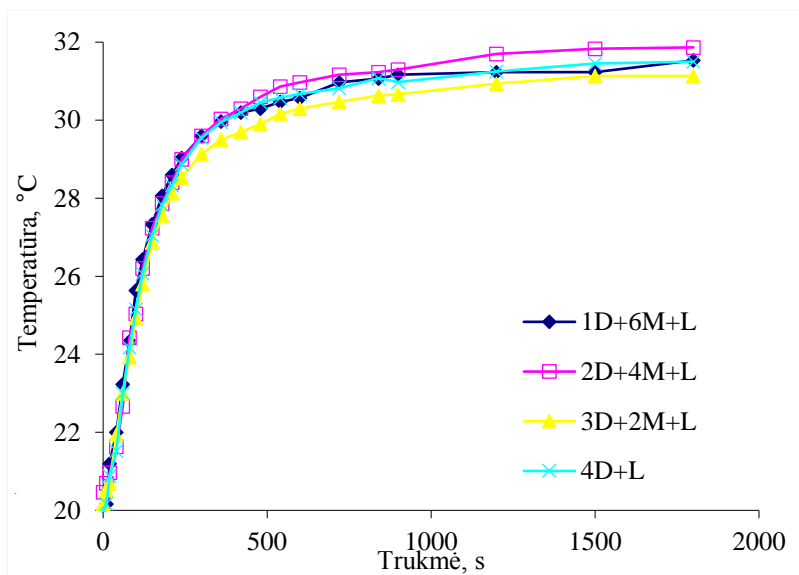


a)

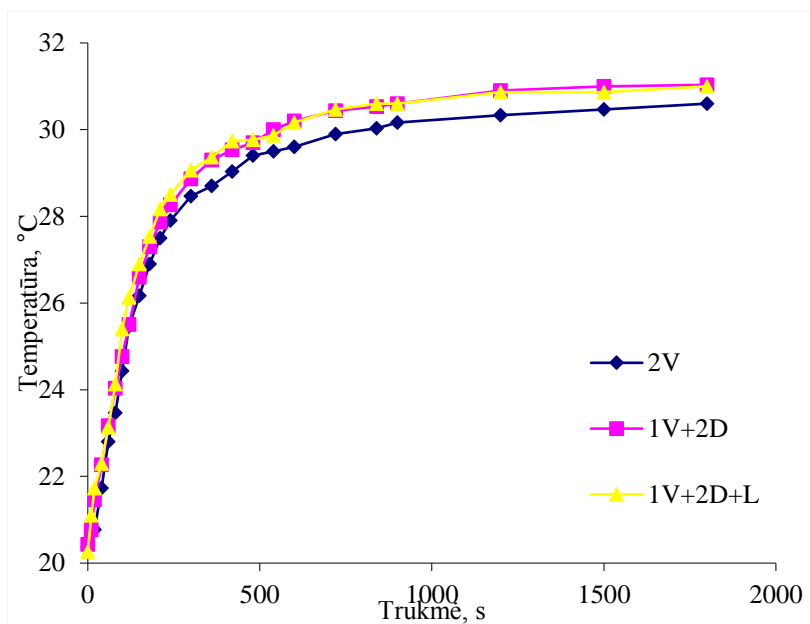


b)

3.15 pav. Šilumos mainų priklausomybė nuo medžiagos pluoštinės sudėties



c)



d)

**3.15 pav. tęsinys.** Šilumos mainų priklausomybė nuo medžiagos pluoštinės sudėties

Iš 3.15 pav. pateiktų rezultatų matyti, kad šilumos mainai per grynpluoščius vilnonius mezginius vyksta lėčiau nei per celiuliozinio pluošto mezginius (kaip ir buvo tikėtasi), tačiau šis skirtumas pastebimas tik po maždaug 3 minučių (žr. 3.15 pav. a). Per pirmąsias 3 minutes mezginyje 4D, šilumos mainų dinamika yra panaši į vilnionių mezginių, bet vėliau šiluminiai mainai durpių pluošto mezginiuose tampa



panašūs į medvilnės pluošto mezginių, nors vis tiek išlieka šiek tiek lėtesnė. Tokį rezultatą galima paaiškinti didesniu durpių verpalu, taip pat ir iš šių verpalų numezgto mezginio, paviršiaus pūkuotumu. Taigi, gauti rezultatai patvirtina kitų mokslininkų pastebėjimus, kad pluošto rūšis bei siūlo paviršiaus pūkuotumas veikia šilumines savybes (Van Amber, 2015).

Rezultatai, pateikti 3.15 pav. b, rodo, kad šilumos mainai per grynpluoštį medvilninį mezginį vyksta greičiau nei per mezginius iš medvilninių ir durpės verpalų derinio. Tai lėmė skirtinga medvilninių ir durpių verpalų geometrija kilpoje. Tokius rezultatus patvirtina ir kiti tyrėjai (Mikučionienė ir Arbataitis, 2013). Tirtų skirtingos pluoštinės sudėties mezginių šilumos mainų dinamikos skirtumai labiausiai išryškėja stebint 3–10 min. Panaši situacija pastebėta ir analizuojant mezginių su elastomeriniu siūlu rezultatus (žr. 3.15 pav. c, d). Mezginių su elastomeriniu siūlu struktūra tankesnė (12 % mažesnis kilpų žingsnis ir iki 8 % mažesnis kilpų eilutės aukštis), lyginant su tos pačios pluoštinės sudėties mezginiais be elastomerinio siūlo, o didesnis kilpų tankumas apsunkina šilumos mainus per medžiagą, ypač pradiniam stebėjimo etape (žr. 3.11 lent.).

Šilumos mainų eksperimento rezultatų matematinė analizė (rezultatai pateikti 3.12 lentelėje) rodo, kad atlikti tyrimai yra informatyvūs, egzistuoja ryšys tarp tiriamųjų trinties savybių ir kintančių faktorių.

### 3.12 lentelė. Eksperimento matematinės analizės rezultatai

| Bandinio kodas | <i>Kochreno G</i> kriterijus lentelėje 0,6602;<br><i>Fišerio F</i> kriterijus – informatyvumas<br>lentelėje 19,40 (Milašius, 2011) |          |
|----------------|--|----------|
|                | <i>G</i>   | <i>F</i> |
| 4D             | 0,144  | 83,951   |
| 2V             | 0,095  | 51,675   |
| 8M             | 0,277  | 127,994  |
| 1D + 6M        | 0,126  | 74,280   |
| 2D + 4M        | 0,170  | 96,992   |
| 3D + 2M        | 0,090  | 102,368  |
| 1V + 2D        | 0,230  | 87,937   |
| 4D + L         | 0,091  | 92,262   |
| 1V + 2D + L    | 0,170  | 41,653   |
| 1D + 6M + L    | 0,298  | 110,004  |
| 2D + 4M + L    | 0,268  | 147,800  |
| 3D + 2M + L    | 0,168  | 144,489  |

Apskaičiuotas ir patikrintas ( $G < G_{lent}$ ) *Kochreno* kriterijus. Gauti rezultatai parodė, kad dispersijos vienasrūšės. Eksperimento informatyvumas patikrintas *Fišerio* ( $F > F_{lent}$ ) kriterijumi. Apskaičiuoti rezultatai tenkina kriterijų sąlygas, todėl atliktas eksperimentas yra informatyvus ir pakankamas priklausomybėms nustatyti.

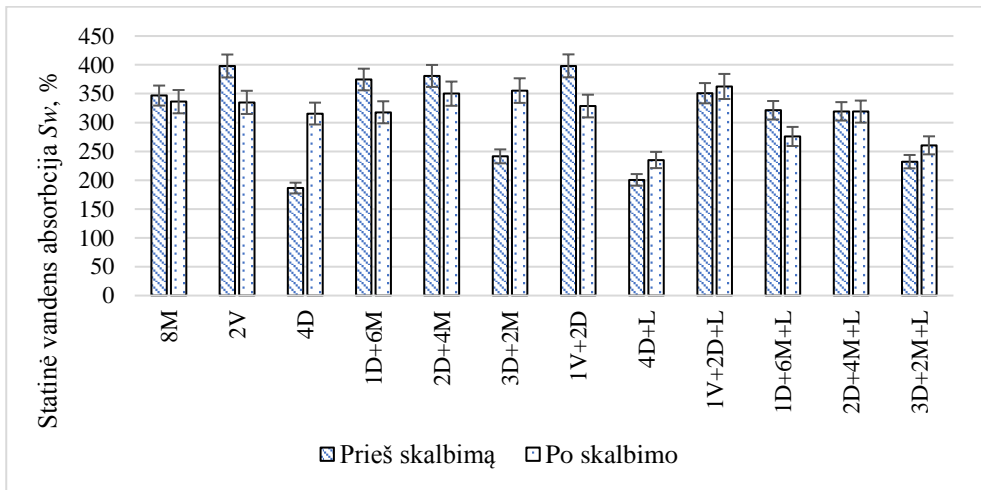
**Apibendrinimas.** Gauti tyrimo rezultatai patvirtina, kad šilumos mainų per mezgtinę medžiagą dinamiką lemia mezginių pluoštinė sudėtis, labiausiai verpalų

paviršiaus pūkuotumas bei kilpos geometrija. Tirtų skirtingos pluoštinės sudėties mezginių šilumos mainų dinamikos skirtumai ryškiausi pradinio, 3–10 min. stebėjimo laikotarpiu. Per pirmąsias 3 min. šilumos mainų per durpių verpalų mezginius dinamika yra panaši į vilninių mezginių, vėliau šiluminių mainų per durpių pluošto mezginius dinamika tampa panaši į medvilninių mezginių, bet išlieka šiek tiek lėtesnė. Dėl skirtingos medvilninių ir durpių verpalų geometrijos kilpoje, šilumos mainai per grynpluoštą medvilninį meginį vyksta greičiau nei per mezginius iš medvilninių ir durpės verpalų derinio. Mezginiai su elastomeriniu siūlu struktūroje taip pat pasižymi lėtesne šilumos mainų dinamika nei atitinkami mezginiai be elastomerinio siūlo.

### 3.5.3. Mezginių statinė vandens absorbcija

Mezginių gebėjimas absorbuoti vandenį yra svarbi fizikinė savybė, kuri lemia gaminių funkcionalumą, dėvėjimo komfortą. Visi natūralūs celiulioziniai pluoštai yra daugiau ar mažiau hidrofiliški, tokia savybė būdinga ir durpių pluoštui. Absorbcinė geba yra glaudžiai susijusi su celiuliozinių pluoštų rūšimis bei jų hidrofiliškumo savybėmis. Vandens molekulės, prasiskverbusios į mikropluoštus, priverčia juos išbrinkti, o tai leidžia atitinkamai prognozuoti vandens absorbcijos galimybes (Nosbi ir kt., 2011).

Šiame darbe buvo tirta visų tiriamųjų mezginių statinė vandens absorbcija *prieš* ir *po* skalbimo (žr. 3.16 pav.).

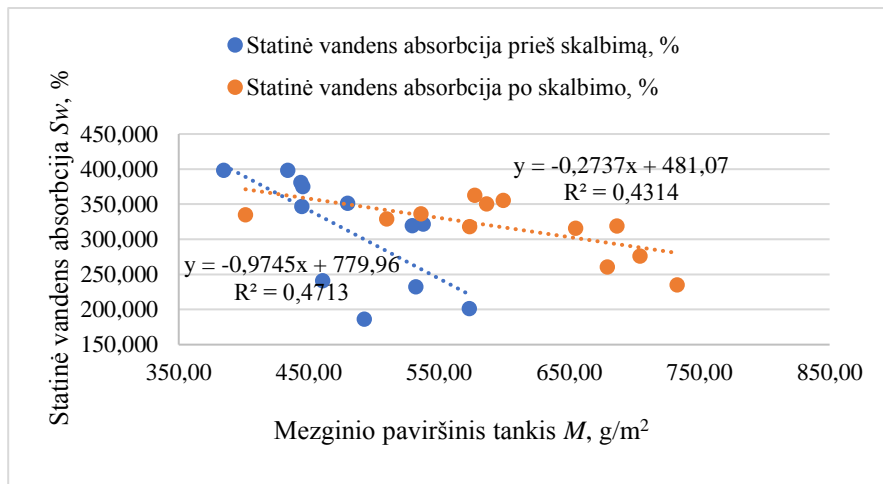


**3.16 pav.** Statinės vandens absorbcijos verčių priklausomybė nuo pluoštinės mezginių sudėties

Iš 3.16 paveiksle pateiktų rezultatų matyti, kad mažiausia statinė vandens absorbcija pasižymėjo durpių verpalų mezginiai 4D bei mezginiai iš durpių ir medvilninių verpalų derinio 3D + 2M, 4D + L ir 3D + 2M + L, kuriems būdingas didžiausias procentinis durpių pluošto kiekis. Taip yra dėl durpių pluošte esančio didesnio lignino ir kitų priemaišų kiekio nei medvilniniame pluošte. Po skalbimo mezginių, su dideliu procentiniu durpių pluoštu, sudėtyje (4D ir 3D + 2M) vandens

adsorbicija gerokai padidėja (atitinkamai 41 % ir 32 %). Tai atsitiko dėl keletu priežasčių. Pirmiausia, skalbimo metu iš durpių pluošto buvo pašalintos adsorbiciją stabdančios priemonės bei minkštinantieji apretai, naudojami durpių verpalų gamyboje, taip pat išbyrėjo dalis durpių pluošto plaukelių iš mezginio (5 % sumažėjo procentinis durpių pluošto kiekis mezginyje). Paminėtina tai, kad papildomos medžiagos (apretai) mažina verpalų, taip pat ir mezginio hidrofiliškumą, o skalbimo metu likusios apdoravimo priemonės gali būti pašalinamos. Nustatyta, kad taip pat ir minkštikliai veikia medžiagų sugerties savybes, šiuo atveju, gebėjimą absorbuoti vandenį (Roy ir kt., 2016). Grynpluoščių vilnonių mezginių 2V ir mišriapluoščių mezginių 1V + 2D statinė adsorbicija po skalbimo ir džiovinimo reikšmingai sumažėjo – atitinkamai 16 % ir 18 %. Grynpluoščių medvilninių mezginių statinės adsorbicijos vertės prieš ir po skalbimo svyruoja paklaidų ribose, o mišriapluoščių mezginių su durpių pluoštu (1D + 6M ir 2D + 4M) statinės adsorbicijos vertės po skalbimo sumažėjo 15 %, panašiai kaip ir vilnonių mezginių. Mezginių su elastomeriniu siūlu statinės vandens adsorbicijos vertės prieš ir po skalbimo daugeliu atvejų svyravo paklaidų ribose, ta pati tendencija kaip ir mezginiuose be elastomerinio siūlo.

Po skalbimo ir džiovinimo ciklo mezginių iš durpių verpalų statinė vandens adsorbicija išlieka mažiausia, tačiau šis skirtumas nėra toks didelis kaip prieš skalbimą. Atsižvelgiant į skalbimo poveikį durpių pluošto mezginiams bei statinės vandens adsorbicijos vertes, būtų tikslinga vertinti rezultatus po skalbimo ciklo.



**3.17 pav.** Statinės vandens absorbcijos priklausomybė nuo mezginio paviršinio tankio

Iš 3.17 pav. pateiktų rezultatų matyti, kad, nors ir silpna, egzistuoja statinės vandens absorbcijos priklausomybė nuo mezginio paviršinio tankio. Didėjant paviršiniui tankiui, vandens absorbcija mažėja. Panašius tyrimų rezultatus pateikia ir kiti tyrėjai (Abramavičiūtė, Čiukas ir Mikučionienė, 2011).

**Apibendrinimas.** Dėl durpių verpale esančių priemonių ir verpimo metu naudoto minkštinančio apreto, durpių verpalų mezginiai bei mezginiai iš durpių ir medvilninių verpalų derinio pasižymėjo mažiausia statine vandens absorbcija. Po skalbimo mezginių su dideliu procentiniu durpių pluošto kiekiu vandens adsorbicija padidėjo žymiai (iki 40 %), nes skalbimo metu iš durpių pluošto buvo pašalintos

absorbciją stabdančios priemaišos bei minkštinantieji apretai, taip pat iš mezginio išbūrėjo dalis durpių pluošto plaukelių (procentinis durpių pluošto kiekis mezginyje sumažėjo 5 %). Taigi, po skalbimo mezginių iš / su durpių verpalais sorbcinės savybės tapo artimos medvilniniams mezginiams. Mezginių su elastomeriniu siūlu statinės vandens absorbcijos vertės prieš ir po skalbimo daugeliu atvejų kito paklaidų ribose.

### 3.5.4. Mezginių degumo tyrimas

Projektuojant naujas ir funkcionalias megztines medžiagas reikia numatyti jų elgseną dar prieš gamybos procesą. Todėl labai svarbu ir aktualu ištirti įvairius parametrus bei jų poveikį medžiagos savybėms (Mikučionienė ir kt., 2012). Kadangi durpių pluošte buvo nustatytas palyginti didelis lignino kiekis (10,2 %), tikslinga ištirti ir nustatyti mezginių su durpių pluoštu (kuriuose procentinis lignino kiekis išlieka didelis – 5,37 %) degumo savybes. Celiuliozinių tekstilės medžiagų nedegumo savybės gali būti pagerintos naudojant specialiąją apdailą. Tačiau, kartais tai neigiamai veikia tekstilės gaminius, pablogina komfortą arba net gali sukelti alerginių ar toksinį poveikį vartotojui. Todėl labai aktualu pasirinkti tinkamiausią apdorojimą ir antipireno koncentracijos kiekį, nepabloginant natūralių pluoštinių savybių.

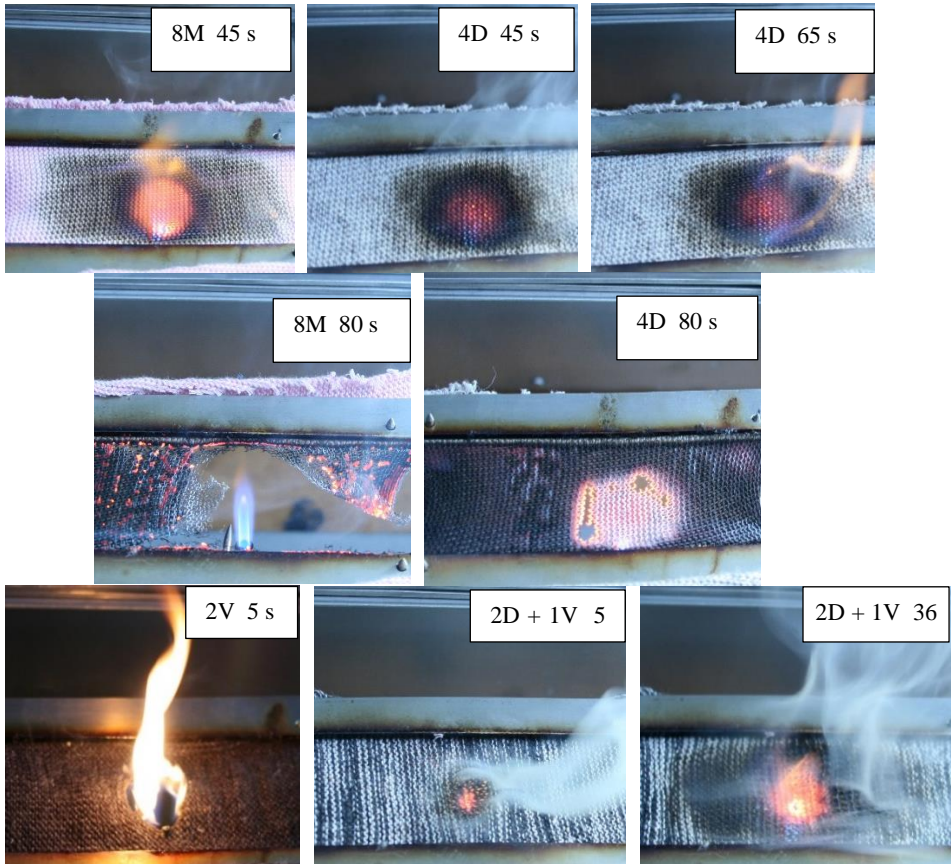
Šiame tiriamajame darbe mezginių elgsena deginimo metu buvo vertinama naudojant horizontalųjį deginimo metodą, fiksuojant pradegimo trukmę. Pradegimo trukmės rezultatai pateikti 3.13 lentelėje. Tiriamieji mezginiai bei jų elgsena deginimo metu taip pat buvo fiksuojama fotografuojant (žr. 3.18 pav.). Pirmajame tyrimų etape mezginiai deginti nenaudojant papildomos antipireninės apdailos norint įvertinti neapdorotų mezginių pradegimo trukmę. Tyrimams naudoti mezginiai, kurių sudėtyje nėra elastomerinių siūlų, nes elastomerinė poliuretano šerdis degimo metu lydosi ir gali sukelti dar pavojingesnius nudegimus nei atvira liepsna.

#### 3.13 lentelė. Pradegimo trukmė

| Bandinio kodas | Pradegimo trukmė, s |
|----------------|---------------------|
| 4D             | 65                  |
| 8M             | 45                  |
| 1D + 6M        | 48                  |
| 2D + 4M        | 55                  |
| 3D + 2M        | 58                  |
| 2V             | 5                   |
| 2D + 1V        | 36                  |

3.13 lentelėje pateikti rezultatai rodo, kad mezginių iš durpių verpalų 4D pradegimo trukmė yra 65 sekundės, tai yra apie 30 % ilgesnė nei grynpluoščių 8M medvilninių mezginių (45 sekundės). Kaip jau buvo aptarta ankstesniame skyriuje, durpių verpalai pasižymi 10 kartų didesniu lignino kiekiu, lyginant su medvilniniais verpalais, o ligninas yra labai svarbus degimą stabdantis elementas, nes degimo proceso metu ant mezginio paviršiaus susidaro suanglėjusių suodžių sluoksnis, kuris stabdo degimo procesą (Salmeia ir kt., 2016). Megztoje struktūroje esantis durpių verpalas pailgina pradegimo trukmę ir tai tiesiogiai koreliuoja su procentine durpių pluošto dalimi

mezginyje (žr. 3.13 lent.). Esant 25 % durpių verpalų mišriapluoščiuose medvilniniuose / durpių mezginiuose (1D + 6M), pradedimo trukmė pailgėja apie 7 % (iki 48 sekundžių), lyginant su grynapluoščiais medvilniniais mezginiais; atitinkamai mezginio struktūroje esant 50 % durpių verpalų (2D + 4M), pradedimo trukmė pailgėja 22 % (iki 55 sekundžių), o esant 75 % durpių verpalų (3D + 2C) – pradedimo trukmė pailgėja 29 % (iki 58 sekundžių).



**3.18 pav.** Mezginių degumo priklausomybė nuo pluoštinės mezginio sudėties: 8M – grynapluoštis medvilninis mezginys, 4D – durpių pluošto mezginys, 2V – grynapluoštis vilninis mezginys, 2D + 1V – pluoštinė sudėtis 52 % durpių verpalų ir 48 % vilnionių verpalų

Liepsna grynapluoščio medvilninio mezginio 8M paviršiuje pasirodo po 45 sekundžių ir staiga pasklinda mezginio paviršiuje nuo pradedimo vietos į šalis ir dega, kol lieka tik pelenai. Durpių verpalų mezginio 4D paviršiuje po 45 sekundžių matoma įkaitusi apanglėjusi sritis (žr. 3.18 pav.). Liepsna šio mezginio paviršiuje pasirodo tik po 65 sekundžių, t. y. 20 sekundžių vėliau nei medvilninio mezginio paviršiuje. Medvilninio mezginio bandinys visiškai sudegė per vidutiniškai 85 sekundes. O durpių verpalų mezginys po pradedimo momento dega dar keletą sekundžių, tada užgęsta ir dar kelias sekundes smilksta iki apanglėjusios mezginio struktūros.

Durpių pluošto mezginio struktūroje įtaka pradegimo trukmei puikiai iliustruojama (žr. 3.18 pav.) analizuojant grynpluoščio vilnonio mezginio ir mišriapluoščio 2D + 1V mezginio pradegimo procesą. Grynpluoščio vilnonio mezginio 2V pradegimo trukmė yra tik 5 sekundės. Liepsnai pasirodžius mezginio paviršiuje, toliau degimo procesas vyksta nesustabdomai, liepsna išplinta labai greitai, sudegus beveik nelieta liekanų. Mišriapluoštis mezginy 2D + 1V (kurį sudaro 52 % durpių verpalų ir 48 % vilninių verpalų) pradegė per 36 sekundes, tai yra daugiau nei 7 kartus vėliau nei grynpluoštis vilnonis mezginy. Taigi, durpių pluošto verpalai, kuriuose yra durpių pluošto su atitinkamai dideliu kiekiu lignino, gali būti naudojami megztinėse struktūrose pradegimo trukmei didinti. Durpių pluošto megztinyje pradegimo zonos perimetre formuojasi apanglėjęs plotas, kuris stabdo tolesnį liepsnos plitimą megztinyje net ir nepašalinus jo iš liepsnos šaltinio. Tokia durpių pluošto savybė yra labai reikšminga apsaugai nuo ugnies, nes svarbu ne tik pradegimo trukmė, bet ir trukmė, per kurią liepsna užgęsta. Jei tekstilės degimas, nepašalinus jos nuo liepsnos šaltinio, savaime po tam tikro laiko užgęsta, tai ji gali būti apibūdinama kaip mažo degumo tekstilė.

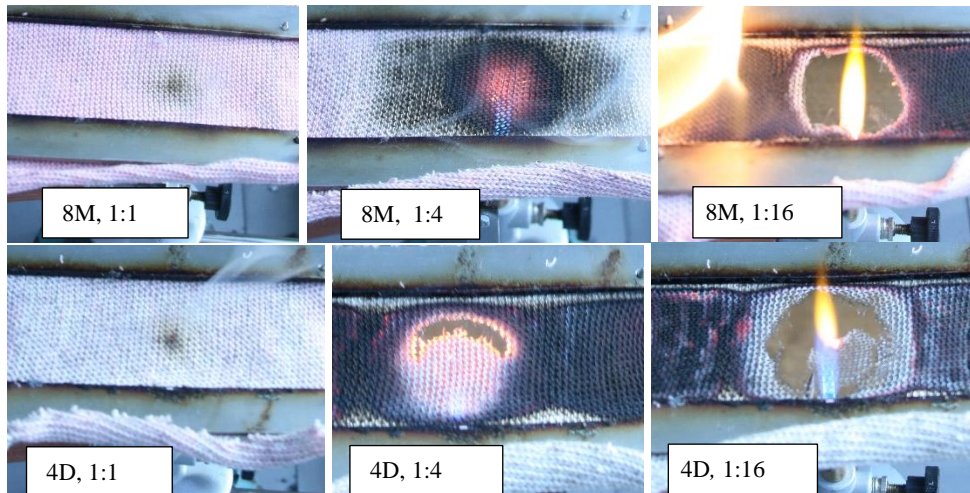
Tačiau padidinto nedegumo gaminiui svarbiausia pradinio pradegimo trukmė, todėl net ir 1 minutės pradegimo trukmė negali užtikrinti visiško saugumo ir užkirsti kelią didesnei liepsnos išplitimo rizikai. Siekiant pagerinti celiuliozinės prigimties megztinių medžiagų atsparumą užsidegimui, naudojama cheminė nedegumo apdaila – fosforo turintis Aflammit®KWB.

Disertaciniame darbe antipirenu Aflammit®KWB apdoroti durpių 4D ir medvilninių 8M megztiniai. Eksperimento metu atlikus antipirenu apdorotų durpių ir medvilninių megztinių horizontalųjį deginimą, gauti deginimo rezultatai parodė, kad ši apdaila yra labai veiksminga ne tik medvilniniams megztiniams, bet ir turintiems durpių pluošto. Maksimalios koncentracijos (nurodytos gamintojo) Aflammit®KWB apdorotas durpių pluošto megztiny pradegė per 17 min. 15 s (tai yra maždaug 16 kartų vėliau nei neapdorotas megztiny), o medvilninių megztiny pradegė per 19 min. 40 s (tai yra net 26 kartus vėliau nei neapdorotas medvilninių megztiny) (žr. 3.14 lent. ir 3.19 pav.). Nustatyta, kad apdoroto durpių mezginio pradegimo trukmė yra beveik 2,5 min. trumpesnė nei medvilninių mezginio. Tokių rezultatų priežastis – didesnis lignino kiekis durpių pluošte.

Po apdoravimo antipirenu Aflammit®KWB buvo pastebėta, kad megztinės medžiagos tapo standesnės, todėl buvo nuspręsta megztinius apdoroti mažesnės koncentracijos apdaila siekiant nustatyti, kaip tai paveikia pradegimo trukmę. Megztiniams apdoroti Aflammit®KWB koncentracija buvo mažinama palaipsniui, naudojant 1:2, 1:4, 1:8, 1:16 ir 1:32 koncentraciją bei analizuojant pradegimo trukmę. Gauti rezultatai, įvertinantys durpių ir medvilninių megztinių pradegimo trukmę, pateikti 3.14 lentelėje, nuotraukomis iliustruoti 3.18 paveiksle.

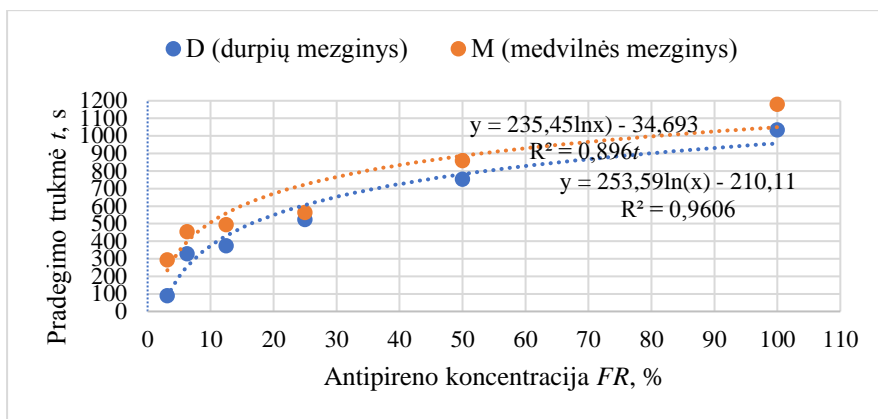
### 3.14 lentelė. Antipireno koncentracijos poveikis mezginių pradegimo trukmei

| Antipireno koncentracija <i>FR</i> , % | Pradegimo trukmė, s  |                         |
|--|----------------------|-------------------------|
|  | 4D (durpių mežginys) | 8M (medvilnės mežginys) |
| 1:1 (max)                              | 1035                 | 1180                    |
| 1:2                                    | 755                  | 860                     |
| 1:4                                    | 525                  | 565                     |
| 1:8                                    | 375                  | 495                     |
| 1:16                                   | 330                  | 455                     |
| 1:32                                   | 90                   | 295                     |



**3.19 pav.** Mezginių degumo priklausomybė nuo Aflammit®KWB koncentracijos bei mezginio pluoštinės sudėties 9-tą stebėjimo minutę: 8M – grynpluoštis medvilninis mežginys, 4D – durpių pluošto mežginys

Taigi, apdorojus du kartus mažesnės koncentracijos Aflammit®KWB apdaila, ir durpių 4D, ir medvilninio 8M mezginių pradegimo trukmė sumažėjo apytikriai 28 %, t. y. 4D mezginio iki 12 min. 35 s, o 8M mezginio iki 14 min. 20 s. Atsparumas degumui išlieka aukštas. Mezginių standumas, lyginant su neapdorotais mežginiais, pakito nereikšmingai. Apdorojus mežginius net 16 kartų mažesnės koncentracijos Aflammit®KWB apdaila, jų pradegimo trukmė išliko didesnė nei 5 minutės. Net ir 32 kartus mažesnės koncentracijos apdaila medvilninio mezginio pradegimo trukmę padidino beveik 6,5 karto, lyginant su neapdoroto medvilninio mezginio pradegimo trukme. Atitinkamai durpių mezginio pradegimo trukmė buvo apytikriai 1,5 karto didesnė nei neapdoroto mezginio. Grafiškai 3.20 pav. pavaizduota pradegimo trukmės priklausomybė nuo antipireno Aflammit®KWB koncentracijos.



**3.20 pav.** Mezginių pradegimo trukmės priklausomybė nuo antipireno Aflammit®KWB koncentracijos

Iš pateiktų 3.20 pav. rezultatų matyti, kad priklausomybė yra logaritminio pobūdžio (apibrėžties koeficientai gauti aukšti: medvilninio mežginio –  $R^2 = 0,896$ , durpių pluošto mežginio –  $R^2 = 0,9606$ ). Akivaizdžiai matoma, kad, mažinant koncentraciją, mezginių pradegimo trukmė nuosekliai mažėja. Nuo tam tikros ribos (šiuo atveju 1:32 koncentracijos) apdailos įtaka durpių mežginio pradegimo trukmei sumažėja labai smarkiai ir esminės įtakos apsauginėms savybėms nebeturi.

**Apibendrinimas.** Atlikus tyrimą nustatyta, kad ligninas yra labai svarbus degimo proceso metu dėl apanglėjusio sluoksnio formavimosi tekstilės paviršiuje, kuris veikia kaip degimo procesą stabdantis veiksnys. Nustatyta, kad mežginio su durpių pluoštu pradegimo trukmė ~ 30 % ilgesnė nei medvilninio mežginio. Mišriapluoštis mežginys, kurį sudaro 52 % durpių verpalų ir 48 % vilnionių verpalų, pradegė daugiau nei 7 kartus vėliau nei grynapluoštis vilnonis mežginys. Tai akivaizdžiai įrodo durpių pluošto įtaką mezginių degumui. Megztoje struktūroje esantis durpių verpalas pailgina pradegimo trukmę ir tai tiesiogiai koreliuoja su procentine durpių pluošto dalimi mežginyje.

Maksimalios koncentracijos antipirenu Aflammit®KWB apdorotas durpių pluošto mežginys pradegė maždaug 16 kartų vėliau nei neapdorotas mežginys, o medvilninis mežginys pradegė net 26 kartus vėliau nei neapdorotas medvilninis mežginys. Neigiama tokios apdailos įtaka – didesnis mezginių standumas. Apdorojus 2 kartus mažesnės koncentracijos Aflammit®KWB apdaila ir durpių, ir medvilninio mezginių pradegimo trukmė sumažėjo apytikriai 28 %, tačiau atsparumas degumui išliko aukštas, mezginių standumas pakito nežymiai. Apdorojus mežginius 1:16 koncentracijos Aflammit®KWB apdaila, jų pradegimo trukmė vis tiek išliko didesnė nei 5 minutės. 1:32 kartus mažesnės koncentracijos apdaila medvilninio mežginio pradegimo trukmę padidino beveik 6,5 karto, lyginant su neapdorotu mežginiu, o durpių mežginio pradegimo trukmė yra apytikriai 1,5 karto didesnė nei neapdoroto mežginio. Net ir nedidelis antipireno koncentracijos kiekis pagerina medžiagos nedegumą, pailgindamas pradegimo trukmę.



## 4. IŠVADOS

### 1. Atlikus morfologinius ir cheminius tyrimus nustatyta, kad:

- švylių pluoštas dėl segmentuotos struktūros netinkamas verpti, nes trūkimo jėga yra tik 1,08 cN;
- durpių karnienos pluoštas tinkamas verpalams gaminti, nes vidutinis skersmuo gautas ~ 60 μm, ilgis 19,27 mm, vidutinė plaukelio trūkimo jėga 12,41 cN;
- cheminė durpių pluošto sudėtis yra 78,08 % celiuliozės, 4,44 % hemiceliuliozės, net 10,2 % lignino ir 3,84 % kitų sudedamųjų dalių (pektinų, įvairių priemaišų).

### 2. Durpių verpalų, sudarytų iš 40 % durpių pluošto ir 60 % medvilnės pluošto, trūkimo charakteristikos (11,47 cN/tex trūkimo jėga ir 5,3 % trūkimo išťažsa) yra tarpinės tarp plačiai naudojamų medvilninių ir lininių verpalų, todėl tokie verpalai yra tinkami mezgti.

### 3. Išanalizavus suprojektuotų mezginių struktūros rodiklius nustatyta, kad:

- visi naujai suprojektuoti mezziniai yra optimalios struktūros, nes jų dengiamumo koeficiento vertės yra nuo 1,26 iki 1,41 tex<sup>1/2</sup>/cm, jų kilpos ilgis gautas panašus, tačiau kilpos geometrija skyrėsi priklausomai nuo mezzinio pluoštinės sudėties;
- mezzinių su durpių pluoštu traukumo skalbiant elgsena artima medvilniniams mezziniams – visi mezziniai išilgine kryptimi susitraukė iki 35 %; skersine kryptimi matmenys kito leistinose ribose, t. y. iki ± 5 %. Po skalbimo dengiamumo koeficiento vertės išliko optimalios (nuo 1,29 iki 1,43 tex<sup>1/2</sup>/cm).

### 4. Ištyrus mezzinių su durpių pluoštu mechanines savybes nustatyta, kad:

- gautos trinties koeficientų vertės rodo, jog mezziniai su durpių pluoštu yra vidutinio šiurkštumo, statinės ir dinaminės trinties savybės yra labai artimos medvilninių mezzinių savybėms;
- mezzinių su elastomeriniu siūlu statinės ir dinaminės trinties vertės dėl tankesnės struktūros ir didesnio kontaktinio paviršiaus ploto gautos nuo 8–30 % didesnės nei mezzinių be elastomerinio siūlo;
- mezzinių iš durpių verpalų elgsena dilinant yra panaši į medvilninių mezzinių, visi jie atlaikė iki 90 000 sūkių dilinimo ciklų.

### 5. Ištyrus mezzinių su durpių pluoštu pagrindines fizikines savybes nustatyta, kad:

- durpių mezzinio laidumas orui yra 5 % mažesnis nei grynpluoščio medvilninio mezzinio ir 18 % mažesnis nei vilnonio mezzinio;
- po skalbimo visų mezzinių laidumas orui, dėl santraukos skalbiant atsiradusių struktūros pokyčių ir susivėlusių plaukelių, sumažėjo iki 4,7 kartų;
- šilumos mainų dinamika per durpių pluošto mezzinius yra artima medvilniniams mezziniams.

### 6. Mezzinių su durpių pluoštu degumo ir specialios apdailos įtakos mezzinių degumui tyrimai parodė, kad:

- durpių mezzinių pradegimo trukmė dėl didesnio lignino kiekio yra ~ 30 % ilgesnė nei medvilninių mezzinių;
- mišrioje (52 % durpių verpalų / 48 % vilnonių verpalų) mezztoje struktūroje esantis durpių pluoštas pradegimo trukmę pailgina 7 kartus;

- maksimalios koncentracijos antipirenas Aflammit®KWB durpių mežginio pradeigimo trukmę pailgino maždaug 16 kartų (iki 17 min. 15 s);
- apdorojus net ir 16 kartų mažesnės koncentracijos antipirenu, šių mežginių pradeigimo trukmė išlieka daugiau nei 5 min.

## 5. LITERATŪROS SARAŠAS

1. ABRAMAVIČIŪTĖ, J., MIKUČIONIENĖ, D., and ČIUKAS, R. Static water absorption of knits from natural and textured yarns. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2011a, 3(86), 60-63. ISSN 1230-3666.
2. ABRAMAVIČIŪTĖ, J., MIKUČIONIENĖ, D., and R. ČIUKAS. Structure properties of knits from natural yarns and their combination with elastane and polyamide threads. *Materials Science*. 2011b, 17(1), 43-46. ISSN 1392-1320.
3. ACVI, H., et al. Comfort properties of socks from seacell fibers. *The Journal of The Textile Institute*. 2017, 109(3), 419-425. ISSN 0040-5000.
4. AHSAN, N., TANVEER, H., FAHEEM, A., and SAJID, F. Effect of Knitting Parameters on Moisture Management and Air Permeability of Interlock Fabrics. *AUTEX research Journal*. 2014, 14(1), 39-46. ISSN 1470-9589.
5. AMRAN, N. M., AHMAD, M. R., YAHYA, M. F., FIKRY, A., MUHAMED, C., MUNIR, A., and RAZALI, R. A. Some Studies on the Moisture Management Properties of Cotton and Bamboo Yarn Knitted Fabrics. *Advanced Materials Research*. 2016, 1134, 225-230. ISSN1662-8985.
6. AN, S. K., GAM, H. J., and CAO, H. Evaluating thermal and sensorial performance of organic cotton, bambooblended, and soybean-blended fabrics. *Clothing and Textiles Research Journal*. 2013, 31, 157-166. ISSN 1940-2473.
7. BADR, A., et al. (2014) Comfort and protection properties of tencel/cotton blends. *Beltwide Cotton Conferences*. 6-8. doi: 10.13140/2.1.4749.6322
8. Banana fibre web site. [žiūrėta 2015-01-27]. Prieiga per internetą: <http://www.bananafibre.in/pages/banana.html>.
9. BANERJEE, P. K., and T. S. ALAIBAN. Geometry and Dimensional Properties of Plain Loops Made of Rotor Spun Cotton Yarns. Part IV: The Shape of the Loop. *Textile Research Journal*. 1988, 58(6), 365-369. ISSN 1746-7748.
10. BATRA, S. K. (1983) Other Long Vegetable Fibers: Abaca, Banana, Sisal, Henequen, Flax, Hemp, Sunn, and Coir. In *Handbook of Fiber Science and Technology*, vol. IV, M. Lewin and E. M. Pearce, Eds., Marcel Dekker. (pp. 727-807). New York.
11. BEL-BERGER, P., et al. Cotton/kenaf fabrics: a viable natural fabric. *The Journal of cotton science*. 1999, 3, 60-70. ISSN 1524-3303.
12. BENLTOUFA, S., FAYALA, F., CHEIKHROUHOU M, M. and BEN, NASRALLAH S. Porosity determination of jersey structure. *AUTEX Research Journal*. 2007, 7(1), 63-69. ISSN 1470-9589.
13. BISWAS, S., et al. Assessment of the tensile properties of coir, bamboo and jute fiber. *Composites part A – Applied Science and Manufacturing*. 2010, 41, 588-595. ISSN 1359-835X.
14. BIVAINYTĖ, A. Aktyviai fizinei veiklai skirtų dvisluoksnių mezginių termofiziologinių savybių tyrimas. *Daktaro disertacija: Technologijos mokslai, Medžiagų inžinerija, Kauno Technologijos Universitetas*. Kaunas: Technologija, 2012.
15. BIVAINYTĖ, A., and MIKUČIONIENĖ, D. Influence of shrinkage on air and water vapour permeability of double-layered weft knitted fabrics. *Materials Science*. 2012, 18(3), 271-274. ISSN 1392-1320.

16. BIVAINYTĖ, A., and MIKUČIONIENĖ, D. Investigation on the Dynamic Water Absorption of Double-Layered Weft Knitted Fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2011, 19, 6(89), 64-70. ISSN 1230-3666.
17. BIVAINYTĖ, A., et al. Influence of the knitting structure of double-layered fabrics on the heat transfer process. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2012, 20(2), 40-43. ISSN 1230-3666.
18. BLEDZKI, A. K., SPERBER, V. E. F., O. *Natural and wood fibre reinforcement in polymers*. Smithers Rapra Publishing, 2002. ISBN-13: 978-1859573594, ISBN-10: 1859573592.
19. BOGART, S. J., SPIERS, G., and CHOLEWA, E. X-ray  $\mu$ CT imaging technique reveals corm microstructures of an arctic-boreal cotton-sedge, *Eriophorum vaginatum*. *Journal of structural biology*. 2010, 171(3), 361-371. ISSN 1047-8477.
20. BOGOLOGY. The science of peatland and past climate change. [žiūrėta 2014-03-05]. Prieiga per internetą: <https://bogology.org/2014/04/11/around-the-world-in-80-peatlands/>.
21. BRINKKEMPER, O., and JOOSTEN, C. (2012). The identification of plant fibres from shipwreck Aanloop Molengat. *Interne Rapportage Project Aanloop Molengat*. pp. 1-9.
22. BURR, G. O., et al. The sugarcane plant. *Annual Review of Plant Physiology*. 1957, 8(1), 275-308. ISSN 0066-4294.
23. CANADIAN, C., and ÖNAL, L. Dimensional, Pilling and Abrasion Properties of Weft Knits Made from Open-End and Ring Spun Yarns. *Textile Research Journal*. 2002, 72(2), 164-169. ISSN 0040-5175.
24. Carbonneutral organization, web site. [žiūrėta 2015-01-29]. Prieiga per internetą: <http://www.carbonneutral.com/resource-hub/carbon-offsetting-explained>.
25. ÇELİK, N., and ÇORUH, E. Investigation of performance and structural properties of single jersey fabrics made from open-end rotor spun yarns, *Tekstil ve Konfeksiyon*. *Journal of Textile & Apparel/Tekstil ve Konfeksiyon*. 2008, 18(4), 268-277. ISSN 1300-3356.
26. CHANDLER, J. L., et al. Tiller population dynamics of reciprocally transplanted *Eriophorum vaginatum* L. ecotypes in a changing climate. *Population Ecology*. 2015, 57(1), 117-126. ISSN 1438-3896.
27. CHENG, Z., et al. Identification and genetic relationships of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) germplasm revealed by AFLP analysis. *Genetic Resources and crop evolution*. 2004, 51(4), 393-401. ISSN 0925-9864.
28. CHIPARUS, O. Bagasse fiber for production of nonwoven materials. 2004. *PhD Thesis. Romania: Louisiana State University*.
29. COLDEA, A. M., and VLAD, D. Research Regarding the Physical-Mechanical Properties of Knits for Garments–Abrasion Resistance. *Procedia Engineering*. 2017, 181, 330-337. ISSN 1877-7058.
30. ÇORUH, E. Optimization of Comfort Properties of Single Jersey Knitted Fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2015, 23, 4(112), 66-72. ISSN 1230-3666.
31. CURTEZA, A. The sustainable fashion, a sensitive and complex approach from philosophy to research and innovation. *7<sup>th</sup> International Textile, Clothing &*

- Design Conference – Magic World of Textiles. October 5-8. 2014: book of proceedings.* pp. 17-28.
32. ČIUKAS, R., ABROMAVIČIŪTĖ, J., and KERPAUSKAS, P. 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*. 2010, 18, 3(80), 64–68. ISSN 1230-3666.
  33. ČIUKAS, R., et al. Estimating the linear density of fancy ribbon-type yarns and the structure indices of fabrics knitted from them. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2006, 14(4), 41-43. ISSN 1230-3666.
  34. ČIUKAS, R., et al. Influence of knitting process conditions and washing on tensile characteristics of knitted ribbon yarns. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2005, 13(4), 74-77. ISSN 1230-3666.
  35. ČIUŽAITĖ, I., BIVAINYTĖ, A., and MIKUČIONIENĖ, D. Dvisluoksnių skersinių mezginių statinės absorbcijos ir džiovimo greičio tyrimas. *Gaminių technologijos ir dizainas. : konferencijos pranešimų medžiaga / Kauno technologijos universitetas*. 2011, 231–234.
  36. ČUBRIĆ, I., and Salopek, et al. Experimental study of thermal resistance of knitted fabrics. *Experimental thermal and fluid science*. 2012, 38, 223-228. ISSN 0894-1777.
  37. DAVIS, S. C., DOHLEMAN, F. G., and LONG, S. P. The global potential for Agave as a biofuel feedstock. *GCB Bioenergy*. 2011, 3(1), 68-78. ISSN 1757-1707.
  38. DEBNATH, M. et al. Biotechnological intervention of Agave sisalana: a unique fiber yielding plant with medicinal property. *Journal of Medicinal Plants Research*. 2010, 4(3), 177-187. ISSN 1996-0875.
  39. DEGANI, O., GEPSTEIN, S., DOSORETZ, C.G. A new method for measuring scouring efficiency of natural fiber based on the cellulose-binding domain- $\beta$ -glucuronidase fused protein. *Journal of Biotechnology*. 2004, 107, 265–273. ISSN 0168-1656.
  40. DEGIRMENCI, Z., and E. ÇORUH. "The Influences of Loop Length and Raw Material on Bursting Strength Air Permeability and Physical Characteristics of Single Jersey Knitted Fabrics. *Journal of Engineered Fabrics & Fibers (JEFF)*. 2017, 12(1). ISSN 1558-9250.
  41. DENHAM, H., J. The structure of the cotton hair and its botanical aspects. *Journal of the Textile Institute Proceedings and Abstracts*. 1922, 13(4), 99-112. ISSN 0368-4504.
  42. DEVI, L. U., et al. Mechanical properties of pineapple leaf fiber-reinforced polyester composites. *Journal of Applied Polymer Science*. 1997, 64(9), 1739-1748. ISSN 1097-4628.
  43. DIN 50050-1:1986 - Testing of materials; burning behaviour of materials
  44. DOMENICO, M.S. *Doctoral Thesis: Physical-Chemical properties and sorption properties of peat*. 1996, Dublin City University. pp. 47-68.

45. DOMINIKA, J., and I. FRYDRYCH. Comfort – related properties of clothing packages with adhesive inserts. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2013, 97(1), 83-86. ISSN 1230-3666.
46. DOREZ, G., FERRY, L., SONNIER, R., TAGUET, A., and LOPEZ-C., J.M. Effect of cellulose, hemicellulose and lignin contents on pyrolysis and combustion of natural fibers. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 2014, 107, 323–331. ISSN 0165-2370.
47. DOREZ, G., TAGUET, A., FERRY, L., and LOPEZ-C. JM. Thermal and fire behavior of natural fibers/PBS biocomposites. *Polym Degrad Stabil*. 2012, 98, 87–95. ISSN 0141-3910.
48. ELSOHLY, M., A. Chemical Constituents of Cannabis. *Cannabis and Cannabinoids: Pharmacology, Toxicology, and Therapeutic Potential*. Haworth Press, New York. 2013, 1(27).
49. EMIRHANOVA, N., and KAVUSTURAN, Y. Effect of knit structure on the dimensional and physical properties of winter outdoor knitted fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2008, 16(2), 69-74. ISSN 1230-3666.
50. ERTUGRUL, S., and UCAR, N. Predicting bursting strength of cotton plain knitted fabrics using intelligent techniques. *Textile Research Journal*. 2000, 10, 845-851. ISSN 0040-5175.
51. FATKIC, E., GERSAK, J., and UJEVIC, D. Influence of knitting parameters on the mechanical properties of plain jersey weft knitted fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2011, 88, 87-91. ISSN 1230-3666.
52. FAVILLA, J. Non-occlusive knitted linen for atopic dermatitis wearer. *International Journal of Clothing Science and Technology*. 2017, 29(3), 451-467. ISSN 0955-6222.
53. FENG, Y. A plant-based reactive ammonium phytate for use as a flame-retardant for cotton fabric. *Carbohydrate polymers*, 2017, 175, 636-644. ISSN: 0144-8617
54. FIDEIS, M E A, et al. The effect of fiber morphology on the tensile strength of natural fibers. *Journal of Materials Research and Technology*. 2013, 2(2), 149-157. ISSN 2238-7854.
55. Food and Agriculture Organization of the United Nations. [žiūrēta 2015-01-29]. Prieiga per internetą: <http://www.fao.org/economic/futurefibres/fibres/coir/en/>
56. Foot print bamboo web site. [žiūrēta 2015-02-03]. Prieiga per internetą: <http://www.footprintbamboo.com/why-coconuts.aspx>.
57. FOULK, Jonn A., et al. (2002). Flax fiber: potential for a new crop in the Southeast. *Trends in new crops and new uses*. (pp. 361-370). [žiūrēta 2014-12-14]. Prieiga per internetą: <https://www.hort.purdue.edu/newcrop/ncnu02/v5-361.html>.
58. FREIVALDE, L., KUKLE, S., ANDŽS, M., BUKŠANS, E., and GRAVITIS, J. Flammability of raw insulation materials made of hemp. *Composites Part B: Engineering*. 2014, 67, 510-514. ISSN 1359-8368.
59. FRITZ, E. The Curent Importance of Peat Textiles. *Journal of Anthroposophical Medicine* 1995; 12, 4, 1-4. žiūrēta 2015-01-25]. Prieiga per internetą: <http://www.anthromed.org/Article.aspx?artpk=252>.

60. GRIFONI, D., et al. Laboratory and outdoor assessment of UV protection offered by flax and hemp fabrics dyed with natural dyes. *Photochemistry and photobiology*. 2009, 85(1), 313-320. ISSN 1751-1097. doi: 10.1111/j.1751-1097.2008.00439.
61. GROVER, T., KHANDUAL, A., and LUXIMON, A. Fire Protection: Flammability and textile fibres. *Safety, Colourage*. 2014, 61(5), 39-48.
62. GUN, A. D. Dimensional, Physical and thermal properties of plain knitted fabrics made from 50/50 blend of modal viscose fiber in microfiber form with cotton fiber *Fibers and Polymers*. 2011, 12, 1083-1090. ISSN 1875-0052.
63. GUN, A. D., GONCA, A., and AYSE S. M. Thermal properties of socks made from reclaimed fibre. *The Journal of The Textile Institute*. 2016, 107(9), 1112-1121. ISSN 0040-5000.
64. GUN, A. D., UNAL, C., and UNAL, B.T. Dimensional and physical properties of plain knitted fabrics made from 50/50 Bamboo/cotton blended yarns. *Fibres and Polymers*. 2008, 9(5), 588-592. ISSN 1875-0052.
65. HANNAN, M. A., et al. Effect of yarn count and stitch length jersey cotton knit fabric. *European Scientific Journal*. 2014, ESJ 10(36), 188-199. ISSN 1857 – 7431.
66. HASHAN, M. M., et al. Functional Properties Improvement of Socks Items Using Different Types of Yarn. *International Journal of Textile Science*. 2017, 6(2), 34-42. ISSN 2325-0119.
67. HEIL, J. W. (2015). Methods of processing kenaf chopped strand mats for manufacturing test specimens and composite structures. Utah State University.
68. HORI, K., et al. Excellent oil absorbent kapok [*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.] fiber: fiber structure, chemical characteristics, and application. *Journal of wood science*. 2000, 46(5), 401-404. ISSN 1435-0211.
69. HURSH, D.F. and J.B. JOHNSTON. (1989) Anti-friction two-ply athletic sock. [žiūrēta 2015-11-20]. Prieiga per internetą: <https://patents.google.com/patent/US4843844A>.
70. INDEX, FAO Food Price. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2012. [žiūrēta 2014-04-17]. Prieiga per internetą: <http://www.fao.org/worldfoodsituation/foodpricesindex/en/>.
71. IRZMANSKA, E. The microclimate in protective fire fighter footwear: foot temperature and air temperature and relative humidity. *Autex Research Journal*. 2016, 16(2), 67-74. ISSN 470-958.
72. I., WEGMAN. (1929). Certification: Process of Manufacturing a Textile Fibre from Peat.
73. J.M., ALMIRALL, J.R. Elemental analysis of white cotton fiber evidence using solution ICP-MS and laser ablation ICP-MS (LA-ICP-MS). *Forensic Science International*. 2009, 190, 52–57. ISSN 0379-0738.
74. JASINSKA, I. The influence of raw material on the tendency to knitted fabrics pilling. *AUTEX 2012: Inoovative Textile for High Future Demands: 12th World Textile Conference AUTEX 2012, June 13-15, 2012, Zadar, Croatia: book of proceedings*. pp.1111-1116.

75. JAWAID, M. H. P. S., and KHALIL, HPS Abdul. Cellulosic/synthetic fibre reinforced polymer hybrid composites: A review. *Carbohydrate Polymers*. 2011, 86(1), 1-18. ISSN 0144-8617.
76. JHANJI, Y. D. G., and V. K. KOTHARI. Comfort properties of plated knitted fabrics with varying fibre type. *Indian Journal of Fibre & Textile Research (IJFTR)*. 2015, 40(1), 11-18. ISSN 0975-1025.
77. KABELIK, J., KREJEI, Z., and SANTAVY, F. (1960). Cannabis as a medicament. *Bull. Narc.*, 12.5.
78. KALKANC, M., and KURUMER, G. Investigation of Dimensional Changes during Garment Production and Suggestions for Solutions. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2015, 23, 3(111), 8-13. ISSN 1230-3666.
79. KANDHAVADIVU, P., RADHINAMOORTHY, R., and SURJIT, R. Thermoregulatory characteristics of bamboo / lyocell union fabrics. *Indian Journal of Fiber and Textile Research*. 2014, 39, 386–393. ISSN 0975-1025.
80. KANDIMALLA, R., et al. Fiber from ramie plant (*Boehmeria nivea*): a novel suture biomaterial. *Materials Science and Engineering C*. 2016, 62, 816-822. ISSN 0928-4931.
81. KANDOLA, B. K. (2012). Flame retardant characteristics of natural fibre composites. *Natural polymers. Natural Polymers– Volume 1: Composites*. 1, 86-117.
82. KANE, C. D., U. J. PATIL, and P. SUDHAKAR. Studies on the influence of knit structure and stitch length on ring and compact yarn single jersey fabric properties. *Textile Research Journal*. 2007, 77(8), 572-582. ISSN 0040-5175.
83. KARKI, B. (2016). Water quality measurements by a water sensor: Testing a sample from a peat production area by an optical sensor. *Bachelor Degree Thesis, Helsinki Metropolia University of Applied Sciences*.
84. KARTHIKENYANT,G., NALANKILLI,G., SHANMUGASUND MAR, O. L., and PRAKASH, C. Thermal comfort properties of bamboo tencel knitted fabrics. *International Journal of Clothing Science and Technology*. 2016, 28(4), 420-428. ISSN 0955-6222.
85. KIEKENS, P., VAN DER BURGHT, E., KNY, E., TAMER, U., and MILAŠIUS, R. Functional Textiles – from Research to Development. *Autex Research Journal*. 2014, 14(4), 219-225. ISSN 1470-958.
86. KIRK, Jr, and IBRAHIM, S.M. Fundamental Relationship of Fabric Extensibility to Anthropometric Requirements and Garment Performance. *Textile Research Journal*. 1966, 36(1), 37 - 47. ISSN 0040-5175.
87. KIVINEN, E. (1980). Proposal for general classification of virgin peat. *Proceedings of the 6th. International Peat Congress*. (pp. 52–54). Duluth, Georgia,.
88. KORHONEN, R., et al. The suitability of the cotton grass fibres for the raw material of the textiles-studies from Finnish peatlands. *Suo*, 2012, 63(1), 15-18. ISSN 0039-5471.
89. KOZLOVSKI, R., MACKIEWICZ-T. M., and MUZYCZEK, M., et al. (2016) Quo vadis Natural Fibers in 21<sup>st</sup> Century *Molecular Crystals and Liquid Crystals*. 627 (1) 2016, pp. 198-209.



90. KOZŁOWSKI, M., MACKIEWICZ-TALARCZYK, M., and BARRIGA-BEDOYA, J. (2010). Natural fibers production, processing, and application: Inventory and future prospects. In: *Contemporary Science of Polymeric Materials: A Symposium in honor of Professor Frank E. Karasz on the occasion of his 75th birthday*, Valletta, Malta, February 28–March 2. American Chemical Society, (pp. 41-51).
91. KUMAR, V., and SAMPATH, VR. Investigation On The Physical And Dimensional Properties Of Single Jersey Fabrics Made From Cotton Sheath - Elastomeric Core Spun. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2013, 21, 3(99), 73-75. ISSN 1230-3666.
92. KUNDU, B. C. Jute-world's foremost bast fibre, II. Technology, marketing, production and utilization. *Economic botany*. 1956, 10(3), 203. ISSN 0013-0001.
93. KUNDU, B. C. Jute-World's foremost bast fibre. I. Botany, agronomy, diseases and pests. *Economic Botany*. 1956, 10(2), 103-133. ISSN 0013-0001.
94. LAZKO, J., LANDERCY, N., LAOUTID, F., DANGREAU, L., HUGUET, M. H., and TALON, O. Flame retardant treatments of insulating agro-materials from flax short fibres. *Polymer degradation and stability*. 2013, 98(5), 1043-1051. ISSN 0141-3910.
95. LI, Hui-Lin. The origin and use of Cannabis in eastern Asia linguistic-cultural implications. *Economic Botany*. 1974, 28(3), 293-301. ISSN 0013-0001.
96. LI, Yi. and ANTHONY, S.W. and Wong. Clothing Biosensory Engineering, Chapter 7; Tactile Sensations. *Wood Head Publications, Cambridge, UK*, 2010.
97. LOUIS, G. L., and ANDREWS, B. K. Cotton/milkweed blends: A novel textile product. *Textile Research Journal*. 1987, 57(6), 339-345. ISSN 0040-5175.
98. LST EN 14970:2006 - materials were washed in an automatic washing machine in accordance with the standard ISO 6330:2002.
99. LST EN ISO 12947-4: 1998 - Determination of the abrasion resistance of fabrics by the Martindale method. Part4: Assessment of appearance change.
100. LST EN ISO 139: 2005 extiles - Standard atmospheres for conditioning and testing.
101. LST EN ISO 14971:2006 Textile. Knitted fabrics. Determine the length of the loop and suggest the density of the length in the transverse knit.
102. LST EN ISO 2062:2010 Textiles - Yarns from packages - Determination of single-end breaking force and elongation at break using constant rate of extension
103. LST EN ISO 53375 – Textiles. Determination of the Frictional behaviour.
104. LST EN ISO 9237: 1997 Textiles - Determination of permeability of fabrics to air (ISO 9237: 1995).
105. LST ISO 26330:1993 Textiles - Domestic washing and drying procedures for textile testing
106. MAJUMDAR, A., MUKHOPADHYAY, S., and YADAV, R. Thermal properties of knitted fabrics made from cotton and regenerated bamboo cellulosic fibres. *International Journal of Thermal Sciences*. 2010, 49(10), 2042-2048. ISSN 1290-0729.

107. MANI, S., and ANBUMANI, N. Dynamic Elastic Behavior of Cotton and Cotton/Spandex Knitted Fabrics. *Journal of Engineered Fabrics & Fibers (JEFF)*. 2014, 9(1). ISSN 1558-9250.
108. MARMARALI, A. B. Dimensional and physical properties of cotton/spandex single jersey fabrics. *Textile Research Journal*. 2003, 73(1), 11-14. ISSN 0040-5175.
109. MATUSIAK, M., and KOWACZYK, S. Thermal-insulation properties of multilayer textile packages. *AUTEX Research Journal*. 2014, 14(4), 299-307. ISSN 1470-9589.
110. MAVRUZ, S., and OGULATA, R. Tugru. Investigation of air permeability of single jersey fabrics with different relaxation states. *The Journal of The Textile Institute*. 2011, 102(1), 57-64. ISSN 0040-5000.
111. MICHEL, D., et al. (2013). Preparation of cellulosic fibers from sugarcane for textile use. In: *Conference Papers in Science*. Hindawi Publishing Corporation. doi:10.1155/2013/651787.
112. MICKEVIČIENĖ, A. Antibakteriška apdorotų sluoksniutinių mezginių funkcinių savybių tyrimas. *Daktaro disertacija: Technologijos mokslai, Medžiagų inžinerija, Kauno technologijos universitetas*. Kaunas: Technologija, 2015.
113. MICKEVIČIENĖ, A., MIKUČIONIENĖ, D., and TREIGIENĖ, R. The Influence of Antimicrobial Treatment on Air Permeability and Water Absorption of Knits. *Materials Science*. 2015, 21(1), 62-67. ISSN 1392-1320.
114. Mikucionienė D. The influence of structure parameters of weft knitted fabrics on propensity to pilling. *Materials science*. 2009, 15(4), 335-338. ISSN 1392-1320.
115. MIKUČIONIENĖ, D., and ARBATAITIS, E. Comparative analysis of the influence of bamboo and other cellulose fibres on selected structural parameters and physical properties of knitted fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2013, 21(3), 76-80. ISSN 1230-3666.
116. MIKUČIONIENĖ, D., MILAŠIŪTĖ, L., BALTUSNIKAITĖ J., and MILAŠIUS, R. Influence of Plain Knits Structure on Flammability and Air Permeability. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2012, 20(5), 66-69. ISSN 1230-3666.
117. Mikučionienė, D., Tvarijonavičienė, B. Investigation of Influence of Stretching Knitted Fabric on Value of its Shrinkage. *Materials Science*. 1997, 55-59. ISSN 1392-1320.
118. MILAŠIUS, R. (2011). *Tekstilės eksperimento teorija ir praktika: mokomoji knyga*. Kaunas: Technologija.
119. MOHANTY, A. K., MISRA, M., and DRZAL, L. T. Sustainable bio-composites from renewable resources: opportunities and challenges in the green materials world. *Journal of Polymers and the Environment*. 2002, 10(1), 19-26. ISSN 1566-2543.
120. MOJICA, E. R. E., et al. Fiber of kapok (Ceiba pentandra) as component of a metal sensor for lead in water samples. *Philipp J Crop Sci*. 2002, 27(2), 37-42.

121. MONTEIRO, Sergio Neves, et al. Natural lignocellulosic fibers as engineering materials—an overview. *Metallurgical and Materials Transactions A*. 2011, 42(10), 2963. ISSN 1073-5623.
122. MUNDEN, D L. The Geometry and Dimensional Properties of Plain-Knit Fabrics. *Journal of the Textile Institute*. 1959, 50(7), 448-471. ISSN 0040-5000.
123. NADZEIKINENĚ J, et al. Evaluating thermal insulation properties of garment packet air interlayer. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2006, 14(1), 52-55. ISSN 1230-3666.
124. NOSBI, N., et al. Behavior of kenaf fibers after immersion in several water conditions. *BioResources*. 2011, 6(2), 950-960. ISSN 1930-2126
125. ODERA, R. S., ONUKWULI, O. D., and OSOKA, E. C. Tensile and compressive strength characteristics of raffia palm fibre-cement composites. *Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences*. 2011, 2(2), 231-234. ISSN 2141-7016.
126. OMEROGLU, S., and ULKU, S. An investigation about tensile strength, pilling and abrasion properties of woven fabrics made from conventional and compact ring-spun yarns. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2007, 15(1), 39-42. ISSN 1230-3666.
127. ÖNER, E., and A. Okur. Thermophysiological comfort properties of selected knitted fabrics and design of T-shirts. *The Journal of The Textile Institute*. 2015, 106(12), 1403-1414. ISSN 0040-5000.
128. OWEN, N. G. (1984). *Prosperity without progress: Manila hemp and material life in the colonial Philippines*. Univ of California Press.
129. OZDIL, N., et al. A comparative study of the characteristics of compact yarn-based knitted fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2005, 2(50), 39-43. ISSN 1230-3666.
130. PAIVANEN, J. (1984). *Peatland Forestry. Proceedings of the 7th International Peat Congress*. 4, 455-465. Dublin.
131. PASILA, Antti. A biological oil adsorption filter. *Marine pollution bulletin*. 2004, 49.11-12, 1006-1012. ISSN 0025-326X.
132. PETERSON, Joel, et al. Test of mechanical properties of knitted fabrics made of paper yarn. In: *AUTEX 2016, 8-10 June 2016, Ljubljana, Slovenia*. 2016.
133. PFAENDNER, R., and MAZUROWSKI, Ma. Use of phosphorous-containing organic oxyimides as flame retardants and/or as stabilizers for plastics, flame-retardant and/or stabilized plastic compositions, method for the production thereof, moulded part, paint and coatings. U.S. Patent Application, 2017, 15(511), 445.
134. PINTO, P.C., EVTUGUIN, D.V., and NETO, C.P. Structure of hardwood glucuronoxylans: Modifications and impact on pulp retention during wood kraft pulping. *Carbohydrate Polymers*. 2005, 60, 489-497. ISSN 0144-8617.
135. PRAKASH, C., et al. An investigation of the relationship between blend ratio, linear density and loop length on geometrical and air permeability properties of bamboo cotton-knitted fabrics. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*. 2015, 8(3), 228-234. ISSN 1754-3266.

136. PRAKASH, C., RAMAKRISHNAN, G., and KOUSHIK, C.V. The effect of loop length and yarn linear density on the thermal properties of bamboo knitted fabrics. *Autex Research Journal*. 2011, 11, 102-105. ISSN 1470-9589.
137. PROCTOR, C., HE, Y. Quantifying root extracts and exudates of sedge and shrub in relation to root morphology. *Soil Biology and Biochemistry*, 2017, 114, 168-180. ISSN 0038-0717.
138. PUSZKARZ, A K, et al. Simulations on heat transport phenomena in a three-dimensional model of knitted fabric. *Autex Research Journal*. 2016, 16(3), 128-137. ISSN 1470-9589.
139. RAMAMOORTHY, S. K., SKRIFVARIS, M., and PERSSON, A. A review of natural fibers used in biocomposites: plant, animal and regenerated cellulose fibers. *Polymer Reviews*, 2015, 55(1), 107-162. ISSN 1558-3724.
140. RAMASAMY, K. M. Comparative Study of Organic and Regular Cotton Knitted Fabrics. *Research Journal of Textile and Apparel*. 2015, 19(3), 45-51. ISSN 1560-6074.
141. ROY, S., et al. Effect of different softeners on moisture absorption and transmission properties of knitted cotton fabric. 2016. *PhD Thesis*. Daffodil International University.
142. RUPPER, P., GAAN, S., SALIMOVA, V., and HEUBERGER, M. Characterization of chars obtained from cellulose treated with phosphoramidate flame retardants. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 2010, 87, 93–98. ISSN 0165-2370.
143. SAFDAR, F., HUSSAIN, T., NAZIR, A., and IQBAL, K. Improving Dimensional Stability of Cotton Knits Through Resin Finishing. *Journal of Engineered Fabrics & Fibers (JEFF)*. 2014, 9(3), 28-35. ISSN 1558-9250.
144. SAKTHIVEL, J. C., and N. Anbumani. Dimensional Properties of Single Jersey Knitted Fabrics Made with New and Regenerated Cellulosic Fibers. *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*. 2012, 7(3). ISSN 1533-0915
145. SALMEIA K.A, GAAN, S., and MALUCELLI, G. Recent Advances for Flame Retardancy of Textiles Based on Phosphorus Chemistry. *Polymers*. 2016, 8(9), 319. ISSN 0032-3861.
146. SALMEIA, K. A., JOVIC, M., RAGAIŠIENĖ, A., RUKUIŽIENĖ, Ž., MILAŠIUS, R., MIKUČIONIENĖ, D., and GAAN, S. Flammability of cellulose-based fibers and the effect of structure of phosphorus compounds on their flame retardancy. *Polymers*. 2016, 8(8), 293. ISSN 0032-3861.
147. SALOPEK, Č. I., and Z. SKENDERI. Impact of cellulose materials finishing on heat and water vapour resistance. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2013, 97(1), 61-66. ISSN 1230-3666
148. SATYANARAYANA, K. G., GUIMARÃES, J. L., and WYPYCH, F. Studies on lignocellulosic fibers of Brazil. Part I: Source, production, morphology, properties and applications. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. 2007, 38(7), 1694-1709. ISSN 1359-835X.
149. SCHERDTFEGER, G. Comparison of peatland-classification in different national systems of soil science. *Proceedings of the 6th International Peat Congress*. 1980. Duluth. Minnesota U.S.A. pp. 93-95.

150. SHANMUGASUNDARAM, G. K. G. N. O. Thermal comfort properties of bamboo tencel knitted fabrics Govindan Karthikeyan Govind Nalankilli OL Shanmugasundaram Chidambaram Prakash. *Science and Technology*. 2016, 28(4), 420-428. ISSN 2229-8460.
151. SHEN, J., et al. Mechanical properties of luffa sponge. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*. 2012, 15, 141-152. ISSN 1751-6161.
152. SINHA, M. K. Rope-making with banana-plant fibre. *The Journal of The Textile Institute*. 1974, 612-615. ISSN 0040-5000.
153. SIRVYDAS, A P, et al. The Role of the Textile Layer in the Garment Package in Suppressing Transient Heat Exchange Processes. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2006, 14(2), 55-58. ISSN 1230-3666.
154. SMOLE, M. S. (2013). Plant fibres for textile and technical applications. In: *Advances in agrophysical research*. InTech. doi: 10.5772/3341.
155. SOUTHER, S., et al. Ecotypic differentiation in photosynthesis and growth of *Eriophorum vaginatum* along a latitudinal gradient in the Arctic tundra. *Botany*. 2014, 92(8), 551, 561. ISSN 15372197. doi.org/10.1139/cjb-2013-0320.
156. SPENCER, J. E. The abaca plant and its fiber, Manila hemp. *Economic Botany*. 1953, 7(3), 195-213. ISSN 0013-0001.
157. SUDIPTA, S., MAHISH, A.K., and PATRA, R. Thakur Functional properties of bamboo/polyester blended knitted apparel fabrics. *Indian Journal of fiber and Textile Research*. 2012, 37, 231-237. ISSN 0975-1025.
158. SUNI, S., KOSUNEN, A-L., HAUTALA, M., PASILA, A., and ROMANTSCHUK, M. Use of a by-product of peat excavation, cotton grass fibre, as a sorbent for oil-spills. *Marine Pollution Bulletin*. 2004, 49, 916-921. ISSN 0025-326X.
159. SUONINEN, A. 1976. New ideas and technologies in utilization of peatlands and peat in industry. *Proceedings of the 5th International Peat Congress, Poznan*.
160. SVETNICKIENĚ, V., and ČIUKAS, R. Technical and classical yarns friction properties investigation. *Journal of Mechanics*. 2016, 60(4), 54-58. ISSN 1727-7191.
161. TAYLOR, K. Biological Flora of the British Isles: *Urtica dioica* L. *Journal of Ecology*. 2009, 97(6), 1436-1458. ISSN 1365-2745.
162. Technical textile WEB information. [žiūrēta 2014-03-14]. Prieiga internetā: [http://www.technicaltextile.net/articles/clothingtextiles/detail.aspx?article\\_id=3292&pageno=3](http://www.technicaltextile.net/articles/clothingtextiles/detail.aspx?article_id=3292&pageno=3).
163. The World Energy Council. [žiūrēta 2014-03-10]. Prieiga per internetā: <https://www.worldenergy.org/data/resources/country/sweden/peat/>.
164. Uçar N, YILMAZ T. Thermal Properties of 1x1, 2x2, 3x3 Rib Knitted Fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2004, 12, 3(47), 34-38. ISSN 1230-3666.
165. UYANIK, S., and TOPALBEKIROGLU, M. The effect of knit structures with tuck stitches on fabric properties and pilling resistance. *The Journal of The Textile Institute*. 2017, 108.9, 1584-1589. doi.org/10.1080/00405000.2016.1269394.

166. VAN AMBER, R. R., et al. Thermal and moisture transfer properties of sock fabrics differing in fiber type, yarn, and fabric structure. *Textile Research Journal*. 2015, 85(12), 1269-1280. ISSN 0040-5175.
167. VAN DER MERWE, N. J. Cannabis smoking in 13th-14th century Ethiopia: chemical evidence. *World Anthropology: Cannabis and Culture*. 1975, 77-80. ISBN-13: 978-9027976697. ISBN-10: 9027976694
168. VIJAYALAKSHMI, K., et al. Abaca fibre. *Transactions on Engineering and Sciences*. 2014, 2(9), 16-9. ISSN 2347-1964.
169. VISI, D. K. The microbial retting environment of Hibiscus cannabinus and its implications in broader applications. *PhD Thesis. University of North Texas*. 2015.
170. VITKAUSKAS, A., MILAŠIUS, V., and ČIUKAS, R. (2007). *Tekstilės medžiagų mechanika*. Kaunas: Vitae Litera. 198 psl.
171. VLAD, D., and LUCIAN, C. Research Regarding the Influence of Raw Material and Knitted Fabric Geometry on the Tensile Strength and Breaking Elongation. *Procedia Technology* 22. 2016, 60-67. ISSN 2212-0173.
172. VOGL, C. R., and HARTL, A. Production and processing of organically grown fiber nettle (*Urtica dioica* L.) and its potential use in the natural textile industry: A review. *American Journal of Alternative Agriculture*. 2003, 18(3), 119-128. ISSN 0889-1893.
173. WAHI, R., et al. Oil removal from aqueous state by natural fibrous sorbent: an overview. *Separation and Purification Technology*. 2013, 113, 51-63. ISSN 1383-5866.
174. WANG, Q. M., and HU, H. Geometrical and Dimensional Properties of Plain Knitted Fabrics Made from Glass Fiber Yarns for Composite Reinforcement. *Journal of Industrial Textiles*. 2007, 37(2), 139 – 148. ISSN 1528-0837.
175. XU, L., WANG, W., and YU, Dan. Durable flame retardant finishing of cotton fabrics with halogen-free organophosphonate by UV photoinitiated thiol-ene click chemistry. *Carbohydrate polymers*. 2017, 172, 275-283. ISSN 0144-8617.
176. ZHU, G., KREMENAKOVA, D., WANG, Y., MILITKY, J., and MISHRA, R. Study on air permeability and thermal resistance of textiles under heat convection. *Textile Research Journal*. 2015, 85(16), 1681-1690. ISSN 0040-5175.

## **6. PUBLIKACIJŲ DISERTACIJOS TEMA SĄRAŠAS, DALYVAVIMAS KONFERENCIJOSE**

### **Tarptautinėse duomenų bazėse esančiuose mokslo leidiniuose paskelbti straipsniai**

#### **Mokslinės informacijos instituto duomenų bazės „Clarivate Analytics Web of Science“ leidiniuose, turinčiuose citavimo indeksą (IF / AIF > 0.2)**

1. Mikučionienė, Daiva; Čepukonė, Lina. Comparative analysis of knits from peat fibre and its combinations with other natural fibres // *Fibres and textiles in Eastern Europe*. Lodz : Institute of Biopolymers and Chemical Fibres. ISSN 1230-3666. 2017, vol. 25, iss. 2, p. 24-29. DOI: 10.5604/12303666.1228161. [Science Citation Index Expanded (Web of Science); 0,500]. [IF: 0,577].
2. Mikučionienė, Daiva; Čepukonė, Lina; Milašienė, Daiva. Investigation on mechanical and thermal properties of knits from peat fibres and their combination with other natural fibres // *Textile Research Journal*. London : SAGE. ISSN 0040-5175. eISSN 1746-7748. 2018, Vol. 00, iss. 00, p. 1-19. DOI: 10.1177/0040517517705633. [Science Citation Index Expanded (Web of Science); 0,500]. [IF: 1,540].
3. Mikučionienė, Daiva; Čepukonė, Lina; Rukuižienė, Žaneta; Salmeia, Khalifah A.; Gaan, Sabyasachi. Comparative Analysis of Peat Fibre Properties and Peat Fibre-Based Knits Flammability // *Autex Research Journal*, 2018 [priimta spaudai, DOI: 10.1515/aut-2018-0033]. [Science Citation Index Expanded (Web of Science); 0,333]. [IF: 0,66].

#### **Kituose recenzuojamuose mokslo leidiniuose paskelbti straipsniai**

##### **Konferencijų pranešimų medžiagoje**

1. Čepukonė, Lina; Mikučionienė, Daiva. Mezginių struktūros įtakos apsauginių mezginių degumui ir laidumui orui tyrimas // *Pramonės inžinerija 2016* [elektroninis išteklius] : jaunųjų mokslininkų konferencija, 2016 m. balandžio 28 d. : pranešimų medžiaga / Kauno technologijos universitetas. Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas. Kaunas : Kauno technologijos universitetas. eISSN 2538-6727. 2016, p. 15-18. DOI: 10.5755/e01.25386727. [0,500]

## **DALYVAVIMAS TARPTAUTINĖSE KONFERENCIJOSE**

1. Tarptautinė mokykla-konferencija „17-th International Conference-School Advanced Materials and Technologies 2015“ - standinis pranešimas "Comparative Analysis of Natural and Man-Made Fibres Nature on Selected Structural Parameters of Knits" (Lina Čepukonė, Daiva Mikučionienė). Rugpjūčio 27-31, 2015, Palanga, Lietuva.
2. Pagal COST MP1105 programą. Tarptautinė mokykla-konferencija “Strategies to study fire behaviours and fire retardant mechanisms” - standinis pranešimas „Investigation of knit’s structure influence on flammability of protective knitwear“ (Lina Čepukonė, Daiva Mikučionienė). Vasario 01 – 03, 2016, Barselona (Barcelona School of Building Construction, Universitat Politècnica de Catalunya), Ispanija.
3. Tarptautinė konferencija „The Textile Institute World Conference 2016“ - pranešimas „Investigations on Peat Fibre Knits Flammability“ (Daiva Mikučionienė, Lina Čepukonė). Balandžio 25 – 28, 2016, Poznanė, Lenkija.
4. Tarptautinė konferencija „AUTEX 2016, 16th World Textile Conference“ - standinis pranešimas "Designing of peat knits and its blend with other natural fibres and comparative analysis of selected structural parameters" (Lina Čepukonė, Daiva Mikučionienė). Birželio 08-10, 2016, Liubliana, Slovėnija.
5. Tarptautinė konferencija „8-th International Textile, Clothing & Design Conference – Magic World of Textiles“ - standinis pranešimas "Investigation on structural and physical properties of new natural peat fiber knits" (Lina Čepukonė, Daiva Mikučionienė). Spalio 02-05, 2016, Dubrovnikas, Kroatija.
6. Tarptautinė konferencija „AUTEX 2017, 17th World Textile Conference“ - žodinis pranešimas anglų kalba „Investigation on Physical Properties of Sustainable Peat Fibre Knits“ (Lina Čepukonė, Daiva Mikučionienė). Gegužės 29 – 31, 2017, Korfu, Graikija.
7. Tarptautinė mokykla-konferencija „19-th International Conference-School Advanced Materials and Technologies 2017“ - standinis pranešimas „Functionality and Sustainability of Peat Fibre-Based Textile“ (Lina Čepukonė, Daiva Mikučionienė). Rugpjūčio 27 – 31, 2017, Palanga, Lietuva

## **DALYVAVIMAS NACIONALINĖSE KONFERENCIJOSE**

1. Jaunųjų mokslininkų konferencijoje „Pramonės Inžinerija 2016“ - standinis pranešimas anglų kalba „Mezginio struktūros įtakos apsauginių mezginių degumui ir laidumo orui tyrimas“ (Lina Čepukonė, Daiva Mikučionienė). Balandžio 28, 2016, Kaunas, Lietuva.
2. Jaunųjų mokslininkų konferencijoje „Pramonės Inžinerija 2017“ - žodinis pranešimas „Durpių pluošto tekstilė - inovatyvu, funkcionalu, ekologiška“ (Lina Čepukonė, Daiva Mikučionienė). Gegužės 11, 2017, Kaunas, Lietuva.

SL344. 2018-12-03, 11 leidyb. apsk. I. Tiražas 12 egz. Užsakymas 317.

Išleido Kauno technologijos universitetas, K. Donelaičio g. 73, 44249 Kaunas  
Spausdino leidyklos „Technologija“ spaustuvė, Studentų g. 54, 51424 Kaunas