



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Kojinių kraštelio sukeltos kompresijos tyrimas

Baigiamasis magistro projektas

Ernesta Burokė

Projekto autorė

Prof. Daiva Mikučionienė

Vadovė

Kaunas, 2019



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Kojinių kraštelio sukeltos kompresijos tyrimas

Baigiamasis magistro projektas
Tekstilės inžinerija ir apdaila (6211FX007)

Ernesta Burokė

Projekto autorė

Prof. Daiva Mikučionienė

Vadovė

Dr. Ginta Laureckienė

Recenzentė

Kaunas, 2019



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas
Ernesta Burokė

Kojinių kraštelio sukeltos kompresijos tyrimas

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Ernestos Burokės, baigiamasis projektas tema „Daugiafunkcinių megztų struktūrų kūrimas ir tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjusi.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

Studijų programa: 6211FX007 Tekstilės inžinerija ir apdaila

MAGISTRO BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Studentui (-ei)

Ernestai, Burokei

(Vardas, Pavardė)

1. Baigiamojo Projekto tema –

Kojinių kraštelio sukeltos kompresijos tyrimas

(Lietuvių kalba)

Investigation of Compression Generated by Socks Welt

(Anglų kalba)

2. Darbo tikslas ir uždaviniai –

Darbo tikslas – ištirti ir nustatyti kojinių gaminių kraštelio sandaros bei stabilizavimo proceso įtaką kraštelio generuojamai kompresijai.

1. Atlikti su darbo tematika susijusios literatūros analizę.
2. Suprojektuoti struktūros parametrus ir pagaminti skirtingos sandaros kojinių kraštelių.
3. Nustatyti kraštelio apspaudimo jėgos pokyčius įrašos relaksacijos metu.
4. Nustatyti kraštelio sandaros įtaką kraštelio generuojamai kompresijai.
5. Įvertinti stabilizavimo įtaką struktūrinių parametrų ir generuojamos kompresijos pokyčiams.
6. Pateikti rekomendacijas kojinių gaminių gamintojams.

3. Pradiniai baigiamojo projekto duomenys –

Kojinių gaminių krašteliai naudojami lastiko imitacijos pynimas su elastomeriniu pamušaliniu siūlu.

4. Pagrindiniai reikalavimai ir sąlygos –

Kojinių gaminių kraštelio generuojamos kompresijos tyrimai ir, remiantis šių tyrimų rezultatais, suformuluotos rekomendacijos kojinių gaminių gamintojams.

Studentas

(Vardas, Pavardė)

(Parašas)

(Data)

Baigiamojo
projekto
vadovas

(Vardas, Pavardė)

(Parašas)

(Data)

Krypties studijų
programos
vadovas

(Vardas, Pavardė)

(Parašas)

(Data)

Burokė, Ernesta. Kojinių kraštelių sukeltos kompresijos tyrimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovė prof. dr. Daiva Mikučionienė; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Tekstilės inžinerija ir apdaila (6211FX007), Polimerų ir tekstilės technologijos (F02), Technologijos mokslai.

Reikšminiai žodžiai: kompresija, meginys, stabilizavimas, įrašos relaksacija.

Kaunas, 2019. 51 p.

Santrauka

Daugiafunkcinių megztų struktūrų bandinių kūrimui ir tyrimams atlikti darbo metu suprojektuoti bandiniai buvo numegzti UAB Vegateksa 14E klasės kojinių mezgimo mašina Sangiacomo 6 Cus 2V (Italija). Pasirinktas tyrimų objektas – kojinių krašteliai, kurie sudaryti lastiko imitacijos pynimu. Pagrindo siūlams pasirinkti 30 tex ilginio tankio medvilniniai verpalai, pamušaliniams – skirtingų ilginių tankių elastomeriniai siūlai, kurių poliuretaninis šerdinis komponentas dvigubai apvytas skirtingos pluoštinės sudėties siūlais. Vieni iš jų apvyti poliamidiniai, o kiti poliesteriniais gijiniais siūlais. Atsižvelgiant į naudotus elastomerinių siūlų variantus, bandiniai suskirstyti į tokias keturias tiriamąsias grupes: PA136, PA120, PA78 ir PES136.

Pirmojo etapo metu suprojektuoti pagrindiniai tiriamųjų mezginių sandaros rodikliai – horizontaliojo ir vertikaliojo mezginio tankumo koeficientai, kilpos ilgis, elastomerinio siūlo ilgis raporte. Dalis tiriamųjų bandinių po mezgimo stabilizuoti – atlikta skalbimo operacija, kurios metu pašalinti vidiniai siūlų įtempiai. Šiems bandiniams prie grupės pavadinimo pridėjama *S* raidė, pvz., PA136_S ir t. t. Po bandinių kondicionavimo standartinėse klimatinėse sąlygose, atlikti bandinių tempimo bandymai iki numatytos 15 % ištisos, naudojant Zwick/Z005 tempimo įrenginį ir testXpert® programinę įrangą. Taip pat nustatyta įrašos relaksacijos įtaka kraštelių generuojamos kompresijos pokyčiams. Duomenys fiksuoti kas 10 s, iš viso gautas 31 vertinimo taškas.

Nagrinėjant gautus rezultatus apskaičiuota bandinių apspaudimo jėga, atlikta sandaros elementų įtakos gautiems rezultatams analizė. Taip pat atlikti statistiniai skaičiavimai, įvertinta rezultatų sklaida bei galimos paklaidos.

Atlikus tyrimus nustatyta, kad po stabilizavimo operacijos bandinių matmenys sumažėjo, vertikalusis kilpų tankumas padidėjo nuo 5,1 % iki 9,4 %, o horizontalusis kilpų tankumas padidėjo nuo 5,6 % iki 7,5 % (priklausomai nuo bandinių grupės). Elastomerinių siūlų ilgis raporte po stabilizavimo sumažėjo nuo 4,7 % iki 10,7 %, pagrindo siūlo kilpos ilgis pakito nežymiai.

Vertinant relaksacijos metu vykstančius struktūrinius pokyčius nustatyta, kad tempimo jėgos vertei įtakos turi tik šerdinio komponento elementai. Didėjant elastomerinių siūlų ilginiam tankiui, generuojamos kompresijos vertės taip pat didėja.

Remiantis gautais rezultatais pastebėta, kad bandiniams, kurie po mezgimo buvo stabilizuoti, reikėjo taikyti 3,22–5,82 % didesnę tempimo jėgą, norint ištempti iki 15 % ištisos, lyginant su žaliaviniais bandiniams taikytomis jėgomis. Nustatyta, kad pradinio relaksacijos momentu (0 s) generuojamos kompresijos vertės svyravo 1,93–2,77 kPa ribose, o paskutinio relaksacijos vertinimo momento metu

(po 300 s) kompresijos vertės buvo nuo 1,70 kPa iki 2,44 kPa (priklausomai nuo bandinių grupės). Didžiausias pokytis pastebėtas PA78_S, mažiausias – PES136 mezginių grupėse.

Analizuojant rezultatus taip pat pastebėta, kad mezgimo metu naudotų elastomerinių siūlų apvejančiojo komponento žaliava ir skirtingas pradinio elastomerinio siūlo įtempio dydis (8 cN ir 5 cN) relaksacijos proceso metu vykstantiems kompresijos pokyčiams nėra reikšmingi.

Burokė, Ernesta. Investigation of Compression Generated by Socks Welt. Master's Final Degree Project / supervisor prof. dr. Daiva Mikučionienė; Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Textile Engineering and Finishing (6211FX007), Polymer and Textile Technology (F02), Technological Sciences.

Keywords: compression, knit, stabilization, stress relaxation.

Kaunas, 2019. 51 p.

Summary

The multifunctional knitted samples were designed and knitted with Sangiacomo 6 Cus 2V (Italy) 14E gauge socks knitting machine at Vegateksa. Selected object of this research was welt of socks made in mock rib pattern. For ground yarns, cotton yarn of 30 tex linear density were chosen, and for elastomeric inlay yarns polyurethane core component of different linear densities, double-folded with yarns of different fiber composition (polyamide or polyester filament yarns), were chosen. Depending on the elastomeric yarns used, the samples are divided into the following four groups: PA136, PA120, PA78 and PES136.

During the first stage, these main structural parameters of the knits were designed: coefficients of horizontal and vertical knit density, loop length, length of the elastomeric inlay-yarn in the pattern repeat. One half of the specimens were stabilized during washing operation, in order to remove the inner tension of the yarns. The names of these samples group are accompanied by the letter *S*, such as PA136_*S*, etc. After conditioning of the specimens in standard climatic conditions, tensile testing of the samples was carried out to the intended 15 % elongation using a Zwick/Z005 tension machine and testXpert® software. Also, the influence of stress relaxation on changes in the compression generated by the welt was determined. Data were recorded in every 10 s, with a total of 31 scoring points.

When analyzing the obtained results, the compression force of the samples was calculated, the analysis of the influence of the structural elements on the obtained results was performed. Also, statistical calculations were carried out, the dispersion of the results and possible errors were evaluated.

The studies showed that the measurements of the post-stabilization samples decreased, the vertical loop density increased from 5.1 % to 9.4 %, and the horizontal loop density increased from 5.6 % to 7.5 % (depending on the sample group). The length of the elastomeric yarn in the pattern repeat dropped after stabilization from 4.7 % up to 10.7 %, however length of the ground loop changed slightly.

By evaluating the structural changes during relaxation, it was found that the value of the tensile force is influenced only by the elements of the core component. As the linear density of the elastomeric inlay yarn increases, the compression values generated are also increase.

On the basis of the results obtained, it was observed that for the samples, that were stabilized, a tensile force of 3.22 to 5.82 % had to be applied in order to stretch up to 15 % of the load compared to the forces applied to the raw samples. The compression values generated at the initial relaxation moment

(0 s) were found to be within the range of 1.93–2.77 kPa, and at the time of the last relaxation evaluation (300 s) the compression values ranged from 1.70 kPa to 2.44 kPa (depending on from the sample group). The biggest change was observed in PA78_S, the lowest – in PES136 knits groups.

It has been observed that effect of the different initial elastomeric yarn stress, applied during knitting (8 cN and 5 cN), on compression changes during the relaxation process is not significant and the fiber composition of the folding elements of the elastomeric yarn had no effect on the results of the study.

Turinys

Lentelių sąrašas	11
Paveikslų sąrašas	12
Įvadas	13
1. Literatūros apžvalga	14
1.1. Kojinaičių asortimento apžvalga.....	14
1.2. Kojinaičių mezgimo technologijos ypatumai	16
1.3. Kompresiniai gaminiai	20
1.4. Kompresinių kojinių klasifikacija ir taikymas	21
1.5. Ligos, susijusios su kraujotakos sutrikimais.....	24
1.6. Kompresinių kojinių dėvėjimo įtaka sportiniams rezultatams	24
1.7. Šlapios apdailos procesų įtaka santraukai	26
1.8. Literatūros apžvalgos apibendrinimas	27
2. Tyrimų objektas ir metodika	29
2.1. Tyrimo objektas	29
2.2. Mezginių struktūros rodiklių nustatymo metodika	31
2.3. Skalavimo metodika.....	31
2.4. Įrašos relaksacijos tyrimo metodika.....	31
2.5. Kompresijos skaičiavimo metodika	32
2.6. Statistinių rodiklių skaičiavimo metodika	32
3. Tyrimų rezultatai	34
3.1. Stabilizavimo įtakos mezginio sandaros rodikliams ir matmenims tyrimas	34
3.2. Įrašos relaksacijos tyrimo rezultatai.....	36
3.3. Kompresijos tyrimo rezultatai	41
3.4. Rekomendacijos kojinių kraštelių gamybai.....	45
Išvados	48
Literatūros sąrašas	49
Priedai	53
1 priedas. Tyrimų rezultatų publikavimas	53

Lentelių sąrašas

1.1 lentelė. Kompresinių kojinių gaminių suskirstymas į kompresijos klases pagal apspaudimo lygį	22
1.2 lentelė. Įvairių šalių standartai ir kompresijos klasės	22
2.1 lentelė. Elastomerinio siūlo parametrai.....	30
2.2 lentelė. Mezgimo mašinos parametrai	30
3.1 lentelė. Pradiniai bandinių duomenys	34
3.2 lentelė. Bandinių parametrai po stabilizavimo	34
3.3 lentelė. Bandinių matmenys po mezgimo ir po stabilizavimo	35
3.4 lentelė. Kompresijos reikšmės, Pa skirtingu relaksacijos laiko momentu	41

Paveikslų sąrašas

1.1 pav. Kojinaičių skirstymas pagal blauzdos ilgį [7].....	15
1.2 pav. Kilpos sandara: 1 – adatos lankas, 2 – tiesiosios dalys, 3 – platinos lankas [8]	17
1.3 pav. Dvilinko kraštelio pavyzdys [9].....	17
1.4 pav. Viena adatine megzto nespaudžiančio kraštelio vaizdas [10]	18
1.5 pav. Dviejų cilindrų kojinių automatu numegzto kraštelio pavyzdys [11].....	18
1.6 pav. Kojinių gaminio konstrukcija: <i>A, D</i> – blauzdos dalis, <i>B</i> – pėda, <i>C</i> – kraštelis, <i>E</i> – pirštų dalis [12].....	19
1.7 pav. Laipsniškas kompresijos pasiskirstymas [22].....	21
1.8 pav. Kraujo tekėjimas kraujagyslėmis, nedėvint ir dėvint kompresines kojines [31]	23
1.9 pav. Kilpos forma kairėje – atsipalaidavusios, dešinėje – ištemptos.....	27
2.1 pav. Bandinių siūlo klojimo schema.....	29
2.2 pav. Bandinių vaizdas	29
2.3 pav. Tempimo įrenginys – Zwick/Z005.....	32
3.1 pav. Elastomerinių siūlų kilpos ilgių palyginimas pagal bandinių grupes.....	35
3.2 pav. Elastomerinių siūlų kilpos ilgių palyginimas pagal bandinių grupes.....	36
3.3 pav. PA136 bandinių (prieš ir po stabilizacijos) grupės tempimo jėgos kitimas relaksacijos metu	37
3.4 pav. PA120 bandinių (prieš ir po stabilizacijos) grupės tempimo jėgos kitimas relaksacijos metu	37
3.5 pav. PA78 bandinių (prieš ir po stabilizacijos) grupės tempimo jėgos kitimas relaksacijos metu	38
3.6 pav. PES136 bandinių (prieš ir po stabilizacijos) grupės tempimo jėgos kitimas relaksacijos metu	38
3.7 pav. Nestabilizuotų PA120 ir PA78 bandinių tempimo jėgos pokytis per 300 s trukmės įrašos relaksaciją.....	39
3.8 pav. Stabilizuotų PA120 ir PA78 bandinių tempimo jėgos pokytis per 300 s trukmės įrašos relaksaciją.....	39
3.9 pav. Nestabilizuotų PA136 ir PES136 bandinių tempimo jėgos pokytis per 300 s trukmės įrašos relaksaciją.....	40
3.10 pav. Stabilizuotų PA136 ir PES136 bandinių tempimo jėgos pokytis per 300 s trukmės įrašos relaksaciją.....	40
3.11 pav. PA136 bandinių grupių kompresijos pokytis % per 300 s trukmės įrašos relaksaciją	43
3.12 pav. PA120 bandinių grupių kompresijos pokytis % per 300 s trukmės įrašos relaksaciją	44
3.13 pav. PA78 bandinių grupių kompresijos pokytis % per 300 s trukmės įrašos relaksaciją	44
3.14 pav. PES136 bandinių grupių kompresijos pokytis % per 300 s trukmės įrašos relaksaciją	45

Įvadas

Kojinaitės – tai dažno kiekvieną arba beveik kiekvieną dieną dėvima aprangos dalis. Įprastai jos skiriasi blauzdos ilgiu – gali būti trumpos, iki vidurio blauzdos, iki kelių ar dar ilgesnės – virš kelių. Jos taip pat yra grupuojamos pagal paskirtį: į kasdienes, medicinines, sportines ir kt.

Šiais laikais mada ypač „braunasi“ į vartotojų gyvenimą, vyraujantys mados sezonai ir ypač greitoji mada, padedant marketingui, diktuoja mados tendencijas, skatina vartotojiškumą. Mada neaplenkia ir iš pirmo žvilgsnio gan paprastos aprangos detalės – kojinių, tad dažnai jos tampa vienu iš aprangos detalių akcentu. Kiek anksčiau norėta kojinaites „paslėpti“, kad jos neišsiskirtų iš dėvimos aprangos, o dabar – priešingai. Ryškių spalvų, o taip pat ir skirtingas kojines poroje vis dažniau avi žmonės, sutinkami gatvėse. Tai nėra tik kojinės, tai tampa tolygia aprangos detale kaip ir kiti drabužiai ar aksesuarai, padeda išreikšti, atskleisti save, taip pat vis dažniau tampa šmaikščiomis dovanomis [1, 2].

Būtent dėl kojinaičių svarbos bei augančio vartotojų reiklumo vartojamosioms bei funkcinėms savybėms svarbu įvertinti kojinaičių sandarą ir jos įtaką mechaninėms bei funkcinėms savybėms, pavyzdžiui, tokioms kaip kraštelio į koją generuojama kompresija. Nuo kojinaičių apspaudimo jėgos priklauso gaminio estetinės bei vartojimo savybės. Svarbu, kad kojinės krašteliu ne tik per daug nespautų kojos, t. y. nesutrikdytų kraujo tekėjimo, bet taip pat ir atliktų vieną iš pagrindinių savo funkcijų – nenusmuktų, apsaugotų nuo avalynės trinties bei sugertų prakaitą.

Įvertinus visus šiuos aspektus, suprojektuoti bandomieji kojinių krašteliai su elastomeriniu siūlu ir pagaminti UAB Vegateksa įmonėje, tyrimai atlikti KTU Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakulteto laboratorijose.

Darbo tikslas – ištirti ir nustatyti kojinių gaminių kraštelio sandaros bei stabilizavimo proceso įtaką kraštelio generuojamai kompresijai.

Šiam tikslui pasiekti išskelti **darbo uždaviniai**:

1. Atlikti su darbo tematika susijusios literatūros analizę.
2. Suprojektuoti struktūros parametrus ir pagaminti skirtingos sandaros kojinių kraštelius.
3. Įvertinti stabilizavimo įtaką struktūrinių parametrų ir generuojamos kompresijos pokyčiams.
4. Nustatyti kraštelio apspaudimo jėgos pokyčius įrašos relaksacijos metu.
5. Nustatyti kraštelio sandaros įtaką kraštelio generuojamai kompresijai.
6. Pateikti rekomendacijas kojinių gaminių gamintojams.

1. Literatūros apžvalga

1.1. Kojinaičių asortimento apžvalga

Automatizuotais mezgimo mašinų įrenginiais galima megzti baigtinį gaminį – tai gaminiai, kuriems nereikalinga sukirpimo operacija, o kai kuriais atvejais, esant visiškam automatizavimui, nereikalingas ir siuvimas. Tokiu būdu mezgama beretės, kelnaitės, megztiniai, pirštinės, pėdkelnės ir kojinės. Erdvinė forma gaminiui gaunama mezgant nepilnas eilutes arba perkeliant kraštines kilpas ant gretimų adatų. Kojinaičių gamybos technologijoje įprastai reikalinga kojinės pirštų užsiuvimo operacija, tačiau esant našesnei gamybai naudojami mezgimo įrenginyje įmontuoti kojinės pirštų užnarstymo įtaisai [4, 5].

Yra penki pagrindiniai kojinaičių klasifikavimo tipai: pagal spalvas, raštus, medžiagų sudėtį, pagal kojinaičių blauzdos ilgį ir paskirtį.

Pagal paskirtį tekstiliniai gaminiai skiriami į [6]:

- buitinius drabužius (kasdienio dėvėjimo, išeiginius arba šventinius, proginius)
- specialiuosius:
 - medicininius,
 - apsauginius,
 - sportinius,
 - darbinius.

Dažniausiai dėvimi buitiniai drabužiai, kuriems priskiriama kasdienio ir proginio dėvėjimo apranga. Tai yra klasikinės vienspalvės kojinaičės ir taip pat raštuotos spalvingos kojinės. Tai gaminiai, kurie neišsiskiria savo tam tikromis mechaninėmis savybėmis, dažniausiai pasižymi tik blauzdos ilgio variacija ir spalviniais raštais. Šiuo metu vis dažniau atsižvelgiama į komfortui keliamus reikalavimus, tokius kaip: prakaito sugėrimas ir drėgmės išgarinimas, ilgaamžiškumas, patogumas, paviršiaus grifas ir kt., stengiamasi kuo geriau suderinti funkcines, estetines ir mechanines savybes atsižvelgiant į aplinkosaugą.

Apsauginiai drabužiai – suprojektuoti taip, kad apsaugotų nuo aplinkos poveikių, tokių kaip atmosferos, temperatūros, mechaninio, cheminio, biologinio, radiacijos, elektros srovės ir kt. Šios grupės apranga turi atitikti įvairius reikalavimus, priklausomai nuo darbo aplinkoje galimų nepalankių ar grėsmingų aplinkos poveikių. Nepaisant visų keliamų specialių reikalavimų, drabužiai taip pat turi būti ilgaamžiai, atsparūs trinčiams, ultravioletiniams spinduliams, stiprūs, lengvai prižiūrimi, patogūs dėvėti ir kuo mažiau varžantys žmogaus judesius.

Tinkama pėdų apsauga užtikrinama parenkant tinkamus batus ir kojines. Šaltoje aplinkoje kojos apsaugomos dėvint vilnonių, poliamidinių siūlų ar jų mišinių kojines, kurios mezgamos pliušiais ar sluoksniuotinais pynimais. Tai apsaugo nuo sušalimo ir užtikrina higienines savybes. Esant kitoms grėsmingoms aplinkos sąlygoms, galimas apsauginio metalizuoto siūlo, kuris apsaugo nuo galimo mechaninio pažeidimo, įmezgimas kojinaičės blauzdos dalyje.

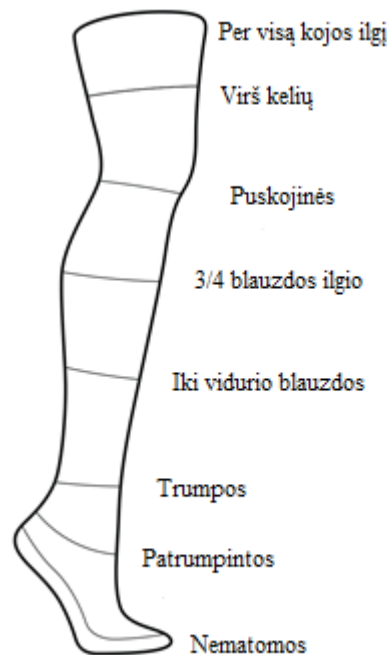
Sportinių gaminių grupei priskiriama ir laisvalaikio apranga, tad tai yra viena iš plačiausiai naudojamų tekstilinių medžiagų asortimento. Nepaisant sporto šakos, sportinė apranga turi atitikti šiuos pagrindinius reikalavimus:

- apsaugos nuo vėjo ir lietaus;
- termoizoliacines savybes;
- garų, prakaito pralaidumo;
- tamprumo.

Sportinė ir laisvalaikio apranga turi pasižymėti apsauga nuo šalčio, vėjo, neperšlapti, garų pralaidumu – prakaito garai turi pereiti į išorinius sluoksnius; tamprumu – priglusti, bet nevaržyti judesių. Visa tai taikoma ne tik drabužiams, tačiau ir sportinėms kojinitėms.

Priklausomai nuo sporto šakos, kojinių gaminiai turi atspindėti tam tikras savybes, pavyzdžiui, slidininko kojinitės turėtų sugerti ir išgarinti prakaitą ir kartu būti geras šilumos izoliatorius, bėgiko – gerai sugerama ir transportuojama drėgmė. Tam pasiekti naudojama įvairūs žaliavų mišiniai ir pynimų kombinacijos, atitinkami technologiniai parametrai, apdailos operacijos.

Medicininiai kojinių gaminiai – tai sustiprinti kojinių gaminiai, kurie naudojami įvairioms kojų ligoms, susijusioms su kraujotakos sutrikimais, gydyti bei profilaktikai. Venų ligoms gydyti, sustiprėti po operacijų ar jų visai išvengti naudojamos apspaudžiamosios kojinitės, kurių kojos apspaudimo jėga nėra vienoda per visą gaminio ilgį. Kojos spaudimo didžiausia jėga yra ties kulkšnimi, o kylant į viršų laipsniškai mažėja, dėl to vadinami laipsninės kompresijos gaminiais, kurių konstrukcija ir taikymas išsamiau apžvelgiami tolesniuose skyriuose [6].



1.1 pav. Kojinaičių skirstymas pagal blauzdos ilgį [7]

Pagal [7] blauzdos ilgį kojinitės skirstomos į šias grupes (1.1 pav.):

- „Nematomos kojinitės“ – tai pačios trumpiausios kojinitės, dengiančios tik pėdą, kurios įprastai dėvimos bateliuose ar sportiniuose batuose, kai nenorima, jog jos būtų matomos.
- Patrumpintos kojinitės iki kulniuko. Dėl ypatingai trumpos blauzdos dalies jos yra vos matomos arba visai nematomos. Jos taip pat dažnai mėvimos su sportiniais bateliais.
- Kojinitės iki vidurio blauzdos, tai labiausiai paplitęs ilgis. Įprastai jos skirtos kasdieniam dėvėjimui.

- Puskojinės – tai kojinaitės, kurių blauzdos ilgis siekia kelius.
- $\frac{3}{4}$ ilgio kojinės, kartais vadinamos „žvejo kojinėmis“, kurių ilgis yra virš kelio, derinamos tiek prie darbo kostiumų, tiek ir prie kasdienės aprangos, esant vėsesniam orui arba tiesiog norint pabrėžti kojų formas.
- Kojinės per visą kojos ilgį. Jos dažnai ties krašteliu yra padengiamos įvairiais polimerais, kad nenusmuktų.
- Pėdkelnės – tai gaminys nuo pirštų iki pat juosmens. Gali būti moteriškos, vaikiškos ir vyriškos.

1.2. Kojinaičių mezgimo technologijos ypatumai

Kojinaitės pagal asortimentą yra skirstomos į vaikiškas, vyriškas ir moteriškas. Gali būti lygios ir raštuotos. Raštuotos kojinaitės gali būti mezgamos dviejų ir vieno cilindro kojinių automatais, kurių cilindro skersmuo priklauso nuo kojinaičių paskirties: vyriškoms kojinaitėms naudojama nuo 3 $\frac{3}{4}$ " iki 4" angliškųjų colių, moteriškoms 3 $\frac{1}{2}$ "–4 $\frac{1}{2}$ ", vaikiškoms 2 $\frac{1}{2}$ "–3 $\frac{1}{2}$ " skersmens cilindrai. Mezgimo mašinos klasė gali būti nuo 3E iki 20E. Įprastai kojinių gaminiai, kurie mezgami vieno cilindro kojinių automatais, yra mažiau tāsūs už gaminius, numegztus dviejų cilindrų kojinių automatais [5, 6].

Mezgant kojinaites, svarbu sudaryti neirstantį ir nesiriečiantį kraštelį. Specialiosios paskirties kojinių gaminiams keliam papildomi reikalavimai.

Yra tokios pagrindinės kojinių gaminių kraštelių rūšys: viengubieji ir dvigubieji, priklausomai nuo kojinių automato adatinių skaičiaus ir naudojamų pynimų grupių. Kojinių automatai pagal adatinių skaičių skirstomi [8] į:

1. Vienos adatinės:

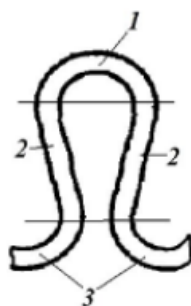
- Dešininiai-kairiniai (*DK*).

2. Dviejų adatinių:

- Abipus dešininiai (*DD*).
- Abipus kairiniai (*KK*).

Viengubieji pynimai sudaromi vienos adatinės mezgimo mašinomis (pynimo skerspūvyje matomas vienas sluoksnis). Jie visada būna *DK*, tai reiškia, kad dešininėje mezginio pusėje matomos kilpų tiesiosios dalys, o kairinėje – kilpų adatų ir platinų lankai (kilpos sandaros elementai pateikti 1.2 pav.).

Dvigubieji pynimai mezgami dviem adatinėmis. Mezginio skerspūvyje matomi du sluoksniai. Šie mezginiai gali būti *DD* arba *KK*. Abipus dešininio mezginio abiejose pusėse matomos kilpų tiesiosios dalys. Abipus kairiniu pynimu megztuose mezginiuose abiejose pusėse matomos paeiliui besikartojančios dešinių ir kairinių kilpų eilutės. Dešinine laikoma ta mezginio pusė, kurioje matomos kilpų tiesiosios, kairine, kurioje matomi platinų ir adatų lankai [8].



1.2 pav. Kilpos sandara: 1 – adatos lankas, 2 – tiesiosios dalys, 3 – platinos lankas [8]

Lygiuoju skersiniu pynimu megztas gaminys riečiasi tiek stulpelių, tiek ir eilučių kryptimis. Norint išvengti nepageidaujamo kraštelio rietimosi, vienos adatinės kojinių automatuose mezgama lastiko imitacija pamušalinio pynimo pagrindu arba dvilinkas kraštelis, kilpas perkeliant ant specialių kraštavimo kabliukų [4]. Šio tipo kraštelių išvaizda skiriasi tuo, kad gaunamas dvilinkos medžiagos sluoksnis kraštelio srityje. Prakirpto kraštelio vaizdas pateikiamas žemiau, 1.3 pav.



1.3 pav. Dvilinko kraštelio pavyzdys [9]

Vienos adatinės kojinių automatu mezgamas viengubasis kraštelis paprastai gaunamas nespaudžiantis, su šiek tiek užsiritusiais kraštu 1.4 pav.



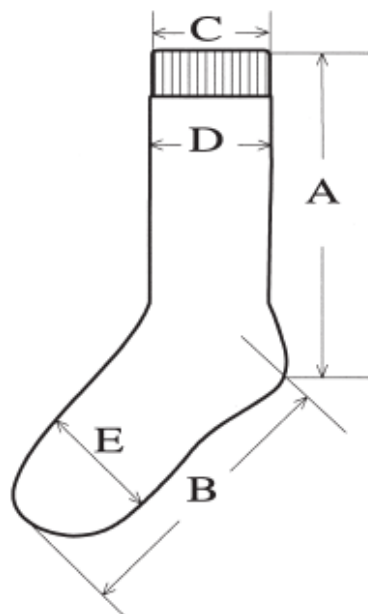
1.4 pav. Viena adatine mezgto nespaudžiančio kraštelio vaizdas [10]

Mezgant dviejų cilindrų kojinių automatu gaunamas dvigubasis kraštelis, kuris dažniausiai sudaromas lastikiniu pynimu 1+1. Pirmasis pagrindo siūlas klojamas ant apatinio ir viršutinio cilindro adatų drauge su elastomeriniu siūlu. Antrosios eilutės siūlas klojamas tik ant apatinio cilindro adatų, o mezgant kitas kraštelio dalies eilutes elastomerinis siūlas klojamas kaip ataudas [4]. Mezgant lastikiniu pynimu matomi ryškūs dešiniųjų kilpų stulpeliai vienoje ir kitoje mezginio pusėje. Raštuotos kojinitės, mezgtos dviejų cilindrų kojinių automatu, vaizdas pateiktas 1.5 pav.



1.5 pav. Dviejų cilindrų kojinių automatu numezgto kraštelio pavyzdys [11]

Kojinių gaminio struktūrą sudaro (žr. 1.6 pav.) blauzdos dalis – *A*, pėda – *B*, kulnas tarp *A* ir *B* dalių, kraštelis – *C*, pirštai – *E* [12].



1.6 pav. Kojinių gaminio konstrukcija: *A*, *D* – blauzdos dalis, *B* – pėda, *C* – kraštelis, *E* – pirštų dalis [12]

Kojinių gaminiai mezgami iš įvairios pluoštinės sudėties siūlų ir jų derinių, įvairiais pynimais ir įvairaus tankumo. Pagal gaminių paskirtį ir siekiamas savybes parenkama tinkama žaliava, pynimas, mezgimo įrenginys.

Žmonės, dėvėdami bet kurios paskirties drabužius, nori jaustis komfortiškai ir nesvarbu, ar tai viršutinis drabužis, ar tiesiog kojinės, kurių svarbos dažnai nesureikšminame. Drabužiai gali suteikti patogumo jausmą – laisvę judesių amplitudei, komforto pojūtį, taip pat gali užtikrinti arba padėti reguliuoti organizmo termoreguliaciją. Kūno judėjimo kokybė yra susijusi su tekstilinio gaminio konstrukcija ir savybėmis, o kūno temperatūros reguliavimas susijęs su garų, oro ir šilumos perdavimu per tekstilinį gaminį [13].

Vienos svarbiausių medžiagos savybių – vandens transportavimas, prakaito sugėrimas ir išgarinimas, laidumas orui, šiluminės savybės, atsparumas dėvėjimui, antimikrobinės savybės. Tai priklauso nuo gamybos būdo, pynimo, naudojamos apdailos bei pluoštinės sudėties. Tik parinkus tinkamas žaliavines medžiagas galima gauti reikiamas savybes [6].

Lyginant medvilninius, modalinius, viskozinius, mikro-modalinius, bambukinius, chitozaninius ir sojos pupelių kojinių gaminius pastebėta, kad laidumo orui savybės geriausios mikro-modalinių ir modalinių gaminių, drėgmės išgarinimo ir šilumos atsparumo savybės – gaminių, pagamintų iš chitozано pluošto. Be to, galima daryti išvadą, kad chitozaniniai, modaliniai ir viskoziniai gaminiai gali pasižymėti geresnėmis savybėmis, jei naudojami su kitų pluoštų mišiniais [13]. Lyginant jūros dumblių pluoštą *Seacell* ir bambuko pluoštą, tyrimo rezultatai parodė, kad kojinės su *Seacell* pasižymėjo žymiai geresniu rezultatu nei kiti pavyzdžiai, o bambuko pluošto savybės vienos blogiausių. Atitinkamai buvo padaryta išvada, kad kojinės iš *Seacell* gali būti geras pasirinkimas, jei žmonės turi pėdos problemų, pavyzdžiui, grybelį [14].

Atliekant nuotrynų, raumenų disfunkcijos išvengimo tyrimus, dažniausiai jie yra taikomi avalynei, tačiau šiuo metu kojinės vertinamos ir šiuo aspektu. Profesionaliam sportui yra kuriamas batų-kojinių kompleksas, kuriuo siekiama sumažinti drėgmės kaupimąsi, odos nutrynimus ir raumenų nuovargio

mažinimą [15]. Tuo naudojasi ne tik profesionalūs sportininkai, bet ir mėgėjai, siekiantys rūpintis savo fizine savijauta.

Viena labai svarbi kojinių gaminių savybė – tinkamai parinkta gaminio kraštelio kompresija. Mezgant kraštelį, drauge su pagrindo siūlu yra klojamas ir elastomerinis siūlas, kuris suteikia krašteliai tįsumą, tamprumą. Kojinių krašteliui turi būti tokios konstrukcijos, kad per daug nespautų ir nebūtų per laisvas, nes tokiu atveju gaminys smuktų. Gaminio kompresijos pasiskirstymas priklauso nuo kūno formų, naudojamos žaliavos tipo ir medžiagos konstrukcijos [16]. Nustatyta optimali kojinių kraštelio kompresijos variacija vyriškam asortimentui. Ji siekia $2,02 \pm 0,29$ kPa, o jeigu siekia 2,58 kPa ir daugiau, į blauzdą generuojama kompresija yra per didelė [17, 18]. Per didelė kraštelio kompresija kojai yra pavojinga, ypač kūdikiams, vyresnio amžiaus, nejudraus gyvenimo būdo žmonėms bei žmonėms, kenčiantiems nuo venų ligų, diabeto ir kitų susirgimų. Kadangi kraštelio aukštis paprastai yra nedidelis (siekia keletą centimetrų), per didelės kompresijos krašteliui sutrikdo kraujotaką atitinkamoje blauzdos atkarpoje, o tai dar labiau apsunkina esančias ligas arba išprovokuoja kraujotakos sutrikimus.

1.3. Kompresiniai gaminiai

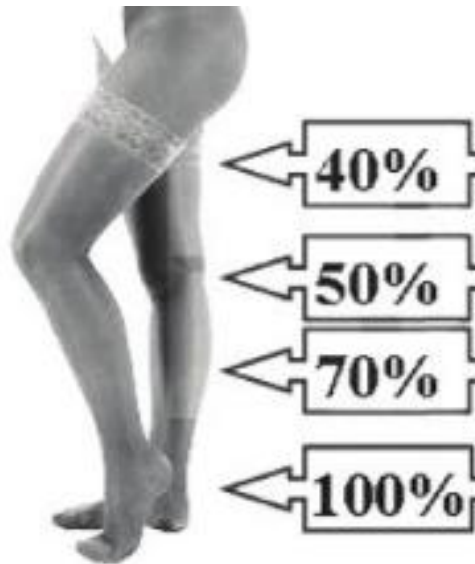
Kompresinių gaminių savybės priklauso nuo šių parametru [19]:

- siūlų pluoštinės sudėties ir ilginio tankio;
- mezginio struktūros – rašto ir elastomerinių siūlų įterpimo tankio;
- gamybos proceso – naudojamų mezgimo įrenginio parametru bei apdailos operacijų.

Tam, kad megztas gaminys generuotų kompresiją į galūnę, mezginio struktūroje įprastai naudojami elastomeriniai siūlai (naudojant sluoksniuotinį arba ataudinį pynimus), o gaunamoms kompresinėms savybėms didžiausią įtaką turi elastomerinių siūlų konstrukcija, t. y., šerdinio komponento (dažniausiai poliuretano PU) ilginis tankis ir apvejančiųjų siūlų (poliamidinių, medvilninių, viskozinių ir kt.) žaliava bei ilginis tankis [19, 20, 21].

Kompresinės kojinės, kurios yra skirtos venų varikozės profilaktikai arba gydymui, turi pasižymėti laipsnine kompresija (skirtingoje kojos vietoje laipsniškai mažėjantis kompresijos dydis). 1.7 paveiksle parodyta, kad kompresija aukščiausioje kojos vietoje sudaro 40 %, ties kelio sąnariu – 50 %, blauzdos dalyje 70 % generuojamos kompresijos, o didžiausia 100 % – čiurnos dalyje.

Esant per didelei kompresijai, galimi kraujotakos sutrikdymai, lėtesnis gijimo procesas ar net ilgesnis potrauminio gydymo laikotarpis [22].



1.7 pav. Laipsniškas kompresijos pasiskirstymas [22]

Kompresinių gaminių medžiagos pasižymi didesniu tamprumu, yra tvirtesnės, standesnės bei pasižymi geresniu matmenų stabilumu [23]. Svarbiausia tinkamą kompresiją parinkti pagal gaminio paskirtį.

Vienas iš galimų metodų kompresinėms savybėms įvertinti – tempimas. Šio proceso metu yra įvertinamas tempiamasis verpalų pailgėjimo matas. Tvirtesni siūlai yra sunkiau ištempiami ir todėl pasižymi didesniu suspaudimu. Didesnis apspaudimo lygis pasiekiamas didinant šerdinio elastomerinio siūlų komponento ilginį tankį, nors taip pat gali būti koreguojami ir apvejantieji verpalai.

Gaminiai su elastanu pasižymi dideliu atsistatymo lygiu, matmenų stabilumu bei nesudėtinga priežiūra. Kompresinės savybės yra tiesiogiai susijusios su elastomerinio siūlo šerdies verpalų ir jo komponentų parametrais [24, 25].

Elastinė relaksacija yra svarbiausias kompresinių drabužių veikimo rodiklis. Kai audinys yra ištemptas iki lygio, kuris mažesnis už jo trūkimo jėgą, ir tada jam leidžiama atsigauti, audinys paprastai iš karto negrįžta į pradinę formą. Gaminų elastingumas priklauso nuo naudojamos tempimo jėgos dydžio, tempimo laiko ir laiko, per kurį leidžiama medžiagai atsigauti.

Audinio nuovargis atsiranda, kai audinys yra pakartotinai tempiamas mažesne jėga, negu yra reikalinga defektams atsirasti. Kompresiniams gaminiams liekamasis pailgėjimas turėtų būti kuo mažesnis po patiriamo varginimo. Todėl labai svarbu, kad kompresiniai drabužiai kuo ilgiau išlaikytų tinkamą apspaudimo jėgą, o po pakartotinio dėvėjimo ir skalbimo išlaikytų savo pradinę formą [25].

1.4. Kompresinių kojinių klasifikacija ir taikymas

Kompresinės kojinės yra skirstomos įvairiai. Vienas iš būdų – pagal apspaudimo lygį (mmHg ar kPa, žr. 1 lentelę). Problema ta, kad skirtingos valstybės taiko skirtingą skirstymą į kompresijos klases pagal gaminio generuojamą kompresiją (žr. 1.2 lentelę) [26, 27].

1.1 lentelė. Kompresinių kojinių gaminių suskirstymas į kompresijos klases pagal apspaudimo lygį

Klasė	Spaudimo į galūnę lygis	Slėgis, mmHg
1	silpnas	Iki 20
2	vidutinis	Iki 30
3	didelis	Iki 40
4	labai didelis	>50

Pagal spaudimo į galūnę lygį kompresinės kojinės taip pat yra skirstomos į profilaktines ir gydomasias [27].

- kasdienio dėvėjimo – iki 1,33 kPa (buitinės, sportinės);
- profilaktinės – iki 3,32 kPa (buitinės, medicininės);
- kompensacinės – iki 6,65 kPa (buitinės, sportinės, medicininės);
- kompresinės – iki 13,3 kPa (sportinės, medicininės).

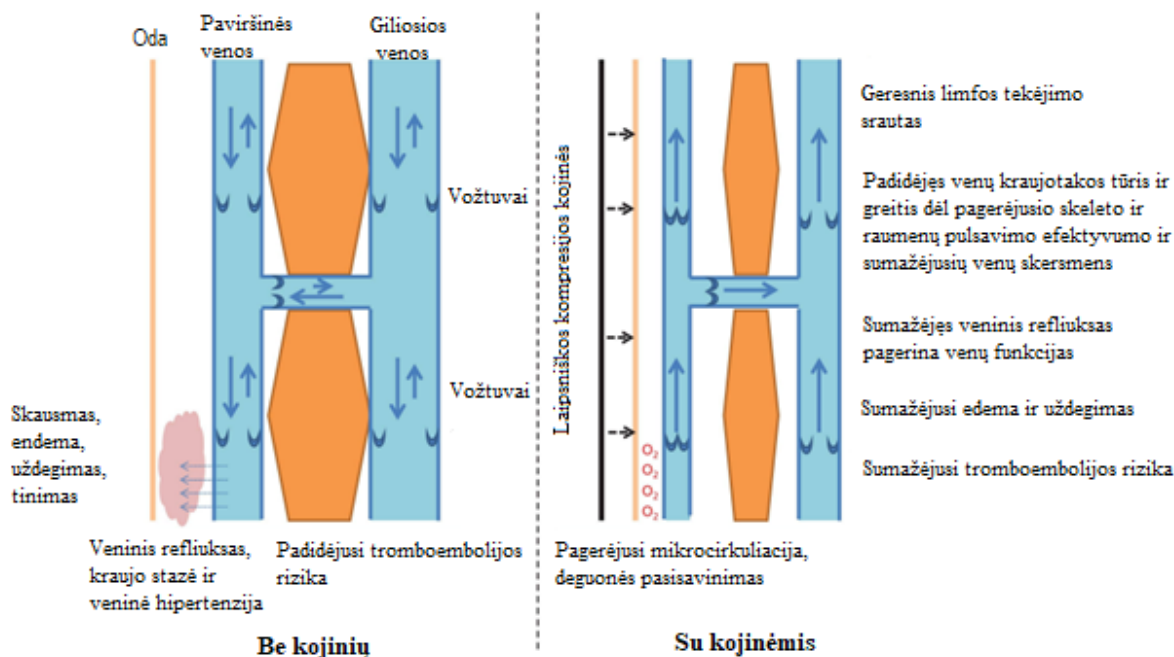
1.2 lentelė. Įvairių šalių standartai ir kompresijos klasės

Standartas	Kompresijos klasė			
	I klasė	II klase	III klasė	IV klasė
Britų standartas	14–17	18–24	25–36	>36
Vokietijos standartas (RAL-GZ-87/1)	18–21	23–32	34–46	>49
Prancūzų standartas (AS-QUAL)	10–15	15–20	20–36	>36
Eksperimentinis Europos standartas (UNI ENV 12179)	15–21	23–32	34–36	>49
JAV standartas	15–20	20–30	30–40	>40

Pirmosios ir antrosios kompresijos klasės gaminiai priskiriami lengvos kompresijos gaminių grupei, trečiosios ir ketvirtosios klasės – stiprios kompresijos gaminių grupei [28]. Pavyzdžiui, lengvos kompresijos kojinės, skirtos profilaktiniais tikslais žmonėms, kuriems tenka ilgai stovėti ar vaikščioti arba turintiems didesnę riziką susirgti venų varikoze [6]. Gaminiai, generuojantys 20–30 mmHg slėgį, rekomenduojami esant paprastiems venų kraujotakos sutrikimams, lengvai edemai, kojų nuovargiui. 30–40 mmHg generuojantys gaminiai – esant vidutinei edemai, stipriai varikozei arba vidutiniam venų nepakankamumu, 40–50 mmHg ir daugiau nei 60 mmHg slėgį generuojantys gaminiai – esant stipriai edemai, venų nepakankamumui, potrombozinei limfinei edemai ar elefantiazei (dramblialigei) [29].

Žmogaus organizme kraujas teka širdies ir kraujagyslių sistema, kuria organizmas aprūpinamas reikalingomis medžiagomis (žr. 1.8 pav.). Kai sulėtėja kraujotaka, raumenys negauna pakankamai deguonies ir kitų medžiagų, taip sumažėja ištvermė, jaučiamas skausmas.

Laipsninė kompresija padeda kraujui tekėti atgal į širdį, kovojant su gravitacijos poveikiu. Laipsninis suspaudimas gerina kraujotaką, aprūpinimą deguonimi, kas pagreitina raumenų atsistatymą, dėl to mažiau jaučiamas raumenų skausmas ir išvengiama mėšlungio [30, 31].



1.8 pav. Kraujo tekėjimas kraujagyslėmis, nedėvint ir dėvint kompresines kojines [31]

Kai didžiausias suspaudimas yra ties kulkšnimi, o suspaudimo laipsnis palaipsniui mažėja, slėgio gradientas užtikrina, kad kraujas tekėtų į širdį, o ne žemyn į pėdą. Naudojant tinkamą laipsninį suspaudimą, sumažinamas pagrindinių venų skersmuo, kuris didina kraujo tėkmės greitį ir debitą. Tęstinis suspaudimas gali pakeisti venų hipertenziją, sustiprinti kraujo tekėjimą, palengvinti venų grąžinimo sistemą ir pagerinti limfos drenažą.

Tyrimas, kuris atliekamas naudojant infraraudonųjų spindulių spektroskopiją, skirtą stebėti audinių oksihemoglobino ir deoksihemoglobino pokyčius, parodė, kad oksigenacija limfmazgiuose padidėja naudojant generuojančias didelį suspaudimą kojines [31]. Taip pat sporto metu sumažinama raumenų vibracija, kurią sukelia smūgių sąlytis su žeme. Ribojant šias vibracijas, sumažėja raumenų pažeidimai, nuovargis, dėl suspaudimo taisyklingsiau atliekami pratimai, kūno judesiai, sumažinama įtampa sąnariams ir sausgyslėms [32, 33].

Sportinės kompresinės kojinės dėvimos esant Achilo sausgyslių pažeidimams, patempimams, raumenų mėšlungiui, po patirtų pažeidimų, sužalojimų, profilaktiškai siekiant išvengti traumų [30].

Kompresinių profilaktinių ir gydomųjų kojinių taikymas [34]:

1. Profilaktinių kojinių kompresija siekia ne daugiau 18 mmHg. Šios grupės kojinės yra rekomenduojamos:
 - Dirbantiems ilgo sėdėjimo ar stovėjimo reikalaujantį darbą (pvz., pardavėjams, kirpėjams, ofiso darbuotojams ir t. t.). Ilgai sėdint nedirba blauzdos raumenys, kraujotaka sulėtėja, todėl jaučiamas kojų sunkumas, nuovargis, skausmas.

- Keliaujantiems (lėktuvu, automobiliu, autobusu). Ilgai trunkančių nuolatinių kelionių metu sutrinka kraujo apytaka kojose. Tai skatina venų ligų atsiradimą.
 - Nėščiosioms. Nėštumas – vienas didesnių faktorių venų ligoms atsirasti, kadangi jo metu pasikeičia kraujo tūris bei sudėtis moters organizme, sumažėja kraujagyslių elastingumas, pablogėja kraujotaka dėl vis didėjančio vaisiaus svorio, taip pat didėja apkrova kojoms dėl augančio būsimos mamytės svorio.
2. Gydomosios paskirties kojinaičių kompresija siekia nuo 18 iki 49 mmHg. Gydomosios kompresinės kojinės ties čiuurna yra stipresnio suspaudimo nei profilaktinės. Gydomosios kompresinės kojinės yra naudojamos tiek profilaktikai padidintą riziką turintiems žmonėms, tiek gydymui po operacijų. Pati silpniausia (1-oji) gydomųjų kojinių klasė yra rekomenduojama kaip profilaktinė priemonė padidintą riziką turintiems žmonėms. Stipresnės kompresinės klasės gaminiai yra skiriami gydytojo.

1.5. Ligos, susijusios su kraujotakos sutrikimais

Sutrikusi kraujotakos sistema gali sukelti įvairių ligų. Šioms išvengti arba simptomams palengvinti naudojami įvairūs kompresiniai gaminiai: kojinės, blauzdų/rankų movos, pėdkelnės, taip pat gali būti įtvarai, tvarsčiai, viso kūno apranga ir kt. Kaip jau minėta anksčiau, kompresiniai gaminiai pagerina kraujo tėkmę, sumažina galūnių skausmą ir patinimą. Taip pat sumažina riziką susirgti giliųjų venų tromboze (GVT) ir kitomis kraujotakos sutrikimo ligomis.

Medicinos srityje gaminiai naudojami ne tik siekiant pagreitinti varikozės gijimo procesus, išvengti giliųjų venų trombozės ar tiesiog žemam kraujo spaudimui padidinti, raumenų tinimui ir skausmui mažinti, bet taip pat taikoma ir gydant nudegimus. Be medicinos, taip pat taikoma ir sporto, kūno formavimo tikslais [25, 35, 36, 23, 37, 38]. Jungtinėse Amerikos Valstijose apytikriai 23 % suaugusiųjų serga venų varikoze, 6 % – lėtine venų liga (chronic – CVD), įskaitant odos pokyčius, venų opas. Anksčiau venų varikozė buvo laikoma tik kosmetine problema, tačiau ji dažnai sukelia diskomfortą, skausmą, negalios ir sveikatos kokybės pablogėjimą, sunkios CVD galimos pasekmės – galūnių praradimas [39, 40, 41]. Kojų tinimo priežastis gali būti limfinė edema. Tai liga, kuria sergant poodyje esanti limfa cirkuliacijos metu iš kojų per limfinius takus neišteka, o juose kaupiasi.

Venų varikozė – kojų venų išsiplėtimas, sukeliamas venų vožtuvų nesandarumo. Jaučiami simptomai [42, 43]: išsiplėtusios kojų venos; sunkumas, tempimo jausmas kojose; skausmas ilgai pastovėjus ar sėdint; patinimas dienos pabaigoje, mėšlungis naktimis; sunkiai gyjančių opų atsiradimas.

Kita liga – venų trombozė. Tai procesas, kurio metu venos yra užkemšamos trombu, sutrinka veninio kraujo tekėjimas. Jaučiami simptomai: galūnių skausmai, sunkumas, niežėjimas, tinimas, pamėlynnavimas, taip pat išsiplėtusios venos. Profilaktikai taip pat rekomenduojama judėjimas ir kompresinių kojinių dėvėjimas [43].

Rekomenduojamas suspaudimo slėgis esant venų varikozei (GVT), po trombozės operacijos – nuo 30 iki 40 mmHg [44, 45], esant limfedemai – 40–50 mmHg, esant lengviems venų ligų simptomams – 10–20 mmHg [38].

1.6. Kompresinių kojinių dėvėjimo įtaka sportiniams rezultatams

Nemažą dalį sportininkų – profesionalų ir ne tik – galima pamatyti dėvint kompresines sportines kojines, kojų ir rankų movas. Daugelis dėvi kompresinius gaminius, norėdami pasiekti geresnių

sportinių rezultatų, išvengti rimtų sveikatos sutrikimų, traumų [32, 46]. Tačiau ar šios priemonės iš tiesų padeda gerinti sportinius rezultatus, greičiau atstatyti fizinę savijautą, ar tai tik iš piršto laužti teiginiai, toliau bus apžvelgta analizuojant jau atliktus tyrimus ir publikuotus straipsnius.

Nagrinėjant 2013 m. Olandijoje atliktus tyrimus, kurių tikslas buvo įvertinti kompresinių kojinių – blauzdinių įtaką realiems sportiniams rezultatams, esant laipsniškam suspaudimo efektui kojinese, buvo surinkti bėgikų atsiliepimai pratimų metu ir po jo. Tyrimams naudota 3 kompresijos klasės (25–35 mmHg) kompresinės kojinės. GCS (graduated compression stockings) trukdė kojos apimties padidėjimui po pratimų, t. y., neleido kojoms tinti. Tačiau rezultatų praktinės reikšmės tyrėjai nenustatė, nurodė, kad tam reikia atlikti tolimesnius tyrimus [29]. Nors autoriai teigia, kad rezultatai nebuvo esminiai, tačiau bent jau vienas poveikis tikrai buvo – stabdė kojų tinimą.

Kojų tinimo stabdymas pastebėtas ne vieno tyrėjo, tai aprašoma ir kitame straipsnyje [47]. Jame taip pat įrodyta, kad kompresiniai gaminiai pagreitina raumenų funkcijos atsigavimą, taip pat akivaizdai nauda fizinės galios ir stiprumo rezultatams. Rezultatai labiausiai pastebimi praėjus 72 valandoms po pratybų.

2010 m. atliktuose kompresinių kojinių dėvėjimo tyrimuose buvo tiriami respondentų fiziologiniai parametrai greitojo bėgimo metu. Šio tyrimo tikslas – įrodyti, ar yra kokias nors dėvimų kompresinių kojinių nauda bėgikams [48]. Tyrimai atlikti naudojant skirtingos kompresijos klasių priemones, taip siekiant įvertinti kiekvienos jų poveikį bėgikui. Po atliktų tyrimų pastebėta, kad dėvėdami laipsninio apspaudimo kojines greitojo bėgimo metu, bėgikai negavo jokios papildomos naudos raumenims. Nepakito širdies dažnis, deguonies perdavimas ar fiziniai parametrai (šuolio aukštis). Nors bandymo parametrai bėgimo takeliu buvo parinkti ganėtinai fiziškai sunkūs, kūnui sukelti pakankamai streso, tačiau dalyviams nebuvo sudėtinga atgauti jėgas per ateinančias 24 valandas. Sportiniai rezultatai nepakito, tačiau tyrime dalyvavusiems bėgikams labiau patiko žemos kompresinės klasės kojinės (4–12 mmHg) ir šie teigė, kad aukštos suspaudimo klasės GCS (23–32 mmHg) kėlė diskomfortą [49, 50]. Ganėtinai greitai sportininkų atsigavimai po didelio fizinio krūvio rodo, kad kompresinių gaminių įtaka buvo, nors ir nežymi [50, 47, 33].

Kitokie tyrimai nagrinėti *Springer-Verlag GmbH* 2013 m. paskelbtuose tyrimuose, kurių siekis iširti kompresinių kojinių veiksmingumą, norint sumažinti ar visiškai išvengti raumenų pažeidimų ir išlaikyti ilgesnį laiką raumenų efektyvumą per triatlono varžybas [51]. Triatlonas – sporto šaka, jungianti tris rungtis: plaukimą, važiavimą dviračiu bei bėgimą. Tyrimuose dalyvavo 36 triatlono varžybų dalyviai. 19 iš jų dėvėjo kompresines kojines, o 17 dėvėjo įprastas kojines – tai buvo kontrolinė grupė. Buvo analizuojamas pašokimo aukštis prieš varžybas ir po jų kiekvienoje tyrimų grupėje, įvertinama kūno temperatūra, kūno masė, plaukimo, važiavimo dviračiu, bėgimo greitis, kraujo ir elektrolitų koncentracija kraujyje, pašokimo aukštis, raumenų jėga, deguonies įsisavinimas. Pastebėta, kad tik kraujo osmoliacija buvo reikšmingai didesnė kompresines kojines dėvėjusiųjų grupėje lyginant su kontroline grupe. Taip pat pastebimas minimalus kūno skysčių trūkumas lenktynių metu, bet be pastebimų fiziologinių pasekmių tai galėjo nutikti dėl skysčio pašalinimo prakaitavimo metu. Tyrėjai išvadose teigia, kad dėvint kompresines kojines varžybų rezultatai nebuvo geresni ir neužkirstas kelias sumažinti raumenų funkcijų disfunkcijoms triatlono varžybų metu.

Kitame straipsnyje randama, kad CG yra rekomenduojami bėgimui, nes pagerina raumenų funkciją. Išvados rodo, kad apatinių galūnių papildomas spaudimas galimai veiksmingai padidina raumenų efektyvumą ir tai gali būti naudinga siekiant išvengti raumenų nuovargio bėgimo metu [52].

Kiti tyrėjai teigia, kad kompresiniai gaminiai gali pagerinti sprintą 2 s [53]. Siekiant pagerinti sportinius rezultatus, rekomenduojamas slėgis kojai – 30–40 mmHg, tačiau rekomenduojama neviršyti 40 mmHg ir taip pat teigiama, kad dėvint 10 mmHg jokio papildomo rezultato neduoda [54].

1.7. Šlapios apdailos procesų įtaka santraukai

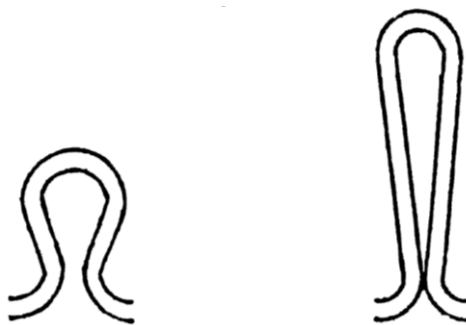
Tekstiliniai gaminiai gamybos procese ir dėvint yra apdorojami šlapiosios apdailos operacijomis, pvz., skalbimu, po kurių įprastai pakinta gaminio struktūriniai rodikliai ir matmenys. Šlapios apdailos metu skersiniai mezginiai dažniausiai susitraukia. Pagrindines susitraukimo priežastis lemia daugybė veiksnių: megztinių struktūrų sudėtingumas, žaliavos savybės, kilpos ilgis, naudojamų siūlų sukris, mezgimo metu siūlams suteikiama įraža, mezgimo mašinos klasė ir mezginio tankumas, skalbimo ir džiovavimo metodai [55]. Gaminiam iš celiuliozinių pluoštų siūlų gana didelę įtaką matmenų pokyčiams turintys veiksniai yra siūlų išbrinkimas ir vidinių įtempių relaksavimas, kurie susidaro mezgimo proceso metu [56].

Pati sąvoka „santrauka“ apibrėžiama kaip tekstilinio gaminio matmenų pokytis. Šis matmenų pokytis gali būti teigiamas (pailgėjimas) arba neigiamas (sutrumpėjimas) gaminio ilgio ir pločio atžvilgiu.

Santraukos priežastys gali būti suskirstytos į dvi skirtingas rūšis: struktūrinės ir apdailos operacijos. Tai reiškia, kad santraukai įtakos turi ne tik mezginio konstrukcijos parametrai, bet taip pat įtakos turi ir visų apdirbimo operacijų metu įrenginiuose naudojamos jėgos. Struktūrinė santrauka apibrėžiama kaip medžiagos matmenų pokyčio dydis, pagrįstas vien tik konstrukcijos pokyčiais. Ši santrauka įvertinama iš karto po mezgimo operacijos, bet dar prieš vėlesnius apdailos procesus. Visi apdirbimo etapai, tokie kaip: dažymo ar apdailos operacijos, drabužių gamybos eigoje vienaip ar kitaip veikia gaminio matmenis. Šios naudojamos operacijos sukelia papildomą gaminio matmenų pokytį, kuris gali būti apibrėžiamas kaip apdailos operacijų metu atsirandantis matmenų pokytis. Tai iš esmės pakeičia medžiagos konstrukcinę santrauką – ją papildoma arba visiškai panaikina.

Apdailos metu mezginys gali būti papildomai ištemptas arba sutrauktas tiek ilgio, tiek pločio kryptimis. Šlapios apdailos metu paprastai medžiaga ištįsta ilgyn, o iš pločio susitraukia. Dalis šios santraukos yra elastinė ir gali būti lengvai atstatoma, tačiau tam tikra matmenų pokyčio dalis negali būti atstatyta, nes buvo viršytos medžiagos elastingumo ribos.

Elastinė santrauka apibrėžiama kaip mezginio matmenų pokytis dėl jo gebėjimo relaksuoti nuo įtempių, patirtų mezgimo ar kitų operacijų metu. Mezgimo metu atsiradusi elastinė santrauka gali būti konstrukcinės santraukos dalimi ar transportavimo nuo vieno įrenginio prie kito metu patirtų tempimo jėgų dalimi.



1.9 pav. Kilpos forma kairėje – atsipalaidavusios, dešinėje – ištemptos

Mezgimo proceso metu siūlai, iš kurių sudarytas mezginys, patiria įvairius įtempimus. Dėl šių priežasčių žaliavinis mezginys, palaikomas ant mezgimo mašinos adatų, yra labiau ištemptas nei atsigulėjęs po relaksacijos – kilpos vaizdas pateiktas 1.9 pav. Po mezginio išėmimo iš mezgimo mašinos, jis turi mažiausiai 24 valandas atsigulėti, kad išnyktų vidinėje struktūroje susidarę įtampiai. Dėl relaksacinių pokyčių įvyksta formos, matmenų pokyčiai [57].

Skirtingos žaliavos gaminiai pasižymi skirtinga reakcija į drėgmės ir temperatūros poveikį. Vieni matmenis pakeičia daugiau (labiau susitraukia), kiti beveik nereaguoja. Drėgmė ir temperatūra – tai vienas iš galimų santrauką nulemiančių faktorių [57, 58].

Svarbu, kad gaminiai su elastomeriniais siūlais po skalbimo išlaikytų numatytus matmenis ir mechaninius parametrus kuo ilgesnį laiką. Tai priklauso nuo naudojamų plovimo metu režimų: temperatūros, vandens kietumo, mechaninių poveikių. Nustatyta mokslininkų, kad plovimas medvilnės su įterptais elastomeriniais siūlais turi įtakos medžiagų kilpos ilgio pokyčiui. Pokytis taip pat priklauso nuo elastomerinių siūlų kiekio panaudojimo [59]. Šiame tyrime nustatyta, kad skalbimo laikas turi didžiulę įtaką susitraukimo rezultatams, ilgesnė apdorojimo proceso trukmė lemia atitinkamai didesnius matmenų susitraukimus. Po pirmojo skalbimo ciklo pastebimi didžiausi pokyčiai – padidėja mezginio tankumas ir kompresinės savybės.

1.8. Literatūros apžvalgos apibendrinimas

Kojinių gaminiai dėvimi labai dažnai ir yra įvairios paskirties – šildo, apsaugo, gydo, puošia. Projektuojant naujus gaminius, pirmiausia atsižvelgiama į gaminio panaudojimo sritį, tada projektuojamos reikiamos savybės, konstrukcija, parenkama žaliava, mezgimo įranga, apdailos procesai.

Nuo gaminio paskirties priklauso labai svarbi kojinių gaminių savybė – viso gaminio arba tik gaminio kraštelio į koją generuojama apspaudimo jėga. Kasdieninėms kojinėms ji parenkama tokia, kad kojinitė nesmuktų nuo blauzdos, bet ir per daug nespautų kojos, nes tokiu atveju gali sutrikdyti kraujotaką. Esant kraujotakos sutrikimams gali išsivystyti įvairios nepageidaujamos ligos, tokios kaip venų varikozė, edema ir pan. Jos yra ne tik kosmetinė problema, bet gali baigtis ir galūnių netekimu. Vienas iš prevencijos būdų – tinkamos kompresijos kojinių dėvėjimas. Kompresinės kojinės taip pat dėvimos besilaukiančiųjų, ilgai dirbančių stovimą ar sėdimą darbą, tai siejama su kraujotakos sutrikimų rizika, tačiau gali būti dėvima ne tik medicininiais tikslais, bet ir siekiant pagerinti sportinius rezultatus, palengvinti raumenų atsigavimą po treniruočių bei traumų rizikai sumažinti.

Kojinės kraštelio į koją generuojama kompresija priklauso nuo pynimo, kraštelio užimamo ploto, mezginio tankumo, ataudinio elastomerinio siūlo, klojamo kraštelio struktūroje, savybių bei pradinės įrašos mezgimo metu. Pynimai gali būti įvairūs, populiariausi: lastikinis, lastiko imitacija, presinis. Elastomerinis ataudinis siūlas gali būti klojamas kaip ataudinis (dažniausiai) arba kaip pagrindo sluoksniuotiniame pynime. Kadangi elastomerinis siūlas yra tąsus, jo tiekimas į mezgimo zoną turi būti priverstinis ir griežtai kontroliuojamas, tai yra jis tiekiamas su tam tikru pradiniu įtempiu.

Daugkartinis dėvėjimas, drabužių priežiūra taip pat turi įtakos gaminių mechaninėms ir estetinėms savybėms. Viena dažniausių priežiūros operacijų – skalbimas – lemia mezginių struktūros elementų, kilpų relaksacinius ir santraukos procesus. Projektuojant gaminius svarbu parinkti tinkamus stabilizacijos temperatūros ir mechaninius parametrus, kad kojinių gaminiai dėvėjimo metu išlaikytų stabilius matmenis, apspaudimo jėga kuo mažiau sumažėtų, o taip pat atitiktų ir estetinius reikalavimus.

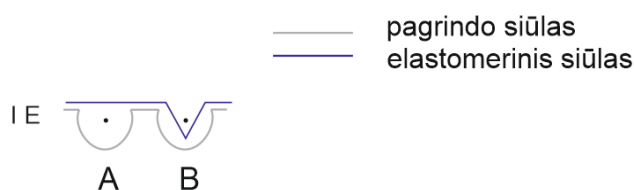
Dėl visų šių priežasčių svarbu, atsižvelgiant į projektuojamo gaminio paskirtį, parinkti tinkamą apspaudimo jėgą, atsižvelgti į galimus gaminio matmenų ir savybių pokyčius po šlapių apdailos operacijų ir relaksacijos procesų.

Apžvelgus su tyrimų tematika susijusius literatūros šaltinius, suformuluotas darbo tikslas bei uždaviniai šiam tikslui pasiekti.

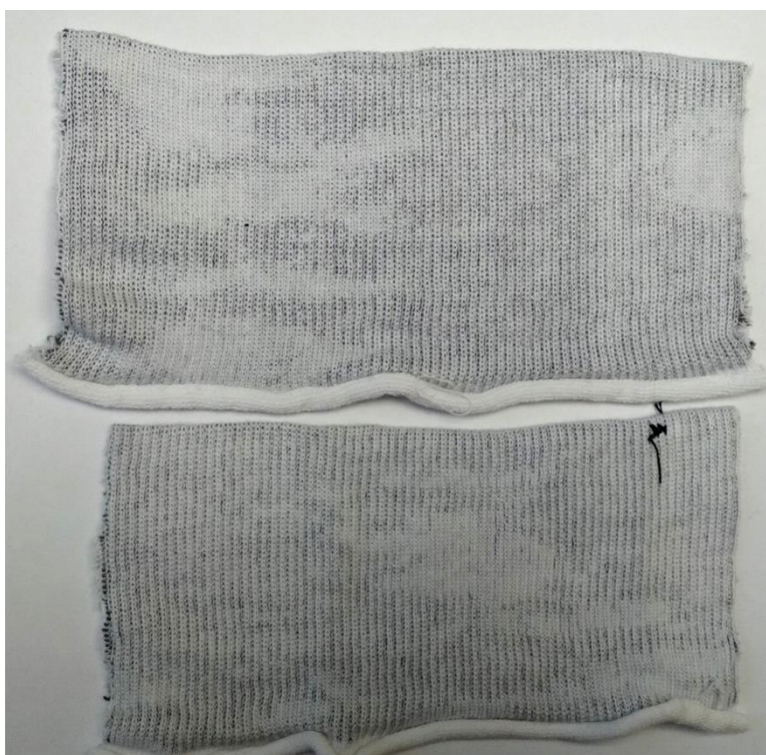
2. Tyrimų objektas ir metodika

2.1. Tyrimo objektas

Kojinių gaminių kraštelio kompresijos tyrimams atlikti buvo suprojektuoti ir lastiko imitacijos pynimu (viengubojo pamušalinio pynimo bazėje) numegzti tiriamieji bandiniai. Pynimas sudarytas iš dviejų paklotų siūlų: iš vieno siūlo (pagrindo) sudarytos pagrindo kilpos, iš kito, pamušalinio siūlo, sudaryti lankai ir tąsos [60]. Pagrindo siūlai visuose bandiniuose vienodi, tai yra medvilniniai verpalai, kurių ilginis tankis – 30 tex. Tyrimams naudoti skirtingi pamušaliniai (elastomeriniai) siūlai, kurie sudaryti iš įvairaus ilginio tankio poliuretaniinio PU šerdinio komponento ir apvejančiųjų siūlų. Vienu elastomerinių siūlų šerdys dvigubai apvytos poliamidiniais PA siūlais, kitų – poliesteriniais PES siūlais. Tiriamųjų bandinių pynimo siūlo klojimo schema pateikta 2.1 pav., o bandinių vaizdas – 2.2 pav.



2.1 pav. Bandinių siūlo klojimo schema



2.2 pav. Bandinių vaizdas

Tiriamieji bandiniai suskirstyti į 4 grupes – PA136, PA120, PA78, PES136, atsižvelgiant į naudojamą elastomerinio siūlo ilginį tankį ir apvejančiojo siūlo pluoštinę sudėtį. Skirtingi mezginių elastomerinio siūlo struktūros parametrų (siūlo ilginio tankio, šerdinio komponento ilginio tankio, apvejančiojo komponento) variantai pateikti 2.1 lentelėje. Kadangi elastomeriniai siūlai į mezgimo

zoną privalomai tiekiami su tam tikru griežtai kontroliuojamu pradiniu įtempiu, mezgimo metu buvo pasirinkti du skirtingi elastomerinio siūlo pradinės įrašos režimai – 5 cN/tex ir 8 cN/tex.

Kiekvienai bandinių grupei pradinio mezgimo metu buvo naudoti trys elastomerinių siūlų variantai, kurių žaliava bei tiek bendras, tiek atskirų komponentų ilginiai tankiai yra vienodi, tačiau yra skirtingų tiekėjų bei spalvų. Po tempimo eksperimento reikšmingo rezultatų skirtumo tarp grupės bandinių nepastebėta. Todėl tolimesnei analizei bandiniai, numegzti iš skirtingų spalvų ir skirtingų tiekėjų elastomerinių siūlų, priskirti kaip visi vienuodūs bandiniai.

Eksperimentiniam darbui numegzta po 30 kiekvienos grupės bandinių. Iš jų pusė (15) stabilizuoti, atliekant pramoninio skalbimo operaciją. Atliekant vienaciklio tempimo ir relaksacijos tyrimą buvo tempama po 9 kiekvienos atskiros grupės bandinius – žaliavinių ir stabilizuotų bandinių.

Eksperimentinėje analizėje lyginami gauti rezultatai tarp PA136, PA120, PA78, PES136 grupių žalių mezginių (apdailos procesais neapdorotų mezginių) ir stabilizuotų mezginių (apdailos proceso metu pašalinti vidiniai įtempiai mezginyje [61]).

2.1 lentelė. Elastomerinio siūlo parametrai

Žymėjimas	Elastomerinis siūlas			Mezgimo įraža, cN/tex
	Bendras ilginis tankis, tex	Šerdinio komponento – PU – ilginis tankis, tex	Apvejančiojo komponento ilginis tankis, tex	
PA136	136	56	7,8	5
PA120	120	45	7,8	8
PA78	78	12	7,8	8
PES136	136	56	7,8	5

Tiriamieji bandiniai numegzti 14E klasės mezgimo mašina Sangiacomo 6 Cus 2V (Italija) kojinių gamybos įmonėje UAB Vegateksa. Įrenginio pagrindinės charakteristikos pateiktos žemiau, 2.2 lentelėje.

2.2 lentelė. Mezgimo mašinos parametrai

Charakteristika	Skaitinė vertė
Mašinos modelis	Sangiacomo 6 Cus 2V
Šalis	Italija
Klasė	14E
Cilindro skersmuo coliais	3 ^{1/2}
Mezgimo sistemų skaičius	1
Adatų skaičius	144
Siūlvedžių skaičius	24

Mezgimo metu buvo kontroliuojama mezgimo įraža, naudojant mechaninį įrašos matavimo prietaisą – tenzometrą, siekiant kiekvienos grupės bandinių elastomerinio siūlo įtempimo vienodumo.

Siekiant užtikrinti kraštelio estetinę išvaizdą ir gaminio kokybę, tikslinga naudoti skirtingą siūlų tiekimo įrąžą, kadangi skirtingo storio ir žaliavos elastomeriniams siūlams reikalingas ir atitinkamai skirtingas įtempimo dydis. Pagal panaudotas įrąžos vertes matoma, kad mažesnio ilginio tankio siūlams reikalinga didesnė mezgimo įrąža (žr. 2.1 lent.). Bandinių PA136 ir PES136 grupėms, kurių mezgimo proceso metu naudoti didesnio ilginio tankio elastomeriniai siūlai, mezgimo įrąža naudota mažesnė – 5 cN/tex. Kitoms PA120 ir PA78 bandinių grupėms naudota didesnė mezgimo įrąža – 8 cN/tex.

2.2. Mezginių struktūros rodiklių nustatymo metodika

Numegzti bandiniai relaksacijai (vidinių įtempimų, atsiradusių mezgimo metu, pašalinimui) buvo laikomi mažiausiai 4 valandas laisvoje nuo įtempimų būsenoje, standartinėmis klimatinėmis sąlygomis pagal standartą (LST EN ISO 139:2005). Pagal šį standartą oro temperatūra $t = (20 \pm 2)^\circ\text{C}$, santykinis oro drėgnis $\varphi = (65 \pm 2) \%$. Po įvykusių vidinių įtempimų relaksacijos buvo matuojami pagrindiniai struktūriniai parametrai – kilpų tankumas, kilpos ilgis.

Sandaros rodikliai nustatomi naudojantis tekstiline lupa, adatėle, žirklutėmis, išmatuojant parametrus penkiose skirtingose atsitiktinai pasirinktose bandinio vietose. Mezginio horizontaliojo P_h ir vertikaliojo P_v tankumo koeficientai nustatyti vienetiniame mezginio ilgio vienete (1 centimetre), atitinkamai stulpelių ir eilučių kryptimis, remiantis LST EN 14971:2006 standartu. Faktinis kilpos ilgis apskaičiuotas išmatavus 20 kilpų siūlo atkarpos ilgį ir padalinus jį iš kilpų skaičiaus.

Apskaičiuotas mezginio paviršinis tankis M , g/m², kuris rodo 1m² mezginio masę [60]:

$$M = 10^{-2} P_h P_v (l_1 T_1 + l_2 T_2) \quad (1)$$

čia P_h – horizontaliojo mezginio tankumo koeficientas, cm⁻¹; P_v – vertikaliojo mezginio tankumo koeficientas, cm⁻¹; l_1 – pagrindo siūlo kilpos ilgis, mm; T_1 – pagrindo siūlo ilginis tankis, tex; l_2 – elastomerinio pamušalinio siūlo kilpos ilgis, mm; T_2 – elastomerinio pamušalinio siūlo ilginis tankis, tex.

2.3. Skalavimo metodika

Mezginių sandaros rodikliai ir matmenys buvo ištirti tiek po mezgimo, tiek po stabilizavimo skalbiant. Stabilizavimo procesas buvo atliktas pramonine skalavimo mašina pagal standartą ISO 6330:2002 (tekstilės bandymų buitinės skalavimo ir džiovavimo procedūros). Režimas pasirinktas atsižvelgiant į rekomendacijas pagal medžiagos žaliavos sudėtį: vandens temperatūra – 40°C, plovimo laikas – 40 min., centrifugavimo dažnis – 500 min⁻¹, džiovavimo būgno temperatūra – 60°C. Skalavimo metu buvo naudojami pramoniniai plovikliai bei minkštinimo agentai.

2.4. Įrąžos relaksacijos tyrimo metodika

Mezginių tempimo charakteristikos nustatytos universalio tempimo mašina – Zwick/Z005 (Vokietija). Tyrimai atlikti remiantis LST EN ISO 13934–1:2000 standartu. Įrenginio vaizdas pateiktas 2.3 pav. Megztų bandinių tempimui naudojami specialūs spaustuvai, kurie yra pritaikyti megztos struktūros bandiniams. Tyrimams atlikti naudojamas 5 kN jėgos daviklis, pasirinktas atstumas tarp spaustuvių – 80 mm (pagal bandinių ilgį), tempimo greitis – 100 mm/min, pradinis įtempis – 2 N. Bandinių įrąžos relaksacija buvo tirta kraštelius ištempus iki 15 % fiksuotos ištisos ir ištempus laikoma 5 min (300 s) relaksacijai.



2.3 pav. Tempimo įrenginys – Zwick/Z005

Relaksacijos metu matuojamos tempimo jėgos vertės naudojant testXpert® programinę įrangą. Duomenys fiksuojami kas 10 s, gauta iš viso 31 vertinimo taškas. Toliau darbe pateikiamos tik vidutinės bandymų metu gautos vertės.

2.5. Kompresijos skaičiavimo metodika

Kraštelio generuojamas slėgis kojai buvo apskaičiuotas pagal adaptuotą Laplace'o formulę [6]:

$$P = \frac{2\pi F}{L_N h}, \text{ Pa} \quad (2)$$

čia F – koją apspaudžianti jėga, N; $L_N \cdot h$ – kraštelių plotas (ilgio ir pločio sandauga), m^2 .

2.6. Statistinių rodiklių skaičiavimo metodika

Atlikus bandymus, toliau buvo analizuojami tyrimų duomenys, atliekant statistinių rodiklių skaičiavimus. Apskaičiuoti rodikliai, tokie kaip: eksperimentinis duomenų vidurkis, standartinis nuokrypis S , absoliutinė atsitiktinė paklaida Δ_a ir kt. Toliau pateikiamos darbe naudojamos formulės ir jų paaiškinimai [62].

Pirmiausia apskaičiuojamas aritmetinis vidurkis, t. y., atliktų bandymų vidutinė savybės vertė, pagal formulę:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (3)$$

čia x_i – i -tojo bandymo rezultato vertė; n – elementariųjų bandymų skaičius.

Bandymų rezultatų sklaida gali būti įvertinama tiek absoliutiniais, tiek ir santykiniais dydžiais. Absoliutinis dydis – vidutinė kvadratinė nuokrypa S :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (4)$$

čia \bar{x} – aritmetinis vidurkis; x_i – i -tojo bandymo rezultato vertė; $n-1$ – laisvės laipsnių skaičius.

Vidutinės kvadratinės nuokrypos kvadrato vertė – dispersija S^2 :

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (5)$$

Absoliutinė atsitiktinė paklaida $\Delta\alpha$:

$$\Delta\alpha = \frac{t_\alpha S}{\sqrt{n}} \cdot 100 \% \quad (6)$$

čia t_α – Stjudento kriterijus, n – elementariųjų bandymų skaičius.

Santykinis rezultatų skaidos dydis – variacijos koeficientas, kuris įvertina rezultatų sklaidą, atsižvelgiant į elementariųjų bandymų skaičių ir vidutinę bandymų vertę:

$$V = \frac{S}{\bar{x}} 100 \% \quad (7)$$

3. Tyrimų rezultatai

Šiame skyriuje aptarti gauti tyrimų rezultatai. Lentelėse pateikiamos tik vidutinės gautų rezultatų vertės.

3.1. Stabilizavimo įtakos mezginio sandaros rodikliams ir matmenims tyrimas

Kaip ir buvo galima tikėtis, po stabilizavimo bandinių kilpų tankumas eilučių ir stulpelių kryptimis pakito, tai yra, dėl įvykusių relaksacijos procesų padidėjo. Vertikalūs kilpų tankumas, priklausomai nuo bandinių grupės, padidėjo nuo 5,1 % iki 9,4 %, o horizontalūs kilpų tankumas padidėjo nuo 5,6 % iki 7,5 %. Elastomerinių siūlų ilgis raporte po stabilizavimo sumažėjo nuo 4,7 % iki 10,7 %. Tuo tarpu pagrindo siūlo kilpos ilgis pakito labai nežymiai, t. y., sumažėjo tik nuo 0,3 % iki 0,7 %, išskyrus vieną bandinių grupę PA120, kurių kilpos ilgis padidėjo 0,3 %. Tačiau šie pokyčiai yra nereikšmingi, todėl akivaizdu, kad kilpų tankumas tiek vertikalia, tiek išilgine kryptimis pakito dėl elastomerinio siūlo ilgio pokyčių stabilizavimo metu. Duomenys pateikti 3.1 ir 3.2 lentelėse.

3.1 lentelė. Pradiniai bandinių duomenys

Bandinys	Kilpos ilgis l_f , mm	Elastomerinio siūlo ilgis l_{fe} , mm	Vertikalūs m. tankumas P_v , cm-1	Horizontalūs m. tankumas P_h , cm-1
PA136	5,85	1,13	9,4	9,0
Δa , %	5,20	2,86	11,30	6,02
PA120	5,76	1,07	9,4	10,0
Δa , %	8,82	3,11	11,98	7,79
PA78	5,72	1,22	9,9	9,4
Δa , %	6,22	7,61	16,19	10,37
PES136	5,84	1,18	9,6	9,0
Δa , %	1,06	3,40	13,97	6,15

3.2 lentelė. Bandinių parametrai po stabilizavimo

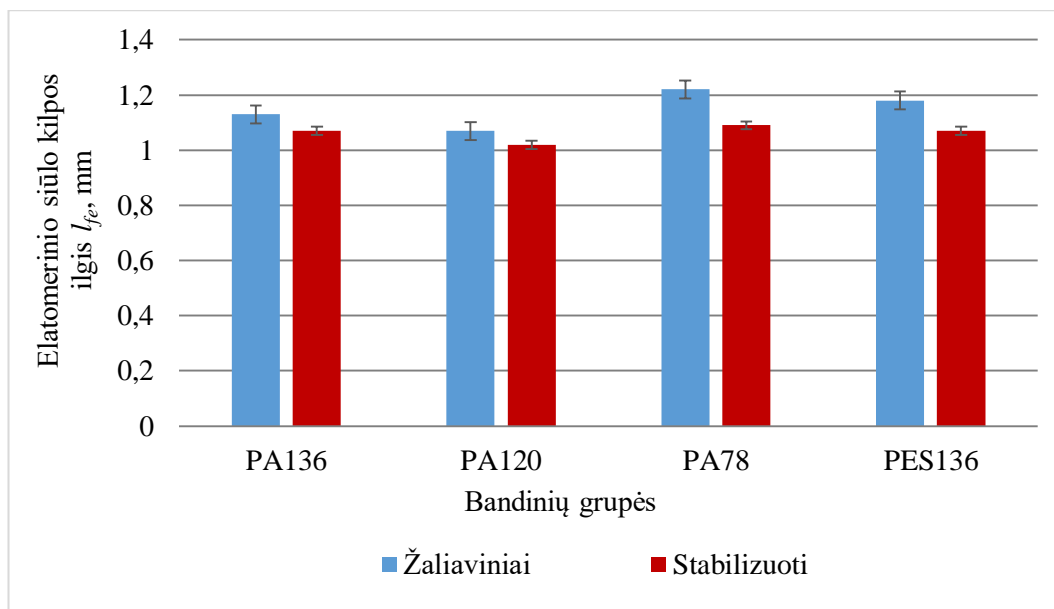
Bandinys	Kilpos ilgis l_f , mm	Elastomerinio siūlo ilgis l_f , mm	Vertikalūs m. tankumas P_v , cm-1	Horizontalūs m. tankumas P_h , cm-1
PA136	5,83	1,07	10,10	9,60
Δa , %	4,70	5,56	20,83	12,14
PA120	5,78	1,02	10,10	10,70
Δa , %	9,22	6,81	15,33	11,17
PA78	5,68	1,09	10,4	10,10
Δa , %	3,40	5,39	19,53	14,07
PES136	5,80	1,07	10,50	9,50
Δa , %	8,11	8,11	18,07	17,55

Kadangi po stabilizavimo pakito mezginių struktūriniai rodikliai, pakito ir visų bandinių grupių matmenys – PA136 grupės bandinių aukštis sumažėjo 5,7 %, plotis – 4,1 %. Didesnė santrauka pastebėta PA120 bandinių grupėje – 9,2 % vertikalia kryptimi ir 5,4 % horizontalia kryptimi. PA78 grupės bandinių pokyčiai gauti tokie: 5,4 % santrauka vertikalia kryptimi ir 7,1 % horizontalia kryptimi, o PES136 grupės bandinių – 8,6 % vertikalia kryptimi ir 4,3 % horizontalia kryptimi. Tad didžiausius kraštelio aukščio pokyčius patyrė PA120, o pločio PA78 grupių bandiniai. Žemiau (3.3 lentelėje) pateikti bandinių matmenų matavimo rezultatai prieš stabilizavimą ir po jo.

3.3 lentelė. Bandinių matmenys po mezgimo ir po stabilizavimo

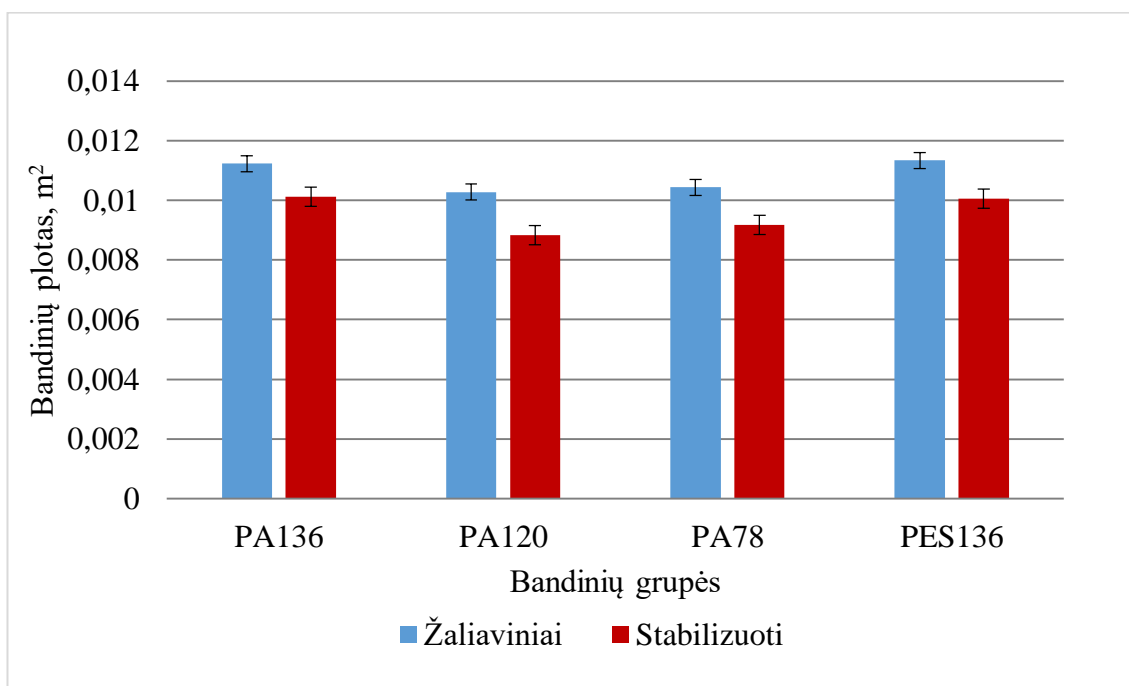
Bandinys	Pradiniai		Stabilizuoti – <i>S</i>	
	Kraštelio aukštis, mm	Kraštelio plotis, mm	Kraštelio aukštis, mm	Kraštelio plotis, mm
PA136	72,00	155,23	67,90	148,90
PA120	72,90	141,00	66,20	133,33
PA78	68,33	152,67	64,67	141,76
PES136	72,33	159,00	66,10	152,20

3.1 paveiksle pateiktas grafinis žaliavos ir stabilizavimo proceso įtakos elastomerinio siūlo ilgiui vaizdas. Po mezgimo elastomerinio siūlo ilgis raporte gautas PA78 grupės bandinių, kurių elastomerinio siūlo ilginis tankis (tiek bendras, tiek šerdinio elemento) buvo mažiausias. Tačiau po stabilizavimo proceso elastomerinio siūlo ilgis skirtingų bandinių grupėse sumažėja, tačiau ir skirtumai tarp atskirų grupių taip pat sumažėja.



3.1 pav. Elastomerinių siūlų kilpos ilgių palyginimas pagal bandinių grupes

3.2 pav. pateiktas grafinis žaliavos ir stabilizavimo proceso įtakos bandinių plotui vaizdas. Kojinės kraštelio plotas turi tiesioginės įtakos kraštelio į koją generuojamai kompresijai.



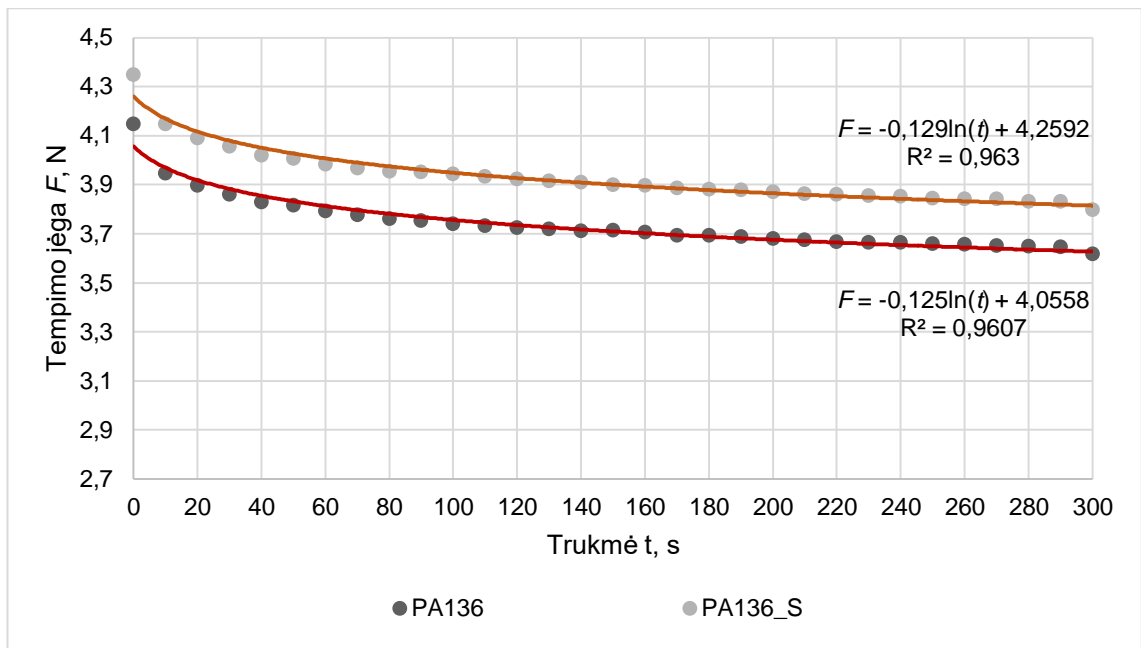
3.2 pav. Elastomerinių siūlų kilpos ilgių palyginimas pagal bandinių grupes

Iš pateiktų rezultatų matyti, kad kraštelio plotui tiek po mezgimo, tiek po stabilizavimo didžiausios įtakos turi elastomerinio siūlo tiekimo įtempis. PA120 ir PA78 grupių bandiniai buvo numegzti su didesniu pradiniu įtempiu (8 cN/tex) ir jų plotas yra mažesnis nei PA136 ir PES136 grupių bandinių, numegztų su 5 cN/tex pradiniu elastomerinio siūlo įtempiu.

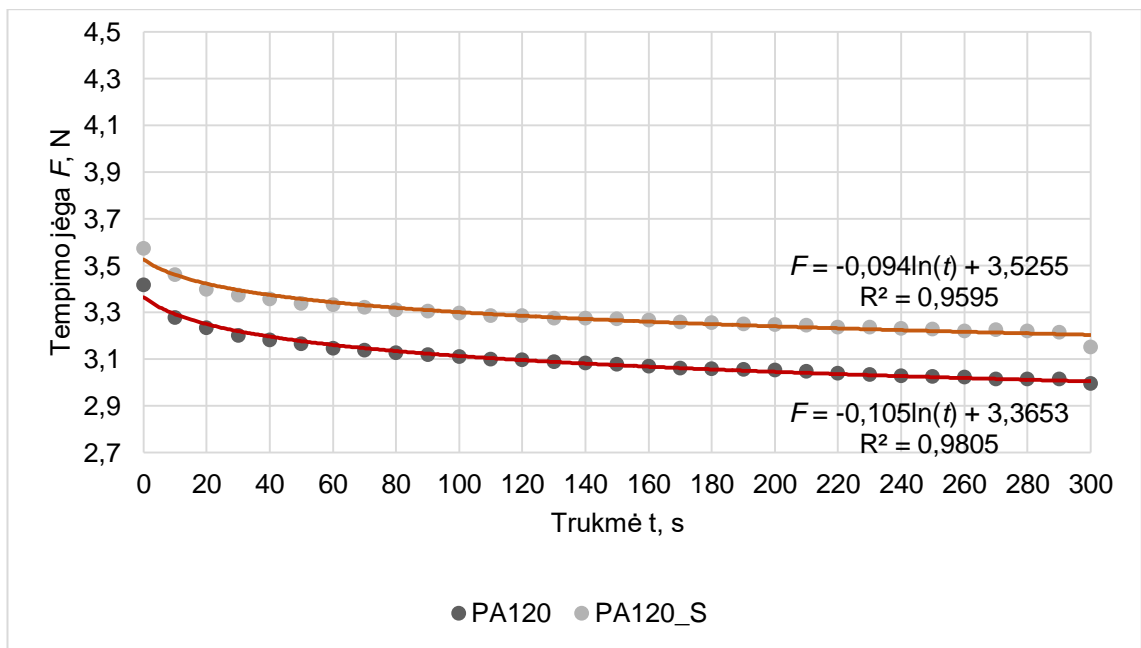
3.2. Įrašos relaksacijos tyrimo rezultatai

Šiame skyriuje pateikti žaliavinių (po mezgimo) ir stabilizuotų bandinių įrašo relaksacijos tyrimo rezultatai. Relaksacijos trukmė pasirinkta 300 sekundžių, kadangi yra žinoma, kad didžiausi jėgos pokyčiai atsiranda būtent per pirmąsias 100–200 sekundžių. Palyginta žaliavinių ir stabilizuotų bandinių tempimo jėga pradiniu momentu (iškart ištempus bandinį iki 15 % ištįsus) ir po 300 sekundžių įrašo relaksacijos. Tyrimo rezultatai pateikti 3.3–3.6 paveiksluose. Pradiniu relaksacijos momentu (0 s) visų grupių stabilizuotų bandinių tempimo jėga buvo nuo 3,22 % iki 5,82 % didesnė nei nestabilizuotų (priklausomai nuo mėginių grupės). Relaksacijos proceso pabaigoje (po 300 s) tempimo jėgos skirtumas prieš stabilizavimą ir po stabilizavimo išlieka panašus – stabilizuotų mėginių tempimo jėgos buvo iki 5,44 % didesnės (priklausomai nuo mėginių grupės). Mažiausiais tempimo jėgos dydžio skirtumais prieš ir po stabilizacijos išsiskyrė PA78 grupės bandiniai, kurie numegzti naudojant mažiausio ilginio tankio PU šerdinio komponento elastomerinius siūlus. Šių bandinių tempimo jėgos skirtumai prieš ir po stabilizavimo pradiniam taške (0 s) buvo 0,1 N (3,22 %) ir tik 0,04 N (1,24 %) po relaksacijos (300 s).

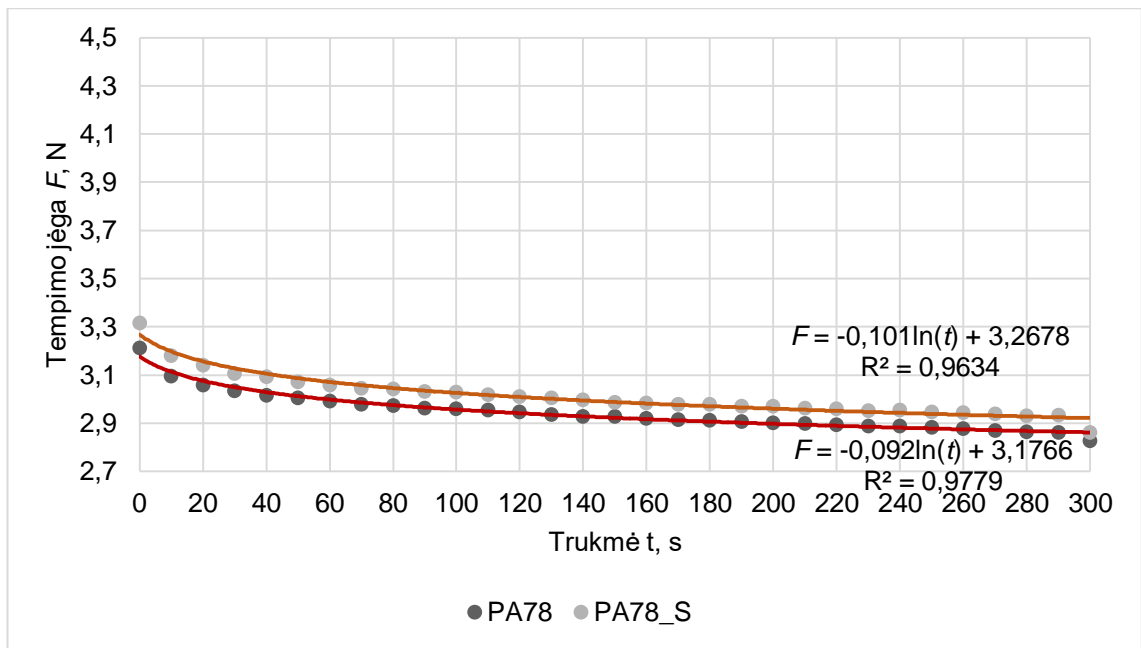
Kitų PA136, PA120, PES136 bandinių grupių tempimo jėgų skirtumai prieš stabilizavimą ir po jo buvo didesni. Pradiniu relaksacijos momentu šie skirtumai siekė nuo 4,54 % iki 5,82 % (priklausomai nuo grupės), o po relaksacijos proceso – nuo 4,91 % iki 5,44 %.



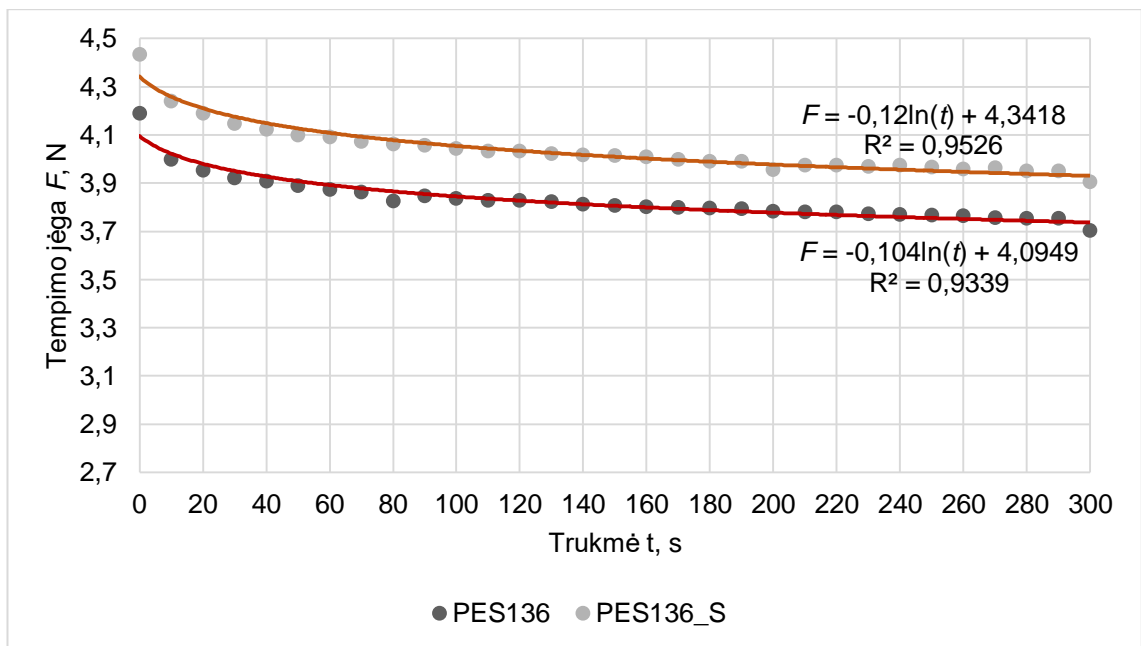
3.3 pav. PA136 bandinių (prieš ir po stabilizacijos) grupės tempimo jėgos kitimas relaksacijos metu



3.4 pav. PA120 bandinių (prieš ir po stabilizacijos) grupės tempimo jėgos kitimas relaksacijos metu

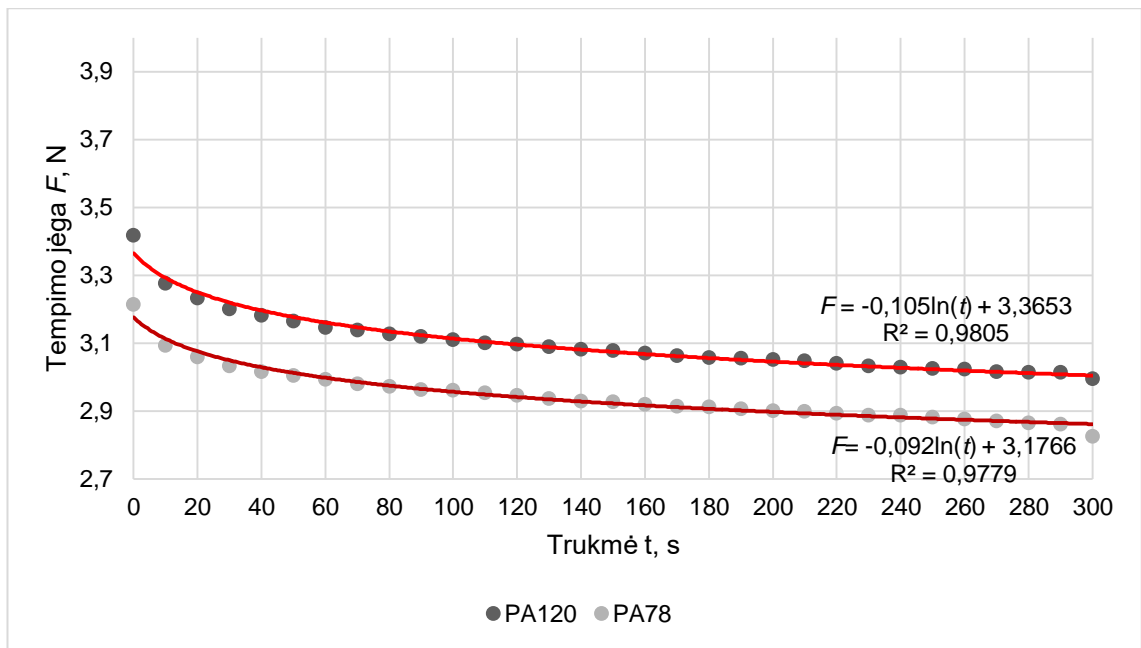


3.5 pav. PA78 bandinių (prieš ir po stabilizacijos) grupės tempimo jėgos kitimas relaksacijos metu

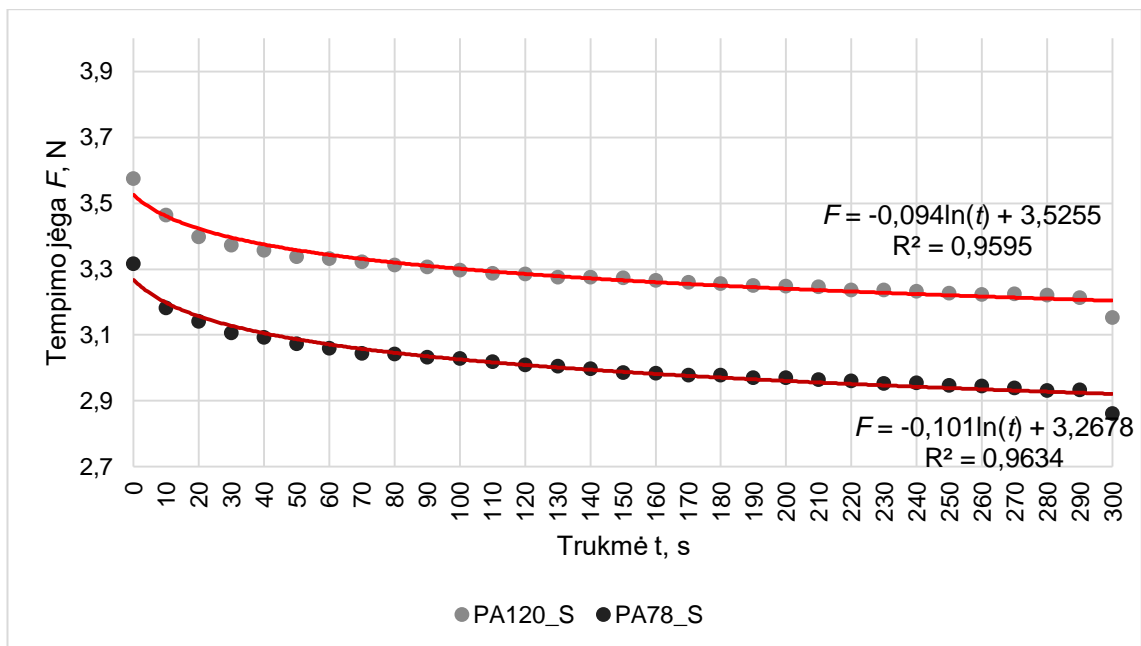


3.6 pav. PES136 bandinių (prieš ir po stabilizacijos) grupės tempimo jėgos kitimas relaksacijos metu

Norint įvertinti elastomerinio siūlo ilginio tankio įtaką neapdoroto ir stabilizuoto mezgto gaminio tempimo jėgai ir įrąžos relaksacijos procesui, PA120 grupės bandinių rezultatai lyginami su PA78 grupės bandinių rezultatais (žr. 3.7–3.8 pav.). Šių dviejų grupių bandiniams naudota vienoda įrąža mezgimo metu, apvejančiojo komponento ilginis tankis ir žaliava vienoda, tačiau bandiniai skiriasi šerdinio komponento (PU) ilginiu tankiu.



3.7 pav. Nestabilizuotų PA120 ir PA78 bandinių tempimo jėgos pokytis per 300 s trukmės įrašos relaksaciją

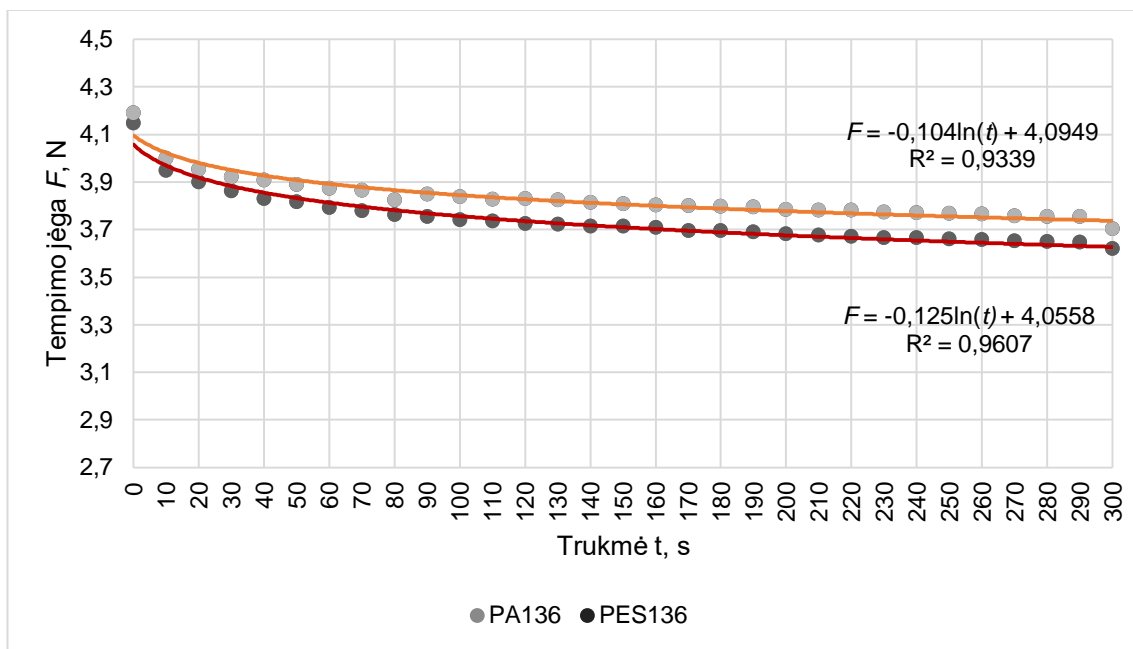


3.8 pav. Stabilizuotų PA120 ir PA78 bandinių tempimo jėgos pokytis per 300 s trukmės įrašos relaksaciją

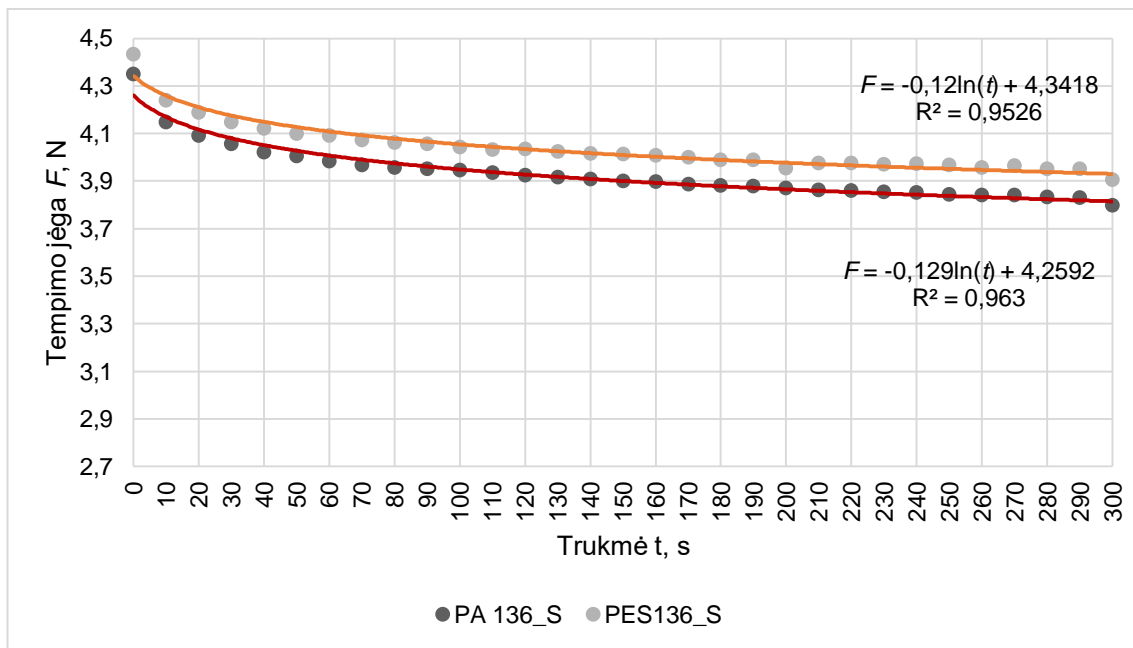
Pradiniame relaksacijos taške (0 s) neapdorotų bandinių, kurie pasižymi mažesniu šerdinio elemento ilginiu tankiu (PA78), tempimo jėgos vertės yra 6,39 % mažesnės nei PA120 grupės nestabilizuotų bandinių. Stabilizuotų bandinių tame pačiame taške (0 s) šis skirtumas yra dar šiek tiek didesnis – PA120 grupės bandinių tempimo jėgos vertės yra 7,76 % didesnės už PA78 grupės bandinių vertes. Po relaksacijos proceso skirtumas tarp tempimo jėgos verčių PA120 ir PA78 grupių žaliavinių bandinių šiek tiek sumažėjo (iki 6 %), tačiau 300 s vertinamajame taške šis jėgų skirtumas tarp stabilizuotų bandinių rezultatų verčių padidėjo – stabilizuotų PA120 grupės bandinių tempimo jėga buvo 10,16 % didesnė nei PA78 grupės bandinių.

Vidutiniai PA120 ir PA78 grupių tempimo jėgų skirtumai vertinant visą relaksacijos proceso laikotarpį (nuo 0 s iki 300 s): neapdorotų – 5,26 % ir stabilizuotų – 9,18 %. PA120 grupės bandinių

elastomerinių siūlų poliuretalinės šerdies ilginis tankis yra 3,75 karto didesnis nei PA78 grupės pavyzdžių verpalų. Pagal gautus rezultatus galima teigti, kad, esant didesniai elastomerinių siūlų šerdinio komponento (PU) ilginiam tankiui, tempimo jėga irgi didesnė. Tačiau, esant tokiam dideliui ilginių tankių skirtumui, tempimo jėgos skirtumai yra ne tokie dideli. Todėl, projektuojant naujus gaminius, būtina ekonomiškai pagrįsti elastomerinio siūlo, naudojamo kraštelių mezgimui, ilginio tankio pasirinkimą, žinant, kad didesnio ilginio tankio elastomerinių siūlų kaina irgi yra didesnė.



3.9 pav. Nestabilizuotų PA136 ir PES136 bandinių tempimo jėgos pokytis per 300 s trukmės įrašos relaksaciją



3.10 pav. Stabilizuotų PA136 ir PES136 bandinių tempimo jėgos pokytis per 300 s trukmės įrašos relaksaciją

3.9 ir 3.10 paveiksluose pateiktas PA136 ir PES136 bandinių grupių tempimo jėgų įvairiais įrašos relaksacijos momentais palyginimas. Kraštelių mezgimui taip pat naudotos vienodos pradinės mezgimo įrašos, naudoti vienodą ilginį tankį turintys šerdiniai bei apvejančieji komponentai. Šie bandiniai skiriasi tik apvejančiojo komponento žaliava – PA136 grupės bandinių šerdis PU komponentas dvigubai apvytas poliamidiniais siūlais, o PES136 grupės bandinių – tokio pat ilginio tankio poliesteriniais siūlais.

Pradiniame relaksacijos proceso taške (0 s) bandinių su PES apvejančiuoju siūlu (PES136 grupė) tempimo jėgos skirtumas lyginant su bandinių grupe su PA apvejančiuoju siūlu (PA136 grupė) yra visiškai nereikšmingas – 0,04 N (1,0 %) nestabilizuotų mezginių ir 0,08 N (1,89 %) stabilizuotų. Relaksacijos proceso pabaigoje (300 s taške) rezultatų skirtumai šiek tiek didesni – nestabilizuotų mezginių tempimo jėgos vertės skiriasi 0,09 N (2,45 %), o stabilizuotų mezginių 0,11 N (2,72 %). Toks skirtumas gali būti laikomas nereikšmingu, nes tokie skirtumai kraštelių generuojamai kompresijai praktiškai neturi įtakos. Gauti rezultatai koreliuoja su kitų tyrėjų darbais [19], kad trumpo relaksacijos proceso metu, vertinant elastomerinio siūlo apvejančiuosius ir šerdimis komponentus, įtakos tempimo jėgos vertei turi tik šerdinio komponento elementai, kurie labiausiai patiria apkrovas tokių nedidelių ištįsų metu (šiuo nagrinėjamu atveju – 15 %).

3.3. Kompresijos tyrimo rezultatai

Remiantis gautomis tempimo jėgos vertėmis skirtingais relaksacijos momentais, apskaičiuotos apspaudimo vertės, gauti rezultatai pateikti 3.4 lentelėje. Atsižvelgiant į Laplaso kompresijos apskaičiavimo formulę, kraštelių generuojama kompresija tiesiogiai priklauso nuo tempimo jėgos vertės. Siekiant įvertinti žaliavinių ir stabilizuotų bandinių relaksacijos momentu esančius pokyčius, atlikta lyginamoji analizė.

Pradiniame vertinamajame relaksacijos proceso taške (0 s) didžiausią kompresiją, kaip ir buvo galima tikėtis atsižvelgiant į tempimo jėgų verčių grafiką – 2767,62 Pa, sukuria PES136_S bandinių grupė, kurios mėginiai pasižymėjo gan dideliu susitraukimu – 8,6 % vertikalia kryptimi ir 4,3 % horizontalia kryptimi. Kitų bandinių grupių tame pačiame laiko momento taške (0 s) gautos kompresijos vertės (pateikta mažėjimo tvarka) yra: PA136_S – 2702,82 Pa, PA120_S – 2543,31 Pa, PES136 – 2322,23 Pa, PA136 – 2320,30 Pa, PA78_S – 2272,45 Pa, PA120 – 2089,08 Pa, PA78 – 1934,77 Pa.

Paskutiniame vertintame taške (300 s) didžiausia kompresijos vertė pasižymėjo ta pati bandinių grupė PES136_S, kurios generuojama kompresija yra 2437,82 Pa, o per relaksacijos laikotarpį sumažėjo 329,8 Pa. Kitų bandinių grupių gauti rezultatai: PA136_S – 2359,12 Pa (kompresijos skirtumas per 300 s relaksacinį laikotarpį yra 343,7 Pa); PA120_S – 2243,06 Pa (kompresijos skirtumas per relaksacinį laikotarpį – 300,25 Pa); PES136 – 2052,87 Pa (kompresijos skirtumas per relaksacinį laikotarpį – 269,36 Pa); PA136 – 2024,81 Pa (kompresijos skirtumas per relaksacinį laikotarpį 295,49 Pa); PA78_S – 1960,54 Pa (kompresijos skirtumas per relaksacinį laikotarpį – 311,91); PA120 – 1830,84 Pa (kompresijos skirtumas per relaksacinį laikotarpį – 258,24); PA78 – 1701,80 Pa (kompresijos skirtumas per relaksacinį laikotarpį – 232,97). Kaip ir buvo galima numatyti, gautos stabilizuotų bandinių rezultatų vertės didesnės, o rezultatai tarp grupės bandinių nepakitę.

3.4 lentelė. Kompresijos vertės, Pa, skirtingu relaksacijos laiko momentu

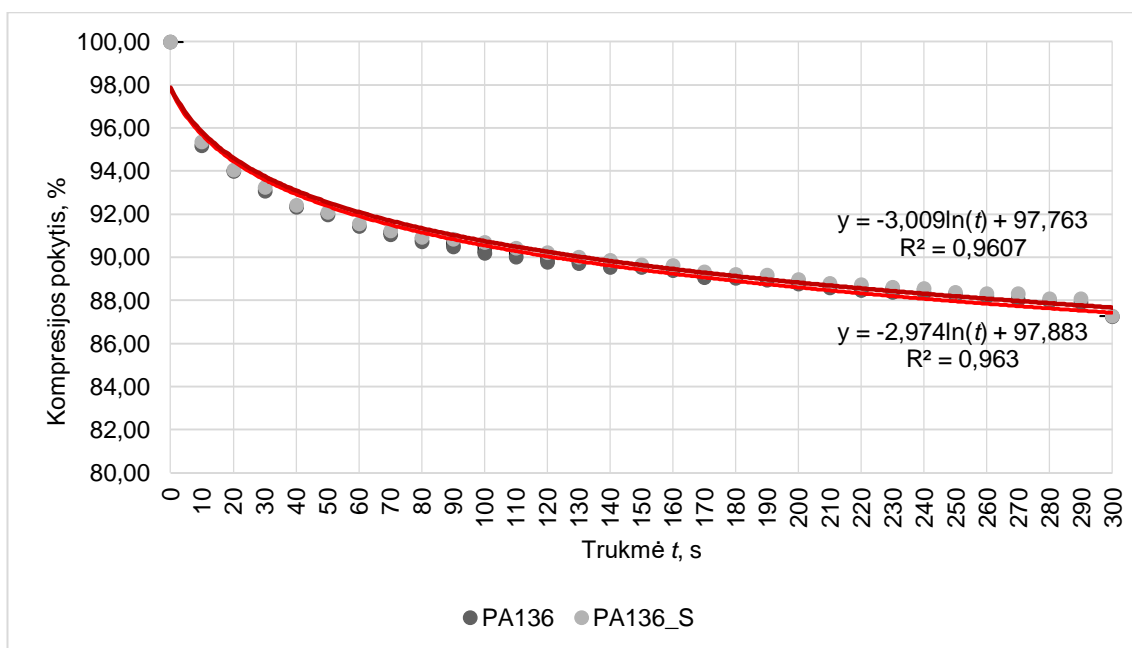
Laikas, s		0	10	20	30	40	50	60	70
Kompresija, Pa	PA136	2320,30	2208,82	2180,67	2159,60	2142,08	2134,43	2121,38	2112,99
	PA136_S	2702,82	2577,35	2542,15	2520,41	2498,05	2489,15	2474,45	2465,75
	PA120	2089,08	2002,52	1976,05	1956,09	1944,08	1933,89	1922,90	1917,60
	PA120_S	2543,31	2464,09	2418,08	2400,30	2389,15	2375,40	2370,89	2363,77
	PA78	1934,77	1863,13	1842,26	1826,61	1815,78	1808,95	1801,93	1794,30
	PA78_S	2272,45	2179,51	2152,34	2128,37	2118,55	2105,30	2096,17	2085,89
	PES136	2322,23	2216,74	2190,87	2173,32	2166,12	2155,59	2146,91	2141,36
	PES136_S	2767,62	2647,56	2615,10	2589,72	2573,49	2559,96	2554,13	2542,90
Laikas, s		80	90	100	110	120	130	140	150
Kompresija, Pa	PA136	2104,98	2099,76	2092,67	2088,76	2083,35	2081,49	2077,39	2077,57
	PA136_S	2457,68	2455,61	2451,26	2444,22	2438,21	2432,62	2428,90	2423,31
	PA120	1910,68	1906,40	1901,10	1895,00	1892,55	1887,66	1883,79	1881,15
	PA120_S	2356,90	2352,39	2345,99	2339,11	2337,69	2331,05	2331,28	2329,39
	PA78	1789,69	1784,67	1782,87	1778,65	1773,84	1768,02	1763,60	1762,40
	PA78_S	2083,84	2077,90	2074,93	2068,08	2062,15	2058,72	2053,01	2045,93
	PES136	2120,30	2132,68	2127,14	2121,41	2122,70	2119,38	2114,02	2110,88
	PES136_S	2536,86	2532,49	2524,59	2518,35	2518,55	2511,90	2507,11	2506,28
Laikas, s		160	170	180	190	200	210	220	230
Kompresija, Pa	PA136	2074,22	2066,39	2066,01	2063,59	2059,49	2055,76	2052,59	2050,73
	PA136_S	2422,27	2414,61	2411,09	2410,26	2404,67	2399,91	2398,46	2395,15
	PA120	1876,46	1871,58	1868,93	1867,09	1865,26	1863,23	1857,93	1854,06
	PA120_S	2324,17	2319,19	2316,58	2313,26	2311,84	2309,23	2303,54	2302,59
	PA78	1758,39	1755,18	1753,97	1750,76	1747,35	1746,15	1742,53	1738,72
	PA78_S	2044,34	2040,23	2040,23	2035,43	2034,97	2030,41	2028,12	2022,42
	PES136	2107,19	2106,45	2105,15	2102,57	2097,76	2095,36	2094,99	2091,67
	PES136_S	2502,74	2496,71	2491,50	2490,88	2469,45	2482,14	2481,93	2478,81
Laikas, s		240	250	260	270	280	290	300	
Kompresija, Pa	PA136	2049,98	2047,56	2045,88	2042,52	2041,40	2039,91	2024,81	
	PA136_S	2393,90	2388,73	2386,87	2387,07	2381,07	2380,45	2359,12	
	PA120	1851,21	1848,77	1847,34	1842,86	1842,25	1841,64	1830,84	
	PA120_S	2300,22	2296,66	2292,63	2295,24	2292,15	2286,94	2243,06	
	PA78	1739,12	1735,91	1732,30	1728,69	1725,48	1722,67	1701,80	
	PA78_S	2024,24	2018,99	2018,08	2013,97	2008,26	2009,17	1960,54	
	PES136	2089,45	2087,79	2086,68	2082,25	2081,14	2080,21	2052,87	
	PES136_S	2481,31	2476,73	2470,90	2475,07	2467,16	2466,33	2437,82	

Atskiroms bandinių grupėms gauti relaksacijos pokyčiai procentais yra tokie: PA136 – 12,70 %, PA136_S – 12,72 %, PA120 – 12,36 %, PA120_S – 11,81 %, PA78 – 12,04 %, PA78_S – 13,73 %, PES136 – 11,59 %, PES136_S – 11,92 %.

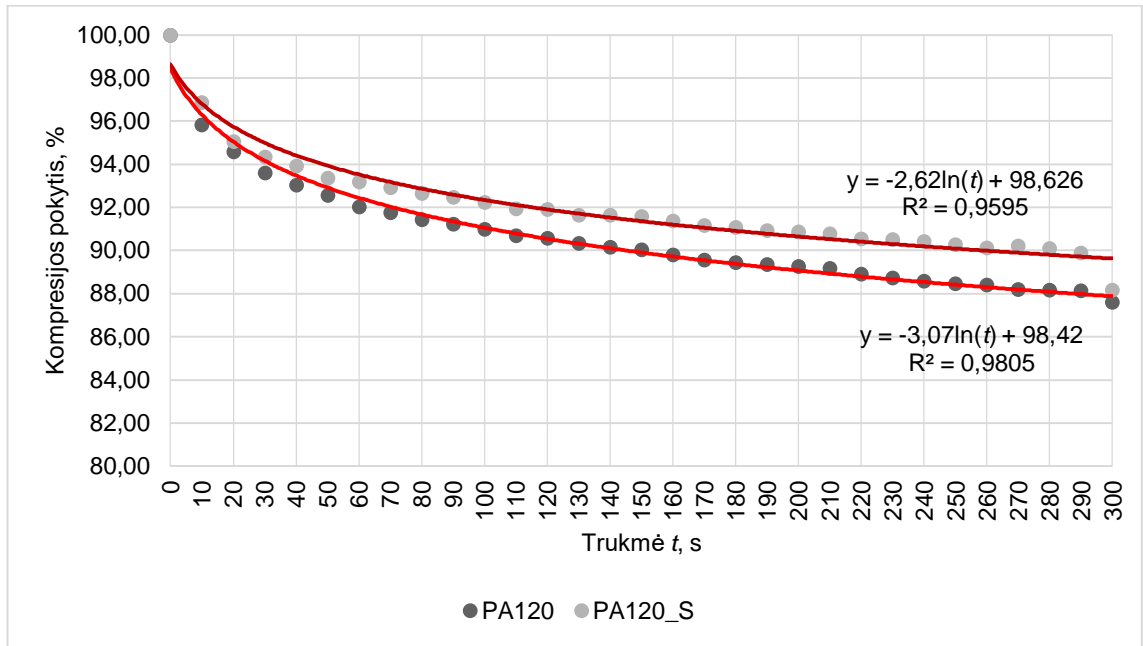
Apibendrinus gautus kompresijos rezultatus matyti, kad pradiniu relaksacijos momentu (0 s) atskirų bandinių kompresijos vertės buvo 1,93–2,77 kPa ribose, o paskutiniame vertintame relaksacijos momento taške (po 300 s įrašos relaksacijos) kompresijos vertės buvo nuo 1,70 iki 2,44 kPa (priklausomai nuo bandinių grupės). Apspaudimo jėga per tirtą relaksacijos laikotarpį sumažėjo 230–260 Pa. Didžiausias pokytis – 13,73 % – pastebėtas PA78_S bandinių grupėje, mažiausias – 11,59 % – PES136 grupėje.

Slėgis, kurį jaučia kūnas, priklauso nuo pačios kūno formos, aprangos detales sudarančio pluošto tipo ir medžiagos struktūros. Nagrinėtuose Momota su bendraautorais [18] ir Tsujisaka su bendraautorais [12] straipsniuose atskleista, kad apie $2,02 \pm 0,29$ kPa slėgio vertės kūnui yra pačios komfortabiliausios dėvėjimui. Pagal gautus tyrimų rezultatus galima teigti, kad komfortiškesni kojinaičių krašteliai mėvėjimui yra PA120 ir PA78 grupių bandiniai, o blauzdą per stipriai apspausių PES136_S ir PA120_S grupių bandiniai. Žinoma, tam įtakos turi ir galimos blauzdos formos, kūno matmenys.

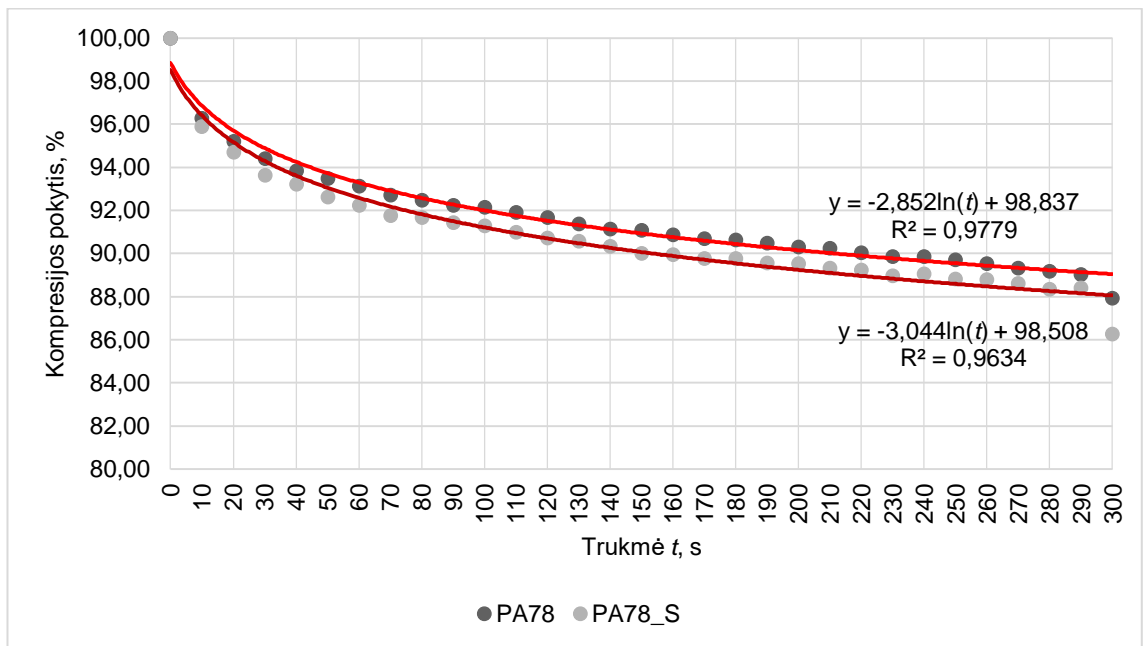
Analizuojant relaksacijos verčių mažėjimo pokytį per 300 s įrašos relaksacijos laikotarpį pastebėta, kad po pirmųjų 10 s relaksacijos kompresijos vertės sumažėjo nuo 26,38 % iki 39,16 % bendro sumažėjimo, priklausomai nuo bandinių grupės. Po pirmųjų 50 s relaksavimo visose mėginių grupėse kompresijos sumažėjimas buvo didesnis nei 50 % (53,59–62,99 %, priklausomai nuo bandinių grupės), po 100 s relaksacijos kompresijos sumažėjimas siekė 63,32–77,03 % viso kompresijos sumažėjimo per stebėtą relaksacijos procesą (priklausomai nuo bandinių grupės). Praėjus 200 s relaksavimo laikotarpiui, kompresijos vertės sumažėjo nuo 76,13 % iki 90,41 % viso kompresijos sumažėjimo, priklausomai nuo mėginių grupės. Gautas kompresijos procentinis pokytis per relaksacijos laikotarpį (300 s) pavaizduotas 3.11–3.14 paveiksluose.



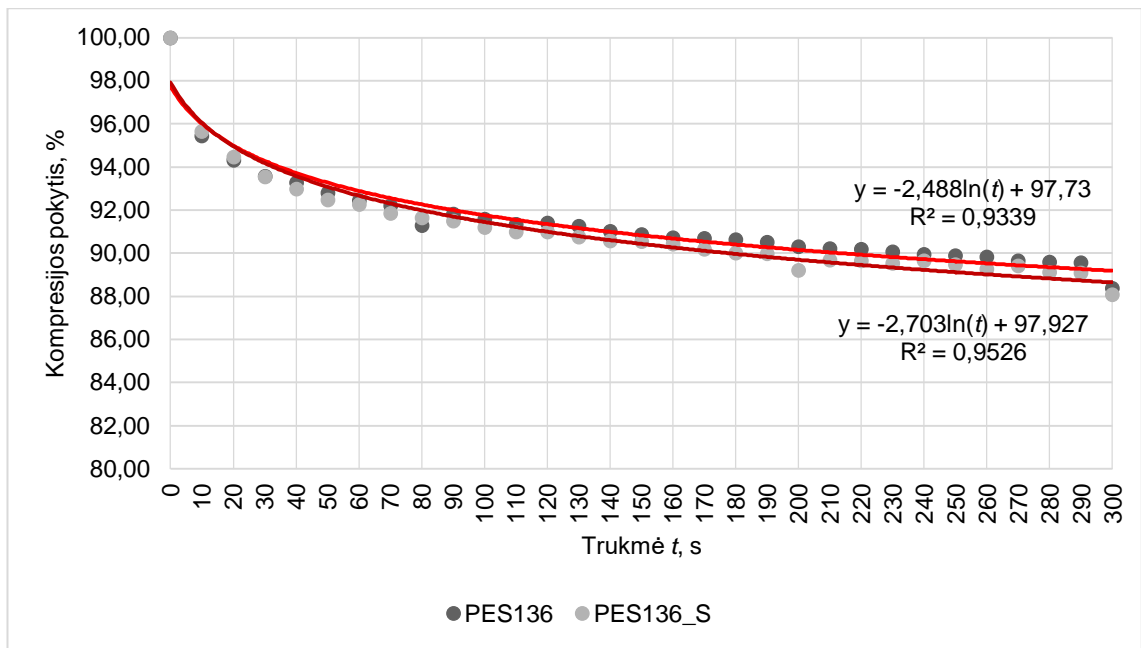
3.11 pav. PA136 bandinių grupių kompresijos pokytis % per 300 s trukmės įrašos relaksaciją



3.12 pav. PA120 bandinių grupių kompresijos pokytis % per 300 s trukmės įrašos relaksaciją



3.13 pav. PA78 bandinių grupių kompresijos pokytis % per 300 s trukmės įrašos relaksaciją



3.14 pav. PES136 bandinių grupių kompresijos pokytis % per 300 s trukmės įrašos relaksaciją

Tirtų kojinių kraštelių mechaninės savybės po stabilizavimo proceso turi išlikti tinkamos vartotojui. Gaminiai turi atitikti tiek mechanines, funkcines, tiek ir estetiškes ir kitas savybes. Siekiant iširti žaliavinių ir stabilizuotų megztų bandinių mechaninių savybių skirtumus, buvo atliktas tempimo jėgos bandymas. Remiantis gautais rezultatais pastebėta, kad bandiniams, kurie buvo apdoroti stabilizavimo procesu, reikėjo taikyti 3,22–5,82 % didesnes tempimo jėgos vertes, norint ištempti iki 15 % ištiesos, lyginant su žaliaviniais bandiniams taikytomis jėgomis, priklausomai nuo bandinių grupės.

Relaksacijos procesas skirtinguose tekstilės gaminiuose per tam tikrą laikotarpį yra gerai žinomas ir plačiai tiriamas reiškinys [63]. Vykstantys relaksacijos procesai tekstilinėse struktūrose turi didelę įtaką jėgų veikimui ir gaminio matmenims, nustatyta, kad, laikui bėgant, apspaudimo lygis silpnėja. Kojinių gaminiai, kaip ir kiti drabužiai, yra dėvimi gan ilgą laiką. Dėl to yra svarbu įvertinti kraštelių generuojamą apspaudimo jėgą ne ištempimo momentu, o po pasirinkto laikotarpio, tai yra po 100–200 s, nes per šį laikotarpį įvyksta didžiausi tempimo jėgos pokyčiai.

3.4. Rekomendacijos kojinių kraštelių gamybai

Atlikus kojinių krašteliams skirtų mezginių struktūrinių ir kompresijos pokyčių po stabilizavimo proceso bei įrašos relaksacijos tyrimus, su šia tematika susijusios literatūros analizę bei atsižvelgiant į gautus tyrimų rezultatus, toliau šiame skyrelyje pateikiami svarbiausi pastebėjimai ir rekomendacijos kojinių gaminių kraštelių gamybos technologiniams procesams.

Parenkant kraštelių struktūrą – aukštį, žaliavą, pynimą bei struktūrinius rodiklius, svarbiausia yra atsižvelgti į kojinaičių paskirtį. Pavyzdžiui, pačių trumpiausių kojinaičių („nematomų“) arba patrupintų kojinaičių kraštelių aukštis gali siekti vos 1 cm, tad šis yra vos pastebimas, be to, jis lokalizuotas čiurnos srityje, kurioje didesnė kompresija žalos nedaro, nes čia mažai minkštųjų audinių, kuriuose gali būti sutrikdyta kraujotaka dėl per didelio apspaudimo. Ilgesnių kojinaičių kraštelių matmenys įprastai siekia nuo 1,5 cm iki 5 cm ir netgi daugiau. Vaikiškų kojinaičių asortimentui dažniausiai naudojamas poros centimetrų, o suaugusių – 4–5 cm kraštelių aukštis.

Kraštelio matmenys taip pat priklauso ir nuo dizaino sprendimų. Taip pat reikia nepamiršti, kad nuo kraštelio ploto tiesiogiai priklauso apspaudimo jėga (žr. 2 formulę).

Žaliava parenkama atsižvelgiant į sezoniskumą ir paskirtį. Šaltajam metų sezonui dažniausiai naudojami vilnoniai ir akriliniai siūlai ir įvairūs jų mišiniai. Vasarai ir šiltesniajam laikotarpiui – celiulioziniai, poliesteriniai, plonavilnės žaliavos siūlai ir verpalai. Svarbiausia, kad gaminys, o kartu ir kraštelis, sugertų ir transportuotų susidariusią drėgmę nuo odos į išorę – prie odos nesijaustų nemalonus drėgmės. Tad žaliava turi būti parenkama atsižvelgiant į sezoniskumą ir priklauso nuo to, ar tai bus kasdieninio dėvėjimo, sportinės ar medicininės paskirties gaminys. Nuo teisingo žaliavos pasirinkimo priklauso gaminio drėgmės išgarinimo savybės, ilgaamžiškumas, komfortiškumas. Pynimo struktūra taip pat turi įtakos šioms savybėms.

Kaip jau minėta, elastmeriniai siūlai kojinių kraštelių gamyboje naudojami siekiant sukurti tinkamą apspaudimo jėgą. Ši jėga turi būti ne per maža, kad kojinaitė nenusmuktų, išliktų savo vietoje, tačiau ir ne per didelė, kad per didelė kompresija nesutrikdytų kraujotakos. Atlikus tyrimus pastebėta, kad elastomerinių siūlų ilginio tankio įtaka nėra tokia reikšminga gaunamiems kompresijos tyrimų rezultatams, kaip manyta anksčiau. Apvejančiojo komponento įtakos taip pat nepastebėta.

Kojinių gaminiai, kaip ir kiti megzti gaminiai, po mezgimo operacijos turi būti stabilizuojami. Kai kurie gamintojai tai atlieka garinimo kameroje, o kiti renkasi skalbimo operaciją. Svarbu tai, kad gaminio struktūra relaksuotų, išnyktų mezgimo metu kilpų struktūroje susidarę vidiniai įtempiai. Jeigu kojinaitės krašteliui mezgimo metu naudojama netolygi siūlų (ypač elatomerinių) įtempio jėga, po stabilizavimo kraštelis gali tapti netinkamos estetiškos išvaizdos. Kadangi kojinės yra dažnai skalbiamos, svarbu, kad ne tik estetiškos, bet ir mechaninės savybės išliktų patenkinamos kuo ilgesnį vartojimo laiką.

Gamintojas turi atsižvelgti į tai, kokios kompresijos vertės yra rekomenduojamos konkrečios rūšies kojinaičių gaminiams: kasdienio dėvėjimo – iki 1,33 kPa, buitinės ir medicininės paskirties, skirtoms profilaktiniam naudojimui – iki 3,32 kPa, kompensacinėms – iki 6,65 kPa, kompresinėms – iki 13,3 kPa. Atlikti kitų tyrėjų darbai atskleidžia, kad kasdienio dėvėjimo kojinaitėms komfortiškiausia kompresija yra $2,02 \pm 0,29$ kPa, o jeigu siekia daugiau kaip 2,58 kPa, kompresija yra per didelė, jaučiamas veržimas.

Gaminiai, kurie dažnai patiria įvairaus dydžio ir krypties tempimo jėgas, apdorojami skalbimo priemonėmis, temperatūra ir mechaniškai pažeidžiami, ilgai praranda pradinės kompresinės savybes. Tirtuoju atveju net per stebėtą gana trumpą, 300 s, relaksacijos proceso laikotarpį stabilizuoti bandiniai prarado iki 13,73 % pradinės apspaudimo jėgos, o žaliaviniai – iki 12,70 %. Technologiniuose procesuose turėtų būti užtikrintas kuo ilgesnis kojinių kraštelio pradinių savybių išlaikymas.

Projektuojant kojinių kraštelių taip pat labai svarbu atsižvelgti į tai, kad po stabilizavimo pakitę struktūriniai rodikliai taip pat lemia ir tempimo jėgą. Atlikti tyrimai atskleidžia, kad tirtuoju atveju bandiniams, kurie buvo apdoroti stabilizavimo procesu, reikėjo taikyti 3,22–5,82 % didesnes tempimo jėgos vertes, norint ištempti iki 15 % ištisos, lyginant su žaliaviniais bandiniams taikytomis jėgomis. Tad gamybos technologijos eigoje svarbu atsižvelgti į galimus gaminio apspaudimo jėgos pokyčius ir siekti atitinkamo galutinio rezultato.

Relaksacijos procesas skirtinguose tekstilės gaminiuose per tam tikrą laikotarpį yra gerai žinomas ir plačiai tiriamas reiškinys [63]. Vykstantys relaksacijos procesai tekstilinėse struktūrose turi didelę įtaką jėgų veikimui ir gaminio matmenims. Nustatyta, kad, laikui bėgant apspaudimo lygis silpnėja. Kojinės, kaip ir kiti drabužiai, yra dėvimos gana ilgai. Dėl to yra svarbu įvertinti kraštelių generuojamą apspaudimo jėgą ne ištempimo momentu, o po pasirinkto laikotarpio, tai yra po 100–200 s, nes per šį laikotarpį įvyksta didžiausi tempimo jėgos pokyčiai.

Išvados

1. Po stabilizavimo mezginių struktūriniai rodikliai pakito: vertikalusis kilpų tankumas padidėjo 5,1–9,4 %, horizontalusis kilpų tankumas padidėjo 5,6–7,5 %, o elastomerinių siūlų ilgis raporte sumažėjo nuo 4,7 % iki 10,7 %. Pagrindo siūlo kilpos ilgis beveik nepakito.
2. Esant mažesniai elastomerinių siūlų ilginiam tankiui, stabilizavimo metu patiriami didesni matmenų pokyčiai. Po stabilizavimo mezginiai vertikalia kryptimi susitraukė nuo 5,4 iki 9,2 %, horizontalia kryptimi susitraukė nuo 4,1 iki 7,1 %, priklausomai nuo elastomerinio siūlo ilginio tankio.
3. Nustatyta, kad norint pasiekti 15 % ištįsą, stabilizuotiems bandiniams reikėjo taikyti 3,2–5,8 % didesnes tempimo jėgos vertes nei nestabilizuotiems.
4. Padidinus elastomerinio siūlo šerdinio komponento ilginį tankį nuo 78 tex iki 136 tex, generuojamos kompresijos vertės taip pat padidėjo: nestabilizuotų bandinių 1,77–2,12 kPa, stabilizuotų bandinių 2,06–2,52 kPa.
5. Didžiausi kompresijos pokyčiai (13,73 %) per tirtą 300 s relaksacijos laikotarpį nustatyti stabilizuotų bandinių grupėje su mažiausiu elastomerinių siūlų ilginiu tankiu, mažiausi – nestabilizuotų bandinių su didesniu ilginiu tankiu (11,59 %).
6. Nustatyta, kad pradinio relaksacijos momentu (0 s) generuojamos kompresijos vertės svyravo 1,93–2,77 kPa ribose, o paskutinio relaksacijos vertinimo metu (po 300 s) kompresijos vertės buvo nuo 1,70 kPa iki 2,44 kPa (priklausomai nuo bandinių grupės).
7. Rezultatai atskleidžia, kad elastomerinių siūlų apvejančiojo komponento žaliava relaksacijos procesui ir kompresijos vertėms esminės įtakos neturi. Skirtingo dydžio pradinė elastomerinių siūlų įrąža (tirtuoju atveju 5 cN ir 8 cN) esminės įtakos rezultatams neturi, rezultatai skyrėsi paklaidų ribose.
8. Apibendrinus gautus rezultatus, sudarytos rekomendacijos optimalaus kojinių kraštelio gamybai: būtina atsižvelgti į pynimą, pluoštinę sudėtį, gaminio paskirtį ir kraštelio plotą, elastomerinių siūlų savybes, o kompresijos dydį vertinti ne mažiau kaip po 300 s įrąžos relaksacijos.

Literatūros sąrašas

1. GLENN, B., Socks Are the New Necktie. *Giftsanddec*. 2017.
2. The happy socks trend returns. Here's how to wear them. [interaktyvus] 2018 [žiūrėta 2019-03-01]. Prieiga per: <https://thefashionplatemag.com/2018/07/28/why-the-happy-socks-trend-returns-heres-how-to-wear-them/>
3. Old school crew socks are back. [interaktyvus] 2018 [žiūrėta 2019-03-01]. Prieiga per: https://www.jclay-socks.com/en/blog/old_school_crew_socks_are_back
4. ČIUKAS, Ričardas, Beata TVARIJONAVIČIENĖ, Daiva MIKUČIONIENĖ. *Trikotažo technologija*. Kaunas: Technologija, 2000. pp. 43–48, 81–84.
5. KOLOSAUSKAS, Vladas. *Trikotažo gamybos technologinės eigos*. Kaunas: Technologija, 1993. pp. 14–18.
6. ČIUKAS, Ričardas ir Daiva MIKUČIONIENĖ. *Specialios paskirties mezginių technologija: mokomoji knyga*. Šiaulių universiteto leidykla: Šiauliai, 2007. pp. 24–65, 123–128, 177–181.
7. Sock lengths. [interaktyvus] [žiūrėta 2019-03-01]. Prieiga per: <https://sockdrawer.com/pages/sock-heights>
8. TREIGIENĖ Rasa. *Mezgimo teorijos pagrindai: paskaitų konspektas*. Kaunas: Technologija 2011. pp.12–14.
9. The Art of Sock Manufacturing: Sock Components. [interaktyvus] [žiūrėta 2019-03-01]. Prieiga per: <https://www.cottonworks.com/topics/sourcing-manufacturing/garment-manufacturing/the-art-of-sock-manufacturing-sock-components/#>
10. Circulation Infrared Knee High Socks. [interaktyvus] [žiūrėta 2019-03-01]. Prieiga per: <https://farinfraredhealth.com/products/circulation-socks-knee-high?variant=48179114127>
11. Strucus. [interaktyvus] [žiūrėta 2019-03-01]. Prieiga per: <http://www.strucus.com/>
12. TSUJISAKA, T., Y. AZUMA, Y. MATSUMOTO, H. MOROOKA. Comfort pressure of the top part of men's socks. *Textile Research Journal*, 74 (7) 598–602, 2004.
13. S. CIMILLI, B., U. NERGIS, C. CANDAN, M. ÖZDEMİR. A Comparative Study of Some Comfort-related Properties of Socks of Different Fiber Types. *Textile Research Journal*, 2010. Vol 80(10): 948–957.
14. AVCIH., M. ÖZDEMİR, B. Y. İRIDAĞ, C. S. DURU and C. CANDAN. Comfort properties of socks from seacell fibers. *The Journal of The Textile Institute*, 2017. ISSN: 0040-5000.
15. BLACKMORE, T., N. BALL, J. SCURR. The effect of socks on vertical and anteroposterior ground reaction forces in walking and running. *Elsevier Ltd.*, 2010.
16. PAZIREH E., A. GHAREHAGHAJI and E. HAGHIGHAT. Study on the comfort of knitted elastic fabrics based on compressive deformation behavior, *JEFF*, 9 (4) 83–89 2014.
17. MARMARALI, A. and B. CÜREKLİBATIR ENCAN. Pressure comfort of sock welts produced on single cylinder sock machine. *Materials Science and Engineering*, 459 (2019) 012052.
18. MOMOTA H., H. MAKABE, T. MITSUNO, K. UEDA. A study of clothing pressure caused by Japanese men's socks, *Japan Res. Association for Text. End-uses*, 1993 34 (4) 175–186.
19. ALIŠAUSKIENĖ, D. ir D. MIKUČIONIENĖ. Prediction of Compression of Knitted Orthopaedic Supports by Inlay-Yarn Properties. *Materials science*, Vol. 20, No. 3. 2014. ISSN 1392–1320.
20. KRIMMEL, G. The Construction and Classification of Compression Garments In: *Template for Practice: Compression Hosiery in Upper Body Lymphoedema Health Comm UK Ltd*, 2009: pp. 2–5.

21. GREGORY. What Are Compression Stockings Made Of? [interaktyvus] 2011 [žiūrėta 2018-07-10]. Prieiga per: <http://www.compressionstockingsite.com/what-are-compression-stockings-made-of/>
22. TREIGIENĖ, Rasa ir Daiva MIKUČIONIENĖ. *Mezginių mechanika ir projektavimas: mokomojo knyga*. Kaunas: Technologija, 2012. pp. 81–84.
23. LIU, Rong, Yi-Lin KWOK, Yi LI, Terence-T LAO. Fabric Mechanical-Surface Properties of Compression Hosiery and their Effects on Skin Pressure Magnitudes when Worn. *Fibres & textiles in eastern europe*, 2010, Vol. 18, No. 2 (79) pp. 91–97.
24. ALIŠAUSKIENĖ, D., D. MIKUČIONIENĖ, L. MILAŠIŪTĖ. Influence of Inlay-Yarn Properties and Insertion Density on the Compression Properties of Knitted Orthopaedic Supports. *Fibres & textiles in eastern europe*, 2013; 21, 6 (102): 74–78.
25. WANG, L., M.FELDER, J.Y. CAI. Study of Properties of Medical Compression Fabrics. *Journal of Fiber Bioengineering & Informatics*, 4:1 (2011), 1940-8676, pp. 15–22.
26. CLARK, M. and G. KRIMMEL. Lymphoedema and the construction and classification of compression hosiery. *Template for practice*, 2006.
27. VITKAUSKAS, Arvydas, Vytautas MILAŠIUS, Ričardas ČIUKAS. *Tekstilės medžiagų mechanika: vadovėlis*. Kaunas: Vitae Litera, 2007, p. 189.
28. MATUKONIS, Algirdas, Justinas PALAIMA, Arvydas VITKAUSKAS. *Tekstilės medžiagotyra: vadovėlis*. Vilnius: Mokslas, 1989, pp. 309.
29. BOVENSCHEN, H. Jorn, Marielle te BOOIJ, Carine J. M. van der VLEUTEN. Graduated Compression Stockings for Runners: Friend, Foe, or Fake? *Journal of Athletic Training*, 2013, 48 (2): 226–232.
30. LIDŽIUVIENĖ, A. *Sportinės kojinės. Jų nauda ir rekomendacijos*. [interaktyvus] 2016 [žiūrėta 2018-07-10]. Prieiga per: <http://www.idemus.lt/naujienos/sportines-kojines-ju-nauda-ir-rekomendacijos.html>
31. CHUNG Sim Lim and Alun H. DAVIES. Graduated compression stockings, CMAJ. [interaktyvus] 2014, Jul 8; 186 (10): E391–E398, [žiūrėta 2019-03-01]. Prieiga per: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4081237/>
32. Compressport. Compression. [interaktyvus] [žiūrėta 2018-07-10]. Prieiga per: <https://www.compressport.com/compression/>
33. HNÍZDIL, Jan, David CIHLÁŘ, Jiří KOSTÍNEK, Oto LOUKA, Martin NOSEK, Martin ŠKOPEK, Jan HELLER. Effect of sportswear with compression technology Exo Sesensofit on running performance according to midterm endurance and selected physiological parameters. *Reasearchgate*, 2014.
34. Kompresinės kojinės. [interaktyvus] [žiūrėta 2018-07-10]. Prieiga per: <http://kompresineskojines.lt/profilaktines-ar-gydomosios>
35. Kompresinė terapija. [interaktyvus] [žiūrėta 2018-07-10]. Prieiga per: <https://www.orto.lt/Produktai/kompresine-terapija/kompresines-kojines>
36. DER SARKISSIAN, C. How to Choose and Use Compression Stockings. [interaktyvus] 2017 [žiūrėta 2018-07-10]. Prieiga per: <https://www.webmd.com/dvt/choose-compression-stockings#1-3>
37. CHOUCAIR, M., PHILLIPS T.J. Compression Therapy. *Dermatologic Surgery*. Vol.24, 1998, p. 141–148.

38. XIONG, Y. and X. TAO. Compression Garments for Medical Therapy and Sports. *Polymers* 2018, vol 10, 663.
39. GLOVICZKI, P., AJ. COMEROTA, MC. DALRING ir kt. et al. The care of patients with varicose veins and associated chronic venous diseases: clinical practice guidelines of the Society for Vascular Surgery and the American Venous Forum. *J Vasc Surg*, 2011, 53 (Suppl): 2S–48S. doi: 10.1016/j.jvs.2011.01.079.
40. MOTYKIE, GD., JA. CAPRINI, JI. ARCELUS et al. Evaluation of therapeutic compression stockings in the treatment of chronic venous insufficiency. *Dermatol Surg*, 1999, 25:116–20.
41. AGU, O., D. BAKER, A. SEIFALIAN. Effect of graduated compression stockings on limb oxygenation and venous function during exercise in patients with venous insufficiency. *Vascular*, 2004, 12:69–76. doi:10.2310/6670.2004.8718
42. VORONAJA. N. Venų ligos: klausimai ir atsakymai. [interaktyvus] 2013 [žiūrėta 2018-07-10]. Prieiga per: <https://www.pasveik.lt/lt/naujaisi-medicinos-straipsniai/venu-ligos:-klausimai-ir-atsakymai/72781/>
43. Kojų venų varikozė. [interaktyvus] [žiūrėta 2018-07-10]. Prieiga per: <https://www.pasveik.lt/lt/ligos-ir-sindromai/koju-venu-varikoze/4325/>
44. HIGUERA, V. Using Compression Stockings for Deep Vein Thrombosis. [interaktyvus] 2017 [žiūrėta 2018-07-10]. Prieiga per: <https://www.healthline.com/health/dvt/compression-stockings#best-options>
45. ARINA J. ten CATE-HOEK. Elastic compression stockings — is there any benefit? *The lancet*, Vol 383 March 8, 2014.
46. Cepcompression technology. [interaktyvus] [žiūrėta 2018-07-10]. Prieiga per: <https://www.cepccompression.com/pages/compression-technology>
47. MARQUÉS-JIMÉNEZ D., J.CALLEJA-GONZÁLEZ, I.ARRATIBEL, A. DELEXTRAT, N. TERRADOS. Are compression garments effective for the recovery of exercise-induced muscle damage? A systematic review with meta-analysis. *Physiol Behav*, 2016.
48. ALI, A., RH. CREASY, JA. EDGE. Physiological effects of wearing graduated compression stockings during running. *Eur J Appl Physiol*, 2010, 109:1017–1025. doi: 10.1007/s00421-010-1447-1.
49. ALI A., RH. CREASY, JH. EDGE. The effect of graduated compression stockings on running performance. *J Strength Cond Res*, 2011. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181d6848e.
50. ALI A., MP. CAINE, BG. SNOW. Graduated compression stockings: physiological and perceptual responses during and after exercise. *J Sports Sci*, 2007, 25:413–419. doi:10.1080/02640410600718376
51. DEL COSO, J., F. ARECES, J. JOSÉ SALINERO, C. GONZÁLEZ-MILLÁN, J. ABIÁN-VICÉN, L. SORIANO, D. RUIZ, C. GALLO, B. LARA, J. CALLEJA-GONZALEZ. Compression stockings do not improve muscular performance during a half-ironman triathlon race. *Eur J Appl Physiol*, 2014. 114:587–595.
52. HSU, Wei-Chun, Li-Wen TSENG, Fu-Chun CHEN, Li-Chu WANG, Wen-Wen YANG, Yi-Jia LIN, Chiang LIU, Effects of compression garments on surface EMG and physiological responses during and after distance running. *Journal of Sport and Health Science*, 2017, pp.1–7.
53. HIGGINS, T., G. A. NAUGHTON, D. BURGESS. Effects of wearing compression garments on physiological and performance measures in a simulated game-specific circuit for netball. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2009, 12, 223–226.

54. Do compression sports clothes really improve performance? [interaktyvus] 2017 [žiūrėta 2018-07-10]. Prieiga per: <https://www.theguardian.com/lifeandstyle/2017/jun/19/under-pressure-do-compression-sports-clothes-really-improve-performance>
55. QUAYNOR, L., M. NAKAJIMA and M. TAKAHASHI. Dimensional Changes in Knitted Silk and Cotton Fabrics with Laundering. *Textile Research Journal*. 1999, Vol. 69 (4) 285–291.
56. Technical bulletin. A guide to improved shrinkage performance of cotton fabrics. *Cotton Incorporated*, 2004.
57. QUAYNOR, L., M. TAKAHASHI, M. NAKAJIMA. Effects of Laundering on the Surface Properties and Dimensional Stability of Plain Knitted Fabrics. *Textile Research Journal*, 2000, Vol. 70 (1) 28–35: 2000.
58. VAN AMBER, R. R., Brian E. NIVEN and Cheryl A. WILSON. Effects of Laundering and Water Temperature on the Properties of Silk and Silk-blend Knitted Fabrics. *Textile Research Journal*, Vol 80(15): 2010.
59. ALIŠAUSKIENĖ, Diana ir Daiva MIKUČIONIENĖ. Investigation on Alteration of Compression of Knitted Orthopaedic Supports during Exploitation. *Materials science*, 2012, Vol. 18, No. 4. ISSN 1392–1320.
60. TVARIJONAVIČIENĖ, Beata. *Mezginių sandara ir analizė*. Kaunas: Technologija, 2010. pp. 55–58.
61. ČIUKAS, Ričardas ir kt. *Aiškinamasis tekstilės terminų žodynas*. Kaunas: Technologija, 2006.
62. MILAŠIUS, Rimvydas. *Tekstilės eksperimento teorija ir praktika: mokomoji knyga*. Kaunas: Technologija, 2006. pp. 16–20, 42.
63. MURALIENE, L., D. MIKUCIONIENE, G. LAURECKIENE, M. BRAZAITIS. New approach to evaluation of orthopaedic supports compression properties. *Journal of Industrial Textiles*, 2019.

Priedai

1 priedas. Tyrimų rezultatų publikavimas

Šio magistrinio darbo tyrimų rezultatai yra pristatyti mokslinėje publikacijoje: MURALIENĖ, L., E. BUROKĖ, D. MIKUČIONIENĖ. „Influence of Stabilization and Short-Term Relaxation to Compression Generated by Stocking Welt“, *Journal of The Textile Institute* (priimtas spaudai).