



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS**

**Kristina Lukšytė**

**PLĖVELINIŲ SIŪLŲ PRATAMPOS ĮTAKOS JŲ SANDARAI IR TEMPIMO  
SAVYBĖMS TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

**Vadovas**  
Prof. dr. Donatas Petrulis

**KAUNAS, 2015**

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS**  
**MEDŽIAGŲ INŽINERIJOS KATEDRA**

**TVIRTINU**  
Katedros vedėjas  
(parašas) Doc. dr. Vaida Jonaitienė  
(data)

**PLĖVELINIŲ SIŪLŲ PRATAMPOS ĮTAKOS JŲ SANDARAI IR TEMPIMO**  
**SAVYBĖMS TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas  
Tekstilės inžinerija (M8066L21)

**Vadovas**  
(parašas) Prof. dr. Donatas Petrulis  
(data)

**Recenzentas**  
(parašas) Doc. dr. Audronė Ragaišienė  
(data)

**Projektą atliko**  
(parašas) Kristina Lukšytė  
(data)

**KAUNAS, 2015**



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO

---

(Fakultetas)

Kristina Lukšytė

---

(Studento vardas, pavardė)

Tekstilės inžinerija M8066L21

---

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Plėvelinių siūlų pratamos įtakos jų sandarai ir tempimo savybėms tyrimas“

**AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA**

20 15 m. gegužės 29 d.  
Kaunas

Patvirtinu, kad mano Kristinos Lukšytės baigiamasis projektas tema „Plėvelinių siūlų pratamos įtakos jų sandarai ir tempimo savybėms tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o 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 mokėjęs.

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

---

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

---

(parašas)

## TURINYS

SANTRAUKA .....	9
SUMMARY .....	11
IŽANGA .....	13
1. PLĖVELINIŲ SIŪLŲ PRATAMPOS ĮTAKOS JŲ SANDARAI IR TEMPIMO SAVYBIŲ LITERATŪROS APŽVALGA.....	<b>Klaida! Žymelė neapibrėžta.</b> 4
1.1. Cheminių siūlų gamyba ir pritaikymas .....	<b>Klaida! Žymelė neapibrėžta.</b> 4
1.2. Polipropileno gamyba .....	15
1.3. Polipropileno pluošto privalumai .....	16
1.4. Plokščios sandaros siūlai .....	17
1.5. Plėvelinių siūlų pritaikymas .....	19
1.6. Juostinių gijų gamyba .....	19
1.7. Lydalo išspaudimo būdai ir jo aušinimas .....	20
1.8. Plėvelės supjaustymas .....	<b>Klaida! Žymelė neapibrėžta.</b> 23
1.9. Galutinio naudojimo reikalavimai įvairios paskirties plėveliniams siūlams .....	24
1.10. Plėvelinių siūlų gamyba ir savybių tyrimai .....	26
1.11. Darbo tikslai ir uždaviniai .....	33
1.12. Plėvelinių siūlų pratamos įtakos jų sandarai ir tempimo savybių literatūros apžvalgos apibendrinimas .....	34
2. PLĖVELINIŲ SIŪLŲ PRATAMPOS ĮTAKOS JŲ SANDARAI IR TEMPIMO SAVYBIŲ TYRIMO METODOLOGIJA .....	37
2.1. Tyrimo objektas.....	37
2.2. Tyrimo metodika .....	3737
2.3. Eksperimentų rezultatų statistinė ir matematinė analizė .....	42
3. PLĖVELINIŲ SIŪLŲ PRATAMPOS ĮTAKOS JŲ SANDARAI IR TEMPIMO SAVYBĖMS TYRIMO EKSPERIMENTO REZULTATŲ ANALIZĖ .....	45
3.1. Pratamos įtaka polipropileno plėvelinių siūlų storiui ir mechaninėms savybėms ...	45
3.2. Pratamos įtaka plėvelinių siūlų pločiui .....	47
3.3. Siūlų maės duomenų analizė .....	48
3.4. Siūlų stipruminių savybių tyrimų analizė.....	50
3.5. Plėvelinių siūlų pratamos įtakos jų sandarai ir tempimo savybėms tyrimo eksperimento rezultatų analizės apibendrinimas .....	55
IŠVADOS .....	57

LITERATŪRA .....	59
PRIEDAS .....	63
BANDYMŲ PROTOKOLAS .....	63
1 PRIEDAS. Bandinių A, B ir C storio matavimų rezultatai.....	63
2 PRIEDAS. Bandinių A, B ir C pločio matavimų rezultatai.....	66
3 PRIEDAS. Apskaičiuoti bandinių A, B ir C tūrio rezultatai .....	69
4 PRIEDAS. Bandinių A, B ir C masės matavimų rezultatai.....	72
5 PRIEDAS. Bandinių A, B ir C apskaičiuoti skerspjūvio rezultatai.....	75
6 PRIEDAS. Bandinių A, B ir C tempimo eksperimento rezultatai.....	78
7 PRIEDAS. Bandinių A, B ir C ilginio tankio skaičiavimų rezultatai.....	81
8 PRIEDAS. Bandinių A, B ir C tempimo eksperimento rezultatų diagramos .....	84

## PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS:

<b>1.1. paveikslas.</b> Gamybos proceso diagrama skirta polipropileniniams plėveliniams siūlams ir pluoštams [16].....	<b>Klaida! Žymelė neapibrėžta.</b> 15
<b>1.2. paveikslas.</b> Tipiniai profiliuoti PP plėvelinių siūlų skerspjūviai [29].....	17
<b>1.3. paveikslas.</b> Propileninių gijinių siūlų gamyba [49].....	20
<b>1.4. paveikslas.</b> Įvairios antgalio pjūvio versijos (viršutinė diagrama rodo T formos antgalio konstrukciją, kurio diametras pastovus; dvi apatinės diagramos vaizduoja taip vadinamas „pakabos“ formos konstrukcijas) [37] .....	21
<b>1.5. paveikslas.</b> Schemos, rodančios įvairius plėvelės atvėsavimo metodus po ekstruzijos: (a) aušinimas šaltu vandeniu ritinyje, b) aušinimas vandens vonioje, (c) išpūstos plėvelės gamyba, aušinimas oru [14, 18].....	22
<b>1.6. paveikslas.</b> Plėvelinių pjaustymo į atskiras juosteles įrenginys [14, 27] .....	24
<b>1.7. paveikslas.</b> Plėvelinių siūlų schema: a ir b – po pjovimo; c ir d – galutinis vaizdas [66].....	28
<b>1.8. paveikslas.</b> Tipinės plėvelinių siūlų ištiesos kreivės [65] .....	28
<b>1.9. paveikslas.</b> Polipropileninių siūlų įtempių ir deformacijų kreivė [69] .....	32
<b>1.10. paveikslas.</b> Įtempio – deformacijų kreivės ypatybės [69] .....	32
<b>1.11. paveikslas.</b> Polipropileninių siūlų priklausomybė nuo pratamos: lūžio taškas ( $\sigma$ , – ), vidutinis modulis ( $\Delta$ , – – –) [69] .....	33
<b>2.1. paveikslas.</b> KERN EG/EW elektroninės svarstyklės [50] .....	38
<b>2.2. paveikslas.</b> Storio matavimo prietaisas „Schmidt control“ [49] .....	38
<b>2.3. paveikslas.</b> Mikroskopo darbo laukas .....	39
<b>2.4. paveikslas.</b> Tikroji padalos vertė .....	40
<b>2.5. paveikslas.</b> Bandinio mikroskopinis vaizdas .....	40
<b>2.6. paveikslas.</b> Tempimo įrenginys Zwick\2005, AB481218, Mange/Qty.1, Inhalt: suhe Liefershein .....	41
<b>2.7. paveikslas.</b> Tempimo įrenginio spraustuvai, naudojami bandiniui įtvirtinti .....	41
<b>3.1. paveikslas.</b> Storio vidurkio diagrama: A – esant pratampai 6,002, B – esant pratampai 6,502, C – esant pratampai 6,869 .....	46
<b>3.2. paveikslas.</b> Pločio vidurkio diagrama: A – esant pratampai 6,002, B – esant pratampai 6,502, C – esant pratampai 6,869 .....	48
<b>3.3. paveikslas.</b> Masės vidurkio diagrama: A – esant pratampai 6,002, B – esant pratampai 6,502, C – esant pratampai 6,869 .....	<b>Klaida! Žymelė neapibrėžta.</b> 49

<b>3.4. paveikslas.</b> Ilginio tankio vidurkio diagrama : A – esant pratampai 6,002, B – esant pratampai 6,502, C-sant pratampai 6,869 .....	51
<b>3.5. paveikslas.</b> Bandinių A, B, C skerspjūvio vidurkiai .....	52

## LENTELIŲ SĄRAŠAS:

<b>1.1. lentelė.</b> Įvairių juostelių skerspjūvio matmenys [27] .....	18
<b>1.2. lentelė.</b> Standartiniai, plokščių ir suskaidytų PP plėvelinių gijų ir HDPE, stiprio ir ištįsos vertės [26] .....	18
<b>1.3. lentelė.</b> Austi ir neausti audiniai iš polipropileninių plėvelinių siūlų [12] <b>Klaida! Žymelė neapibrėžta.</b> 5	
<b>1.4. lentelė.</b> Tirtų plėvelinių siūlų variantai [64]..... <b>Klaida! Žymelė neapibrėžta.</b> 6	
<b>1.5. lentelė.</b> Plėvelinių siūlų variantų tempimo bandymo rezultatų vidurkiai [64] <b>Klaida! Žymelė neapibrėžta.</b> 26	
<b>1.6. lentelė.</b> 3,4mm pločio plėvelinių siūlų savybės, skliausteliuose pateikiama nominali linijinio tankio vertė [65].....	29
<b>1.7. lentelė.</b> 2,5mm pločio plėvelinių siūlų savybės, skliausteliuose pateikiama nominali linijinio tankio vertė [65] .....	29
<b>1.8. lentelė.</b> Polipropileninių siūlų parametrai [68].....	31
<b>2.1. lentelė.</b> Reikiami duomenys trūkimo tyrimui atlikti .....	41
<b>2.2. lentelė.</b> Tempimo bandymo matavimo vienetų duomenys .....	42
<b>3.1. lentelė.</b> Statistinių storio rezultatų vidutinės reikšmės .....	46
<b>3.2. lentelė.</b> Statistinių pločio rezultatų vidutinės reikšmės ..... <b>Klaida! Žymelė neapibrėžta.</b> 48	
<b>3.3. lentelė.</b> Statistinių masės rezultatų vidutinės reikšmės.....	49
<b>3.4. lentelė.</b> Ilginio tankio vidutinės reikšmės .....	50
<b>3.5. lentelė.</b> Bandinio A tempimo eksperimento duomenys.....	52
<b>3.6. lentelė.</b> Bandinio B tempimo eksperimento duomenys .....	53
<b>3.7. lentelė.</b> Bandinio C tempimo eksperimento duomenys .....	54



Lukšytė K. Plėvelinių siūlų pratamos įtakos jų sandarai ir tempimo savybėms tyrimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas prof. dr. Donatas Petrulis; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas, Medžiagų inžinerijos katedra.

Kaunas, 2015. 85 psl.

## SANTRAUKA

Polipropilenas (PP) yra vienas iš populiariausių sintetinių pluoštų. Tai sintetinis polimeras tekstilės medžiagoms gaminti. Jis yra plačiai naudojamas dėl gana pigių gamybinių sąnaudų, universalaus panaudojimo, lengvo perdirbimo ir gerų mechaninių savybių. Taip pat polipropilenas yra lankstus bei tvirtas, tačiau esant žemai temperatūrai pasidaro labai trapus. Taip pat polipropilenas neatsparus senėjimui – pablogėja savybės, ima irti veikiamas šviesos, drėgmės, šilumos.

Gaminiai iš PP siūlų plačiai naudojami įvairiose sferose: žemės ūkio, chemijos, maisto pramonės, statybos ir kitose, kur reikalinga ypač tvirta ir patikima pakuotė; pirminių ir antrinių kilimų gamyba, antriniai audiniai; geotekstilė; lynų ir virvių gamyba. Dėka jų patvarumo, mažo svorio bei paprastumo naudojant, jie yra ypač populiarūs fasuojant bei transportuojant tokius produktus kaip: miltai; cukrus; kombinuotieji pašarai; grūdai bei sėklos; trąšos; statybinės medžiagos; medžio granulės; dėvėti drabužiai; cementas.

Tyrimams atlikti buvo naudojami trijų skirtingų pratampų ( A-6,002, B – 6,502, C – 6,869) polipropileningieji plėveliniai siūlai. Tiriama plėvelinių siūlų pratamos įtaka jų sandarai ir tempimo savybėms. Buvo išmatuotas PP plėvelinių siūlų plotis, storis ir svoris, taip pat atliekami statistiniai skaičiavimai: apskaičiuojamas vidurkis, absoliutinė paklaida, santykinė paklaida ir variacijos koeficientas. Atliekamas tempimo bandymas iki visiško siūlo nutrūkimo. Atlikta detali eksperimentų rezultatų analizė. Išanalizavus PP plėvelinius siūlus, nustatyta, kad nuo pratamos priklauso siūlo ir gaminio svoris, bei stipruminės savybės.

Tekstilinių gaminių, pagamintų iš polipropileno, paveikto mechaninių jėgų bei aplinkos poveikio, savybės blogėja, mažėja elastingumas, didėja trūkumas bei trapumas, standumas. Dėl šių veiksnių, gaminiai praranda tvirtumą, atsiranda įtrūkimai, įplyšimai.

Siekiant tikslumo, atliekant polipropileningųjų plėvelinių siūlų stipruminių savybių tyrimą, naudojami trijų skirtingų pratampų bandiniai. Tyrimai parodė, kad esant mažiausiai pratampai (A – 6,002), polipropileningasis plėvelinis siūlas yra storiausi, plačiausi, sunkiausi, didžiausio ilginio

tankio, tačiau vartojimo atžvilgiu tai yra didelis trūkumas. Priimta išvada, kad vartojimo atžvilgiu tinkamiausi naudojimui yra didžiausios pratamos siūlai (C – 6,869).

Gauti rezultatai yra svarbūs moksliniu ir ekonominiu požiūriu: galima prognozuoti ekonomiškai svarbius rodiklius ir pasiekti, kad gaminių iš polipropileno siūlų panaudojimas būtų dar įvairesnis, o gamybos būdas ekonomiškesnis.

Lukšytė K. Investigation of Effect of Draft Ratio of Tape Yarns on their Structure and Tensile Properties / Final project of Master's Degree / supervisor prof. dr. Donatas Petruelis; Kaunas University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering and Design, Department of Materials Engineering.

Kaunas, 2015. 85 pg.

## SUMMARY

Polypropylene (PP) is one of the most popular synthetic textiles. It is a synthetic polymer for the production of textile products. It is widely used because of its cheap production expenditures, universal utilization, easy recycling, and good mechanical features. In addition, polypropylene is flexible and firm, but in a low temperature it can become very fragile. Polypropylene is not resistant to aging – features deteriorate, it decomposes from light exposure, dampness, and warmth.

PP materials are commonly used in various spheres: agriculture, chemistry, food industry, manufacturing, and others that may require firm and reliable packaging; initial and secondary carpet production, secondary fabrics, geotextile, cable and rope production. Thanks to their durability, light weight and usage simplicity, they are popularly used for pre-packing and transporting such goods as: flour, sugar, composite forage, grains and seeds, fertilizer, manufacturing materials, wood granules, second-hand clothes, cement.

Three different drawing ratio (A-6,002, B-6,502, and C-6,869) polypropylene tape yarn were used for the research. In the centre of the analysis is tape yarn drawing ratios influence on their structure and stretch characteristics. The width, thickness and weight of PP tape yarn was measured, additionally, the statistical calculations were made: calculation of mean, absolute error, relative error, and variation coefficient. The stretch test was carried out until the absolute yarn breakage. Experimental results were analyzed in detail. After the analysis of PP tape yarn, it was concluded, that the yarn and product weight, as well as the strength features, were dependant on the drawing ratio.

The features of textile products that were made from polypropylene (affected by mechanical forces and environmental factors) get worse, the elasticity contracts, the level of fragility and breakage rises, rigidity appears. Because of these factors, products tend to lose firmness, and there is a higher chance of cracking and tearing.

To achieve precision, three different drawing ratios were used for the polypropylene tape yarn strength feature test. Tests showed that on the lowest drawing ration (A-6,002), polypropylene tape

yarn is the thickest, widest, heaviest, and has the biggest height density, but from the perspective of consumption, it is a big flaw. The conducted conclusion is that for consumption purposes it is best to use the biggest drawing ratio yarn (C- 6,869).

The achieved results are important from the scientific and economical perspective: we can predict the economically significant indicators, and reach an objective that the usage of products made out of polypropylene yarn would be even more diverse, and the mean of production- more economical.

## IŽANGA

Polipropilenas (PP) yra vienas iš populiariausių sintetinių pluoštų dėl žemos gamybinės kainos, žemo savitojo svorio, atsparumo šilumai, standumo ir stiprumo. Jį galima naudoti iki 150° C temperatūros.

Iš polipropileno pagaminti gaminiai yra atsparūs vandeniui, elastingi. Jie tvirčiausi iš visų sintetinių pluoštų. Naudojami audiniams gaminti, derinant su vilna ir kitais sintetiniais pluoštais. Gaminiai iš PP nebijo vandens, purvo, bet greitai riebaluojasi. Polipropileno pluoštai vis tobulėja. Neseniai Korėjos mokslininkai šio plastiko pagalba sukūrė antimikrobinį pluoštą, kurio paviršius yra su sidabro dalelėmis. Teigiama, jog polipropilenas – vienas saugiausių plastikų, todėl gali liestis su maistu. Naudojamas gaminti plėveliniams maišams skirtiems daržovių pakavimui ir laikymui.

Šio tiriamo darbo siekis yra ištirti polipropileninių plėvelinių siūlų pratamos įtaką jų sandarai ir tempimo savybėms, esant skirtingoms bendrosioms pratampoms.

Tekstiliniu požiūriu mechaninės savybės yra vienos iš svarbiausių charakteristikų, nulemiančių gaminių kokybę, ilgaamžiškumą, gamybinę vertę. Dažniausiai, iš mechaninių savybių, tekstilinėms medžiagoms yra naudojamos stipruminių savybių nustatymo charakteristikos. Šis būdas plačiai naudojamas dėl tekstilinių medžiagų perdirbimo ir vartojimo metu veikiamų skersinių ir ypač išilginių jėgų.

Maišai iš polipropileno juostelių yra naudojami įvairiose sferose: žemės ūkio, chemijos, maisto pramonės, statybos ir kitose, kur reikalinga ypač tvirta ir patikima pakuotė. Dėka jų patvarumo, mažo svorio bei paprastumo naudojant, jie yra ypač populiarūs fasuojant bei transportuojant tokius produktus kaip: miltai; cukrus; kombinuotieji pašarai; grūdai bei sėklos; trąšos; statybinės medžiagos; medžio granulės; dėvėti drabužiai; cementas. Dėl tokio plataus polipropileninių maišų panaudojimo ir keliamų aukštų reikalavimų būtina išsiaiškinti PP plėvelinių siūlų savybes tempiant tam tikra jėga. Turime sužinoti, kokią tempimo jėgą minėtieji siūlai išlaiko.

Tiriamąjį darbo duomenys yra itin svarbūs vartotojui, norinčiam numatyti, kokį svorį gali atlaikyti tokios sandaros PP plėvelinių siūlų gaminiai, naudojami buitiniam panaudojimui.

# 1. PLĖVELINIŲ SIŪLŲ PRATAMPOS ĮTAKOS JŲ SANDARAI IR TEMPIMO SAVYBIŲ LITERATŪROS APŽVALGA

## 1.1. Cheminių siūlų gamyba ir pritaikymas

Plėveliniai siūlai tekstilės pramonėje gali būti gaminami iš skirtingų polimerinių medžiagų, bet tokie poliolefinai, kaip polipropilenas (PP) ir polietilenas (PE) yra pagrindiniai polimerai. Pirmieji pluoštai iš mažo tankio polietileno (LDPE) buvo pagaminti 1930 m. Pirmieji bandymai gaminti PP siūlus buvo praėjusio amžiaus viduryje. Netolimoje praeityje įvyko reikšmingų pokyčių plėvelinių gijų gamybos srityje. Naujuose polimeriniuose produktuose pritaikyta įvairi struktūra ir įvairūs komponentai [1-4].

Pirmą kartą PP sėkmingai polimerizuotas 1954 m. Pirmiausia, komerciniams tikslams, PP siūlai buvo gaminami pjaustant pagamintus PP lakštus juostelėmis, nes šis metodas buvo labai ekonomiškasis. Iš PP gali būti gaminami plėveliniai siūlai išliejant polimerus, suformuojama plėvelė, supjaustoma išilgai plėvelės per visą jos ilgį, gautos juostelės tempiamos. Taip vienašiška ištempti siūlai gali būti labai įvairiai panaudojami: gaminami lengvi audiniai su gera danga ir gerų stipruminių savybių gaminiai. Gautieji siūlai buvo vadinami labai įvairiai: pjaustytais juostomis, juostiniais siūlais, plokščiaisiais siūlais ir netgi kaspinais [10]. Gautos juostelės gali būti toliau perdirbamos, gaunami gijiniai plėveliniai siūlai, kurių struktūra labai panaši į natūralių siūlų struktūrą.

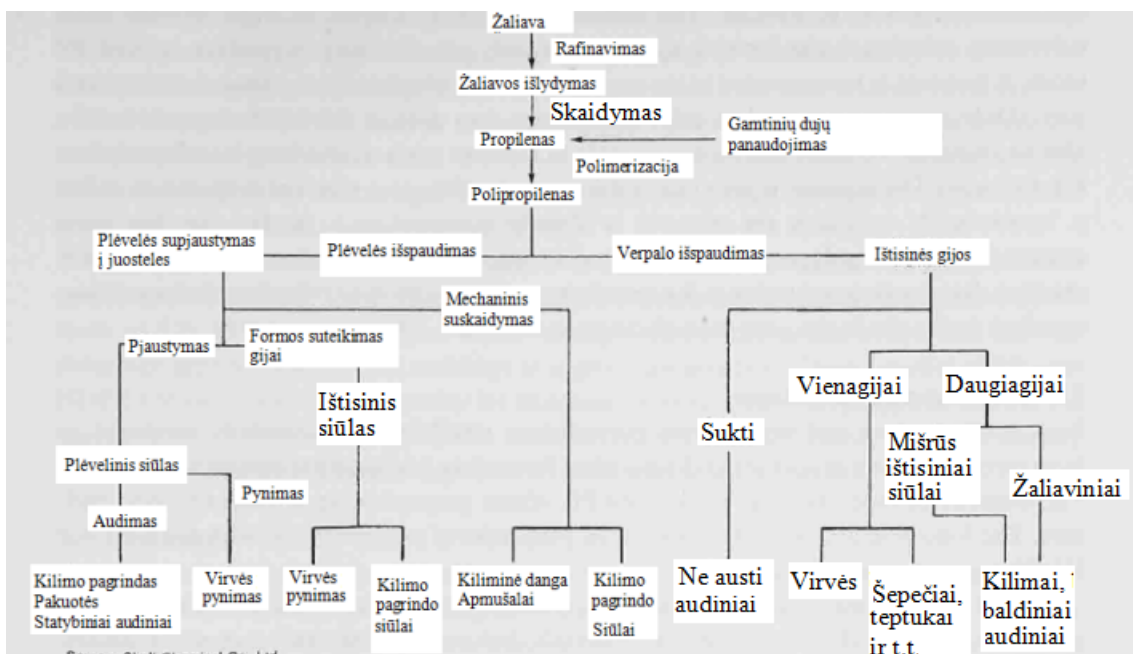
Beveik visi plėveliniai siūlai yra gaminami iš poliolefino, polipropileno arba didelio tankio polietileno, kurie sudaro apie 35% visos alkenų grupės pluoštų gamybą [11]. Labai didelė pažanga buvo padaryta gaminant plėvelinius siūlus iš kristalinių polimerų. Šių siūlų pagrindinis privalumas - nebrangi gamyba. Lyginant PP su polietilenu, jis turi keletą privalumų, tai yra, geresnes fizikines savybes, mažesnius gamybinius kaštus. Pasaulinėje gamyboje nuo 1979 m, PP kaip tekstilinė žaliava buvo trečioje vietoje po poliesterio ir nailono [12]. Šiandien polipropileno pluoštas, pagal naudojimą audiniuose, yra antras, prieš PP yra gaminiai iš poliesterio, ir po PP yra gaminiai iš nailono [11, 13]. PP plėveliniai siūlai paprastai naudojami šiuurkščiavilnių tekstilėje, kai išlaidos žaliavoms sudaro didelę dalį visų gamybinių išlaidų, tokiu būdu pasiekama didesnė gamybinė nauda [14]. Pagrindinės poliolefininių plėvelinių siūlų pritaikymo sritys yra pirminių ir antrinių kilimų gamyba, antriniai audiniai, pramoninių maišų ir pakavimo medžiagų gamyba, geotekstilė, lynų ir virvių gamyba, bei įvairių pramoninių gaminių gamyba.

Per pastarąjį dešimtmetį polipropileno ir etileno daugiafazė ir polimero sistema, įskaitant ir polimerinius mišinius, turėjo materialinę įtaką technologiniams ir komerciniams tikslams. Buvo intensyviai tiriami PE ir polipropileno mišiniai bei įvairių tipų etileno-propileno kopolimerai [46-48, 51-62]. Atlikti tyrimai parodė, kad šių mišinių sistemos draugiškos gamtai, o mišinio komponentai kristalizuojasi savarankiškai. Vis dėlto, daugelis tyrėjų [ 51-54] pranešė apie teigiamą sąveiką, geras mechanines ir galutinio vartojimo savybes. Pastaraisiais metais buvo atliekami tyrimai skirti išnagrinėti molekulinę savybių poveikį, mišinio sudėtį, dispersijos lygį ir lydymąsi, bendrąjį sukibimą ir plastikų deformacijos elgesį bei savybės PE/PP mišiniuose [46-48, 51-62].

Išliejimo procesas leidžia gamybos metu į produktus, efektyviai ir paprastai, įterpti įvairius komponentus [1-4]. Gamybos metu, į gijų ar juostų sudėtį, gali būti įmaišoma cheminių mišinių, polimerų [1]. Be to, kopolimerinis poliolenfinas, pavyzdžiui, eteno-propeno ir eteno-okteno [1] turi tam tikrą komercinę reikšmę. Naudojant išspaudimo technologijas, gali būti pagaminama plėvelė iš kurios gaminamos plėvelinės gijos [4]. Priedų ir polimerinių medžiagų pasirinkimas turi įtakos galutinėms plėvelinių gijinių siūlų mechaninėms savybėms [1, 5].

## 1.2. Polipropileno gamyba

Gamybos procesai, reikalingi gaminti PP juostiniams siūlams ir kitiems produktams, nuo monomero gamybos iki galutinio produkto panaudojimo, pateikta 1.1. pav. [16].



1.1. pav. Gamybos proceso diagrama skirta polipropilenuose plėveliniams siūlams ir pluoštams [16]

PP gaminimo procesas panašus į polietileno gaminimo procesą: naudojama šiluma, slėgis ir katalizatoriai. Tačiau, skirtingai nuo polietileno, polipropilenas turi metilo grupes prijungtas prie alternatyvių anglies polimerų, kurie turi kontroliuoti ir garantuoti gerą polimero reguliarumą. Tai sudaro sąlygas gretimų molekulių grandinių susijungimui, kuris suteikia aukštą kristališkumą ir didelį stiprį. Tipinis polipropilenas yra daugiau negu 90% kristalinis, kristališkumo laipsnis daug didesnis negu kitų pluoštų [15, 17].

1960-ųjų viduryje PP beveik išstumtas iš gamybos, nes buvo neatsparus dilimui [20]. Polipropileningieji pluoštai ir plėvelinės gijos labai sunkiai dažomi įprastais metodais, todėl turi būti nudažyti etape, kai polimeras yra lydomas. Yra žinomos įvairios dažymo technologijos: granuliuotą dažymą, tirpalo dažymą. Dažymas tirpinant yra vienintelis praktinis būdas gaminti spalvotą PP. Pigmentas sumaišomas su išlydytu polimeru, kuris vėliau išspaudžiamas įprastu metodu. Dažymui naudojami tik pigmentai, nes šiuo metodu naudojant dažus, jie nesugebėtų prisijungti prie pluoštų ir migruotų į pluoštų paviršių, dėl šios priežasties spalva labai lengvai nusitrintų. Pigmento įterpiamas į granules jas ruošiant, vadinamas „pagrindiniu mišiniu“, kuriame pigmentas jau ištirpintas tad gerai susimaišo su polipropilenu [20, 21].

### **1.3. Polipropileningo pluošto privalumai**

Vienas iš didžiausių PP privalumų yra maža gamybinė kaina, jis lengvai gaunamas, nebrangi žaliava, nesudėtinga gamyba. PP gamybos procesas yra daug paprastesnis ir pigesnis nei kitų sintetinių pluoštų, pavyzdžiui, nailono ar poliesterio [22]. Skirtingai nuo daugumos kitų dirbtinių pluoštų, PP gamyba yra ekonomišką procesą, pagaminama keli tūkstančiai tonų per metus, naudojant nedidelių gabaritų įrangą, kurių gamybai nereikia didelio pradinio ir tolimesnio gamybinio kapitalo [15].

Mažas PP savitasis sunkis leidžia pagaminti mažos apimties ir nedidelio svorio gaminius. Šie pluoštai labai hidrofobiniai dėl sudėtingos polimero grandinių sudėties, bei cheminių grupių stokos, pritraukiančių vandenį [15]. Jis sugeria mažiau nei 0,1% vandens esant 65% santykiniui drėgmeniui, o temperatūra 20°C (lyginant su nailonu esant 4% ir poliesterio pluoštu bent 0,4%). PP pluošto negalime pritaikyti, audiniuose, kuriuose yra svarbi vandens sugertis, tačiau jie idealiai tinkami audiniuose, kurie turi likti sausi, o vanduo arba didžioji jo dalis turi supti pluoštą. PP pluošte yra inertiškų cheminių sudedamųjų dalių, įskaitant, rūgštis, šarmus ir daug organinių junginių [22]. PP gali būti pažeidžiamas chlorido tirpalu, tokiu, kuris naudojamas sausam valymui, jis sukelia susitraukimą ir nejudrumą. Kitas PP privalumas yra gebėjimas lengvai įsisavinti aliejus. Tai gali būti privalumas, kai pluoštai ir audiniai yra naudojami išvalyti

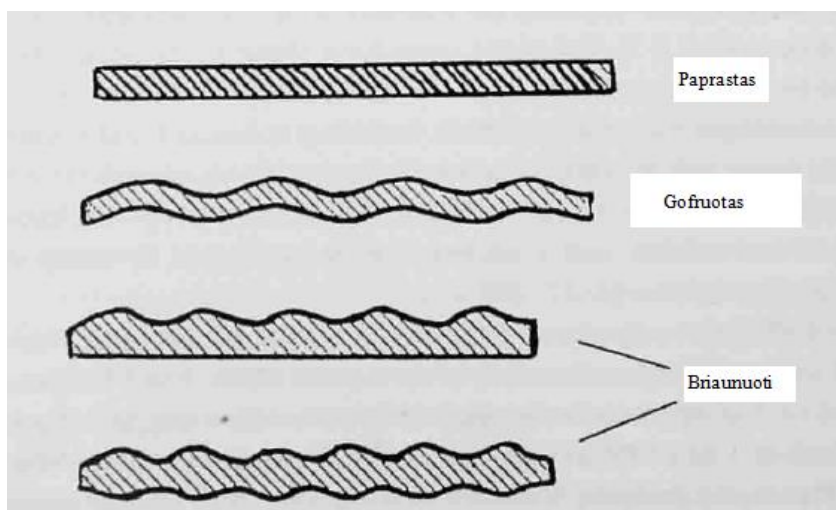


išsiliejusią naftą, o trūkumas, kai PP naudojami drabužiams, tuo atveju įsigėrę kūno aliejai į pluoštą nebūtų išplaunami skalbimo metu. PP netoksiškas, atsparus pelėsiui ir bakterijų dauginimuisi, tai yra papildomas privalumas naudojant medicinoje bei srityse apimančiose šlapias ir drėgnas aplinkas, tokias kaip, pavyzdžiui, vonios kilimėlių gamyba [15, 24].

PP turi šiek tiek daugiau privalumų lyginant su polietilenu (HDPE) įskaitant mažesnę savitąją sunkio jėgą (HDPE kuri yra 0,95 [24]), aukštesnę lydymosi temperatūrą 125-135°C [25], didesnę tempimo stiprį, geresnes mechanines savybes ir didesnę matmenų stabilumą tam tikroje temperatūroje.

#### 1.4. Plokščios sandaros siūlai

PP išilginės plėvelinės gijos paprastai turi savitą stačiakampio formos skerspjūvį. Tačiau, yra keletas skerspjūvio, išilgine kryptimi, rūšių, kurios gali būti ir profiliuotos, pavyzdžiui, gofruoto ir banduoto rombo formos, pavaizduota 1.2. paveiksle [29]. Plėveliniams gijiniams siūlams yra būdingas didelis pločio ir storio santykis, t.y. plotis 50-100 kartų didesnis už storį. Plėvelinės juostinės gijos arba kitaip „išilgininės gijos“ turi skirtingą struktūrą ir kitokias savybes nei įprastos gijos, nes juostoms būdinga dviašė orientacija, o ne vienašė [30]. Kadangi plėveliniai juostiniai siūlai skiriasi forma ir struktūra, nuo įprastų gijinių siūlų, jie gali būti naudojami universaliau [10, 27]. Konkretūs skerspjūvio matmenys buvo nustatyti įvairiais tyrimais, kurie pateikti 1.1. lentelėje. Standartinis plėvelinių siūlų storis svyruoja nuo 22 iki 90 mikrometrų ( $\mu\text{m}$ ) [26]. Siūlai skirti audimui būna 40 $\mu\text{m}$  storio ir 2-3 mm pločio, mezgimo procesui skirti siūlai mažesnio storio ir didesnio pločio [27]. Labai smulkūs plėveliniai siūlai laikomi 1,0-1,5 mm pločio [18].



1.2. pav. Tipiniai, profiliuoti PP plėvelinių siūlų skerspjūviai [29]

**1.1. lentelė.** Įvairių juostelių skerspjūvio matmenys [27]

<b>Pritaikymas</b>	<b>Plotis (mm)</b>	<b>Storis (mm)</b>
Supinta juostelė	1-2	0.03-0.08
Supinta juostelė (fasoniniai)	1-3	0.03-0.08
Metmeninis mezgimas iš juostelių	2.4	0.02-0.03
Pluoštinė plėvelė ( lauko kilimai)	1-12	0.03-0.06
Pakavimo virvės	20-60	0.04-0.10

Fizikinės plėvelinių siūlų savybės yra nustatomos remiantis orientacija ir molekulių grandinių kristalizacija medžiagoje. Kristališkumo laipsnis ir orientacijos kryptis nustatoma plėvelę veikiant karšto oro srautu. Tiek mažėjantis pratamos santykis, tiek ir mažėjanti temperatūra turi įtakos atstojamajai tempimo jėgai, tūsumui ir susitraukimui [28]. To paties linijinio tankio siauresnės ir storesnės juostos, rodo, didesnę tvirtumą nei platesnės ir plonesnės [14]. Taip pat storos juostos turi geresnį atsparumą U.-V., nes susidūręs su U.-V. radiacija polimeras skyla nuo išorės link centro [12]. Atsižvelgiant į juostelių plokščių ir didelį paviršiaus plotą, jos paprastai būna labai lygios ir blizgios [31]. Gali būti gaminamos baltos spalvos, bespalvės, visiškai skaidrios, permatomos arba nepermatomos [18].

**1.2. lentelė.** Standartiniai plokščių ir suskaidytų PP plėvelinių gijų ir HDPE, stiprio ir ištįsos vertės [26]

<b>Savybės</b>	<b>Polipropilenas</b>		<b>Poetilenas (HDPE)</b>	
	<b>Plokščia plėvelinė gija</b>	<b>Suskaidyta plėvelinė gija</b>	<b>Plokščia plėvelinė gija</b>	<b>Suskaidyta plėvelinė gija</b>
Linijinis tankis	40-400 tex	70-1450 tex	42-400 tex	140-1450 tex
Tempiamasis stipris	40-60 cN/tex	30-45 cN/tex	35-50 cN/tex	25-35 cN/tex
Ištįsa trūkimo metu	15-30%	7-15%	20-35%	7-15%

Plėvelinių siūlų stipris ir ištįsa priklauso nuo polimero tipo, išlietos plėvelės aušinimo ir tempimo santykio. Dideli tempimo ribos pakitimai gali būti priskiriami faktui, kad polimeras pradeda lydintis, kai pasiekiamas aukščiausias lūžio taškas. Juostos, kurios buvo nudažytos gali

būti šiek tiek silpnesnės nei nudažytos [18]. 1.2. lentelėje pateiktos standartinio stiprio ir ištįsos vertės įprastinių plokščių, suskaidytų PP juostų ir HDPE [26]. Kaip parodyta lentelėje, PP juostos paprastai yra tvirtesnės nei HDPE juostos, bei stipresnės už suskaidytas juostas.

### **1.5. Plėvelinių siūlų pritaikymas**

Istoriškai, plėveliniai siūlai buvo susiję su kilimų pramone, bet neseniai tapo, gana svarbūs, savo nauda, pramoninių maišų ir konteinerių gamyboje [19]. Perspektyviausias PP panaudojimas tekstilėje yra gaminiuose, kuriuose reikalaujama nebrangios lengvos tekstilės ir gerų stipruminių savybių. Labai geras šios tekstilinės medžiagos pritaikymas yra geotekstilės srityje, kur audiniai turi padengti didelius plotus, todėl turi būti nebrangūs ir tvirti [10, 12].

PP pradėjo konkuruoti su didelio tankio polietilenu, naudojamu pramoninių krepšių gamyboje. Taip pat PP greitai pakeitė džiuatą, naudojamą viršutiniams audiniams. Nuo tada plėvelinių gijinių siūlų panaudojimas labai išaugo įvairiose panaudojimo srityse, tokiose, kaip originalių kilimų gamyba, virvių ir siūlų rinka, apima lanksčią tarpinių konteinerinių gamybą (didmaišiai), maišus skirtus geotekstilei, kurių naudojimas sparčiai plinta.

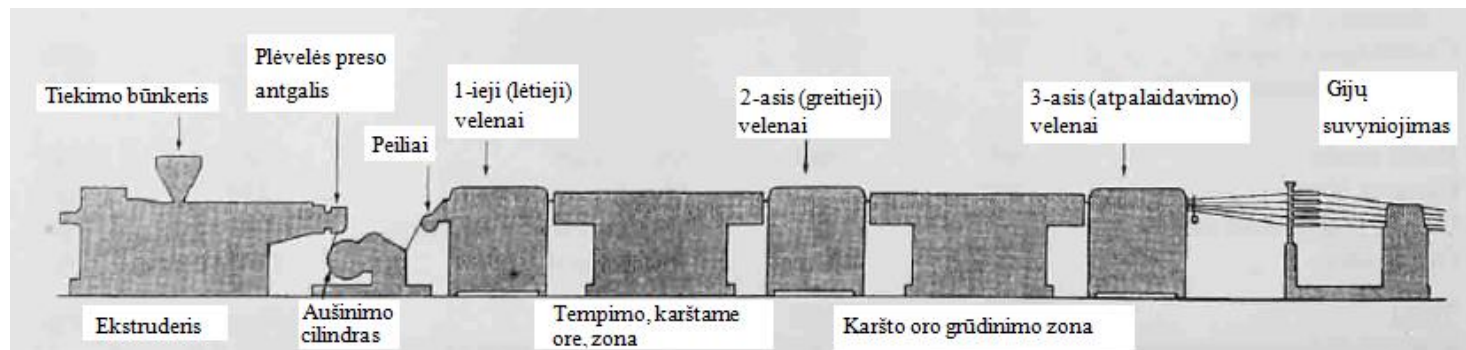
### **1.6. Juostinių gijų gamyba**

Žaliavos, naudojamos plėvelinių siūlų gamyboje, dažniausia yra poliolefinai, tokie kaip polipropileno ir polietileno pluoštai. Metodas, kuriuo buvo galima gaminti iš plėvelinių pluoštų, žinomas labai seniai dar 1930-aisiais, tačiau sėkmingas jo pritaikymas išliko tik naudojant PP [17].

Hensen [12] ir Unger [10] teigia, kad gamyba iš plėvelinių siūlų, technologiniu atžvilgiu, turi keletą privalumų, lyginant ją su įprastinių siūlų gamyba: pigesnis gamybos procesas, siūlai gaminami tiesiogiai iš polimero, nepertraukiamas gamybos procesas. Tačiau, Ahmed [14] teigia, kad dvi technologijos, juostinių gijų ir vientisų siūlo gijų gamyba, yra vienas procesas, papildantis vienas kitą. Plėveliniai siūlai yra naudojami tik išskirtinai aukšto linijinio tankio [14].

1.3. paveiksle pateikta bendra plėvelinių PP gijinių siūlų gamybos apžvalga. Plėvelinių siūlų gamyba gali būti suskirstyta į keletą etapų: plėvelės išpūtimas, supjaustytų plėvelinių gijų ištempimas, šilumos nustatymas ir užbaigimo-suvyniojimo ant ritės procesas. Paprastai, išlydytas polimeras, išlydomas per siaurą formavimo filjerę, jis yra vadinamas plėvele, jei jo storis yra mažesnis nei 250 $\mu$ m (0,25 mm) ir vadinama lakštu jeigu storis viršija nurodytą vertę [35]. Įprastinės plėvelės būna 50 $\mu$ m storio ir 2,5 mm pločio [19]. Juostos skirtos mezgimui yra

gaminamos plėvelės išstūmimo metodu, dėl gerų savybių, tokių kaip gana gero pločio ir storio santykio (mažo storio ir didelio pločio) [12, 27].



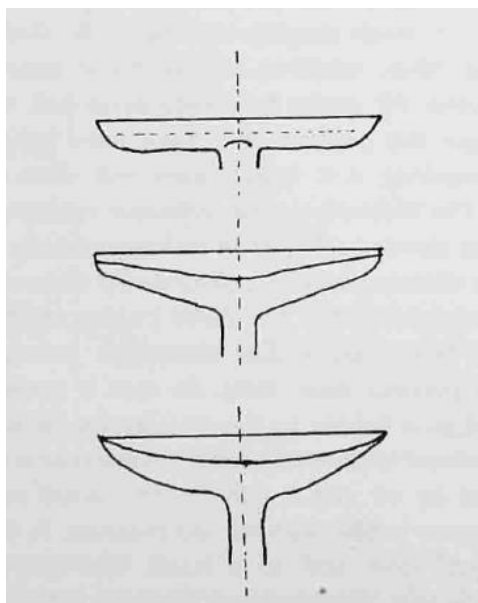
**1.3. pav.** Polipropileninių gijinių siūlų gamyba [49]

Neprateptos juostelės laikomos pirmine plėvele, o prateptos - antrinėmis. Pirminės juostos paprastai supjaustomos į plėvelinius siūlus, o antriniai gali būti tiesiogiai tiekiami į stakles ir supjaustomi juostomis ant staklių. Svarbiausias reikalavimas keliamas tiek pirminėms, tiek antrinėms plėvelėms, jos turi būti vienodo storio, negali būti taškuotos arba turėti molekulinę sąsmauką ir turi glaustai susivyti ant vyniojimo cilindro [36]. Plėvelės traukimąsi aukštesnėje temperatūroje sukelia orientacijos tipas tempimo proceso metu. Jų susitraukimas turi būti mažesnis kaip 1%, jis yra labai svarbus, srityse, kuriose reikalaujama metmenų stabilumo, tokiose, kaip kilimo pagrindas [27].

PP plėveliniai siūlai gali būti gaminami naudojant vieną iš dviejų procesų, kuris yra žinomas, kaip „plėvelės gamybos procesas“, kai polimeras yra išspaudžiamas, kaip plėvelė ir supjaustomas į juosteles, tuo tarpu, tiesioginiame procese polimeras yra išstumiamas per atskiras aneles panašiu metodu, kaip gaminant vienagijus siūlus.

### 1.7. Lydalo išspaudimo būdai ir jo aušinimas

Išlydytas polimeras išstumiamas pro antgalį, kuris reguliuojamas rankiniu ar automatiniu būdu ir gali būti T-formos arba modernesnės taip vadinamos "pakabos" formos. Ši forma per vidurį yra platesnė ir siaurėja link kraštų. Dėka to, polimero tekėjimo kelias sutrumpėja ir jis prateka greičiau (1.4. pav. ) [37]. Tuomet polimeras pro antgalį prateka didesniu spaudimu ir greičiau. Atstumas tarp antgalio kraštų gali kisti nuo 0,5 mm iki 20 mm [37].

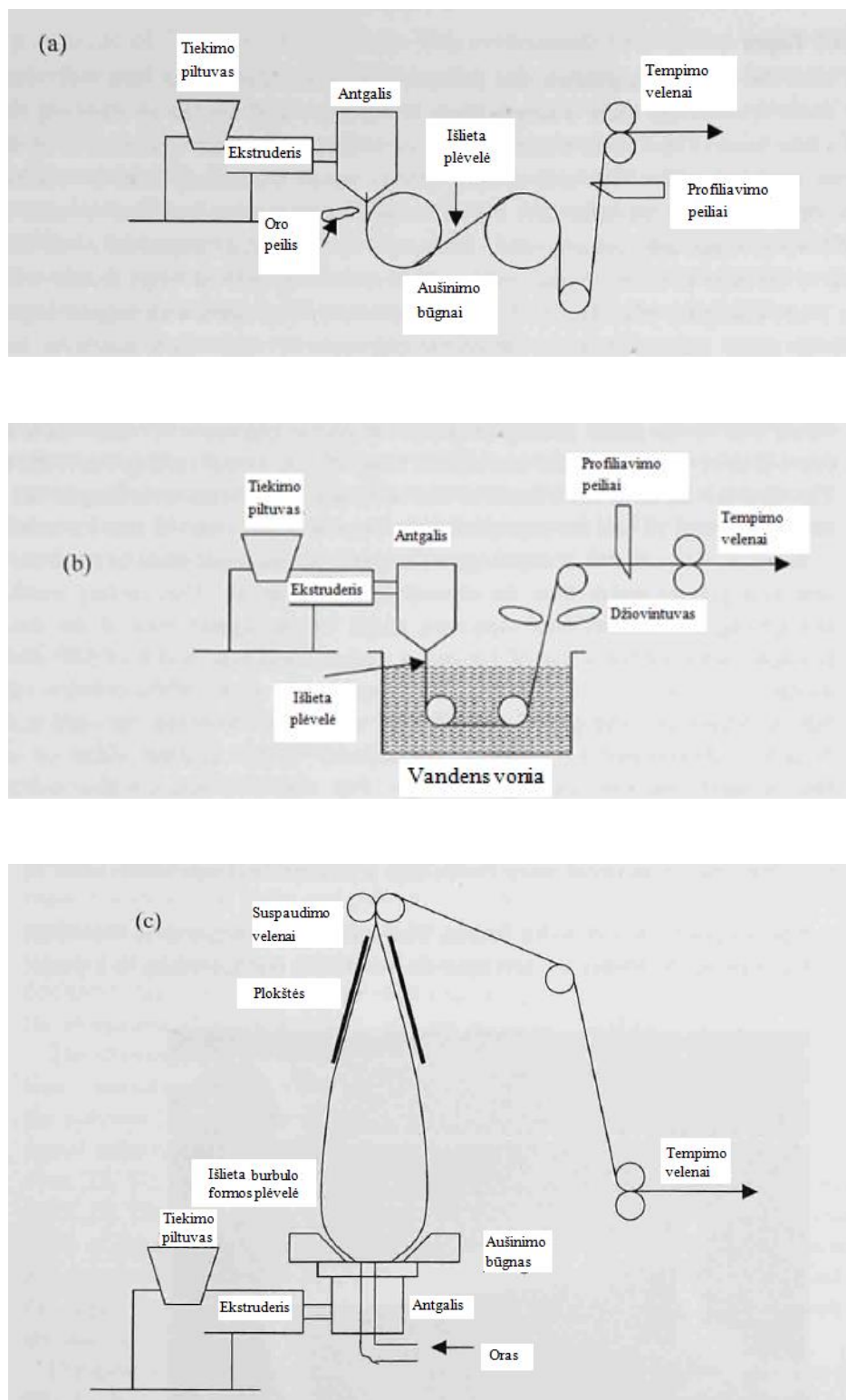


**1.4. pav.** Įvairios antgalio pjūvio versijos (viršutinė diagrama rodo T formos antgalio konstrukciją, kurio diametras pastovus; dvi apatinės diagramos vaizduoja taip vadinamas „pakabos“ formos konstrukcijas) [37]

Polimero pralaidumas pro antgalį kontroliuoja plėvelės storį [38]. Naudojant modernius antgalius įmanoma išlydyti plėvelę, kurios storis svyruoja  $\pm 1,5\%$  ribose [39].

Naujausios juostų gamybos linijos apima vienos eilės perdirbimo sistemą, skirtą produkcijos atliekoms, kurios atsiranda iš nupjautų juostos kraštų ar keičiant rites. Deja, bet negalima išgauti geros plėvelinių gijų kokybės, nes 20% atliekų susimaišo su 100% gryna medžiaga [40].

1.4. pav. pateikiama antgalio kraštų įvairūs variantai, pirmasis viršutinis rodo T-formos antgalį su pastoviu diametru, du apatiniai variantai yra skirtingų versijų "pakabos" tipo formos. Horrock, Richarol ir Ghosh mano, kad juostos tvirtumas mažėja jei vis daugiau į lydalą patenka pakartotinai perdirbamų atliekų. Įprastai juostos tinkamas tvirtumas  $[0,5 \text{ N/tex}]$  pasiekiamas naudojant iki 25% w/w perdirbtų atliekų. Tačiau naudojant priedus, t.y. terminius ir ultravioletinės radiacijos stabilizatorius, juostos tvirtumas padidėja. Jis išlieka normos ribose įmaišant iki 75% atliekų. Vėliau šie mokslininkai atrado, kad perdirbtų atliekų naudojimas gali sukelti kristališkumo sumažėjimą lyginant su grynu PP, tam pakanka panaudoti 20% atliekų. Ir netgi stabilizatorių naudojimas mažai pagelbsti. Naudojant gamybinės atliekas, kristališkumas mažėja, mažėja polimero molekulinis svoris, nes vyksta termooksidacijos pažemėjimas. Todėl sutrumpėja polimerų grandinės [44]. Taigi turi būti reguliuojamas atliekų kiekio panaudojimas gamyboje, nes tai mažina juostos tvirtumą ir skatina trūkumų susidarymą juostoje.



**1.5. pav.** Schemos, rodančios įvairius plėvelės atvėsavimo metodus po ekstruzijos: (a) aušinimas šaltu vandeniu ritinyje, (b) aušinimas vandens vonioje, (c) išpūstos plėvelės gamyba, aušinimas oru [14, 18]

Gali būti naudojami 3 būdai išėjusiam pro antgalį lydiniui atvėsinti [14, 18,19, 44] - aušinimas vandenių, šalti būgnai ir pūtimas. 1.5. Pav. (a) pateiktas aušinimas vandenių yra paprasčiausias ir pigiausias bei greičiausias. Jo metu iš antgalio ištekėjusi išlydyta plėvelė arba plėvelės dalis panardinama vertikaliai į vandens vonią, kur vandens temperatūra yra pastovi. Abi juostos pusės yra šaldomos vienu metu. Toks spartus aušinimas padidina tamprumą plėvelėje ir ji mažiau kristalizuojasi. Tuomet juosta tampa tvirtesnė ir įgauna didesnę skaidymosi laipsnį. Šio metodo trūkumas - vandens lašeliai prilipę prie panardintos plėvelės dalies, dėl šios priežasties plonesnėse vietose plėvelė išsilanksto ir susigofruoja. Priemaišos yra pagrindinė vandens liekanų prilipimo problema.

Kitas būdas - 1.5. Pav. (b) šalti būgnai. Ši technologija reikalauja brangesnių įrengimų ir įgudusių darbuotojų, o aušinimas vyksta lėčiau nei vandenių. Būgnų metode išlydyta plėvelės dalis liejama ant chromuoto arba vandenių šaldomo plieninio būgno. To pasekoje polimero juosta visiškai išdžiūsta. Naudojant būgnus plėvelės kristalizacija mažėja, tačiau neišgaunamas plėvelės tvirtumas kaip pirmuoju būdu [aušinimas panardinant vandenyje].

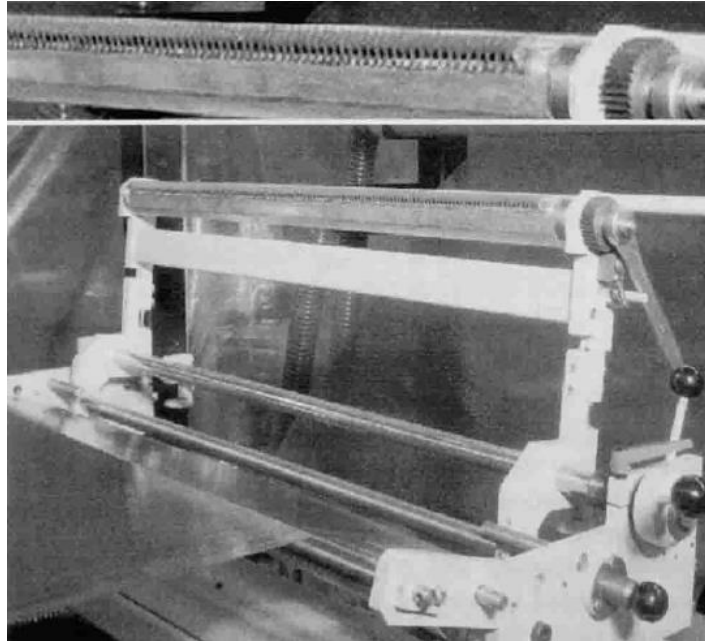
Trečias 1.5. Pav. (c) išliejimo būdas apima kelis skirtingus metodus. Čia lydinys išstumiamas pro žiedinį antgalį ir oro pagalba išpučiamas į burbulą. Išlydytas polimeras tempiamas iki nustatyto plėvelės storio kaip balionas. Toks burbulas šaldomas oru ir dar papildomai šaldomas specialiu šaldymo žiedu, siekiant užtikrinti burbulo stabilumą ir vienodumą. Pūtimo būdas yra gana lėtas, ko pasekoje blogai kristalizuojasi. Tada balionas sprogstas ir paleidžiamas iš formavimo zonos.

Šiuo būdu gauta plėvelė turi gerą tamprumą ir mažą skaidymąsi. Nepaisant aušinimo būdų, išstumta pro ekstruderį plėvelė linkusi susitraukti per plotį, dėl ko išsikraipo, deformuojasi plėvelės kraštai, tada jie nupjaunami ir sudedami atgal į ekstruderį [31].

## **1.8. Plėvelės supjaustymas**

Iš karto po vėsinimo proceso, pirminės plėvelės yra paruoštos būti supjaustytos į individualias juostas. Naudojamos trys pagrindinės sistemos: vietinis ašmenų, kurio rezultatas sustabdo linijų įsiterpimą tarp naujų; dvigubas arba sudėtinis peilių sustatymas, kuris leidžia peilių keitimą nenutraukiant juostų; ir sukamieji peiliukai, kurie daugiausia naudojami storesnėms lyninėms juostoms gaminti [44]. Vienas gamintojas siūlo vibracinį juostų pjovimą, šis metodas padeda sumažinti susidėvėjimą ir pagerinti ašmenų keitimosi efektyvumą [39]. Bukų peilių sukelti juostų kraštų prairimai, susilpnina juostelę ir iki tempimo ji gali nutrūkti patyrusi labai mažas apkrovas. Neorganiniai pigmentai ar kiti priedai gali sukelti didesnę geležtės nusidėvėjimą ir sumažinti

ašmenų tarnavimo laiką. Tipiškas juostos pjovimas yra parodytas 1.6. pav. Tarp menčių pjovimo pločio atstumas kinta pagal, galutinį panaudojimą, tarp 15 ir 35 mm lyno gamybos, ir tarp 1 ir 10 mm tekstilės reikmėms [14, 27].



**1.6. pav.** Plėvelės pjaustymo į atskiras juosteles įrenginys [14, 27]

Dėl plėvelės pločio poveikio tempime, juostos turi būti išpjautos iš nepanaudotos plėvelės esant didesnio pločio nei norimo galutinio juostos pločio [36].

Galutinis juostos plotis po tempimo koreguojamas arba brėžinio santykis turi būti reguliuojamas, kad gautume galutinį norimą juostelės plotą [36]. Juostos gali būti supjaustytos iš antrinės plėvelės tiesiogiai staklėse. Čia, pjovimo plotis yra toks pat, kaip galutinės juostos plotis. Tai gali sukelti problemų, nes reikalaujama, kad peiliai būtų labai arti vienas kito [14]. Minimalus įmanomas plotis priklauso nuo juostos storio, kuo plonesnė juosta, tuo reikalaujama didesnio pločio [45]. Pramoninės pjovimo geležtės paprastai būna 0,3 mm storio [45].

Netolygus pjovimas gali sukelti ilginio tankio ir stiprumo pokyčius, netgi trūkus juostelei [45]. Galutinis nutolusių juostų linijinis tankis nustatomas iki juostų pločio, sluoksnio storio ir santykinio pailgėjimo [12].

### **1.9. Galutinio naudojimo reikalavimai įvairios paskirties plėveliniams siūlams**

Kiekviena supjaustyta plėvelė turi atitikti specifinius reikalavimus apimančius juostelės matmenis, tempimą, ištįsą, susitraukimą, tamprumo modulį ir t.t. Juostelės matmenys yra nustato-



**1.3. lentelė.** Austi ir neautsi audiniai iš polipropileno plėvelinių siūlų [12]

<b>Panaudojami</b>	<b>Reikalavimai keliami audiniui</b>	<b>Ištisos santykis</b>	<b>Matavimo vienetai mm (Linijinis tankis dtex)</b>	<b>Naudojamos medžiagos</b>
Pagrindinis kilimo pagrindo audinys	Mažas susitraukimas, didelis stipris, šiluminė varža, kontroliuojamas polinkis skaidytis	1:7 1:5	Plotis: 1.2, 2.4 Storis: 0,05 Ilginis tankis: 550, 110	PP PET
Lauko kilimai	Mažas susitraukimas, atsparumas dėvėjimuisi, elastingas, net dažant	1:7  1:5	Plotis: 1.0-12 Storis: 0,03-0,06 Ilginis tankis: 300-3500 Plotis: 1.0-3.0 Storis: 0,02 Ilginis tankis: 300-1000	PP  PET
Maišai	Labai stiprus, aukštas trinties koeficientas, kontroliuojama ištįsa	1:7	Plotis: 3.0 Storis: 0,03 Ilginis tankis: 600-1100 1500-2200	PP PE
IBC Lynai	Atsparumas tempimui, kontroliuojamas pailgėjimas, lengvai suskaidomas	1:9 Iki 1:11 (15)	Plotis: 20-60 Storis: 0,04-0,1 Ilginis tankis: 15000-50000	PP PET Nailonas
Pinti gaminiai	Geras atsparumas tempimui, didelis surišto mazgo stiprumas	1:9 Iki 1:11	Plotis: 30-80 Storis: 0,03-0,06 Ilginis tankis: 14000-30000	PP PP/PE
Geotekstilė	Didelis stipris (>6,5 cN/dtex), atsparumas atmosferai		Ilginis tankis: 1200-2500	PP PET
Brežantai	Didelis stipris	1:7	Plotis: 2.4 Storis: 0,04 Ilginis tankis: 850	PP PE
Megztos juostos, maišai, kitos pakuotės	Didelis surišto mazgo stiprumas, U.-V. atsparumas, lankstumas	1:6.5	Plotis: 2.4 Storis: 0,025 Ilginis tankis: 250-600	PP PE
Apsauginiai sodinukų ir augalų tinklai	Mažas susitraukimas, kontroliuojama ištįsa, šilumos varža	1:7 1:5	Plotis: 2.0 Storis: 0,03 Ilginis tankis: 550	PP PET
Audiniai	Didelio stiprio	1:7	Plotis: 2.1 Storis: 0,04 Ilginis tankis: 750	PP
Audiniai filtrams	Mažas susitraukimas, atsparus trinčiams	1:7 1:5	Plotis: 1.0-2.0 Storis: 0,04 Ilginis tankis: 350-700	PP PET
Namų tekstilė	U.-V. atsparumas, mažas statinis įkrovimas net dažant	1:7	Plotis: 1.2-3.0 Storis: 0,035 Ilginis tankis: 350-900	PE
Pakavimo juostos	Stiprus susitraukimas, mažas suirimas	1:9 1:7	Plotis: 5-16 Storis: 0,03-0,05	PP PET

mi remiantis plėvelės storio, pločio, tvirtumo, pailgėjimo ir daugiausia remiamasi ištisos ir susitraukimo laipsnio santykiu. 1.3. lentelėje išvardintos įvairios fizikinės ir mechaninės PP plėvelinių siūlų savybės, kurios yra reikalingos daugelyje pramonės šakų [12]. Be to, lentelėje pateikiama įvairių konkuruojančių medžiagų panaudojimas. Srityse, kuriose reikalaujamas atsparumas saulės spinduliams, PP plėvelinės juostos gali būti pagerinamos, įmaišius U.-V. stabilizatorių. Tačiau stabilizatorių įtaka nėra pastovi, tikėtina, kad nukentės mechaninės savybės, kai polimeruose yra naudojami priedai tokie, kaip U.-V. stabilizatoriai [12].

### 1.10. Plėvelinių siūlų gamyba ir savybių tyrimai

A. Petravičius ir D. Petrusis 2008 metais nagrinėjo plėvelinių siūlų, pagamintų UAB „Klameta“ įmonėje ekstruzijos linijoje, gamybos ypatybes bei jų savybes [63]. Buvo tiriami įvairios struktūros plėveliniai siūlai skirti gaminti pramoniniams maišams. Tyrimams atlikti naudojami siūlai pateikti 1.4. lentelėje.

#### 1.4. lentelė. Tirtų plėvelinių siūlų variantai [64]

Variantas	Vardinis ilginis tankis, tex	Žaliava, %
Plėveliniai siūlai		
A	120	PP – 95,75; UV stabilizatorius – 1,25; CaCO <sub>3</sub> - 3
B	120	PP – 96,75; UV stabilizatorius – 1,25; CaCO <sub>3</sub> - 2

CaCO<sub>3</sub> – kalcio karbonatas; PP – polipropilenas; UV – ultravioletinių spindulių stabilizatorius.

Gaminant plėvelinius siūlus, plėvelė buvo pratempta, todėl kiekvienoje atkarpoje atsiranda susiaurėjimai.

#### 1.5.lentelė. Plėvelinių siūlų variantų tempimo bandymo rezultatų vidurkiai [64]

Variantas	Faktinis ilginis tankis, tex	Absoliutinė trūkimo jėga, N	Savitoji trūkimo jėga, cN/tex	Santykinė trūkimo ištisa, %
Plėveliniai siūlai				
A	116	63	55	19
B	120	62	52	18

Tiriamiesiems siūlams buvo nustatomos tempimo charakteristikos tempimo mašina Zwick/Z005 (Vokietija. Eksperimento metu fiksuojama plėvelinių siūlų trūkimo jėga, savitoji trūkimo jėga, trūkimo išťažsa, trūkimo darbas.

Tirtų plėvelinių siūlų sandaros ir mechaninių rodiklių vidurkiai pateikti 1.5.lentelėje.

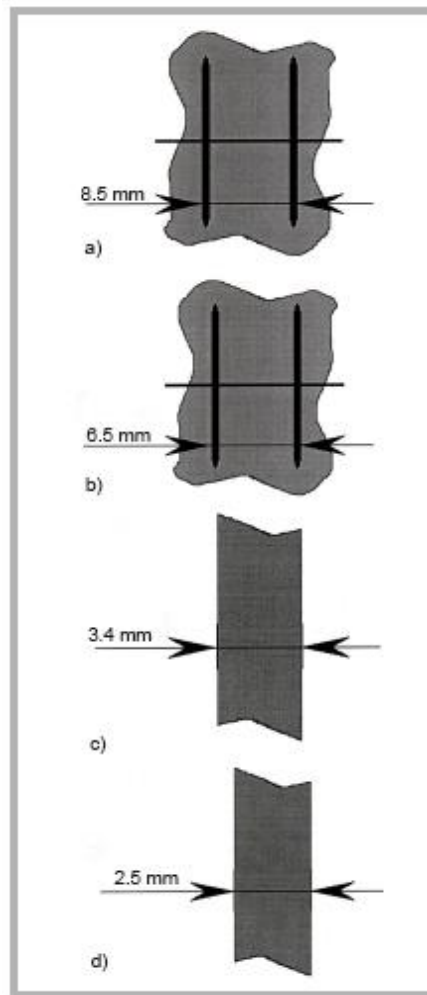
A.Petravičiaus ir D. Petrulio atliktame bandyme, varianto A savitoji trūkimo jėga kinta nuo 53 cN /tex iki 58 cN /tex. [64]. Plėveliniai siūlai keturiuose eksperimento taškuose (3, 23, 73, 74) turi vienodą savitąją jėgą 54 cN /tex.

Plėvelinių siūlo eksperimento 43 taške savitosios trūkimo jėgos vertė didesnė už kitų siūlų eksperimento taškų vertes. Taip yra todėl, kad šiame eksperimento taške siūlo ilginis tankis labai mažas [64].

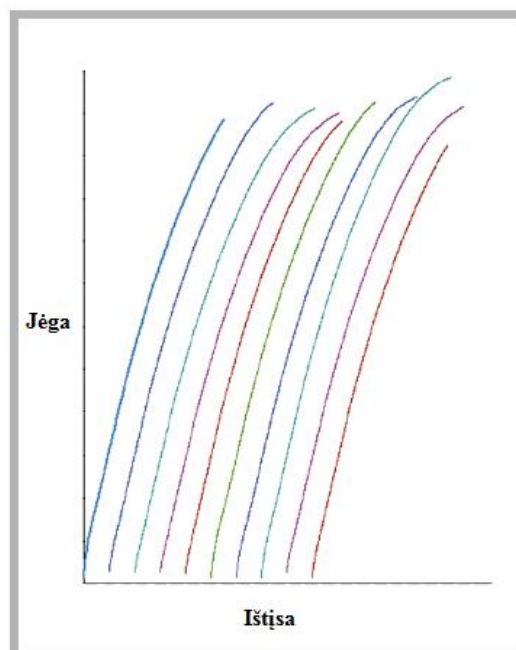
Varianto B savitoji trūkimo jėga kinta nuo 49 cN/tex iki 55 cN/tex. Šio varianto polipropileningieji siūlai eksperimento taškuose (63, 73, 74, 114) turi tokią pačią savitąją trūkimo jėgą 52 cN /tex, tačiau skirtinguose taškuose nei variantas A [64].

Lyginant PP ir PE savybes D. Petrulis ir S. Petrulytė naudoja pagrindinius techninės tekstilės parametrus tokius, kaip trūkimo jėga, išťažsa trūkimo metu, ilginis tankis, tvirtumas bei savitasis darbas. PE ir PP pluošto [1, 5, 6-9] tempimo savybes labai įtakoja sudėtis ir apdirbimas. Pavyzdžiui, didelio tankio polietileno (HDPE) stiprumas yra 30-60 cN / tex [1]. PP pratampa svyruoja nuo 40 cN / tex iki 94 cN / tex, o išťažsa skiriasi nuo 15% iki 22% [5]. Tiriant [7] įvairias PP juostų siūlų atkarpas, turinčias UV stabilizatorių (1,25 wt %) ir baltumo priedus (2,0-3,0 wt %) stiprumas yra 52 – 55 cN / tex, o išťažsa trūkimo metu yra tarp 18% ir 19%. Kitame šaltinyje [1] teigiama, kad pratampa ir išťažsa trūkimo metu yra 30-80 cN / tex ir 15-35% atitinkamai. Grynų PP pluoštų stiprumas yra 38 cN / tex [8]. Šiame tyrime pratampa sumažėjo nuo 36 cN / tex iki 33 cN / tex, kai buvo įdėta į lydalą poli (dimetilsiloksano) (PDMS) siekiant pagerinti priemaišų pasisavinimą. PP pluošto, kurio sudėtyje yra oleamido (OA) stipris yra mažesnis nei gryno PP pluošto. Kita vertu, PDMS padidėjimas sumažino išťažsą trūkimo metu, tuo tarpu įmaišius į sudėtį OA išťažsa trūkimo metu padidėjo [9].

Atlikti bandymai su plėveliniais skirtingo pločio ir sudėties siūlais, paimtais iš skirtingų ritinio vietų. Naudojant šiuos siūlus buvo atliekamas tempimo bandymas iki visiško nutrūkimo, trūkimo metu užfiksuota pratampa - 6,870. Plėvelė supjaustyta į 8,5mm ir 6,5mm pločio juosteles (1.7. pav. a; b) [66] sudaromos tokios tempimo sąlygos, kad galutinis ištemptų juostelių plotis būtų 3,4mm ir 2,5mm (1.7. pav. c; d). Tokie juostos parametrai pasirinkti atsižvelgiant į pageidaujamos struktūros ir mechaninių savybių parametrus, kurie plačiai taikomi maišų gamyboje.



1.7. pav. Plėvelinių siūlų schema: a ir b – po pjovimo; c ir d – galutinis vaizdas [66]



1.8. pav. Tipinės plėvelinių siūlų išūšos kreivės [65]

Eksperimentai atliekami naudojant 3,4 mm ir 2,5 mm pločio siūlus. Gauti rezultatai vaizduojami ištiesos kreivėse (1.8 pav.). Pastebimas nedidelis nepastovumas, matomas ištiesos kreivių kintamumas pasikartojančiuose bandiniuose. Siūlams, sudarytiems iš mišinių, būdingas toks trūkimas, kuris panašus į silpnai susuktų daugiagijų. Gijiniai siūlai linkę įtrūkinėti tempimo bandymo metu ir todėl ištiesos kreivės pabaigoje yra laiptuotos.

**1.6 lentelė.** 3,4mm pločio plėvelinių siūlų savybės, skliausteliuose pateikiama nominali linijinio tankio vertė [65]

Bandinio kodas	Linijinis tankis, tex	Trūkimo jėga, N	Pratampa cN/tex	Ištiesa trūkio metu, %	Nutrūkimas, J	Savitasis trūkio darbas, J/tex
1-1	150 (148)	80.5	53.7	21.8	5.653	0.03769
2-1	155 (148)	79.4	51.6	21.3	5.438	0.03508
3-2	150 (148)	79.1	52.7	19.6	4.853	0.03235
4-2	153 (148)	77.1	50.4	19.4	4.707	0.03076
5-3	146 (148)	76.1	52.1	19.6	4.674	0.03201
6-3	150 (148)	77.2	51.5	19.9	4.864	0.03243
7-4	146(148)	78.9	54.1	20.2	5.030	0.03445
8-4	149 (148)	80.5	54.0	20.5	5.219	0.03503
9-1	213 (215)	106.3	49.9	20.6	7.182	0.03372
10-1	215 (215)	106.9	49.7	20.5	7.157	0.03329
11-2	207 (215)	104.7	50.6	20.2	6.983	0.03373
12-2	212 (215)	101.7	48.0	19.7	6.547	0.03088
13-3	210 (215)	107.3	51.1	19.8	6.910	0.03290
14-3	217 (215)	103.5	47.7	19.4	6.539	0.03013

**1.7 lentelė.** 2,5mm pločio plėvelinių siūlų savybės, skliausteliuose pateikiama nominali linijinio tankio vertė [65]

Bandinio kodas	Linijinis tankis, tex	Trūkimo jėga, N	Pratampa cN/tex	Ištiesa trūkio metu, %	Nutrūkimas, J	Savitasis trūkio darbas, J/tex
15-1	124 (120)	68.3	55.1	19.7	4.270	0.03444
16-1	126 (120)	69.2	54.9	21.4	4.827	0.03831
17-2	122 (120)	66.3	54.3	18.3	3.755	0.03078
18-2	125 (120)	64.5	51.6	18.1	3.649	0.02919
19-3	124 (120)	68.2	55.0	19.3	4.152	0.03348
20-3	128 (120)	70.0	54.7	20.3	4.558	0.03561
21-4	120 (120)	66.5	55.4	20.1	4.308	0.03590
22-4	126 (120)	66.3	52.6	20.1	4.244	0.03368
23-1	112 (110)	62.5	55.8	19.9	3.928	0.03507
24-1	110 (110)	61.3	55.8	19.8	3.854	0.03504
25-2	110 (110)	61.8	55.7	20.2	3.982	0.03620
26-2	110 (110)	60.7	52.7	21.4	4.191	0.03810

Gauta, kad bandinių 1-1, 3-2, 5-3, 7-4 linijinis tankis svyruoja nuo 146 tex iki 150 tex (1.7 lentelė), pokytis 4 tex. Vadinas, linijinio tankio ir pratamos reikšmės skiriasi nuo atitinkamų vidurkio reikšmių ne daugiau 1,4 %.

Trūkio jėgos lygios 76,1 - 80,5 N, o vidurkis - 78,7 N. Nustatyta, kad pratampa svyruoja nuo 52,1 cN/tex iki 54,1cN/tex (1.7 lentelė). Šie rezultatai skiriasi nuo vidurkio (53,2cN/tex) tokiu pokyčiu: 0,9%,- bandiniams 1-1 ir 3-2, ir 2,1%, - bandiniui 5-3. Taigi darome išvadą, kad tamprumo reikšmės mažiau kito lyginant su trūkimo jėgų reikšmėmis.

Didžiausia matavimo vietos įtaka nustatyta išanalizavus trūkio darbo duomenis. Bandinių: 1-1, 3-2, 5-3, ir 7-4, trūkio darbas (1.7 lentelė) skiriasi, nei vidurkis, nuo 0,5% (bandinys 7-4) iki 11,9% (bandinys 1-1). Savitojo trūkio darbo reikšmė skyrėsi, nei vidurkis, nuo 0,9% iki 10,4%.

Atliekami bandymai su 2,5mm pločio gijiniais siūlais (15-1, 17-2, 19-3, ir 21-4 bandiniai pateikti 1.7. lentelėje). Šiuo atveju trūkimo jėga, pratampa ir trūkio jėga buvo mažiau skirtingi, lyginant su analogiškais rezultatais, esant 3,4mm pločio juostelei (1.6 lentelė). Šie pakitimai susidaro dėl linijinių tankių skirtumų. 2,5mm pločio juostos trūkimo tamprumas ir savitasis trūkio darbas buvo viename lygyje kaip ir tirtos 3,4mm pločio juostos. Yra įmanoma, kad fiksuota bendra pratampa ir kitos fiksuotos sąlygos, vienodas komponentų kiekis, turėjo didžiausią įtaką trūkimo charakteristikų stabilumui.

Nustatyta, kad mechaninių savybių nevienodumas atsiranda, kai į lydalo sudėtį patenka dažai, priemaišos ar nešvarumai. Ištirta, kokią įtaką trūkimo charakteristikoms turi medžiagos (Granic 422) kiekis. Tiriamos dvi bandinių grupės: pirmoji – 1-1, 3-2, 5-3 ir 7-4 bandiniai, turintys 8.0 % masę, antroji grupė – 2-1, 4-2, 6-3 ir 8-4 bandiniai su 10.0 % mase (1.8. lentelė). I-os grupės gijinių siūlų linijinis tankis yra mažesnis nei II-os grupės [67]. Nustatyta, kad 8% priemaišų bandiniuose pagerina pratampą.

Gijiniai siūlai, sudaryti iš poliolefininio mišinio: polipropileno ir priemaišų, tokių kaip (UV) ultravioletinės šviesos stabilizatoriai ir kalio karbonato (CaCO<sub>3</sub>), buvo įlieti į juostos masę gamybos metu, naudojant ekstruderį. Bandiniai buvo tempiami iki fiksuoto tempimo laipsnio. Tiriami dviejų skirtingų pločių juostų bandiniai - 3,4mm ir 2,5mm, jų linijiniai tankiai svyravo nuo 110tex iki 215tex.

Nustatyta, kad įvairios bandinių charakteristikos kinta skirtingose ribose. Pvz. 3,4mm pločio bandinio linijinio tankio reikšmė svyravo tik 1,4 proc. ribose. Didžiausi duomenų svyravimai yra trūkio darbo, pvz, net 11,9 %. Nustatyta, kad 2,5mm ir 3,4mm pločio juostų savybės kinta dėl linijinio tankio kitimų. Trūkimo charakteristikos bus vienodos, jei laikysimės griežtai nurodytų ir fiksuotų gamybos sąlygų.

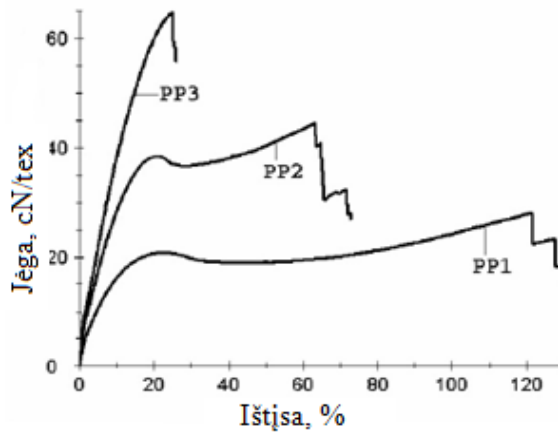
Gijinių siūlų, kurie turi 8% masę Granic 422 priemaišų, linijinis tankis mažesnis nei turinčių 10,0% masę. Taip gali būti dėl skirtingų PP ir Granic 422 tankių. Pratampa siūlų, kur priemaišų 8,0% masė yra didesnė nei 10,0% masę siūlų. To priežastimi yra nevienoda bandinių sudėtis, didesnis PP kiekis. Kitų parametru, tokių kaip ištįsa trūkio metu, trūkio darbo, savitojo trūkio darbo, ir trūkio jėgos suminės reikšmės buvo beveik vienodos, esant ir 8,0% ir 10,0% priemaišų kiekiui.

**1.8 lentelė.** Polipropileninių siūlų parametrai [68]

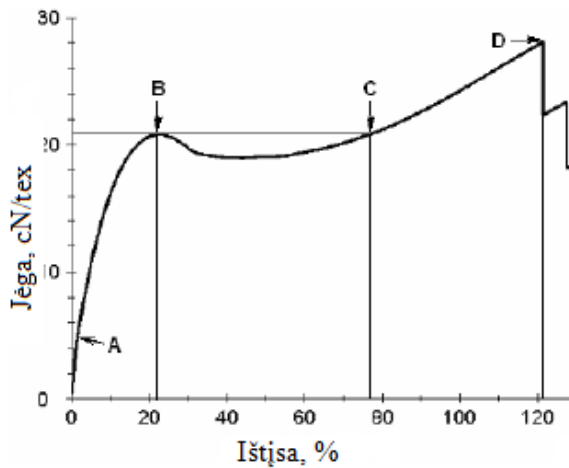
Parametrai	Matavimo vienetas	Siūlo numeris		
		PP1	PP2	PP3
<b>Filjerės</b>				
Skylučių skaičius	–	10	10	10
Skylučių diametras	mm	0.5	0.5	0.5
Skylučių ilgis	mm	1.5	1.5	4.5
Likvidavimo greitis	m/min	560	830	1095
Pratampa	–	3.73	5.53	7.30
<b>Siūlų linijinis tankis</b>				
Teorinis	tex	17.9	12.1	5.5
Faktinis	tex	17.8	12.4	5.6

„Polipropileninių daugiagijų siūlų mechaninių savybių priklausomybė nuo pratamos“ straipsnyje A. Vitkauskas ir M. Miglinaitė tyrė daugiagijų polipropileninių (PP) siūlų, skirtingų pratampų PP1 – 3,73, PP2 – 5,53, PP3 – 7,30 savybės. Analizuojami iš tempimo diagramų gauti duomenys: ribiniai atsparumo tempimo rodikliai, tempimo modeliai, takumo ribos ir įtempio relaksacijos ypatybės ištempus trimis skirtingais dydžiais ( santykinė ištįsa - 2 %, 5 %, 10%) žemiau antrosios takumo ribos. Didėjant pratampai, siūlų trūkimo ištįsa smarkiai mažėja, o ištįsa ties pirmąja takumo riba turi savybę mažėti. Savitoji trūkimo jėga bei pradinis ir antrinis moduliai tiesiogiai priklauso nuo pratamos. Kai pratampa yra didelė, įtempio relaksacija, esant 10% ištįsai, turi tendenciją mažėti [68].

Esant standartinėm tempimo sąlygoms buvo atliekami tempimo bandymai, pavyzdžių, kurių ilgiai buvo PP3- 500mm, PP2 ir PP1- 250mm. Reliatyvus ištempimas, pailgėjimas siekė 1,25 %, veikiant jėgai 0,25cN/tex. Kiekvienam ilgiui paimta po 25 bandinius ir nubraižytos įtempio - pertempimo kreivės 1.9 pav. PP kreivė atskirai parodyta 1.10 pav.



1.9. pav. Polipropileninio siūlo įtempių ir deformacijų kreivė [69]



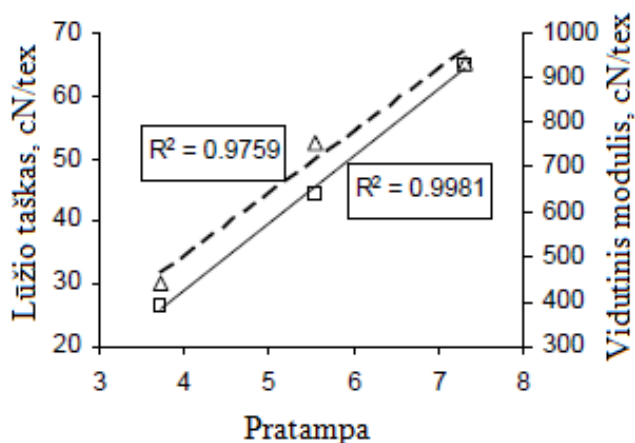
1.10. pav. Įtempio – deformacijų kreivės ypatybės [69]

Čia matome didelį pakilimą, kuriame išlaikomas artimas proporcingumas tarp įtempimo ir pailgėjimo. Virš proporcingumo ribos, taške A vadinamu pirmojo lūžio tašku, matomas aiškus pokytis kreivėje. Šis taškas siejasi su atsipalaidavimu ir pasislinkimu tarp gretimų elementų molekulinėje grandinėje amorfiniuose, nekristaliniuose plotuose [69]. Taškas B vadinamas antruoju lūžio tašku. Čia pavaizduota gijos ištįsa prasideda be jokio įtempimo staigaus šuolio. Antroje lūžio zonos pabaigoje, taške C (1.10 pav.) tempimas pradeda didėti taip kaip ir baigiasi su gijos nutrūkimu. Bandinys PP3 neturi antros lūžio zonos B, nes pagrindinis persidėstymas formavosi aukštos-skalės pratampos metu. Kadangi visos gijos yra nulinės sąsūkos, todėl nutrūksta palaipsniui, tolygiai (1.9. pav. ir 1.10. pav.). Taškas D, esant maksimaliai tempimo jėgai, yra priimamas kaip gijos trūkimo taškas. Trijų rūšių tempimo moduliai buvo išmatuoti norint parodyti gijų atsparumą tempimui skirtingose stadijose. Modulis, kaip bendras terminas atspindi kreivės nukrypimą nuo pailgėjimo ašies ir išreiškia specifinio pailgėjimo pobūdį.



Vidinis gijos modulis buvo nustatytas kaip vidinė linijinė kreivės dalis, kuri tęsiasi iki proporcingumo ribos.

Nustatyta, kad pratampa turi didelę įtaką PP gijų maksimaliam atsparumui. Pratamos padidėjimas kur kas labiau įtakoja gijų ištisos sumažėjimą, nei tempimo jėgos padidėjimą. Šią savybę atspindi gijos trūkio darbo sumažėjimas. Iš 1.11. pav. matome, kad gijų trūkimas ir vidinis modulis yra tiesiogiai priklausomi nuo pratamos.



**1.11. pav.** Polipropilėninių siūlų priklausomybė nuo pratamos: lūžio taškas (□, —), vidutinis modulis (△, ---) [69]

Ta pati priklausomybė pastebima ir antram moduliui (determinacijos, koefic. R2 lygus 0,9891). Matome, jog didėjant pratampai pailgėjimas turi polinkį mažėti pirmame lūžio taške. Antras lūžio taškas prasideda esant beveik tam pačiam pailgėjimui. Nors PP3 nutrūksta dar nepasiekęs antro lūžio taško, matomas paskutiniojo gijos trūkio taškas. PP1 ir PP2 ištįsa antrame lūžio taške yra aiškiai sulyginama su pailgėjimu trūkio metu PP3 bandinio. Kaip matote, PP3 bandiniui būdinga didelė, aukšta pratampa. Jis įgyja naudingų savybių, tokių kaip aukštas vidinis modulis ir jėga, vidutiniškai, saikingą ištesiamumą. Šias savybes galima panaudoti tekstilės pramonėje daugeliui tikslų. Kita vertus siūlus, kuriems būdingas tamprumas nesiekiantis 5cN/tex, kaip PP1 ir PP2 bandinių, galima naudoti trikotažo pramonėje.

### 1.11. Darbo tikslai ir uždaviniai

Atlikus literatūros šaltinių apžvalgą apie plėvelinių siūlų pratamos įtaką jų sandarai ir tempimo savybėms tyrimus, sandarą, gamybos būdus bei panaudojimą, suformuluojami pagrindiniai darbo tikslai ir tyrimo uždaviniai.

### **Magistro baigiamojo darbo tikslas:**

Ištirti polipropileninių plėvelinių siūlų pratamos įtaką jų sandarai ir tempimo savybėms, esant skirtingoms bendrosioms pratampoms. Plėveliniai siūlai buvo pagaminti ekstruzijos linijoje UAB „Klameta“ įmonėje [63]. Tirtieji plėveliniai siūlai naudojami pramoniniams tikslams – maišų, pakuočių, taros gamyboje.

### **Tyrimo uždaviniai:**

1. Pratamos įtaka plėvelinių PP siūlų storiui;
2. Nustatyti polipropileninių siūlų plotį, bei argumentuotai pagrįsti pratamos įtaką mechaninėms savybėms;
3. Atlikti masės matavimus, nurodyti pratamos svarbą tyrimo rezultatams;
4. Atlikti eksperimentus: plėvelinių siūlų stipruminių savybių nustatymo tyrimą.

### **1.12. Plėvelinių siūlų pratamos įtakos jų sandarai ir tempimo savybių literatūros apžvalgos apibendrinimas**

Plėvelinių siūlų pratamos įtakos jų sandarai ir tempimo savybėms literatūros apžvalga pradama nuo cheminių siūlų gamybos ir pritaikymo. Aptariama plėvelinių siūlų gamyba iš polimerinių medžiagų, ypatingas dėmesys skiriamas polipropilenui. Trumpai pristatomi nauja polimerinių produktų pritaikymo struktūra, bei įvairūs komponentai.

Literatūros apžvalgoje pristatomi PP plėvelinių siūlų gamybos būdai: 1) gaminami išliejant polimerus, suformuojant plėvelę, supjaustant ją išilgai per visą jo ilgį, gautos juostelės pratempiamos, tai pat jos gali būti toliau perdirbamos, gaminami gijiniai plėveliniai siūlai; 2) plėvelės išliejimas pro formavimo filjerę, atvėsinamas, gautos gijos pratempiamos ir suvyniojamos į ritę. Nepratemptos juostelės laikomos pirminėmis, o pratemptos – antrinėmis. Keliamus reikalavimus turi atitikti tiek pirminės, tiek ir antrinės juostelės, jos turi būti vienodo storio, negali būti taškuotos ar turėti sąsmaukų. PP gaminimo procesas labai artimas polietileno gaminimo procesui: naudojama šiluma, slėgis ir katalizatorius. Juostelės tvirtumas priklauso nuo priemaišų kiekio patekusio į lydalą. Kuo daugiau į lydalą patenka pakartotinai perdirbtų atliekų, tuo juostelė silpnesnė. Todėl, gamybos metu turi būti reguliuojamas atliekų kiekio patekimas.

Pagrindinės poliolefininių plėvelinių siūlų pritaikymo sritys yra pirminių ir antrinių kilimų gamyba, antriniai audiniai, pramoninių maišų ir pakavimo medžiagų gamyba, geotekstilė, lynų ir virvių gamyba, bei įvairių pramoninių gaminių gamyba. Plėveliniai siūlai, pastaruoju metu, tapo itin svarbūs, savo nauda, pramoninių maišų ir konteinerių gamyboje. Tinkamiausia naudoti tekstilinius gaminius iš PP, tokiose srityse, kur reikalaujama lengvos tekstilės ir gerų stipruminių savybių, pavyzdžiui, pritaikymas geotekstilės srityse, kur audiniai turi padengti didelius plotus, bei būti tvirti.

Nustatyta, kad PP sunkiai įsisavina priemaišas, tokias kaip dažai, cheminiai mišiniai ar kiti polimerai. Išliejimo procesas leidžia gamybos metu įmaišyti į lydalą produktus, supaprastina ir palengvina jų įsisavinimą bei tolygų pasiskirstymą lydale. Taip pat nustatyta, kad priedų ir polimerinių medžiagų pasirinkimas turi įtakos galutinėms plėvelinių gijinių siūlų mechaninėms savybėms.

Polipropileniniai pluoštai ir plėvelinės gijos labai sunkiai dažomos, todėl šis procesas turi būti atliktas etape, kai polimeras yra lydomas. Dažymas gali būti atliekamas įvairiomis technologijomis, pavyzdžiui, granulių dažymas, tirpalo dažymas arba dažymas galutinio produkto. Iš pateiktų dažymo technologijų, tirpalo dažymas yra vienintelis patikimas būdas pagaminti kokybiškai nudažytą polipropileną, kitais atvejais naudojant dažus, jie nesugebėtų prisijungti prie pluoštų ir migruotų į jų paviršių. Dėl šios priežasties spalva labai lengvai nusitrintų. Dažymui naudojami tik pigmentai, kurie yra sumaišomi su išlydytu polimeru, kuris vėliau išspaudžiamas įprastu metodu.

Vienas iš didžiausių PP privalumų yra gamybinė kaina, jis lengvai gaminamas, nebrangi žaliava, nesudėtingas gamybos procesas.

Mažas PP savitasis sunkis leidžia pagaminti mažos apimties ir nedidelio svorio gaminius. PP pluoštai labai hidrofobiniai. Šio pluošto negalime pritaikyti audiniuose, kuriuose yra svarbi vandens sugertis, tačiau jie labai tinka audiniuose, kurie turi likti sausi, o vanduo ar didžioji jo dalis turi supti pluoštą. Kitas PP privalumas – netoksiškumas, atsparumas pelėsiui ir bakterijų dauginimuisi, tai didelis privalumas naudojant šiuos pluoštus medicinoje arba drėgnoje aplinkoje.

PP išilginės plėvelinės gijos turi savitą stačiakampio formos skerspjūvį, tačiau gali būti profiliuotos: gofruotos ar banguoto rombo formos. PP plėveliniams gijiniams siūlams būdingas didelis pločio ir storio santykis. Kadangi šie siūlai skiriasi forma ir struktūra, nuo įprastinių siūlų, jie gali būti naudojami universaliau. Standartinis plėvelinių siūlų storis svyruoja nuo 22 iki 90 mikrometrų.

Nustatyta, kad tiek mažėjantis pratamos santykis, tiek ir mažėjanti temperatūra turi įtakos tempimo jėgai, tįsumui ir susitraukimui, bei nutrūkimui. Dėl siūlų plokščio paviršiaus ir didelio paviršinio ploto, paprastai būna labai lygūs ir blizgūs. Gali būti gaminami baltos spalvos, bespalviai,

visiškai skaidrūs, permatomi, neparmatomi ar spalvoti siūlai. Plėvelinių siūlų stipris priklauso nuo polimero tipo, išlietos plėvelės aušinimo ir tempimo santykio.

Gaminant plėvelinius siūlus, plėvelė turi būti pratempama, todėl atsiranda susiaurėjimai tam tikrose juostelės vietose.

Aptariama kitų tyrėjų bandymai, jų atlikimas bei bandymų rezultatai atlikti tiriant skirtingų pratampų polipropileninius siūlus. Lyginamos polipropileninių plėvelinių siūlų, skirtingų pratampų ir ilginių tankių, mechaninės savybės. Analizuojama pratampos įtaka plėveliniams siūlams. Nustatyta, kad tempimo savybės labai įtakoja sudėtis ir apdirbimas. Taip pat, nustatyta, kad pratampą galima sumažinti į lydalo sudėtį įmaišius poli (dimetilsiloksano) (PDMS), siekiant pagerinti priemaišų pasisavinimą. Kita vertus, PDMS padidėjimas sumažino ištįsą trūkimo metu, tuo tarpu į sudėti įmaišius OA ištįsa trūkimo metu padidėjo. Manoma, kad fiksuota bendra pratampa ir kitos fiksuotos sąlygos, vienodas komponentų kiekis, turėjo didžiausią įtaką trūkimo charakteristikų stabilumui. Trūkimo charakteristikos bus vienodos, jei laikysimės griežtai nurodytų ir fiksuotų gamybos sąlygų.

A. Vitkausko ir M. Miglinaitės straipsnyje „Polipropileninių daugiagijų siūlų mechaninių savybių priklausomybė nuo pratampos“ teigiama, kad didėjant pratampai, siūlų trūkimo ištįsa smarkiai mažėja, o ištįsa ties pirmąją takumo riba turi savybę mažėti. Savitoji trūkimo jėga bei pradinis ir antrinis moduliai tiesiogiai priklauso nuo pratampos. Kai pratampa yra didelė, įtempio relaksacija, esant 10% ištįsai, turi tendenciją mažėti. Pratampos padidėjimas kur kas labiau įtakoja gijų ištįsos sumažėjimą, nei tempimo jėgos padidėjimą.

## **2. PLĖVELINIŲ SIŪLŲ PRATAMPOS ĮTAKOS JŲ SANDARAI IR TEMPIMO SAVYBIŲ TYRIMO METODOLOGIJA**

Antrajame skyriuje aptariamas tyrimo objektas, pateikiami tiriamųjų siūlų sandaros rodikliai, tyrimo metodika bei statistinės analizės metodika.

### **2.1. Tyrimo objektas**

Tyrimo objektas yra plėveliniai siūlai pagaminti iš polipropileno (PP) – 93,6%, UV stabilizatoriaus 1,4% ir  $\text{CaCO}_3$  (kalio karbonato) – 5%, kuris suteikia minėtiesiems siūlams baltumą. Plėveliniai siūlai buvo pagaminti įmonės UAB „Klameta“ ekstruzijos linijoje [63]. Tiriamieji plėveliniai siūlai (bandiniai) yra skirtingų bendrųjų pratampų, t. y., bandinio A pratampa - 6,002, ilginis tankis 130 tex, bandinio B pratampa - 6,502, ilginis tankis 125 tex, bandinio C pratampa - 6,869, ilginis tankis 122 tex.

### **2.2. Tyrimo metodika**

Eksperimentams atlikti buvo naudojami trijų skirtingų pratampų ir ilginių tankių polipropileningi plėvelinių siūlų bandiniai – A, B ir C. Kiekvieno bandinio (A, B ir C) buvo atkerpama po 50 vieno metro ilgio pavyzdžių, kurie atskirai pasverti naudojant elektronines svarstyklės, gauti rezultatai pateikiami priede 10, 11 ir 12 lentelėse.

Bandinių masė nustatoma pasvėrus tam tikras vienodo ilgio produkto atkarpa. Kadangi bus nustatomas variacijos koeficientas ir tiriamas individualus bandinio tam tikrų atkarpų nutrūkimas, turi būti sveriami kiekviena atkarpa atskirai.

Bandiniams sverti naudojamos KERN EG/EW elektroninės svarstyklės (2.1. pav.). Svarstyklių maksimali svėrimo masė – 150 g, minimali svėrimo masė – 0,02 g, e = 0,01 g, d = 0,001g.

Bandymas atliekamas sveriant bandinius atskirai po vieną. Norint gauti, kuo tikslesnius duomenis turime atlikti padalos vertės nustatymo bandymą. Jis atliekamas naudojant 142 g svorio svarelius. Bandiniai sveriami 3 kartus, kad gauti svėrimo duomenys ir svėrimo paklaida

būtų kuo tikslesni. Atlikus padalos vertės nustatymo bandymą, nustatyta, kad svėrimo įrenginys (svarstyklės) šiuo atveju turi  $\pm 2$  gramų paklaidą.



**2.1. pav.** KERN EG/EW elektroninės svarstyklės [50]

Storio matavimams atlikti naudojamas prietaisas: Schmidt control instruments Hans Schmidt & Co. GmbH, Germany (2.2. pav.). Bandiniai A, B ir C sukarpomi tiksliai po 1m, bandinių skaičius - 50vnt. Viso tirta 150 bandinių (žiūrėti priedą 1-3 lenteles). Storiui nustatyti matuojama juostelės viduryje tuo tikslu, kad bandinys būtų kuo mažiau pažeistas, tokiu būdu gaunami tiksliausi rezultatai.



**2.2. pav.** Storio matavimo prietaisas „Schmidt control“ [49]

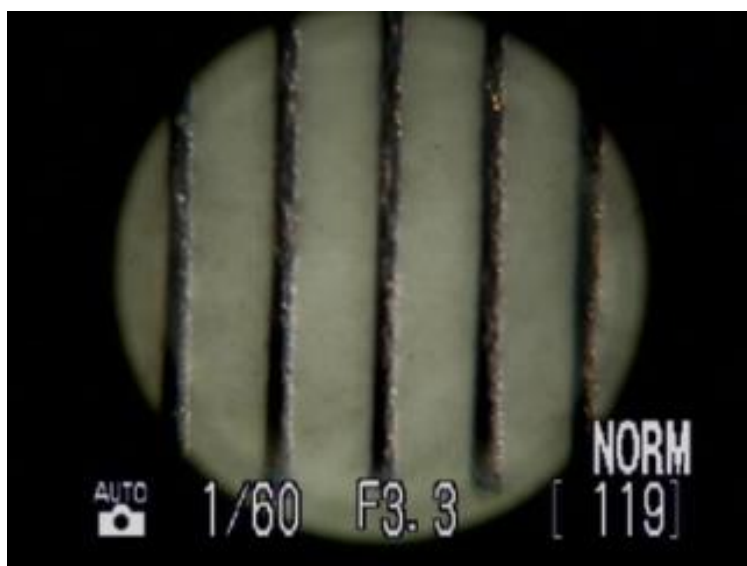
Polipropileninių plėvelinių siūlų plotis (žiūrėti priedą 4-6 lenteles) nustatomas pasitelkus mikroskopą ir kompiuterinę programą – Metric. Siūlų vaizdui didinti naudojamas mikroskopas: Askania, Mikroskop Technik Rathenow, Germany. Pasirinktas 5x/0,10 vaizdo didinimas. Naudojami bandiniai yra nufotografuojami foto kamera: Nikon Coopix 4500, gauti vaizdai perkeliama i kompiuterinę programą Metric. Šios kompiuterinės programos ir foto kameros dėka palengvinamos darbo sąlygos, kadangi yra išdidinamas darbo laukas (2.3. pav.), tokiu būdu galime lengviau, ir svarbiausia, tiksliau išmatuoti pasirinktųjų PP plėvelinių siūlų plotį.

Matavimai atliekami juostelių viduryje, ją patalpinus tarp dviejų stiklo plokštelių skirtų dirbi su mikroskopu. Stiklo plokštelių paskirtis – ištiesinti bei prilaikyti siūlus horizontalioje padėtyje, tai suteikia bandymui tikslumo, o bandiniams stabilumo. Stiklo plokštelės storis 3mm. 2.3. pav. pateikiamais mikroskopo darbo lauko duomenimis nustatoma tikroji padalos vertė. Ji pateikta 2.4. pav. Atstumas tarp padalų 939 $\mu$ m.

Tikrosios mikroskopo padalos vertės nustatymas:

1. 939 $\mu$ m daugiklis 4,259;
2. 941 $\mu$ m daugiklis 4,250;
3. 939 $\mu$ m daugiklis 4,259;
4. 939 $\mu$ m daugiklis 4,259;
5. 936 $\mu$ m daugiklis 4,273.

Nustatytos tikrosios padalos vertės daugiklio vidutinė reikšmė: 4,260.



**2.3. pav.** Mikroskopo darbo laukas.

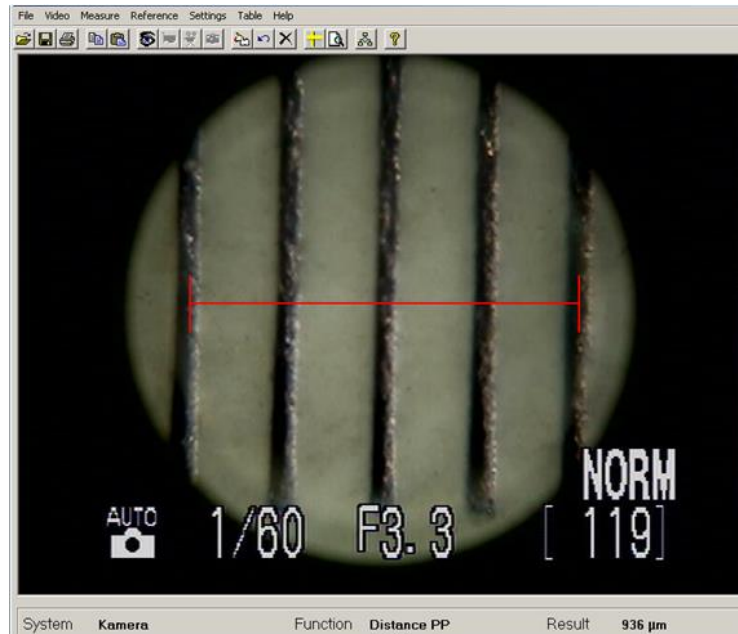
2.5. pav. pateikiamas bandinių mikroskopinis vaizdas.

Siūlų pločio nustatymas atliekamas natūraliomis darbo sąlygomis, esant 26°C temperatūrai, matuojamoje patalpoje.

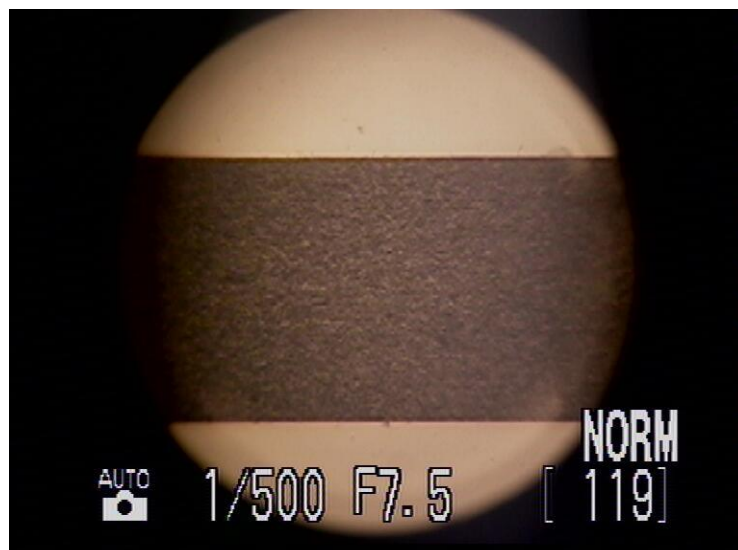
Tempimo bandymams atlikti, naudojamas tempimo įrenginys Zwick\2005, AB481218, Mange/Qty.1, Inhalt:suhe Liefershein (pav. 2.6.).

Siūlų tempimas atliekamas iki visiško polipropileno plėvelinio siūlo nutrūkimo, kai nutraukiamas siūlas, gauti rezultatai pateikti priede 16-18 lentelėse.

Bandymas atliekamas nustačius atstumą tarp spraustuvų (pav. 2.7.) 500mm, bei įvedus siūlo tankį, kuris nurodytas standarte ISO 2062, bei ilginį tankį tex. Visi bandiniai yra 100cm ilgio, paliekant 50 cm rezervą, kad galėtume patogiai ir tvirtai įstatyti polipropileninį siūlą į viršutinius ir apatinius spraustuvus. Bandinys turi būti gerai įtvirtintas, kad nepraslystų.



2.4. pav. Tikroji padalos vertė.



2.5. pav. Bandinio mikroskopinis vaizdas.



PP plėvelinių siūlų tempimas atliekamas nesukuriant jokių papildomų oro sąlygų, ar drėgmės. Jis atliekamas natūraliomis aplinkos sąlygomis.



**2.6. pav.** Tempimo įrenginys Zwick\2005, AB481218, Mange/Qty.1, Inhalt:suhe Liefershein.



**2.7. pav.** Tempimo įrenginio spraustuvai, naudojami bandiniui įtvirtinti.

**2.1. lentelė.** Reikiami duomenys trūkimo tyrimui atlikti.

Įspraudimo pradinis ilgis	500 mm
Tankis	0,91
Pradinė įraža	0,5 cN/tex
Tempimo greitis	500 mm/min
standartas	ISO2062

## 2.2. lentelė. Tempimo bandymo matavimo vienetų duomenys.

Trūkimo jėga	N
Savitoji trūkimo jėga	cN/tex
Trūkimo ištįsa	%
Trūkimo darbas	J
Trūkimo savitasis darbas	J/tex

Tempimo bandymui atlikti, naudojamas tempimo įrenginys Zwick\2005. Jo veikimas susietas su kompiuterine programa, kurioje turime įvesti tam tikrus parametrus reikiamus atlikti trūkimo tyrimą, šie duomenys pateikiami 2.1 ir 2.2 lentelėse.

## 2.3. Eksperimentų rezultatų statistinė ir matematinė analizė

Naudojantis literatūra [41, 42] parenkamos formulės, kuriomis remiantis apskaičiuojami tyrimui reikalingi parametrai. Pasvėrus, pamatavus bandinių storį ir plotį, apskaičiavus skerspjūvio plotą bei tūrį, toliau, remiantis gautais svorio, pločio ir storio rezultatais, apskaičiuojami statistiniai rodikliai:

Vidurkis[41]:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2.1)$$

$\bar{x}$  - vidurkis

x – bandymo reikšmė

n – bandymų skaičiu

Vidutinis kvadratinis nuokrypis[41]:

$$s = +\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2.2)$$

s – vidutinis kvadratinis nuokrypis

Variacijos koeficientas[42]:

$$v = \frac{s}{x} \cdot 100\% \quad (2.3)$$

v – variacijos koeficientas

Absoliutinė paklaida[42]:

$$\Delta_a = \frac{t_\alpha S}{\sqrt{n}} \quad (2.4)$$

$t_\alpha$  – Stjudento kriterijus

$\Delta_a$  – absoliutinė paklaida

Santykinė paklaida[42]:

$$\delta_a = \frac{\Delta_a}{x} = \frac{t_\alpha S}{x\sqrt{n}} \cdot 100\% \quad (2.5)$$

$\delta_a$  – santykinė paklaida

Tūris[42]: (2.6)

$$V = I \cdot l$$

I – skerspjūvio plotas

l – siūlo ilgis

Ilginis tankis[42]:

$$T = m/l$$

m – masė

l – ilgis (2.7)

Tiriant polipropileninių plėvelinių siūlų mechanines savybes, jų įtaką siūlams bei siūlų tempimą iki nutrūkimo, turime išmatuoti tam tikrus parametrus – storį, svorį ir plotį tinkamais prietaisais. Taip pat tyrimams labai didelę įtaką turi statistiniai charakteristikų skaičiavimai, tai yra bandinio storio, svorio ir pločio vidurkiai, absoliučiosios ir santykinės paklaidos, bei variacijos koeficientas, kurie turi didelę įtaką gaminio mechaninės savybės, bei bus reikalingi atliekant tempimo bandymą. Skaičiavimams atlikti, naudojama Microsoft Office Excel programa,

kuria apskaičiuojami duomenys, remiantys matematinės statistikos metodais. Atliekant skaičiavimus, naudojamos formulės, kurios yra nurodytos 2.3 skyriuje. Skaičiavimai atlikti remiantis storio, pločio bei svėrimo rezultatais, taip pat naudojami apskaičiuoti skerspjūvio ploto duomenys.

Naudojant svėrimo rezultatus, apskaičiuojamas polipropileninių plėvelinių siūlų ilginis tankis, gauti rezultatai naudojami tolimesniuose statistinių charakteristikų skaičiavimuose.

Gautieji storio ir pločio rezultatai yra labai svarbūs siūlų mechaninėms, ypač stipruminės savybės. Nuo siūlo storio priklauso jo standumas, stiprumas bei kitos savybės.

### **3. PLĖVELINIŲ SIŪLŲ PRATAMPOS ĮTAKOS JŲ SANDARAI IR TEMPIMO SAVYBĖMS TYRIMO EKSPERIMENTO REZULTATŲ ANALIZĖ**

Šiame skyriuje pateikiami eksperimento statistiniai rezultatai. Atliekama detali gautų rezultatų analizė, palyginami gauti eksperimento stipruminių savybių rezultatai. Nustatoma pratampos įtaka tiriamiesiems siūlams. Palyginus eksperimento analizės rezultatus, tikrinama ar bandomieji siūlai yra tinkami gamybai.

#### **3.1. Pratampos įtaka polipropileninių plėvelinių siūlų storiui ir mechaninėms savybėms**

Nuo pluoštų storio priklauso siūlų standumas, stiprumas bei kitos savybės. Nuo siūlų storio priklauso gaminio storis ir daugelis kitų savybių, taip pat bandinio gamybos įrangos užtaisymo parametrai.

Siekiant užtikrinti tyrimo rezultatų tikslumą, reikia atlikti visus pradinis matavimus, vienas iš jų yra storio matavimas. Atlikus storio matavimo tyrimą, pateikiamos gautų rezultatų vidutinės reikšmės, taip pat pateikiami apskaičiuoti statistiniai duomenys (vidurkis, variacijos koeficientas, absoliučioji paklaida, santykinė paklaida).

Remiantis statistinių storio rezultatų vidutinių reikšmių lentele 3.1, analizuojant visų trijų bandinių A, B ir C, kurie yra skirtingų pratampų 6,002, 6,502 ir 6,869 atitinkamai, o ilginiai tankiai yra 130 tex, 125 tex ir 122 tex atitinkamai, galime teigti, kad kintanti pratampa turi skirtingos įtakos visiems parametrams. Siūlo storio procentinis kiekis didėja, didėjant pratampai. Esant didžiausiai pratampai – 6,869, storio variacijos koeficientas yra apytiksliai 2,5 karto didesnis už siūlą esant mažiausiai pratampai – 6,002. Esant pratampai 6,869 ir pratampai 6,502 variacijos koeficiento kitimas yra mažesnis, jis yra apytiksliai 1,1 karto mažesnis, tai yra apytiksliai 18 % mažesnis nei kitimas tarp siūlų turinčių mažiausią ir didžiausią pratampą. Storio variacijos koeficientas esant pratampai 6,502 lyginant jį su mažiausios pratampos siūlą, kurio pratampa yra 6,002 procentinis kiekis skiriasi apytiksliai 2,2 karto. Storio variacijos koeficientas didėjant pratampai turi tendenciją didėti.

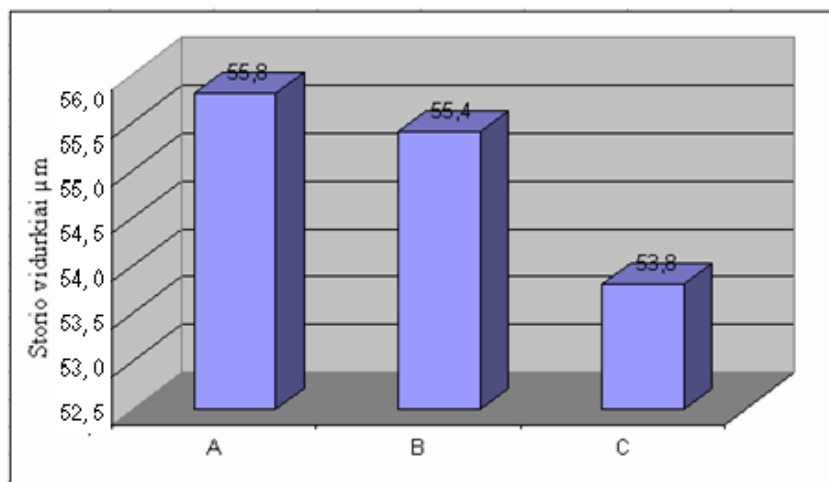
Santykinės paklaidos vertės kinta nuo 0,7 iki 1,8% (žr. 3.1 lentelę), gautos reikšmės mažesnės nei 2,5%, todėl rezultatų sklaida laikoma labai maža. Verčių kitimas yra statistiškai reikšmingas.

Storio absoliutinė paklaida kinta nuo 0,4 iki 1,0  $\mu\text{m}$ . Lyginant didžiausią ir mažiausią reikšmes, kai pratampa yra bandinio A - 6,002 ir C - 6,869 atitinkamai, gautos reikšmės yra mažesnės 2,5 kartų. Lyginant A ir B siūlus, kurių pratampa yra 6,002 ir 6,502 atitinkamai, storio absoliutinė paklaida 0,4 ir 0,9  $\mu\text{m}$  atitinkamai, nustatyta, kad jų reikšmių pokytis yra 2,2 karto mažesnis. Pastebėta, kad absoliutinės paklaidos pokytis yra mažiausias, kai lyginami B ir C siūlai tarpusavyje, kurių pratampa yra 6,502 ir 6,869 atitinkamai, gautos reikšmės mažesnės apytiksliai 1,1 karto.

Siūlams A, B ir C apskaičiuojami siūlo storio vidurkiai. Pateiktoje 3.1 pav. matome pateiktų siūlų storio skirtumą. Galime teigti, kad bandinio A, kurio pratampas yra 6,002 storio vidurkis didžiausias, šie siūlai storiusi 55,8  $\mu\text{m}$ . Bandinio C, kurio pratampa yra 6,869 yra ploniausi 53,8  $\mu\text{m}$ . Atlikus storio vidurkio tyrimą taip pat pastebėta, kad bandinio A ir B storio vidurkio skirtumas yra nežymus 0,4  $\mu\text{m}$ , o bandinio C storio vidurkis žymiai skiriasi nuo minėtųjų, A ir B, bandinių vidurkių 1,0 ir 0,6  $\mu\text{m}$ . B ir C storio vidurkiai skiriasi 1,6  $\mu\text{m}$ .

**0.1. lentelė.** Statistinių storio rezultatų vidutinės reikšmės.

Bandinio pavadinimas	Storio variacijos koeficientai, %	Storio absoliutinės paklaidos, $\mu\text{m}$	Storio santykinės paklaidos, %
A	2,5	0,4	0,7
B	5,6	0,9	1,6
C	6,3	1,0	1,8



**3.1. pav.** Storio vidurkio diagrama: A – esant pratampai 6,002, B – esant pratampai 6,502, C – esant pratampai 6,869.

Atlikus bandinių A, B ir C storio skaičiavimus, tai yra apskaičiavus jų variacijos koeficientą, absoliutinę paklaidą bei santykinę paklaidas, pastebėtas žymus bandinio A rezultatų skirtumas, lyginant jį su kitais bandinių duomenimis. Nors šio bandinio – A, pratampa yra mažiausia, o storio vidurkis didžiausias, kiti parametrai yra mažiausi.

### **3.2. Pratamos įtaka plėvelinių siūlų pločiui**

Siekiant tinkamai išanalizuoti bandinius, ištirti jų storio nepakanka, turime ištirti bandinių plotį. Nustatyta, kad bandinys A yra plačiausias 2765,8  $\mu\text{m}$  lyginant jį su kitų pratampų bandiniais. Didžiausias skirtumas, kuris lygus 485,8 $\mu\text{m}$ , pastebėtas tarp bandinių A ir C.

3.2 pav. pavaizduoti tiriamų siūlų pločių vidurkiai. Lyginant siūlo pločio vidurkius pastebėtas 77,8  $\mu\text{m}$  skirtumas tarp siūlo A, kurio pratampa yra 6,002 ir siūlo B, kurio pratampa yra 6,502. Siūlas B už siūlą C, kurių pratampa 6,502 ir 6,869 atitinkamai, yra 1,2 karto didesnis, taip pat siūlas A už siūlą C yra apytiksliai 1,2 karto didesnis.

3.2 lentelėje nurodomos bandinių pločio apskaičiuotos statistinės charakteristikos. Iš gautų statistinių rodiklių skaičiavimo rezultatų, galime teigti, kad pločio variacijos koeficientas didėjant pratampai turi tendenciją mažėti. Siūlo pločio variacijos koeficientas, esant pratampai - 6,002, yra 2,7 karto didesnis, lyginant su atveju, kai siūlo pratampa yra 6,502 ir 6,869.

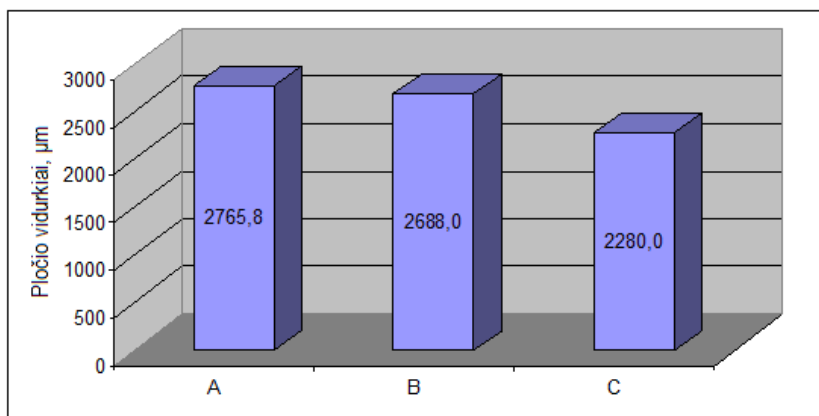
Siūlo B ir C, kurių pratampa yra 6,502 ir 6,869 atitinkamai absoliutinės paklaidos skirtumas ir pokytis yra nežymus, tik 3,4  $\mu\text{m}$ , tai yra, 1,1 karto mažesnis. Siūlo A, kurio pratampa 6,002 absoliutinė paklaida žymiai skiriasi nuo minėtųjų B ir C – 93 ir 96,4  $\mu\text{m}$  atitinkamai, tai yra apytiksliai 2,8 ir 2,9 atitinkamai karto mažesni.

Santykinės paklaidos vertės kinta nuo 1,9 iki 5,3 % (žr. 3.2 lentelę). Toks verčių kitimas statistiškai yra reikšmingas. Pločio santykinė paklaida, lyginant siūlą A, kurio pratampa lygi 6,002, ir siūlą C, kurio pratampa yra 6,869, yra apytiksliai 2,8 karto mažesnė. Siūlo A ir siūlo B santykinės pratamos skiriasi apytiksliai 2,7 karto, siūlo A pratampa didesnė už siūlą B. Siūlų B ir C, kurių pratampa yra 6,502 ir 6,869 atitinkamai, pločio santykinė paklaida skiriasi apytiksliai 1,1 karto.

Remiantis 3.2 pav. ir 3.2 lentelės rezultatais galime teigti, kad didėjant pratampai siūlas yra tempiamas, tempimo metu jis plonėja ir siaurėja. Taip pat remiantis pateiktais duomenimis, galime teigti, kad siūlo plotis, mažėjant pratampai, nuosekliai didėja. Siūlo pločio vidurkis, esant mažiausiai pratampai – 6,002 yra didesnis 1,2 karto, lyginant su atvejais, kai pratampa yra 6,502 ir 6,869.

**0.2. lentelė.** Statistinių pločio rezultatų vidutinės reikšmės.

Bandinio pavadinimas	Pločio variacijos koeficientai, %	Pločio absoliutinės paklaidos, $\mu\text{m}$	Pločio santykinės paklaidos, %
A	18,6	146,0	5,3
B	6,9	53,0	2,0
C	6,7	49,6	1,9



**3.2.pav.** Pločio vidurkio diagrama: A – esant pratampai 6,002, B – esant pratampai 6,502, C - esant pratampai 6,869.

Atlikus bandinių A, B ir C pločio variacijos koeficiento, absoliutinės bei santykinės paklaidų skaičiavimus, pastebimas didelis bandinio A ir kitų bandinių skirtumas. Šio bandinio apskaičiuotieji parametrai žymiai didesni, tai rodo, kad esant mažesnei pratampai bandinys yra plačiausias. Todėl galime teigti, kad pagaminus gaminį iš siūlo A, kurio pratampa yra 6,002, o ilginis tankis 130tex, bus blogesnės kokybės lyginant gaminius pagamintus iš B siūlo, kurio pratampa 6,502, o ilginis tankis 125tex ir siūlo C, kurio pratampa 6,869, o ilginis tankis 122tex. Gaminiai pagaminti iš pastarojo siūlo (siūlo C) bus ploniausi, o gaminiai pagaminti iš šio siūlo bus lengviausi ir stabiliausi.

### 3.3. Siūlo masės duomenų analizė

Kaip ir buvo galima tikėtis, iš ankščiau atliktų matavimų bei skaičiavimų, gaminio A masė yra didžiausia – 130,2 mg. 3.3 lentelėje pateikiama masės variacijos koeficiento vidutinės reikšmės. Remiantis skaičiavimais, galime teigti, kad siūlo masės variacijos koeficientas visų bandinių yra apylygis, o B ir C siūlų yra toks pat – 1,2%, tai yra apytiksliai 1,2 karto mažesnis už



bandinių, kurių pratampa yra didžiausia – 6,869. Galima teigti, kad siūlo variacijos koeficientai, didėjant pratampai kinta labai nežymiai, esant pratampai 6,502 ir 6,869, jis yra toks pat.

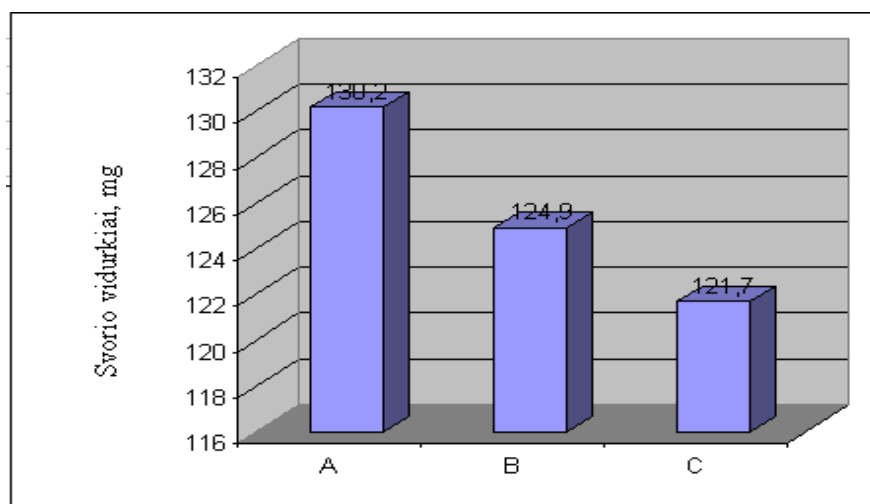
Masės absoliutinės paklaidos kinta itin mažu skirtumu tik 0,1 mg, tai yra apytiksliai 1,3 karto mažesnis lyginant bandinio A, kurio pratampa yra 6,002, ir bandinių B ir C, kurių svorio absoliutinė paklaida tokia pati.

Masės santykinės paklaidos kinta šiek tiek didesniu skirtumu nei minėtieji parametrai, tai yra, nuo 0,33 iki 0,39 %, apytiksliai 1,2 karto, bandinio A gautos reikšmės yra didesnės už bandinio C rezultatus. Santykinė paklaida esant pratampai A - 6,002 ir B - 6,502 kinta 1,1 karto.

3.3 pav. pateikta diagrama rodanti bandinių A, B ir C masės vidurkius. Esant siūlo A pratampai 6,002, ilginiui tankiui 130 tex siūlo masės vidurkis yra didžiausias – 130,2 mg, o esant pratampai 6,869, ilginiui tankiui 122tex siūlo masės vidurkis yra mažiausias – 121,7 mg, jų skirtumas yra 8,5 mg, tai yra apytiksliai 1,1 karto mažesnis. Pastebimas proporcingas masės vidurkio mažėjimas. Jis palankiausias, kai siūlo masė yra mažiausias, tačiau dėl mažos masės nenukečia kitos savybės: mechaninės, bei fizikinės.

**0.3. lentelė.** Statistinių masės rezultatų vidutinės reikšmės.

Bandinio pavadinimas	Masės variacijos koeficientai, %	Masės absoliutinės paklaidos, mg	Masės santykinės paklaidos, %
A	1,4	0,5	0,39
B	1,2	0,4	0,34
C	1,2	0,4	0,33



**3.3. pav.** Masės vidurkio diagrama: A – esant pratampai 6,002, B – esant pratampai 6,502, C - esant pratampai 6,869

Ištirus gautus masės vidurkio duomenis pastebėta, kad bandinys A, kurio pratampa yra mažiausia ir lygi 6,002μm, yra sunkiausias, o apskaičiuotos absoliutinė ir santykinės paklaidos bei variacijos koeficientas yra didžiausi lyginant su kitais (B ir C) bandiniais, kurių pratampa yra žymiai didesnė. Siūlo masės nustatymo duomenys yra tik tarpiniai, jie reikalingi ilginio tankio nustatymui.

Kaip žinia, sunkūs gamtiniai vargina žmones ir eikvoja jų fizines jėgas, todėl naudojant, pavyzdžiui, sunkias pakuotes išaugtų fizinio išvermingumo poreikis, sumažėtų pakuočių naudojimas dėl jaučiamo diskomforto. Todėl lengvesnės pakuotės, ekonominiu požiūriu, yra naudingesnės, patrauklesnės vartojimo rinkai.

### 3.4. Siūlų stipruminių savybių tyrimų analizė

Tempimo tyrimui atlikti turime nusistatyti ilginį tankį, pradiniai ilginio tankio duomenys pateikti priede 19-21 lentelėse, bandiniams A (pratampa 6,002), B (pratampa 6,502) ir C (pratampa 6,869).

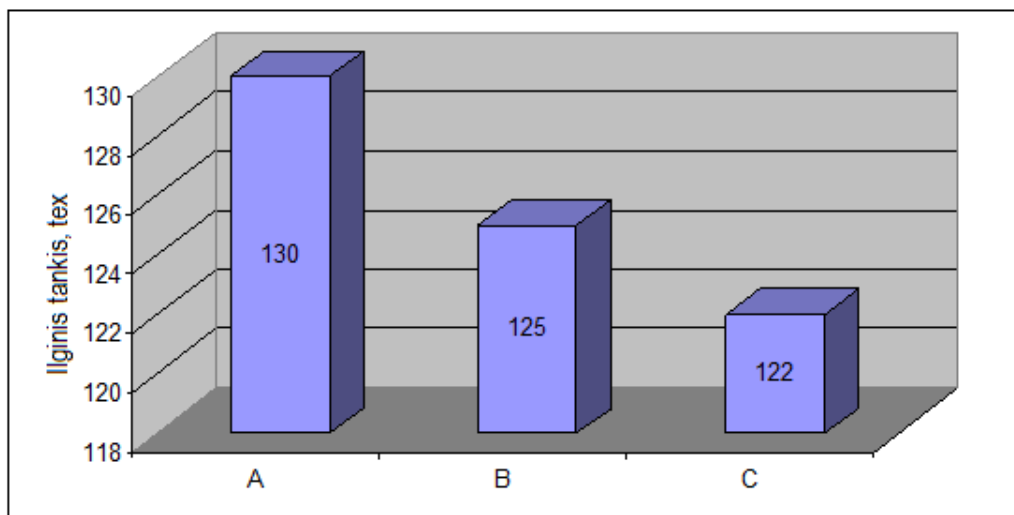
Iš 3.4 lentelės duomenų galime teigti, kad ilginio tankio variacijos koeficientas kinta nuo 1,2 iki 1,4 %, tai yra apytiksliai 1,2 karto didesnis. Taip pat matome, kad bandinių B ir C, kurių pratampa yra skirtinga ir lygi 6,502 ir 6,869 atitinkamai, ilginio tankio variacijos koeficientas yra toks pat – 1,2%.

Ilginio tankio absoliutinė paklaida kinta nuo 0,5 iki 0,4 mg, tai yra apytiksliai 1,3 karto. Didžiausia ilginio tankio absoliutinės paklaidos vertė yra esant mažiausiai pratampai, bandinio A, kuri lygi 6,002, o bandinių B ir C, kurie yra skirtingų pratampų, 6,502 ir 6,869 atitinkamai, yra vienodos – 0,4 mg.

#### 0.4. lentelė. Ilginio tankio vidutinės reikšmės.

Bandinio pavadinimas	Ilginio tankio variacijos koeficientai, %	Ilginio tankio absoliutinės paklaidos, mg	Ilginio tankio santykinės paklaidos, %
A	1,4	0,5	0,39
B	1,2	0,4	0,34
C	1,2	0,4	0,33

Remiantis ilginio tankio vidurkio diagrama pateikta 3.4 pav., galime teigti, kad ilginis tankis, didėjant pratampai, nuosekliai mažėja nuo 130 tex iki 122 tex, pokytis yra 8 tex. Siūlo ilginis tankis, esant esant mažiausiai pratampai – 6,002 yra apytiksliai 1,1 karto didesnis, lyginant jį su atveju, kai pratampa yra didžiausia – 6,869. Lyginant bandinius B ir C, kurių pratamos yra skirtingos ir jų ilginio tankio pokytis yra 3 tex.



**3.4. pav.** Ilginio tankio vidurkio diagrama: A – esant pratampai 6,002, B – esant pratampai 6,502, C - esant pratampai 6,869

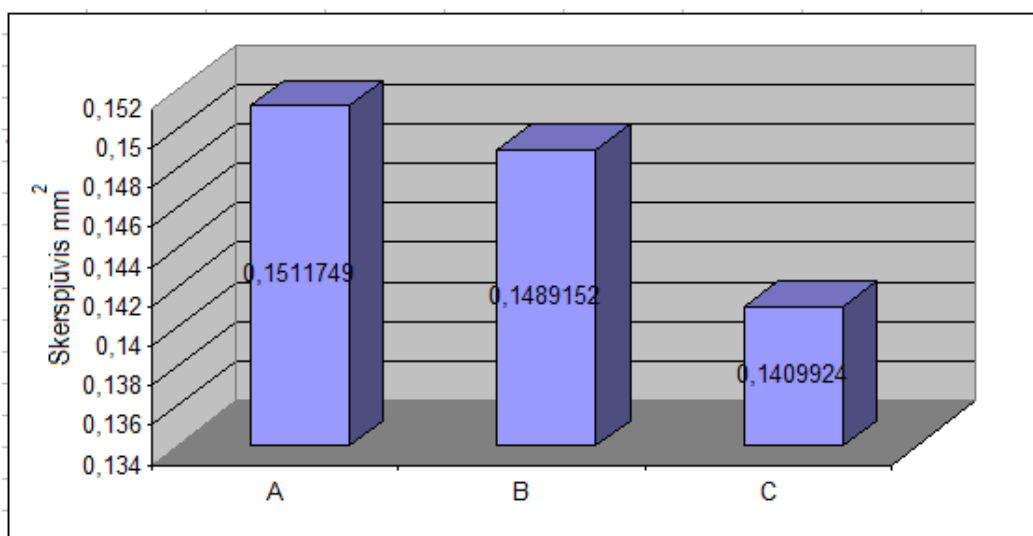
Ilginio tankio santykinė paklaida kinta nuo 0,33 iki 0,39 %, tai yra 0,06 % skirtumu, tai yra apytiksliai 1,2 karto tarp didžiausios ir mažiausios reikšmių. Nustatytas apytiksliai 1,1 karto skirtumas tarp A ir B siūlų.

Tempimo tyrimas atliktas polipropilėniniams plėveliniams siūlams esant trijų skirtingų pratampų: A – 6,002, B – 6,502 ir C – 6,869. Remiantis 16 lentele (pateikta priede) matome, kad esant pratampai A, kuri lygi 6,002 yra nepavykusių bandymų. Bandymai nr. 1 ir nr. 2 buvo netinkami, nes nutrūko tik dalis siūlo gijų, jis nebuvo visiškai nutrauktas. Bandymai nr. 3 ir nr. 41 nepavyko, nes bandinys praslydo pro spraustuvus. Remiantis lentelėmis 17 ir 18 (pateikta priede) galime teigti, kad tyrimas buvo atliktas tinkamai ir bandiniai atlaikė pakankamai vienodą tempimo jėgą.

Tempimo įrenginio Zwick\2005, AB481218, Mange/Qty.1, Inhalt:suhe Liefershein kompiuterinė programa yra skirta apskritos sandaros siūlams tempti, tad duomenys yra pritaikomi būtent tokios sandaros siūlams. Kadangi, tiriamieji polipropilėniniai plėveliniai siūlai yra plokščios sandaros, apskaičiuojamas skerspjūvio plotas. Skerspjūvio ploto pradiniai duomenys

pateikiami priede 13-15 lentelėse (žr. priedus). Skerspjūvio plotas tiksliausiai apibūdina siūlo storį.

Remiantis skerspjūvio vidurkio diagrama pateikta 3.5 pav., galime teigti, kad skerspjūvio vidurkis kinta nuo  $0,1511749 \text{ mm}^2$  iki  $0,1409924 \text{ mm}^2$ , skirtumas tarp pateiktų duomenų yra  $0,0101825 \text{ mm}^2$ , tai yra kinta apytiksliai 1,1 karto, lyginant didžiausią ir mažiausią reikšmes. Siūlo skerspjūvio vidurkis bandinių B ir C, esant pratampai 6,502 ir 6,869 atitinkamai, yra 1,1 karto didesnis.



3.5. pav. Bandinių A, B, C skerspjūvio vidurkiai.

Šio tyrimo metu bandiniai buvo tempiami pusciklišku būdu – nutraukiant bandinį. Veikiamos tempimo mašinoje pagal tam tikrą dėsnį, didėjančia ašine tempimo jėga  $F$ , medžiaga deformuojasi – tįsta. Bandinys dėl stiprėjančių tempimo jėgų suyra ir nutrūksta. Tįsdamas siūlas suplonėja, kai ilgėjančio siūlo ar plaukelio linijinis tankis mažėja.

0.5. lentelė. Bandinio A tempimo eksperimento duomenys.

	Atstumas tarp spraustuvų	Trūkimo jėga	Ištįsa esant max jėgai	Trūkimo ištįsa	Darbas esant max jėgai
n = 50	mm	N/mm <sup>2</sup>	%	%	J
x	500,00	463,234	22,2	22,80	4,933
s	0,00	13,007	2,0	2,50	0,6831
v	0,00	2,81	9,20	10,98	13,85

Nagrinėjant tempimo charakteristikas, labai svarbus rodiklis yra trūkimo ištįsa. Ji rodo, kiek pailgėja bandinys prieš nutrūkdamas. Išanalizavę atlikto tempimo bandymo duomenis, matome, kad bandinys A, kurio pratampa 6,002 ištįso labiausiai, o bandinys C, kurio pratampa 6,869 ištįso mažiausiai. Tai rodo, kad bandinys A yra tampriausias iš tirtųjų bandinių, o bandinys C – mažiausiai tamprus.

Remiantis tempimo eksperimento duomenimis pateiktais 3.5, 3.6 ir 3.7 lentelėse, galime teigti, kad trūkimo jėga kinta nuo 463,234 N / mm<sup>2</sup> iki 500,398 N / mm<sup>2</sup>, nustatytas pokytis yra 37,164 N / mm<sup>2</sup>, tai yra 1,1 karto mažesnis. Pastebimas proporcingas kitimas, kintant pratampai.

Vidutinio kvadratinio nuokrypio trūkimo jėga kinta nuo 13,007 iki 31,950 N/mm<sup>2</sup>. Siūlo vidutinio kvadratinio nuokrypio trūkimo jėga, esant mažiausiai pratampai – 6,002 yra apytiksliai 2,5 karto mažesnė, lyginant su atveju, kai pratampa yra didžiausiai – 6,869.

Variacijos koeficiento trūkimo jėga kinta nuo 2,81 iki 6,38 N/mm<sup>2</sup>, pokytis – 3,57 N/mm<sup>2</sup>. Esant mažiausiai pratampai, variacijos koeficientas yra apytiksliai 2,3 karto mažesnis, lyginant su atveju, kai pratampa yra didžiausia.

Ištįsa esant maksimaliai jėgai kinta nuo 22,2 iki 19,8 %. Lyginant bandinį A, kurio pratampa yra mažiausia – 6,002, yra 1,1 karto didesnis už bandinį B, kurio pratampa – 6,502. Bandinio B ir C ištįsos esant maksimaliai jėgai pokytis yra 0,8. Pastebimas nuoseklus gautų rezultatų kitimas.

#### 0.6. lentelė. Bandinio B tempimo eksperimento duomenys.

	Atstumas tarp spraustuvų	Trūkimo jėga	Ištįsa esant max jėgai	Trūkimo ištįsa	Darbas esant max jėgai
n = 50	mm	N/mm <sup>2</sup>	%	%	J
x	500,00	478,988	20,6	20,77	4,419
s	0,00	17,754	2,4	2,45	0,7763
v	0,00	3,71	11,43	11,79	17,57

Vidutinio kvadratinio nuokrypio ištįsa esant maksimaliai jėgai kinta nuo 2,0 iki 2,7 %, tai yra apytiksliai 1,4 karto mažesnė, kai lyginamos didžiausios ir mažiausios bandinio pratamos vertės, jos yra 6,002 ir 6,869 atitinkamai. Taip pat pastebėta, kad bandinys A, kurio pratampa yra 6,002 yra 1,2 karto mažesnė, kai lyginama su atveju, kai pratampa yra 6,502, bei bandinys B, kurio pratampa yra 6,502 yra 1,1 karto mažesnis, lyginant su bandiniu C, kurio pratampa – 6,869.

**0.7. lentelė.** Bandinio C tempimo eksperimento duomenys.

	<b>Atstumas tarp spraustuvų</b>	<b>Trūkimo jėga</b>	<b>Ištįsa esant max jėgai</b>	<b>Trūkimo ištįsa</b>	<b>Darbas esant max jėgai</b>
n = 50	mm	N/mm <sup>2</sup>	%	%	J
x	500,00	500,398	19,8	19,88	4,273
s	0,00	31,950	2,7	2,74	0,888
v	0,00	6,38	13,67	13,77	20,78

Variacijos koeficiento ištįsa kinta nuo 9,20 iki 13,67 %. Lyginant didžiausias ir mažiausias bandinio reikšmes, galime daryti išvadą, kad bandinio A, kurio pratampa mažiausia – 6,002 yra apytiksliai 1,5 karto mažesnė, lyginant su bandiniu, kurio pratampa yra didžiausia – 6,869.

Nustatytos trūkimo ištįsos kitimo ribos svyruoja nuo 22,80 iki 19,88 %, tai yra, nustatytas 3% skirtumas. Lyginant mažiausią ir didžiausią reikšmes, nustatyta, kad didžiausia trūkimo ištįsos yra kai pratampa mažiausia, o mažiausia trūkimo ištįsa yra esant didžiausiai pratampai. Kai pratampa - 6,002 trūkimo ištįsa yra apytiksliai 1,2 karto didesnė, lyginant su atveju, kai pratampa yra didžiausia – 6,869.

Vidutinio kvadratinio nuokrypio trūkimo ištįsa yra mažiausia, kai pratampa yra 6,502, o didžiausia, kai pratampa – 6,869. Ji kinta 2,45 - 2,74 % ribose. Esant mažiausiai reikšmei pratampa lygi 6,502, tai yra 1,1 karto mažesnė, lyginant su didžiausia reikšme, kai pratampa yra 6,869.

Variacijos koeficiento trūkimo ištįsa proporcingai didėja, didėjant pratampai. Esant mažiausiai pratampai – 6,002, ji lygi 10,98%, esant vidutinei pratampai – 6,502, ji lygi 11,79%, esant didžiausiai pratampai, ji lygi 13,77%. Mažiausia variacijos koeficiento ištįsa yra 1,1 karto mažesnė, lyginant su vidutine pratamos reikšme ir vidutinė pratamos reikšmė yra 1,2 mažesnė už didžiausią pratampą turinčio bandinio variacijos koeficiento trūkimo ištįsą.

PP plėvelinių siūlų, esančių trijų skirtingų pratampų (6,002, 6,502 ir 6,869) darbas esant maksimaliai jėgai kinta nuo 4,273 iki 4,933 J. Nustatyta, kad esant mažiausiai pratampai (bandinys A) darbas esant maksimaliai jėgai yra 1,2 karto didesnis už bandinio turinčio didžiausią pratampą (bandinys C).

Vidutinio kvadratinio nuokrypio darbas esant maksimaliai jėgai kinta nuo 0,6831 iki 0,888 J, nustatytas 0,2049 J skirtumas. Taip pat nustatyta, kad esant mažiausiai pratampai – 6,002, vidutinio kvadratinio nuokrypio darbas esant maksimaliai jėgai yra 1,3 karto mažesnis, lyginant su atveju, kai pratampa yra didžiausia – 6,869.

Variacijos koeficiento darbas esant maksimaliai jėgai yra didžiausias – 13,85 J, kai pratampa yra mažiausiai - 6,002, o didžiausia – 20,78, kai pratampa didžiausia – 6,869. Gautas didžiausią ir mažiausią reikšmes lyginant tarpusavyje, nustatyta, kad mažiausia reikšmė yra 1,5 karto mažesnė už didžiausią.

Šioje dalyje atliekami statistiniai bandinių charakteristikų skaičiavimai, kurių dėka galime teigti, kad gaminys C, kurio pratampa yra 6,869, yra tvirčiausias. Jo mechaninės savybės yra geriausios. Taip pat, šis polipropileninis plėvelinis siūlas C atlaiko didžiausias tempiamąsias jėgas, ilgiau išlieka nenutrūkęs. Tai matome išanalizavę lentelių (lentelė 3.4, lentelė 3.5, lentelė 3.6) duomenis.

Gaminiai pagaminti iš polipropileninių plėvelinių siūlų esant pratampai 6,869 bus ilgaamžiškesni, tvirtesni, išlaikis didesnes apkrovas. Tempimo bandymas dažniausiai atliekamas, nes vartojamos tekstilės medžiagos ypač veikiamos išilginių tempimo jėgų.

### **3.5 Plėvelinių siūlų pratamos įtakos jų sandarai ir tempimo savybėms tyrimo eksperimento rezultatų analizės apibendrinimas**

Šiame skyriuje pateikiami apskaičiuoti polipropileninių plėvelinių siūlų storio, pločio ir svorio aritmetiniai vidurkiai, variacijos koeficientai, absoliutinės paklaidos bei santykinės paklaidos, taip pat eksperimentinių rezultatų statistiniai rodikliai. Atliekama detali gautų rezultatų analizė, palyginami gauti eksperimento stipruminių savybių rezultatai. Palyginus eksperimento analizės rezultatus, tikrinama bandomieji siūlai yra tinkami gamybai. Taip pat analizuojama pratamos įtaka polipropileniniams plėveliniams siūlams.

Atlikti storio matavimai, bei išanalizuoti gauti rezultatai. Kadangi darbo tikslas yra ne ištirti kiekvieno plipipropileninio siūlo, o trijų skirtingų pratampų siūlų duomenis, jų įtaką, todėl skaičiuojamas skirtingų pratampų storio vidurkis. Atlikus skaičiavimus nustatyta, kad mažiausios pratamos siūlas (A – 6,002) yra storiusias. Nustatyta, kad kintanti pratampa turi skirtingos įtakos visiems parametrams. Siūlo storio procentinis kiekis didėja, didėjant pratampai.

Išmatuotas skirtingų pratampų A, B ir C plėvelinių siūlų plotis. Atlikti siūlo pločio nustatymo skaičiavimai, bei išanalizuoti gauti rezultatai. Taip pat palyginamos, tarpusavyje, gautos eksperimento statistiniai pločio parametrų skaičiavimai.

Šio tyrimo metu atlikta siūlo masės duomenų analizė. Išanalizuoti masės variacijos koeficientai, absoliutinės paklaidos, santykinės paklaidos, bei vidurkio duomenys. Taip pat išanalizuota pratamos svarba PP siūlų masei, bei pratamos svarba galutiniam produktui.

Atlikti tempimo tyrimai bandiniams A (pratampa – 6,002), B (pratampa 6,502) ir C (pratampa 6,869). Išanalizuotos ilginio tankio vidutinės reikšmės, bei jų statistinių parametų skaičiavimų rezultatai. Atlikta tempimo bandymo rezultatų išsami analizė, bei palyginti gauti rezultatai esant skirtingoms pratampoms.



## IŠVADOS

1. Atlikus bandymus nustatyta tiesioginė įtaka tarp plėvelinių PP siūlų storio ir pratamos. Šiems dydžiams būdinga atvirkštinė priklausomybė t.y. storiausio siūlo yra mažiausia pratampa. Siūlo storis labai svarbus parametras, nuo jo priklauso pluoštų storis bei siūlų standumas, stiprumas bei kitos savybės, taip pat jis įtakoja gaminio svorį ir daugelį kitų savybių, bei įrangos užtaisymo parametrus. Esant mažiausiai pratampai C - 6,002 storio vidurkis yra didžiausias, kiti statistiniai parametrai: variacijos koeficientas, absoliutinė ir santykinė paklaidos yra mažiausios, lyginant su kitais siūlais, kurių pratampa yra didesnė, siūlo B – 6,5002 ir C – 6,869. Nors šio bandinio - A pratampa mažiausia, o storis didžiausias, visi kiti parametrai yra mažiausi. Storio variacijos koeficientas didėjant pratampai turi tendenciją didėti. Pratampo įtaka labiausiai pastebima bandiniuose B ir C. Šių bandinių apskaičiuotieji statistiniai rezultatai yra labai panašūs, o parametrų kitimas proporcingas. Kuo produktas storesnis, tuo jo ilginis tankis didesnis. Taigi ilginis tankis yra netiesioginė produkto storio charakteristika priklausanti nuo pratamos.
2. Tyrimų metu išmatuotas siūlų plotis ir pastebėtas mechaninių savybių gerėjimas, esant didesnei pratampai. Nustatyta, kad bandinys A – 6,002 yra plačiausias 2765,8  $\mu\text{m}$  lyginant jį su kitų pratampų bandiniais. Iš gautų statistinių rodiklių skaičiavimo rezultatų, galime teigti, kad visi pločio parametrai, didėjant pratampai turi tendenciją mažėti. Taip pat remiantis pateiktais duomenimis, galime teigti, kad siūlo plotis, mažėjant pratampai nuosekliai didėja.
3. Masės matavimai ir pratamos svarbos analizavimas parodė, kad didžiausios masės siūlas turi mažiausią pratampą. Šio tyrimo metu nustatyta, kad bandinio A, kurio pratampa yra mažiausia – 6,002, variacijos koeficientas, absoliutinė bei santykinė paklaidos nuo bandinių B – 6,502 ir C – 6,869 kinta proporcingai. Gauti rezultatai mažiausios pratamos siūlų yra apytiksliai 1,2 karto didesni, lyginant su didesnių pratampų siūlais. Pastebimas proporcingas masės vidurkio mažėjimas. Jis palankiausias, kai siūlo masė yra mažiausias, tačiau dėl mažos masės nenukečia kitos savybės: mechaninės, bei fizikinės.
4. Atlikus stipruminių savybių tyrimo analizę galime teigti, kad ilginio tankio variacijos koeficientas kinta nuo 1,2 iki 1,4 %, tai yra apytiksliai 1,2 karto didesnis. Tai pat nustatyta, kad bandinių B ir C, ilginio tankio variacijos koeficientas yra tokie pat – 1,2%. Ilginio tankio absoliutinė paklaida kinta nuo 0,5 iki 0,4 mg, tai yra apytiksliai 1,3 karto. Ilginio tankio santykinė paklaida kinta nuo 0,33 iki 0,39 %, tai yra 0,06 % skirtumu, tai yra apytiksliai 1,2 karto tarp didžiausios ir mažiausios reikšmių. Pastebėta, kad pratamos įtaka

stipruminems savybems yra didelė. Keičiantis pratampai, jai didėjant, matomas akivaizdus stipruminių charakteristikų pokytis. Didėjant pratampai, t.y., esant didžiausiai pratampai (6,869), trūkimo jėgos parametrai didžiausi. Tačiau, ištįsa esant maksimaliai jėgai, trūkimo ištįsa, bei darbas esant maksimaliai jėgai yra mažiausi. Siūlo stipruminių savybių tyrimo priklausomybė nuo pratamos parodė, kad bandinys A, kurio pratampa 6,002, prieš nutrūkimą pailgėja labiausiai. Tai rodo, kad mažiausios pratamos siūlai yra tampriausi.

## LITERATŪRA

1. Mather RR. Polyolefin fibres. In: *Synthetic fibres: nylon, polyester, acrylic, polyolefin*. Editor J.E. McIntyre. Woodhead Publishing Limited, 2005, pp. 235-292.
2. Crangle A. Types of polyolefin fibres. In *Polyolefin fibres. Industrial and medical applications*. Editor Samuel C.O. Ugbolue. Woodhead Publishing Limited, 2009, pp. 3-34.
3. Schmenk B, Miez-Meyer R, Steffens M, Wulfhorst B, Gleixner G. Polypropylene fiber table. *Chemical Fibers International* 2000; 50: 233-253.
4. Alcock B, Cabrera NO, Barkoula N-M, Loos J, Peijs T. Interfacial properties of highly oriented coextruded polypropylene tapes for the creation of recyclable all-propylene composites. *Journal of Applied Polymer Science* 2007; 104: 118-129.
5. Kim Y. The use of polyolefins in industrial and medical applications. In: *Polyolefin fibres. Industrial and medical applications*. Editor Samuel C.O. Ugbolue. Woodhead Publishing Limited, 2009, pp. 133-153.
6. Mahajan SJ, Deopura BL, Wang; Y. Structure and properties of drawn tapes of high-density polyethylene/ethylenepropylene copolymer blends. *Journal of Applied Polymer Science* 1996; 60: 1527-1538.
7. Petravicius A, Petrulis D. Manufacture and properties of tape yarns. In: *Gaminiu technologijos ir dizainas* (in Lithuanian). Technologija, 2008, pp. 34-37.
8. Takahashi T, Kimura Y. Improved soiling resistance of polypropylene fibers on the addition of synthetic compounds. *Textile Research Journal* 2012; 82; 8: 789-800.
9. Horrocks AR, Richards AF, Ghosh S. Influence of waste polymer inclusion on the performance of oriented polypropylene geotextile tapes. Part I: Effect on tensile properties. *Textile Research Journal* 1995; 65, 10: 601-606.
10. J. Unger. Industrial Textiles from Slit-film Yarns. *Melliand Textilber.*. 1989, 70, 424^26 (E179-E180).
11. [www.fibersource.com/f-info/fiber%20production.htm](http://www.fibersource.com/f-info/fiber%20production.htm) (Fiber Economics Bureau Inc.. Fiber Facts, viewed 19 May, 2000).
12. *Films, Woven and Nonwoven Fabrics Made from Polypropylene*, Verein Deutscher Ingenieure, VDI-Gesellschaft Kunststofftechnik, 1979.
13. [www.sind.com](http://www.sind.com) (Synthetic Industries).

14. M. Ahmed. *Polypropylene Fibers—Science and Technology*, Elsevier, New York, NY, USA, 1982.
15. J.E. Ford. Polypropylene Fibres. *Textiles*, 1988, 17, 2-8.
16. J.H. Ford. Polypropylene Fibres. *Textiles*, 1980, 9, 58-64.
17. B. WulHiorst and K. Meier. Polypropylene Fibers. *Chemiefasern/Textilindustrie*, 1989, 39/9], E173- E1 76.
18. O. Pajgrt, B. Reichstadter, and F. Sevcik. *Production and Applications of Polypropylene Textiles*, Elsevier, New York, NY, USA, 1983.
19. H. P. Moore, jun. *Polypropylene Handbook*, Hanser/Gardner, Cincinnati, OH, USA, 1996.
20. M. J. Blake. Polypropylene: A User's Point of View. In *Text. Prog.*, 1988, 19, No. 3, 71-74.
21. K. Berhalter, W. Hoof, and R. Billermann. Problems in the Manufacture of Streak-free Tufted Carpets. *Chem. Fibers Int.*, 1998, 48, 65 68.
22. D. F. Anderson. Polypropylene Fibres. *Textiles*, 1976, 5, 8-11.
23. K. Pandit and S. Sett. Yarn from Film: A New Yarn Manufacturing Technique. *Man-made Text. India*, 1990, 83-86.
24. J.E. Ford. Polyolefin Textiles. *Textiles*, 24, 1995, No. 3, 11-15.
25. S. K. Mukhopadhyay. The Structure and Properties of Typical Melt-spun Fibres. *Text. Prog.*, 1989, 18, No. 4.
26. Trade information. Lenzing Plastics GmbH & Co. KG.
27. F. Hensen. Production of Polyolefin Tapes. *CFI Man-made Fiber Year Book*, 1992, 44-48.
28. J. P. Mackenzie. Polyolefins and their Processing into Woven Fabrics. *Text. Inst. Industr.*, 1976, 14, 15-17, 21-23.
29. G. H. Crawshaw (Editor). *The Manufacture of Wool Carpets (Manual of Textile Technology)*, The Textile Institute, Manchester, 1987.
30. A. Sen, V. B. Gupta, and A. K. Sengupta. False-twist Textured Poly(ethylene terephthalate) Sht Film Yarn. *Text. Res. /.*, 1982, 52, 710-713.
31. D. C. Hossack. *Tape Yarns*, Mellow, Watford, Herts, UK. 1971.
32. J. Peckstadt. Market Perspectives of the European Polyolefin Textile Industry. *Fibres & Text. E. Eur.*, 1999,7, No. 2, 26-31.
33. Tape Yarns and End Uses, *High Perform. Text.*, 1986, 6, May, 11, 13-14.
34. P. Lennox-Kerr. Huge Potential in Industrial Fabrics. *African Text.*. 1992, Feb./March, 31-32
35. J. E. Ford. Plastics and Textiles. *Textiles*, 1987, 16, 42^5.
36. Processing of Polyolefin Tape and Filament Yarns in Warp Knitting. *Kettemvirk-Praxis* (Engsh edition: *Warp Knitting Magazine*), 1989, 23, No. 4, 8-11.

37. H. A. Krassig, J. Lenz. and H. F. Mark. *Fiber Technology from Film to Fiber* (International Fiber Science and Technology Series, Vol. 4), Dekker, New York, NY! USA, 1984.
38. A. R. Horrocks, A. F. Richards, and S. Ghosh. Influence of Waste Polymer Inclusion on the Performance of Oriented Polypropylene Geotextile Tapes. Part I: Effect on Tensile Properties. *Text. Res. J.*, 1995,65, 601-606.
39. Evotex Film Tape Line for Tape Yarn for Weaving on Circular Looms. *Technische Text./Tech. Text.*, 1994, 37, E95.
40. www.barmag.com (Barmag AG, Germany).
41. A. Matukomis, J. Palaima, A. Vitkauskas, *Tekstilės medžiagotyra* . – Vilnius, Mokslas, 1989: 311p.
42. R. Milašius, *Tekstilės eksperimento teorija ir praktika* . – Kaunas, Technologija, 2011: 46p.
43. A. R. Horrocks and S. Ghosh. Influence of Waste Polymer Inclusion on the Performance of Oriented Polypropylene Geotextile Tapes. Part II: Effect on Tape Structure and Morphology. *Text. Res. J.*, 1998, 68, 473^78.
44. R. A. Gill. Manufacture of Tape and Yarn from Polypropylene Film. *Text. Month*, 1978, March, 58, 60-62.
45. M. Feustel, D. Blechschmidt, and H. Halke. Multi-component Fancy Yarns with Film Tapes for the Embroidery and Trimmings Industries. *Narrow Fabric & Braiding Industr.*, 1998, 35, No. 4, 100-1 12.
46. E. Martuscelli, M. Pracella, M. Avella, R. Greco, and G. Ragosta, in *Polymer Blends: Processing, Morphology and Properties*, Vol. 1, E. Martuscelli, R. Palumbo and M. Kryszewski, Eds., Plenum Press, New York, 1979, p. 49.
47. J. Grebowicz and T. Pakula, in *Polymer Blends: Processing, Morphology and Properties*, Vol. 1, E. Martuscelli, R. Palumbo and M. Kryszewski, Eds., Plenum Press, New York, 1979, p. 87.
48. J. W. Teh, *J. Appl. Polym. Sci.*, 28, 605 (1983).
49. <http://www.hans-schmidt.com/EN/products> 2014-05-20
50. <http://www.moris.lt> 2014-05-20
51. A. J. Lovinger and M. L. Williams, *J. Appl. Polym. Sci.*, 25,1703 ( 1980).
52. O. F. Noel and J. F. Carley, *Polym. Eng. Sci.*, 15, 117 (1975).
53. R. D. Deanin and M. F. Sansone, *Polym. Prepr., Am. Chem. SOC. Div. Polym. Chem.*, **19(1)**, 211 (1978).
54. R. Greco, G. Mucciariello, G. Ragosta, and E. Martuscelli, *J. Mater. Sci.*, 15, 845 (1980).
55. R. Greco, G. Mucciariello, G. Ragosta, and E. Martuscelli, *J. Muter. Sci.*, 16, 1001 (1981).

56. M. Tang, R. Greco, G. Ragosta, and S. Cimmino, *J. Mater. Sci.*, 18, 1031 (1983).
57. S. Danesi, in *Polymer Blends: Processing, Morphology and Properties*, Vol. 2, E. Martuscelli, R. Palumbo and M. Kryszevski, Eds., Plenum Press, New York, 1979, p. 35.
58. P. Robson, G. J. Sandilands, and J. R. White, *J. Appl.*
59. G. A. Gallagher, R. Jakeways, and I. M. Ward, *J. Appl. Polym. Sci.*, 26,3515 ( 1981 ). *Polym. Sci.*, 43,1399 (1991).
60. S. Onogi, T. Asada, and A. Tanaka, *J. Polym. Sci. A2*, 7, 171 (1969).
61. H. W. Kammer, G. Kummerloewe, R. Greco, C. Mancarella, and E. Martuscelli, *Polymer*, 29,963 ( 1988).
62. F. Coppola, R. Greco, E. Martuscelli, H. W. Kammer, and C. Kummerloewe, *Polymer*, 28,47 ( 1987).
63. <http://www.barmag.oerlikontextile.com/desktopdefault.aspx/tabid-428/> (2008 01 22)
64. Petravičius, A. ir Petrusis, D. Gaminių technologijos ir dizainas. Konferencijos pranešimų medžiaga. Kaunas, 2008: 34 – 37p.
65. D. Petrusis, S. Petruyte, Analysis of Breaking Characteristics of Tape Yarns Made from Blends of Polyolefins and Additives, FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe 2012, Vol. 20, No. 6A (95), p. 63-68.
66. <http://www.lutz-blades.com> (LUTZ GmbH & Co. KG, Germany).
67. D. Petrusis; Models of fibres and yarns geometry. *Technologija*, 2009.
68. A. Vitkauskas, M. Miglinaite; Mechanical Properties of Polypropylene Multifilament Yarns in Dependence of their Drawing Ratio; ISSN 1392–1320 MATERIALS SCIENCE (MEDŽIAGOTYRA). Vol. 11, No. 4. 2005, p. 407-410.
69. Hearle, J. W. S. *Polymers and Their Properties*. Volume 1: Fundamentals of Structure and Mechanics. – Chichester: Ellis Horwood Ltd., 1982.

## Priedas

### Bandymų protokolas

#### 1 priedas. Bandinių A, B ir C storio matavimų rezultatai

1. lentelė. Bandinio A storio matavimų rezultatai.

Eil. Nr.:	Storis $\mu\text{m}$	Nr.:	Storis $\mu\text{m}$
1.	55	26.	57
2.	54	27.	56
3.	55	28.	52
4.	58	29.	57
5.	57	30.	58
6.	54	31.	57
7.	56	32.	56
8.	56	33.	54
9.	56	34.	52
10.	55	35.	53
11.	56	36.	56
12.	56	37.	56
13.	56	38.	56
14.	57	39.	55
15.	55	40.	56
16.	55	41.	54
17.	56	42.	57
18.	55	43.	58
19.	55	44.	58
20.	55	45.	55
21.	57	46.	56
22.	57	47.	57
23.	56	48.	56
24.	56	49.	57
25.	58	50.	56

**2 lentelė.** Bandinio B storio matavimų rezultatai.

<b>El. Nr.:</b>	<b>Storis <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>Nr.:</b>	<b>Storis <math>\mu\text{m}</math></b>
1.	54	26.	55
2.	54	27.	55
3.	55	28.	54
4.	56	29.	55
5.	54	30.	55
6.	54	31.	56
7.	56	32.	54
8.	53	33.	54
9.	58	34.	55
10.	55	35.	55
11.	69	36.	54
12.	53	37.	55
13.	55	38.	54
14.	55	39.	56
15.	53	40.	54
16.	55	41.	54
17.	54	42.	58
18.	54	43.	61
19.	54	44.	55
20.	54	45.	57
21.	55	46.	55
22.	55	47.	56
23.	56	48.	54
24.	56	49.	55
25.	59	50.	58



**3 lentelė.** Bandinio C storio matavimų rezultatai.

<b>Nr.:</b>	<b>Storis <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>Nr.:</b>	<b>Storis <math>\mu\text{m}</math></b>
1.	51	26.	56
2.	54	27.	68
3.	54	28.	54
4.	51	29.	67
5.	50	30.	52
6.	56	31.	54
7.	54	32.	55
8.	54	33.	56
9.	51	34.	54
10.	52	35.	54
11.	53	36.	50
12.	56	37.	51
13.	51	38.	51
14.	54	39.	53
15.	51	40.	53
16.	56	41.	56
17.	54	42.	52
18.	56	43.	53
19.	52	44.	55
20.	52	45.	55
21.	50	46.	56
22.	55	47.	50
23.	56	48.	51
24.	51	49.	55
25.	52	50.	54

## 2 priedas. Bandinių A, B ir C pločio matavimų rezultatai

4 lentelė. Bandinio A pločio matavimų rezultatai.

Nr.:	Plotis $\mu\text{m}$	Nr.:	Plotis $\mu\text{m}$
1.	2747,70	26.	2777,52
2.	2751,96	27.	2777,52
3.	2777,52	28.	2769,00
4.	2769,00	29.	2769,00
5.	2773,26	30.	2769,00
6.	2769,00	31.	2781,78
7.	2769,00	32.	2777,52
8.	2790,30	33.	2769,00
9.	2769,00	34.	2760,48
10.	2632,68	35.	2760,48
11.	2790,30	36.	2760,48
12.	2769,00	37.	2760,48
13.	2769,00	38.	2760,48
14.	2713,62	39.	2760,48
15.	2760,48	40.	2769,00
16.	2760,48	41.	2769,00
17.	2769,00	42.	2769,00
18.	2769,00	43.	2777,52
19.	2769,00	44.	2769,00
20.	2769,00	45.	2790,30
21.	2769,00	46.	2777,52
22.	2769,00	47.	2760,48
23.	2769,00	48.	2760,48
24.	2769,00	49.	2760,48
25.	2777,52	50.	2790,30

**5 lentelė.** Bandinio B pločio matavimų rezultatai.

<b>Nr.:</b>	<b>Plotis <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>Nr.:</b>	<b>Plotis <math>\mu\text{m}</math></b>
1.	2683,80	26.	2692,30
2.	2671,00	27.	2700,80
3.	2700,80	28.	2700,80
4.	2692,30	29.	2671,00
5.	2675,30	30.	2700,80
6.	2666,80	31.	2671,00
7.	2692,30	32.	2700,80
8.	2700,80	33.	2675,30
9.	2700,80	34.	2692,30
10.	2700,80	35.	2692,30
11.	2692,30	36.	2692,30
12.	2662,5	37.	2692,30
13.	2700,80	38.	2700,80
14.	2700,80	39.	2658,20
15.	2700,80	40.	2671,00
16.	2683,80	41.	2692,3
17.	2671,00	42.	2675,30
18.	2675,30	43.	2692,30
19.	2683,80	44.	2700,80
20.	2700,80	45.	2705,10
21.	2666,80	46.	2692,30
22.	2671,00	47.	2709,40
23.	2675,30	48.	2700,80
24.	2692,30	49.	2692,30
25.	2700,80	50.	2662,50

**6 lentelė.** Bandinio C pločio matavimų rezultatai.

<b>Nr.:</b>	<b>Plotis <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>Nr.:</b>	<b>Plotis <math>\mu\text{m}</math></b>
1.	2594,3	26.	2615,6
2.	2624,2	27.	2632,7
3.	2632,7	28.	2607,1
4.	2598,6	29.	2624,2
5.	2598,6	30.	2615,6
6.	2645,5	31.	2607,1
7.	2628,4	32.	2598,6
8.	2607,1	33.	2598,6
9.	2602,9	34.	2615,6
10.	2615,6	35.	2641,2
11.	2615,6	36.	2624,2
12.	2624,2	37.	2615,6
13.	2624,2	38.	2607,1
14.	2602,9	39.	2615,6
15.	2632,7	40.	2624,2
16.	2624,2	41.	2645,5
17.	2624,2	42.	2624,2
18.	2632,7	43.	2636,9
19.	2632,7	44.	2615,6
20.	2615,6	45.	2654,0
21.	2624,2	46.	2624,2
22.	2624,2	47.	2624,2
23.	2615,6	48.	2624,2
24.	2602,9	49.	2615,6
25.	2598,6	50.	2615,6

### 3 priedas. Apskaičiuoti bandinių A, B ir C tūrio rezultatai

7 lentelė. Apskaičiuotas bandinio A tūris.

Nr.:	Tūris $\mu\text{m}^3$ $10^{-6}$	Nr.:	Tūris $\mu\text{m}^3$ $10^{-6}$
1.	35475	26.	37164
2.	34884	27.	36512
3.	35860	28.	33904
4.	37700	29.	37050
5.	37107	30.	37700
6.	35100	31.	37221
7.	36400	32.	36568
8.	36680	33.	35208
9.	36680	34.	33800
10.	35750	35.	34344
11.	54608	36.	36288
12.	36680	37.	36288
13.	36400	38.	36288
14.	37050	39.	35640
15.	35035	40.	35640
16.	35640	41.	35100
17.	36288	42.	37050
18.	35750	43.	37700
19.	35750	44.	37816
20.	35750	45.	35750
21.	37050	46.	36680
22.	37050	47.	37164
23.	36400	48.	36288
24.	36400	49.	36936
25.	37700	50.	36288

**8 lentelė.** Apskaičiuotas bandinio B tūris.

<b>Nr.:</b>	<b>Tūris <math>\mu\text{m}^3</math> <math>10^{-6}</math></b>	<b>Nr.:</b>	<b>Tūris <math>\mu\text{m}^3</math> <math>10^{-6}</math></b>
1.	34020	26.	34760
2.	33858	27.	34870
3.	34650	28.	34020
4.	35392	29.	34485
5.	33912	30.	34870
6.	33804	31.	35112
7.	35392	32.	34236
8.	33602	33.	33912
9.	36540	34.	34760
10.	34650	35.	34760
11.	43608	36.	34290
12.	33125	37.	34760
13.	34650	38.	34236
14.	34870	39.	34944
15.	33390	40.	33858
16.	34650	41.	34128
17.	33858	42.	36424
18.	33912	43.	38552
19.	34020	44.	34870
20.	33966	45.	36195
21.	34430	46.	34760
22.	34485	47.	35616
23.	35168	48.	34020
24.	35392	49.	34760
25.	37406	50.	36250

**9 lentelė.** Apskaičiuotas bandinio C tūris.

<b>Nr.:</b>	<b>Tūris <math>\mu\text{m}^3</math> <math>10^{-6}</math></b>	<b>Nr.:</b>	<b>Tūris <math>\mu\text{m}^3</math> <math>10^{-6}</math></b>
1.	31059	26.	34384
2.	33264	27.	42024
3.	33372	28.	33048
4.	31110	29.	41272
5.	30900	30.	31928
6.	34608	31.	33048
7.	33318	32.	33550
8.	33048	33.	34160
9.	31212	34.	33156
10.	31928	35.	33264
11.	32542	36.	30800
12.	34496	37.	31314
13.	31416	38.	31212
14.	32994	39.	32542
15.	31518	40.	32648
16.	34496	41.	34608
17.	33264	42.	32032
18.	34608	43.	32701
19.	32136	44.	33770
20.	31928	45.	34100
21.	30800	46.	34496
22.	33880	47.	30800
23.	34384	48.	31416
24.	31161	49.	33770
25.	31720	50.	33156

#### 4 priedas. Bandinių A, B ir C masės matavimų rezultatai

10 lentelė. Bandinio A masės matavimų rezultatai.

<b>Nr.:</b>	<b>Svoris mg</b>	<b>Nr.:</b>	<b>Svoris mg</b>
1.	131	26.	132
2.	127	27.	130
3.	130	28.	133
4.	133	29.	130
5.	131	30.	131
6.	130	31.	132
7.	135	32.	133
8.	136	33.	133
9.	129	34.	131
10.	130	35.	128
11.	131	36.	131
12.	126	37.	130
13.	129	38.	130
14.	132	39.	126
15.	128	40.	131
16.	130	41.	131
17.	135	42.	129
18.	130	43.	132
19.	128	44.	136
20.	132	45.	130
21.	131	46.	132
22.	134	47.	129
23.	130	48.	127
24.	130	49.	132
25.	131	50.	134



**11 lentelė.** Bandinio B masės matavimų rezultatai.

<b>Nr.:</b>	<b>Svoris mg</b>	<b>Nr.:</b>	<b>Svoris mg</b>
1.	126	26.	126
2.	123	27.	125
3.	126	28.	127
4.	126	29.	125
5.	125	30.	127
6.	123	31.	123
7.	127	32.	125
8.	126	33.	124
9.	126	34.	126
10.	126	35.	125
11.	125	36.	126
12.	123	37.	126
13.	124	38.	124
14.	127	39.	126
15.	128	40.	126
16.	127	41.	124
17.	123	42.	126
18.	124	43.	124
19.	124	44.	127
20.	123	45.	125
21.	123	46.	124
22.	122	47.	126
23.	123	48.	125
24.	125	49.	125
25.	126	50.	125

**12 lentelė.** Bandinio C masės matavimų rezultatai.

<b>Nr.:</b>	<b>Svoris mg</b>	<b>Nr.:</b>	<b>Svoris mg</b>
1.	119	26.	121
2.	121	27.	123
3.	122	28.	122
4.	120	29.	122
5.	119	30.	117
6.	123	31.	122
7.	124	32.	121
8.	123	33.	120
9.	121	34.	124
10.	123	35.	122
11.	123	36.	123
12.	124	37.	121
13.	123	38.	120
14.	120	39.	121
15.	124	40.	121
16.	125	41.	125
17.	122	42.	122
18.	124	43.	122
19.	121	44.	120
20.	122	45.	124
21.	121	46.	120
22.	122	47.	123
23.	119	48.	122
24.	121	49.	122
25.	120	50.	121

## 5 priedas. Bandinių A, B ir C apskaičiuoti skerspjūvio rezultatai

13 lentelė. Bandinio A skerspjūvio ploto rezultatai.

<b>Eil. Nr.:</b>	<b>Skerspjūvio plotas mm</b>	<b>Nr.:</b>	<b>Skerspjūvio plotas mm</b>
1.	0,1511235	26.	0,1583175
2.	0,148608	27.	0,155540
3.	0,1527625	28.	0,144430
4.	0,160602	29.	0,157833
5.	0,1580781	30.	0,160602
6.	0,149526	31.	0,157833
7.	0,155064	32.	0,1557808
8.	0,1562568	33.	0,149985
9.	0,1562568	34.	0,143988
10.	0,152295	35.	0,1463065
11.	0,1474312	36.	0,154588
12.	0,1562568	37.	0,154588
13.	0,155064	38.	0,154588
14.	0,157833	39.	0,1518275
15.	0,149248	40.	0,154588
16.	0,1518275	41.	0,149526
17.	0,154588	42.	0,152295
18.	0,152295	43.	0,160602
19.	0,152295	44.	0,161095
20.	0,152295	45.	0,152295
21.	0,157833	46.	0,1562568
22.	0,157833	47.	0,1583175
23.	0,155064	48.	0,154588
24.	0,155064	49.	0,1573485
25.	0,160602	50.	0,154588

**14 lentelē.** Bandinio B skerspjūvio ploto rezultatai.

<b>Eil. Nr.:</b>	<b>Skerspjūvio plotas mm</b>	<b>Nr.:</b>	<b>Skerspjūvio plotas mm</b>
1.	0,1449252	26.	0,1480765
2.	0,144234	27.	0,148544
3.	0,148544	28.	0,1458432
4.	0,1507688	29.	0,146905
5.	0,1444662	30.	0,148544
6.	0,1440072	31.	0,149576
7.	0,1507688	32.	0,1458432
8.	0,1431424	33.	0,1444662
9.	0,1566464	34.	0,1480765
10.	0,148544	35.	0,1480765
11.	0,1857687	36.	0,1453842
12.	0,1411125	37.	0,1480765
13.	0,148544	38.	0,1458432
14.	0,148544	39.	0,1488592
15.	0,1431424	40.	0,144234
16.	0,147609	41.	0,1453842
17.	0,144234	42.	0,1551674
18.	0,1444662	43.	0,1642303
19.	0,1449252	44.	0,148544
20.	0,1458432	45.	0,1541907
21.	0,146674	46.	0,1480765
22.	0,146905	47.	0,1517264
23.	0,1498168	48.	0,1458432
24.	0,1507688	49.	0,1480765
25.	0,1593472	50.	0,154425

**15 lentelē.** Bandinio C skerspjūvio ploto rezultātai.

<b>Eil. Nr.:</b>	<b>Skerspjūvio plotas mm</b>	<b>Nr.:</b>	<b>Skerspjūvio plotas mm</b>
1.	0,1323113	26.	0,1464758
2.	0,1417046	27.	0,1790222
3.	0,1421647	28.	0,1407844
4.	0,1325286	29.	0,1758187
5.	0,1299300	30.	0,1360132
6.	0,1481457	31.	0,1407844
7.	0,1419346	32.	0,1429230
8.	0,1407844	33.	0,1455216
9.	0,1327458	34.	0,1412445
10.	0,1360132	35.	0,1426248
11.	0,1386289	36.	0,1312080
12.	0,1469529	37.	0,1333976
13.	0,1338321	38.	0,1329631
14.	0,1405544	39.	0,1386289
15.	0,1342666	40.	0,1390804
16.	0,1469529	41.	0,1481452
17.	0,1421646	42.	0,1364563
18.	0,1474300	43.	0,1397578
19.	0,1368993	44.	0,1438602
20.	0,1360132	45.	0,1459689
21.	0,1312080	46.	0,1469529
22.	0,1443288	47.	0,1312080
23.	0,1464758	48.	0,1338321
24.	0,1327458	49.	0,1438602
25.	0,1351272	50.	0,1412445

## 6 priedas. Bandinių A, B ir C tempimo eksperimento rezultatai

**16 lentelė. Bandinio A tempimo eksperimento rezultatai.**

Nr	Atstumas tarp sraustuvų mm	Max trūkimo jėga, N N	Max jėga į masės vienetą cN/tex	Absoliuti trūkimo jėga N	Trūkimo jėga N/mm <sup>2</sup>	Savitoji trūkimo jėga cN/tex	Ištįsa esant max jėgai %	Trūkimo ištįsa %
†1	500,00	63,3	48,6	61,452	429,506	47,198	36,7	38,87
†2	500,00	57,5	44,2	28,750	200,939	22,081	14,9	29,54
†3	500,00	67,8	52,1	67,783	473,753	52,061	25,8	25,82
4	500,00	57,5	44,2	57,466	401,644	44,137	14,4	14,41
5	500,00	67,5	51,8	67,447	471,401	51,802	20,6	20,64
6	500,00	68,5	52,6	68,451	478,418	52,573	23,4	23,37
7	500,00	67,0	51,4	66,986	468,183	51,449	23,3	23,34
8	500,00	67,0	51,4	66,956	467,974	51,426	22,3	22,32
9	500,00	67,9	52,1	67,869	474,351	52,126	20,5	20,47
10	500,00	67,3	51,7	67,310	470,446	51,697	21,6	21,61
11	500,00	65,7	50,5	65,707	459,244	50,466	20,9	20,94
12	500,00	67,8	52,1	65,164	455,450	50,049	23,9	25,71
13	500,00	66,2	50,9	66,060	461,709	50,737	23,4	24,74
14	500,00	66,6	51,1	66,587	465,396	51,142	23,4	23,36
15	500,00	66,5	51,1	66,427	464,273	51,019	21,7	21,74
16	500,00	67,6	51,9	67,411	471,151	51,775	23,8	25,30
17	500,00	66,8	51,3	66,697	466,160	51,226	23,4	23,61
18	500,00	64,6	49,6	64,602	451,519	49,618	19,5	19,52
19	500,00	60,6	46,6	60,644	423,856	46,578	17,2	17,16
20	500,00	65,4	50,3	65,443	457,400	50,264	20,7	20,67
21	500,00	65,9	50,6	65,678	459,040	50,444	23,1	24,64
22	500,00	65,8	50,6	65,834	460,128	50,563	20,3	20,27
23	500,00	66,3	50,9	66,077	461,830	50,751	23,2	24,72
24	500,00	65,8	50,5	65,759	459,608	50,506	20,7	20,66
25	500,00	66,1	50,8	65,744	459,498	50,494	23,7	25,72
26	500,00	65,6	50,4	64,178	448,555	49,292	23,0	26,09
27	500,00	69,5	53,3	65,130	455,210	50,023	24,1	25,91
28	500,00	67,7	52,0	67,740	473,453	52,028	21,0	21,01
29	500,00	66,5	51,0	66,047	461,616	50,727	21,6	22,92
30	500,00	67,6	51,9	67,532	471,998	51,868	24,2	24,27
31	500,00	68,9	52,9	68,903	481,579	52,921	24,1	24,09
32	500,00	69,3	53,2	69,200	483,656	53,149	24,1	24,91
33	500,00	69,3	53,2	66,681	466,050	51,214	23,5	25,14
34	500,00	68,5	52,6	67,724	473,339	52,015	23,6	23,69
35	500,00	66,7	51,3	66,716	466,293	51,241	22,5	22,56
36	500,00	67,0	51,5	67,007	468,332	51,465	21,8	21,81
37	500,00	64,9	49,8	64,778	452,747	49,752	20,1	20,11
38	500,00	65,5	50,3	64,977	454,143	49,906	18,8	18,86
39	500,00	69,7	53,5	67,010	468,349	51,467	24,4	25,59
40	500,00	66,6	51,1	66,566	465,247	51,126	23,7	23,71
†41	500,00	65,8	50,5	65,802	459,906	50,539	27,6	27,57
42	500,00	67,8	52,1	65,975	461,115	50,672	23,8	24,89
43	500,00	66,7	51,2	66,657	465,883	51,196	22,6	22,64
44	500,00	67,7	52,0	65,957	460,990	50,658	23,4	25,49
45	500,00	67,1	51,6	67,029	468,484	51,482	23,6	24,07
46	500,00	66,9	51,4	66,858	467,284	51,350	20,7	20,72
47	500,00	68,5	52,6	67,293	470,325	51,684	23,8	25,52
48	500,00	66,3	50,9	66,222	462,839	50,861	23,2	24,09
49	500,00	68,2	52,4	67,774	473,689	52,054	24,4	25,71
50	500,00	66,9	51,4	66,418	464,212	51,012	23,7	23,72
51	500,00	65,5	50,3	65,222	455,852	50,094	18,9	18,92
52	500,00	67,6	51,9	67,619	472,605	51,935	22,6	22,64

53	500,00	68,3	52,4	67,544	472,084	51,877	21,3	21,31
54	500,00	66,8	51,3	66,833	467,110	51,331	24,1	24,46

**17 lentelė.** Bandinio B tempimo eksperimento rezultatai.

Nr	Atstumas tarp sraustuvų mm	Max trūkimo jėga, N N	Max jėga į masės vienetą cN/tex cN/tex	Absoliuti trūkimo jėga N N	Trūkimo jėga N/mm <sup>2</sup> N/mm <sup>2</sup>	Savitoji trūkimo jėga cN/tex cN/tex	Išūša esant max jėgai % %	Trūkimo išūša % %
1	500,00	63,0	50,4	62,676	456,644	50,181	16,9	16,92
2	500,00	67,9	54,3	66,142	481,900	52,956	20,9	21,44
3	500,00	61,5	49,3	60,605	441,554	48,522	15,9	15,96
4	500,00	65,6	52,5	65,545	477,553	52,478	18,9	18,94
5	500,00	68,0	54,4	67,961	495,149	54,412	21,6	21,61
6	500,00	63,1	50,5	63,014	459,111	50,452	17,4	17,46
7	500,00	64,9	51,9	64,521	470,091	51,658	18,8	18,86
8	500,00	55,1	44,1	55,065	401,197	44,088	13,2	13,19
9	500,00	67,6	54,1	67,605	492,557	54,127	22,2	22,27
10	500,00	65,6	52,5	65,503	477,246	52,445	18,5	18,49
11	500,00	65,9	52,7	65,504	477,252	52,445	19,5	19,91
12	500,00	65,4	52,4	65,390	476,421	52,354	19,5	19,57
13	500,00	66,3	53,0	66,255	482,724	53,047	19,2	19,21
14	500,00	65,6	52,5	65,572	477,749	52,500	19,3	19,37
15	500,00	62,5	50,1	62,545	455,689	50,076	17,4	17,41
16	500,00	62,8	50,3	62,223	453,348	49,818	18,4	18,57
17	500,00	66,3	53,1	66,309	483,115	53,090	20,8	20,84
18	500,00	67,0	53,7	67,002	488,164	53,644	22,0	22,06
19	500,00	65,3	52,3	63,432	462,155	50,786	20,0	21,16
20	500,00	65,9	52,7	63,643	463,690	50,955	21,0	22,04
21	500,00	65,4	52,4	65,412	476,583	52,372	20,2	20,17
22	500,00	65,4	52,4	65,444	476,817	52,397	19,6	19,61
23	500,00	67,9	54,3	67,845	494,309	54,320	23,5	23,54
24	500,00	68,6	54,9	68,397	498,330	54,762	22,1	22,12
25	500,00	68,4	54,8	68,146	496,503	54,561	23,4	23,40
26	500,00	67,4	54,0	67,150	489,245	53,763	21,4	21,46
27	500,00	68,2	54,6	68,170	496,676	54,580	21,4	21,41
28	500,00	66,5	53,3	65,519	477,359	52,457	19,5	19,51
29	500,00	64,8	51,9	64,801	472,128	51,882	18,8	18,84
30	500,00	67,5	54,0	67,403	491,085	53,965	24,1	24,17
31	500,00	63,9	51,1	63,854	465,231	51,124	18,3	18,27
32	500,00	68,0	54,4	67,588	492,432	54,113	21,1	21,16
33	500,00	64,5	51,7	64,523	470,105	51,660	18,2	18,17
34	500,00	67,7	54,2	67,063	488,612	53,694	23,1	23,16
35	500,00	68,6	54,9	68,552	499,460	54,886	24,0	24,34
36	500,00	67,1	53,8	67,147	489,222	53,761	21,5	21,54
37	500,00	66,6	53,3	65,875	479,955	52,742	19,6	19,64
38	500,00	64,5	51,6	64,460	469,644	51,609	18,7	18,72
39	500,00	68,3	54,7	68,273	497,428	54,662	21,4	21,41
40	500,00	66,3	53,1	66,241	482,622	53,035	21,5	21,51
41	500,00	67,4	54,0	67,415	491,175	53,975	24,6	24,94
42	500,00	66,4	53,2	63,837	465,106	51,111	22,4	23,12
43	500,00	67,8	54,3	65,807	479,456	52,687	22,8	23,84
44	500,00	68,5	54,9	68,302	497,633	54,685	22,9	22,96
45	500,00	66,6	53,3	65,868	479,906	52,737	22,2	22,24
46	500,00	68,2	54,6	68,132	496,396	54,549	23,2	23,19
47	500,00	66,4	53,1	66,353	483,434	53,125	20,2	20,21
48	500,00	67,5	54,0	67,415	491,175	53,975	22,6	22,67
49	500,00	68,2	54,6	67,092	488,822	53,717	24,0	24,89
50	500,00	68,5	54,9	68,526	499,265	54,864	23,1	23,09

**18 lentelė.** Bandinio C tempimo eksperimento rezultatai.

	Atstuma s tarp sprautu vų	Max trūkimo jėga, N	Max jėga į masės vienetą	Absoliuti trūkimo jėga	Trūkimo jėga	Savitoji trūkimo jėga	Ištyša esant max jėgai	Trūkimo ištyša
Nr	mm	N	cN/tex	N	N/mm <sup>2</sup>	cN/tex	%	%
1	500,00	69,5	57,1	69,464	519,412	57,078	20,4	20,44
2	500,00	65,2	53,5	65,164	487,256	53,545	17,8	17,76
3	500,00	66,9	55,0	66,766	499,235	54,861	18,9	18,96
4	500,00	64,5	53,0	64,501	482,297	53,000	17,6	17,61
5	500,00	71,6	58,8	71,052	531,283	58,383	22,3	22,34
6	500,00	69,5	57,1	68,339	511,000	56,154	21,0	21,01
7	500,00	60,7	49,9	60,675	453,691	49,856	15,1	15,12
8	500,00	68,6	56,4	68,627	513,155	56,391	22,0	21,97
9	500,00	63,7	52,3	62,985	470,968	51,755	16,4	16,46
10	500,00	69,2	56,8	69,175	517,253	56,841	20,7	20,74
11	500,00	68,2	56,0	67,784	506,846	55,697	20,7	21,06
12	500,00	52,0	42,8	51,991	388,757	42,721	11,8	11,77
13	500,00	68,6	56,4	67,569	505,242	55,521	19,9	19,89
14	500,00	67,7	55,6	67,719	506,362	55,644	19,9	19,86
15	500,00	67,6	55,5	67,573	505,273	55,525	20,4	20,44
16	500,00	67,8	55,8	67,366	503,722	55,354	20,0	20,04
17	500,00	65,3	53,6	65,217	487,652	53,588	17,6	17,61
18	500,00	67,3	55,3	66,608	498,058	54,732	19,5	19,47
19	500,00	66,9	55,0	66,890	500,162	54,963	18,7	18,74
20	500,00	63,9	52,5	62,653	468,483	51,482	17,1	17,11
21	500,00	71,4	58,7	71,421	534,040	58,686	21,4	21,39
22	500,00	70,3	57,8	70,304	525,688	57,768	22,8	22,76
23	500,00	61,7	50,7	61,393	459,059	50,446	15,7	15,69
24	500,00	69,1	56,8	69,066	516,435	56,751	22,3	22,32
25	500,00	70,9	58,3	70,944	530,479	58,294	21,7	21,69
26	500,00	68,8	56,5	67,452	504,368	55,425	21,2	21,39
27	500,00	67,4	55,4	67,434	504,234	55,410	20,9	21,01
28	500,00	72,5	59,6	72,170	539,641	59,301	22,5	22,51
29	500,00	48,3	39,7	48,334	361,410	39,715	10,5	10,47
30	500,00	67,9	55,8	67,891	507,651	55,786	20,4	20,41
31	500,00	63,1	51,8	63,077	471,656	51,830	16,6	16,57
32	500,00	69,0	56,7	68,002	508,480	55,877	21,9	22,67
33	500,00	66,4	54,6	66,435	496,760	54,589	18,1	18,12
34	500,00	70,6	58,0	70,585	527,793	57,999	21,8	21,77
35	500,00	68,8	56,5	67,671	506,001	55,605	22,0	22,14
36	500,00	68,2	56,0	68,183	509,834	56,026	21,2	21,24
37	500,00	68,5	56,3	68,342	511,021	56,156	20,6	20,64
38	500,00	65,5	53,8	65,475	489,586	53,801	17,7	17,66
39	500,00	70,0	57,5	70,033	523,664	57,545	23,3	23,29
40	500,00	67,4	55,3	67,348	503,589	55,339	19,5	19,51
41	500,00	70,6	58,0	69,775	521,739	57,334	22,6	22,64
42	500,00	70,1	57,6	70,119	524,308	57,616	21,0	21,04
43	500,00	67,6	55,5	67,558	505,156	55,512	19,6	19,64
44	500,00	70,8	58,2	70,015	523,534	57,531	21,8	21,86
45	500,00	70,0	57,5	70,034	523,671	57,546	24,0	24,04
46	500,00	65,7	54,0	65,740	491,566	54,018	18,2	18,16
47	500,00	69,1	56,8	69,080	516,541	56,763	21,3	21,29
48	500,00	68,7	56,4	68,033	508,710	55,902	21,6	21,67
49	500,00	68,1	56,0	68,091	509,143	55,950	20,4	20,46
50	500,00	69,3	56,9	67,945	508,051	55,830	21,5	21,51



## 7 priedas. Bandinių A, B ir C ilginio tankio skaičiavimų rezultatai

19 lentelė. Bandinio A ilginio tankio matavimų rezultatai.

Nr.:	Ilginis tankis, tex	Nr.:	Ilginis tankis, tex
1.	131	26.	132
2.	127	27.	130
3.	130	28.	133
4.	133	29.	130
5.	131	30.	131
6.	130	31.	132
7.	135	32.	133
8.	136	33.	133
9.	129	34.	131
10.	130	35.	128
11.	131	36.	131
12.	126	37.	130
13.	129	38.	130
14.	132	39.	126
15.	128	40.	131
16.	130	41.	131
17.	135	42.	129
18.	130	43.	132
19.	128	44.	136
20.	132	45.	130
21.	131	46.	132
22.	134	47.	129
23.	130	48.	127
24.	130	49.	132
25.	131	50.	134

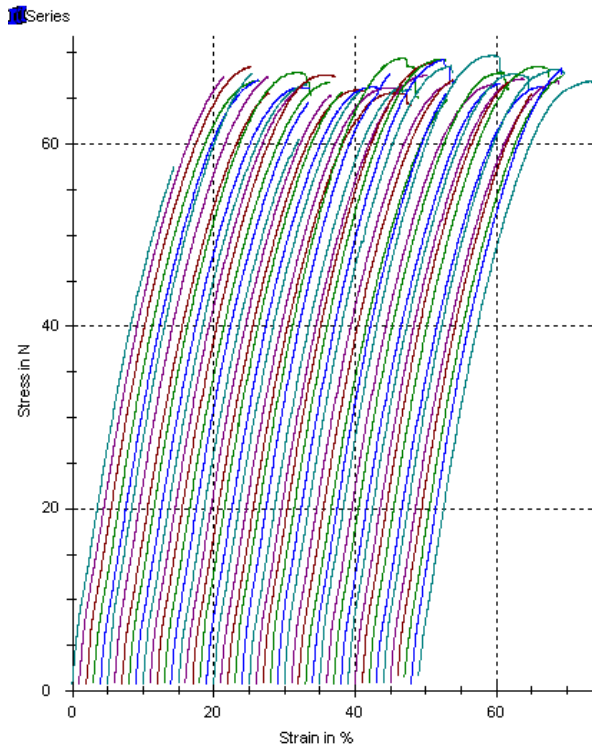
**20 lentelė.** Bandinio B ilginio tankio matavimų rezultatai.

<b>Nr.:</b>	<b>Ilginis tankis, tex</b>	<b>Nr.:</b>	<b>Ilginis tankis, tex</b>
1.	126	26.	126
2.	123	27.	125
3.	126	28.	127
4.	126	29.	125
5.	125	30.	127
6.	123	31.	123
7.	127	32.	125
8.	126	33.	124
9.	126	34.	126
10.	126	35.	125
11.	125	36.	126
12.	123	37.	126
13.	124	38.	124
14.	127	39.	126
15.	128	40.	126
16.	127	41.	124
17.	123	42.	126
18.	124	43.	124
19.	124	44.	127
20.	123	45.	125
21.	123	46.	124
22.	122	47.	126
23.	123	48.	125
24.	125	49.	125
25.	126	50.	125

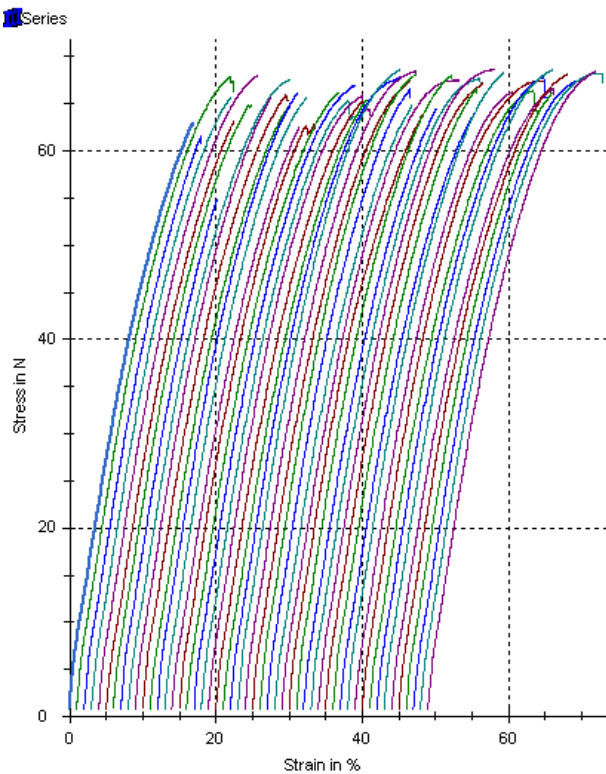
**21 lentelė.** Bandinio C ilginio tankio matavimų rezultatai.

<b>Nr.:</b>	<b>Ilginis tankis, tex</b>	<b>Nr.:</b>	<b>Ilginis tankis, tex</b>
1.	119	26.	121
2.	121	27.	123
3.	122	28.	122
4.	120	29.	122
5.	119	30.	117
6.	123	31.	122
7.	124	32.	121
8.	123	33.	120
9.	121	34.	124
10.	123	35.	122
11.	123	36.	123
12.	124	37.	121
13.	123	38.	120
14.	120	39.	121
15.	124	40.	121
16.	125	41.	125
17.	122	42.	122
18.	124	43.	122
19.	121	44.	120
20.	122	45.	124
21.	121	46.	120
22.	122	47.	123
23.	119	48.	122
24.	121	49.	122
25.	120	50.	121

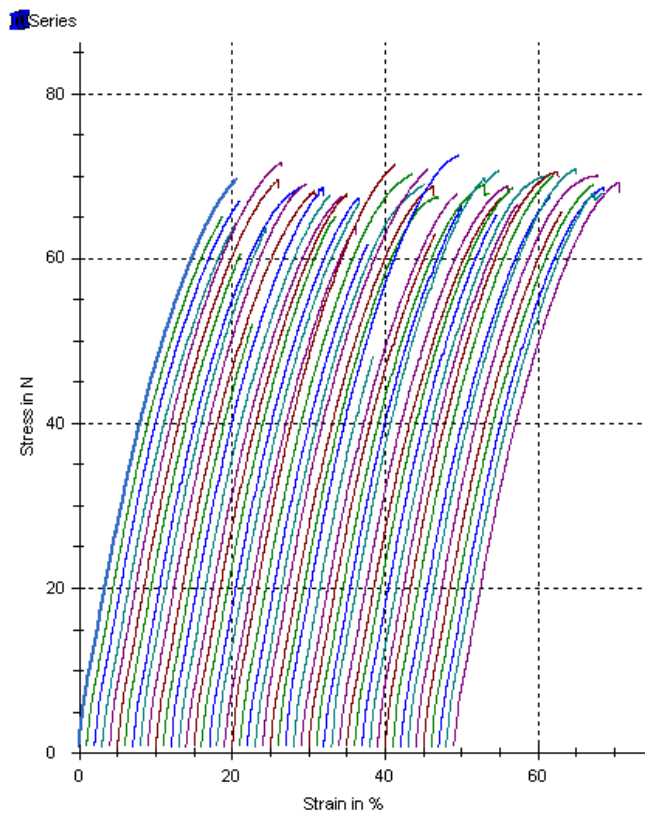
## 8 priedas. Bandinių A, B ir C tempimo eksperimento rezultatų diagramos



1 pav. Bandinio A tempimo eksperimento gautų rezultatų diagrama.



2 pav. Bandinio B tempimo eksperimento gautų rezultatų diagrama.



**3 pav.** Bandinio C tempimo eksperimento gautų rezultatų diagrama.