



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Gaminio konstrukcijos ir hermetizavimo technologinių parametrų įtaka siūlių kokybei

Baigiamasis magistro projektas

Agnė Šliuževičiūtė
Projekto autorė

Doc. dr. Jurgita Domskienė
Vadovė

Kaunas, 2019



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Gaminio konstrukcijos ir hermetizavimo technologinių parametrų įtaka siūlių kokybei

Baigiamasis magistro projektas
Aprangos mados inžinerija (6211FX005)

Agnė Šliuževičiūtė
Projekto autorė

Doc. dr. Jurgita Domskienė
Vadovė

Prof. Virginija Daukantienė
Recenzentė

Kaunas, 2019



Kauno technologijos universitetas

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Agnė Šliuževičiūtė

Gaminio konstrukcijos ir hermetizavimo technologinių parametrų įtaka siūlių kokybei

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Agnės Šliuževičiūtės, baigiamasis projektas tema „Gaminio konstrukcijos ir hermetizavimo technologinių parametrų įtaka siūlių kokybei“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

Studijų programa: 6211FX005 Aprangos mados inžinerija

MAGISTRO BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Studentui (-ei)

Agnei Šliuževičiūtei

(Vardas, Pavardė)

1. Baigiamojo Projekto tema –

Gaminio konstrukcijos ir hermetizavimo technologijos įtaka siūlių kokybei

(Lietuvių kalba)

Influence of Garment Construction and Sealing Technology on the Quality of Seams

(Anglų kalba)

2. Darbo tikslas ir uždaviniai –

Tikslas - Ištirti konstrukcijos ir siūlių hermetizavimo technologijos įtaką gaminio vandens atsparumui.

Darbo uždaviniai:

- Atlikti vandeniui atsparių hermetizuotų aprangos gaminių konstrukcijos apžvalgą ir nustatyti gaminio kokybę lemiančius veiksnius;
- Parinkti funkcines tekstilės medžiagas ir siūlių hermetizavimo juosteles, bei nustatyti pagrindines jų charakteristikas;
- Parengti dvių konstrukcijų ir 2.02.03 bei 1.02.01 tipo hermetizuotų siūlių bandinius;
- Ištirti konstrukcijos, siūlės tipo ir hermetizavimo technologijos įtaką gaminio vandens laidumui.

3. Pradiniai baigiamojo projekto duomenys –

1. Gaminių tipas – vandeniui atspari apranga;
2. Funkcinės daugiasluoksnės tekstilės medžiagos;
3. Siūlių hermetizavimo juostelės ir jų panaudojimo technologiniai režimai.

4. Pagrindiniai reikalavimai ir sąlygos –

Atlikta literatūros šaltinių analizė apžvelgiant ne mažiau kaip 25 mokslinius straipsnius. Mažiausia baigiamojo projekto apimtis 40 puslapių be priedų. Baigiamasis projektas taikomojo pobūdžio su

mokslinio tiriamojo darbo dalimi. Darbas turi būti originalus, atliktas pagal baigiamųjų projektų rengimo tvarką ir apiformintas remiantis rašto darbų metodiniais nurodymais.

Studentas	Agnė Šliuževičiūtė		
	<i>(Vardas, Pavardė)</i>	<i>(Parašas)</i>	<i>(Data)</i>
Baigiamojo projekto vadovas	Doc. dr. Jurgita Domskienė		
	<i>(Vardas, Pavardė)</i>	<i>(Parašas)</i>	<i>(Data)</i>
Krypties studijų programos vadovas	Doc. dr. Jurgita Domskienė		
	<i>(Vardas, Pavardė)</i>	<i>(Parašas)</i>	<i>(Data)</i>

Autorės Šliuževičiūtė, Agnė. Gaminio konstrukcijos ir hermetizavimo technologinių parametrų įtaka siūlių kokybei. Magistro studijų baigiamasis projektas / vadovė doc. dr. Jurgita Domskienė; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Polimerų ir tekstilės technologijos (F02), Technologijų mokslai (F).

Reikšminiai žodžiai: apsauginiai drabužiai, vandeniui atsparios medžiagos, vandeniui atsparios siūlės, siūlių hermetizavimas.

Kaunas, 2019. 63 p.

Santrauka

Baigiamajame magistro projekte nagrinėjama gaminio konstrukcijos ir hermetizavimo technologijos įtaka siūlių kokybei. Atlikus literatūros analizę nustatyta, kad gana plačiai tiriama specialios paskirties aprangos kokybė, tačiau neatsižvelgiama į siūlių kokybę. Siūlės tyrimuose dažnai nėra vertinamos, nors būtent jos yra kritiniai elementai, kuriuose kaip defektas stebimas vandens laidumas, kas yra tiesiogiai susiję su žmogaus komfortu ir jo šilumine apsauga. Daugelyje tyrimų nėra ieškoma sprendimo būdų, kurie užtikrintų šių technologinių mazgų kokybę ir atsparumą vandeniui.

Darbe tiriamos 4 daugiasluoksnės vandeniui nelaidžios medžiagos, kurios jungiamos hermetizuotomis siūlėmis. Nagrinėjamos trys siūlių konstrukcijos ir dvi hermetizavimo technologijos. Kiekvienu atveju yra išmatuojami siūlių storiai ir stebima, kurie veiksniai daro didžiausią įtaką susiūtų ir hermetizuotų siūlių kokybei.

Atlikus hidrostatinio slėgio bandymą nustatyta, kad siūlių atsparumas vandens prasiskverbimui priklauso nuo siūlių konstrukcijos, hermetizavimo technologijos eiliškumo bei jungiamų medžiagų storio. Tyrimo metu pastebėta, jog kuo storesnė medžiaga, tuo siūlių konstrukcija bei hermetizavimo technologijos eiliškumas turi didesnę įtaką siūlių kokybei. Didesnis siūlių storis dažnu atveju yra pagrindinė vandens laidumo priežastis. Plonų medžiagų siūlių vandens laidumo rezultatams siūlių konstrukcija ir hermetizavimo eiliškumas įtakos turi mažiau.

Tyrimų rezultatai iliustruoti atliekant funkcinių striukų, skirtų dėvėti aktyvaus laisvalaikio metu, konstrukcinę analizę. Pateikta rinkos gaminių konstrukcijos kritinė analizė ir identifikuoti konstrukciniai sprendimai, kurie yra potencialiai rizikingi. Dėl didelio kiekio sluoksnių, susidarančių susikertančių siūlių mazguose ir hermetizavimo technologijos ypatumų, daugelyje gaminių bus sunku užtikrinti gamybos kokybę ir siūlių sandarumą. Išskirtiems konstrukciniams mazgams remiantis atlikto tyrimo rezultatais buvo pasiūlyti pakeitimai, kurie leistų sumažinti rizikingų konstrukcinių mazgų kiekį ir užtikrintų aukštą hermetizuotų siūlių kokybę bei gaminio atsparumą vandeniui.

Author's Šliuževičiūtė, Agnė. Influence of Garment Construction and Sealing Technology Parameters on Quality of Seams. Master's Final Degree Project / supervisor Doc. dr. Jurgita Domskienė; Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Polymers and Textiles Technology, Technological Sciences.

Keywords: protective clothing, waterproof fabrics, water resistance, seam-sealing, seam performance.

Kaunas, 2019. 63 pages.

Summary

This Master's dissertation analyses garment construction and sealing technology influence towards the quality of a thread. After conducting literature review, it was found that, even as often as quality of protective garments is being analysed, seam quality is not being taken in to account enough. Seams are rarely being analysed despite the fact that they play a fundamental role in ensuring thermos protection and human comfort. Unfortunately, in most of the cases, solution is not being offered either.

The work examines of 4 multilayer waterproof materials, which are joined by sealed seams. Three seam constructions and two sealing technologies are analyzed. In each case, seam thickness is being measured to see, which factors have the most influence on the quality of a sewn and sealed seam.

Furthermore, after hydrostatic pressure test, it was confirmed that the resistance to water penetration has been determined by the order of both seam construction and sealing technology as well as thickness of combining fabric. Consequently, during this study, it was proved that, the thicker the fabric, the more influence order of seam construction and sealing technology have on the quality of seam. In other words, thicker seam results in better water permeability. On contrary, the order of seam construction and sealing technology has less influence on thin fabric results.

The results of this study were illustrated through conducting another analysis on protective garments for outdoor activity. The above analysis has proven that some construction solutions of products in the market are at potential or high risk. Due to the large extent of layers, appearing after intersecting seams in junctions and specific elements of the seam technology it makes it hard to ensure high quality manufacturing and waterproof seams. Based on this analysis, recommendations to reduce the amount of risky junction constructions and to ensure quality of sealing technology as well as fabric permeability have been proposed.

Turinys

Įvadas.....	11
1. Literatūros analizė	12
1.1 Funkcinių aprangos gaminių asortimentas.....	12
1.2 Daugiafunkcinės medžiagos.....	17
1.3 Funkcinių aprangos gaminių jungimo technologijos ir būdai.....	19
1.4 Funkcinės aprangos kokybė	22
1.5 Literatūros apžvalgos apibendrinimas.....	24
2. Tiriamoji dalis	25
2.1 Tyrimo objektai	25
2.2 Siūlių hermetizavimo metodika	28
2.3 Hermetizuotų siūlių atsparumo vandeniui nustatymo metodika.....	32
3. Hermetizuotų siūlių atsparumo vandeniui tyrimų rezultatai ir jų aptarimas	33
3.1 Siūlės konstrukcijos ir hermetizavimo technologijos įtaka vandens laidumui siūlės vietoje	
3.2 Siūlių vandens laidumo priklausomybė nuo medžiagos storio	37
3.3 Hermetizuotų siūlių morfologinė analizė.....	37
3.4 Hermetizuotų siūlių storio įtaka siūlių vandens laidumui.....	40
4. Eksperimentinių tyrimų rezultatų taikymo galimybės.....	43
4.1 Rinkos gaminių konstrukcijos kritinė analizė	43
Išvados ir rekomendacijos	50
Literatūros sąrašas	51
Priedai.....	55
1 PRIEDAS. Hidrostatinio slėgio bandymo rezultatai	55

Lentelių sąrašas

1.1 lentelė. Asortimento analizė	14
2.1 lentelė. Tirtų medžiagų charakteristikos.....	26
2.2 lentelė. Hermetizavimo juostelių rodikliai	27
2.3 lentelė. Siūlių tipai pagal ISO 4916:1991 [49]	30
2.4 lentelė. Siuvimo įrenginiai.....	30
2.5 lentelė. Hermetizavimo įrenginys.....	31
2.6 lentelė. Hermetizuotų siūlių testavimo įranga	32
3.1 lentelė. Siūlės storio priklausomybė nuo siūlės užlaidos krypties.....	42
4.1 lentelė. A1 modelio kritinių vietų apžvalga	44
4.2 lentelė. A2 modelio kritinių vietų apžvalga	45
4.3 lentelė. A3 modelio kritinių vietų apžvalga	46
4.4 lentelė. A4 modelio kritinių vietų apžvalga	47
4.5 lentelė. A5 modelio kritinių vietų apžvalga	48
4.6 lentelė. A6 modelio kritinių vietų apžvalga	49

Paveikslų sąrašas

1.1 pav. Gaminio medžiagos sluoksnių ir kainos priklausomybė	16
1.2 pav. Medžiagų skerspjūvio vaizdai: a) 3 sluoksnių medžiaga b) 2 sluoksnių medžiaga [20].....	17
1.3 pav. Siūlių jungimo technologijos [29]	19
1.4 pav. Hermetizavimo proceso schema [33]	20
1.5 pav. Susiūtų siūlių defektai.....	22
1.6 pav. Siūlių hermetizavimo kokybės reikalavimai	23
2.1 pav. Siūlių konstrukcijos: a - susikertanti <i>S</i> , b - prasilenkianti <i>P</i> , c - uždėtinė <i>U</i>	28
2.2 pav. 1 hermetizavimo operacija.....	29
2.3 pav. 2 hermetizavimo operacijos (—pirmas klijavimas,—antras klijavimas).....	29
2.4 pav. Hermetizuotų siūlių pjūviai a) 2.02.03 siūlės tipas b) 1.02.01 siūlės tipas.....	31
2.5 pav. Hidrostatinio slėgio bandymo schema.....	32
3.1 pav. 2 – <i>S</i> bandinių tyrimo rezultatai.....	33
3.2 pav. 2 – <i>P</i> bandinių tyrimo rezultatai.....	34
3.3 pav. 1 – <i>S</i> bandinių tyrimo rezultatai.....	35
3.4 pav. Hermetizavimo metu užfiksuotos siūlių užlaidų klostės	35
3.5 pav. 1 – <i>P</i> bandinių tyrimo rezultatai.....	36
3.6 pav. <i>U</i> bandinių tyrimo rezultatai	36
3.7 pav. Siūlių vandens laidumo priklausomybė nuo medžiagos storio.....	37
3.8 pav. Medžiagų skerspjūviai užfiksuoti optiniu mikroskopu, kai didinimas x200: a – <i>M2</i> , b – <i>M3</i> , c – <i>M1</i> – <i>M4</i>	38
3.9 pav. Medžiagų skerspjūviai, užfiksuoti skenuojančiu elektroniniu mikroskopu, kai didinimas x100: a – <i>M1</i> , b – <i>M2</i> , c – <i>M3</i> , d – <i>M4</i>	38
3.10 pav. <i>M1</i> medžiagos skerspjūvis, kai didinimas: a) 50x b) 100x c) 500x	39
3.11 pav. <i>M2</i> medžiagos skerspjūvis, kai didinimas: a) 50x b) 100x c) 500x	39
3.12 pav. <i>M3</i> medžiagos skerspjūvis, kai didinimas: a) 50x b) 100x c) 500x	39
3.13 pav. <i>M4</i> medžiagos skerspjūvis, kai didinimas: a) 50x b) 100x c) 500x	40
3.14 pav. Konstrukcijos įtaka siūlių storiui	41
3.15 pav. Siūlių konstrukcijos įtaka vandens laidumui	41
4.1 pav. Susikertančios konstrukcijos mazgo pjūvis	43

Ivadas

Kuo technologijos daugiau dominuoja, tuo labiau pasaulio žmonės atsigręžia į gamtą. Pradedama suvokti, jog buvimas gryname ore, poilsis po atviru dangumi yra pagrindinis sveikos gyvensenos veiksnys. Laikas gamtoje yra susijęs su mažesniu streso lygiu ir didesniu fizinio aktyvumo skatinimu. Mokslinių tyrimų metu nustatyta, kad fizinis aktyvumas mažina daugelį bendrų sveikatos problemų, tokių kaip aukštas kraujospūdis, nutukimas, širdies priepuoliai, vėžys ir psichikos sveikatos sutrikimai. Todėl nenuostabu, jog didėja žmonių susidomėjimui lauko rekreacijos paslaugomis ir auga specialios paskirties drabužių paklausa. Lengvai pasiekiamą informaciją skatina žmonės domėtis ir bet kokia veikla užsiimti tinkamai - su gerai parinktais drabužiais aktyvia veikla lauke galima mėgautis nepriklausomai nuo oro sąlygų, kaip įprastai skandinavai sako „Nėra tokio dalyko, kaip blogas oras, yra tik netinkama apranga“.

Svarbu pabrėžti, jog žmonių požiūris nuo pirmosios pramonės revoliucijos laikų stipriai pasikeitė ir toliau keičiasi. Kiekybė ir greitis vartojime nustumiami į antrą planą ir juos keičia tvarumas. Pasaulis persotintas perteklinės prekių pasiūlos. Pats vartotojas šiandien yra kitoks. Jis nenori daug daiktų atliekančių skirtingas funkcijas, priešingai – reikalingi tampa tik daugiafunkciniai daiktai. Taip yra ir su apranga. Drabužis be estetikos ir komforto reikalavimų turi atlikti nemažai funkcijų, būti universalus ir ilgaamžis.

Todėl nenuostabu, jog kuriant funkcinę aprangą susiduriama su didžiausiu iššūkiu – estetikos, komforto ir apsauginių savybių suderinimas viename gaminyje. Funkcinių drabužių sąvoka praplečiama, todėl kalbant apie tokius drabužius suvokiama, jog tai ne tik darbui skirta specialios paskirties apranga, tačiau ir laisvalaikui pritaikomas asortimentas. Šie veiksniai lemia inovatyvių medžiagų paklausą, suderinant komfortą gerinančias konstrukcijas bei aukštą kokybę lemiančius technologinius sprendimus.

Magistro baigiamojo projekto tikslas - ištirti siūlių konstrukcijos ir hermetizavimo technologijos įtaką gaminio vandens atsparumui.

Darbo uždaviniai:

- Atlikti vandeniui atsparių hermetizuotų aprangos gaminių konstrukcijos apžvalgą ir nustatyti gaminio kokybę lemiančius veiksnius;
- Parinkti funkcinės tekstilės medžiagas ir siūlių hermetizavimo juosteles, bei nustatyti pagrindines jų charakteristikas;
- Parengti dviejų konstrukcijų ir 2.02.03 bei 1.02.01 tipo hermetizuotų siūlių bandinius;
- Ištirti konstrukcijos, siūlės tipo ir hermetizavimo technologijos parametrų įtaką gaminio vandens laidumui.

1. Literatūros analizė

1.1 Funkcinių aprangos gaminių asortimentas

Specialios paskirties aprangos asortimentas pastaraisiais metais stipriai išsiplėtė. Buvo įprasta šios srities aprangai priskirti tik darbo drabužius, kurie saugo darbuotoją ekstremalių ir sveikatai pavojingų darbo sąlygų metu. Tipinė specialios paskirties apsauginė darbo apranga yra trijų sluoksnių paketas, kurį sudaro išorinis – vėjui atsparus audinys, dažnu atveju atsparus ir ugniai, vidurinis – drėgmės barjeras ir vidinis – terminis įdėklas [1]. Visi šie komponentai daro kostiumus didelius, standžius ir nepatogius. Dėvėtojo komfortas priklauso nuo sistemos konstrukcijos, dydžio, svorio, standumo bei drabužių pločio. Atliktų tyrimų metu nustatyta, kad toks drabužių paketas daro įtaką žmogaus fiziologiniam ir ergonominiam komfortui. Sumažinus paketo svorį pastebimas mažesnis dėvėtojo deguonies suvartojimas. Taip pat kostiumas tampa patogesnis ir leidžia laisviau judėti, greičiau atlikti fizinius veiksmus [2].

Todėl šiandien, augant aktyvaus laisvalaikio populiarumui, šie drabužiai keičiasi. Laisvalaikiui skirtų drabužių paketo sudėtis išlieka tokia pati kaip ir darbo drabužių, tik pasikeičia rizikos laipsnio kategorija [3]. Reikalavimai medžiagoms atitinka drabužio apsaugos lygį, t. y. kategoriją. Nesant ekstremalių sveikatai pavojingų aplinkybių, apranga gali būti supaprastinta ir didesnis dėmesys skiriamas dėvėtojo komfortui. Todėl atitinkamai konstrukcijos tampa ne tik labiau atitinkančios žmogaus antropometriją, tačiau atsiranda naujų dizainų, technologijų bei medžiagų [4]. Kuriami kombinezonai, dviejų dalių kostiumai ir atskiri gaminiai, skirti užtikrinti žmogaus komfortą ir apsaugoti kūną nuo nepalankių aplinkos sąlygų.




Augant specialios paskirties aprangos paklausai susiduriama su svarbiais ekologiniais klausimais. Vienas iš jų – gaminių perdirbimas. Daug metų buvo įprasta kurti ir gaminti daugiasluoksnius drabužių paketus, kurie susideda ir keleto skirtingų medžiagų bei furnitūros. Norint išrūšiuoti daugiasluoksnių drabužių paketus reikalingas jų visiškasis išardymas, kuris, remiantis atliktais tyrimais, yra sudėtingas bei užima nemažai laiko. Siekiant produktyviai ir greitai išardyti tokius gaminius, reikalingos specialios ardymo sistemos, kurios paprastam vartotojui dažniausiai nėra žinomos. Kita vertus, kyla klausimas kas turėtų būti atsakingas už gaminio teisingą išardymą – gamintojas ar vartotojas. Kadangi didelė medžiagų įvairovė viename gaminyje reikalauja ypač smulkaus gaminio detalių išardymo tai turėtų atlikti žmonės, kurie supranta tokių drabužių konstrukciją. Šiuo atveju vartotojai gaminio gyvavimo pabaigoje turėtų grąžinti gaminius gamintojams [1].

Tačiau tokių gaminių rūšiavimas tampa sudėtingu procesu, kurio dažnai atsisakoma, o tuomet drabužiai tiesiog išmetami. Siekiant sumažinti šių atliekų skaičių viena iš galimybių daugiasluoksnius drabužių paketus pakeisti vieno sluoksnio gaminiiais. Tokiam asortimentui naudojamos daugiafunkcinės medžiagos [5]. Toks gaminio paketo supaprastinimas lemia aukštesnę techninį našumą, mažesnes žaliavų sąnaudas bei paprastesnę gaminių rūšiavimą. Negana to, vienas pirmųjų specialios paskirties medžiagų gamintojų W. L. Gore & Associates, Inc. didelį dėmesį skiria ne tik savo gaminių ilgaamžiškumui, siekiant sumažinti kasmetinį atliekų poveikį gamtai, bet ir jiems pagaminti naudoja jau perdirbtas medžiagas. Įvairūs bendrovės laminatai, kurie yra naudojami specialios paskirties medžiagų gamyboje, yra perdirbtas nailonas, kuris gaunamas iš vartotojų atliekų ir perdirbtas poliesteris – PET, gaunamas iš vartotojų butelių [6].

Analizuojant rinkoje vyraujančią specialios paskirties asortimentą randamas ne vienas gamintojas siūlantis specialios paskirties aprangą (žr. 1.1 lentelę). Vienas iš jų „Patagonia“ prekinis ženklas, kurio asortimente yra naudojamos medžiagos iš 100% perdirbto nailono. Šis gamintojas, kaip ir dauguma kitų, siūlo aktyvaus laisvalaikio aprangą, kuri pasižymi itin dideliu atsparumu nepalankioms oro sąlygoms, bet tuo pačiu išgarindama susidarantią drėgmę drabužio viduje. Šio asortimento gaminiuose pastebimos papildomos apsaugos bei komforto tendencijos. Didžioji dauguma gaminių yra pagaminti iš 2 arba 3 sluoksnių viršaus medžiagos. Visos viršaus medžiagos siūlės yra hermetizuotos specialia juoste. Dviejų sluoksnių medžiagos gaminiuose yra naudojamas pamušalas, bei priklausomai nuo gaminio paskirties dažnai naudojamas „PrimaLoft®“ pamušalo užpildas. Siekiant išlaikyti rankų judėjimo laisvę sporto metu, gaminių vidinis sluoksnis yra sukonstruotas kaip liemenė. Visuose šio asortimento gaminiuose šoninėse siūlėse yra užtrauktukais užsegamos angos, kurios leidžia patekti į vidines kišenes. Taip pat šios angos atlieka ventiliacijos funkciją ir tam tikruose gaminiuose jose yra įsiuvas tinklas, pro kurį patekti į gaminio vidų jau yra neįmanoma. Priekio užsegimui, šoninėms angoms bei kitiems užsegimams naudojami prekinio ženklo YKK® vandeniu atsparūs užtrauktukai. Tačiau šie konstrukciniai mazgai dažnai tampa padidintos rizikos vietomis, kuriose pasireiškia vandens laidumas. Dėl kelių vienoje vietoje susikertančių siūlių bei užtrauktukų mazguose, šias vietas yra itin sudėtinga hermetizuoti [7].

Dažniausiai šių gaminių siluetas yra tiesus, nevaržantis judesių laisvės. Rankogalių plotis reguliuojamas velkėmis su kontaktine juosta. Rankogalių vidinėje dalyje ir gaminio viduje ties liemeniu yra reguliuojamo pločio antrinės detalės nepralaidžios vandeniu, jos skirtos papildomai apsaugai nuo nepalankių oro sąlygų. Galvos apsaugai yra gobtuvas. Jo plotis yra reguliuojamas guminėmis virvelėmis. Gobtuvo viršuje yra sukonstruotas snapelis, apsaugantis nuo kritulių. Nepaisant to, jog ši apranga yra specialios paskirties ir priklauso funkcinių gaminių grupei, tačiau visi gaminiai pasižymi išskirtiniu dizainu ir įvairiomis konstrukcijomis. Pečių bei rankovės įstatymo siūlės daugumoje konstrukcijų yra perkeltos į papetes. Rankovių detalės yra suskaidytos ties alkūne tiek horizontalia, tiek vertikalia kryptimis. Priekio detalių skaidymo siūlėje yra paslėptos kišenės, kurios daugumoje modelių yra sujungtos su vidinėmis kišenėmis, t. y. atsiseigus išorinę kišenę užtrauktuką galima patekti į gaminio vidų.

1.1 lentelė. Asortimento analizė

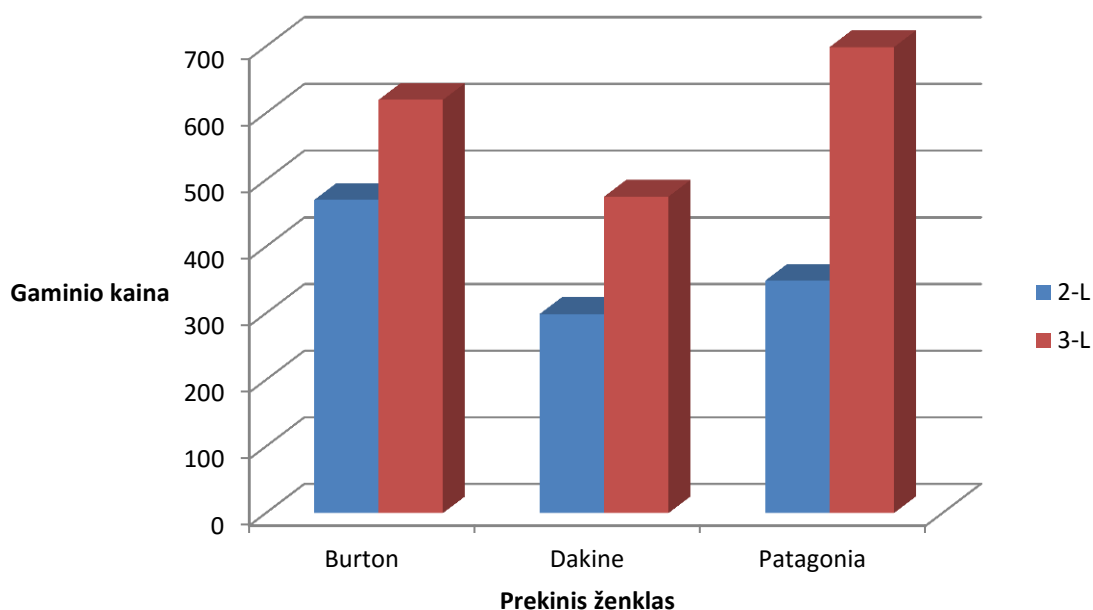
Gamintojas	Gaminio paketo sudėtis	Medžiagos sudėtis	Kaina , Eur	Nuotrauka
Burton	2 sluoksniai	Viršaus medžiaga: GORE-TEX® 2-L 100% Poliesteris Medžiagos sluoksniai : 2 Užpildas: PrimaLoft® Pamušalas: 100% poliesterio pluošto tafta [8]	470,00	
Dakine	2 sluoksniai	Viršaus medžiaga: GORE-TEX 2-L 100% Poliesteris Medžiagos sluoksniai : 2 Pamušalas: 100% poliesterio pluošto tafta [9]	299,00	
Patagonia	2 sluoksniai	Viršaus medžiaga: GORE-TEX® 2-L 100% perdirbtas poliesteris Medžiagos sluoksniai : 2 Pamušalas: 100% poliesteris [10]	349,00	

1.1 lentelės tęsinys

Burton	1 sluoksnis	Viršaus medžiaga: GORE-TEX® 3-L 100% poliesteris (drobinis pynimas) Medžiagos sluoksniai : 3 [11]	620,00	
Dakine	1 sluoksnis	Viršaus medžiaga: GORE-TEX® 3-L 100% poliesteris (drobinis pynimas) Medžiagos sluoksniai : 3 [12]	475,00	
Patagonia	1 sluoksnis	Viršaus medžiaga: GORE-TEX® 3-L, 100% perdirbtas nailonas (ripstopas) Medžiagos sluoksniai : 3 Apsauginis apsiuvas: 100% poliesterio pluošto tafta [13]	699,00	

Atlikus asortimento analizę galima teigti, jog rinkoje vyrauja dviejų tipų specialios paskirties gaminiai (žr. 1.1 lentelę). Pirmieji gaminiai sudaryti iš dviejų sluoksnių paketo – viršaus medžiagos ir pamušalo. Tokio tipo gaminiams naudojama yra dviejų sluoksnių pagrindinė medžiaga, kurią sudaro išorinis sluoksnis, skirtas apsaugoti nuo vėjo bei suteikiantis gaminiui stiprumo, ir vidinis sluoksnis, skirtas apsaugoti nuo vandens. Daugeliu atvejų išorinis sluoksnis gaminamas iš nailono arba poliesterio, o vidinis sluoksnis – iš politetrafluoretileno PTFE membranos [14]. Tačiau tokia viršaus medžiaga pasižymi žemomis šilumos izoliavimo savybėmis, todėl gaminiuose yra naudojamas pamušalas. Priklausomai nuo gaminio paskirties gali būti naudojamas sintetinis tinklas arba sintetinės mikroplošto šilumos izoliacijos medžiagos. Antrasis rinkoje vyraujantis gaminių tipas yra vieno sluoksnio specialios paskirties drabužiai, kurie sudaryti tik iš daugiasluoksnės viršaus medžiagos, kuri papildomai turi ir trečią pamušalo sluoksnį, apsaugantį membraną nuo užteršimo prakaitu.

Įvertinus rinkos kainas, pateiktas 1.1 paveiksle, galima matyti bendrą tendenciją, jog įvairių gamintojų gaminiai, pagaminti iš trijų sluoksnių viršaus medžiagos, turi aukštesnę pardavimo kainą nei, gaminiai iš dviejų sluoksnių viršaus medžiagos [15]. Gaminių iš trijų sluoksnių medžiagų gamybos laiko sąnaudos yra beveik per pusę mažesnės lyginant su gaminiams turinčiais pamušalą. Atsižvelgiant į tai, jog gaminio savikainos didžiąją dalį sudaro gamybos laikas, tai vienas geriausių ir efektyviausių sprendimų siekiant sumažinti gaminio savikainą. Taip pat tokių gaminių žaliavų sąnaudos yra gerokai mažesnės. Taigi, specialios paskirties drabužiuose, yra išsprendžiami ne tik aplinkosauginiai klausimai, tačiau tokie gaminiai sukuria ir didesnę pridėtinę vertę gamintojams.



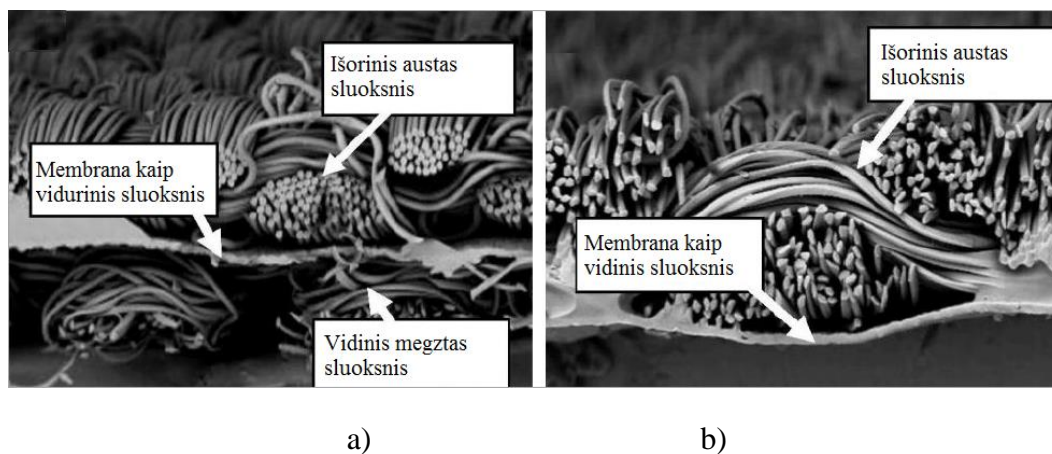
1.1 pav. Gaminio medžiagos sluoksnių ir kainos priklausomybė

1.2 Daugiafunkcinės medžiagos

Didėjant informacijos kiekiui apie būtiną kūno apsaugą ne tik darbo, bet ir aktyvaus laisvalaikio metu, nenustojama ieškoti inovatyvių būdų patenkinti šiems poreikiams. Vienas iš jų - daugiasluoksnio drabužių paketo pakeitimas funkcinėmis daugiasluoksnėmis medžiagomis. Įprastai apsauginiai drabužiai yra sudaryti iš trijų sluoksnių paketo: išorinio sluoksnio, drėgmės barjero ir terminio įdėklo, tačiau toks drabužių paketas riboja judesių laisvę, nemažas paketo svoris naudoja žmogaus energiją ir negana to, tokių gaminių gamybos kaštai yra dideli [16]. Viena iš alternatyvų yra daugiafunkcinė specialios paskirties tekstilė. Bene geriausiai žinoma ir labai plačiai pritaikoma medžiaga - daugiasluoksnis medžiagos paketas, dažnai vadinamas „kvėpuojančiu“, nes viena pusė praleidžia vandens garus, tuo pačiu išorinė pusė yra nepralaidi vandeniui. Šių medžiagų įvairovė yra plati, dažniausiai klasifikuojant yra išskiriamos šios grupės [17]:

- didelio tankumo medžiagos;
- mikroporinės membranos ir danga;
- hidrofiliinės membranos ir danga;
- mikroporinės ir hidrofobinės membranos kombinacija ir danga;
- išmani „kvėpuojanti“ medžiaga.

Specialios paskirties aprangos gamyboje plačiausiai naudojamos medžiagos yra įvairių membranų ir dangų kombinacijos. Vienas pirmųjų gamintojų, patentavęs daugiasluoksnės struktūros daugiafunkcinę medžiagą - GORE-TEX®. Daugiasluoksnė medžiaga yra laminuota su PTFE (polietrafluoretileno) membrana. Medžiaga yra patvari, turinti mikroporas, atspari vandeniui ir laidu orui bei garams, t.y. užtikrina taip vadinamas „kvėpavimo“ funkcijas. Kiekviename GORE-TEX® medžiagos kvadratiname centimetre yra daugiau kaip $1,4 \times 10^9$ mikroskopinių porų, kurių dydis yra apie $0,1 \mu\text{m}$ [18]. Priklausomai nuo galutinio naudojimo, yra dviejų rūšių medžiagos (žr. 1.2 pav.). Pirmoji yra dviejų sluoksnių sistema, kurioje membrana yra laminuota su aukštos kokybės lengvu audiniu, kuris yra labai laidus vandeniui. Antroji yra trijų sluoksnių sistema, kurios pirmieji du sluoksniai yra membrana ir aukštos kokybės audinys, o trečiasis sluoksnis yra mezginys. Aukštos kokybės audinys ir mezginys padengia membraną iš abiejų pusių ir taip padidina produkto ilgaamžiškumą. Dviejų sluoksnių sistemose dažnai papildomai naudojama poliamidinė tafta, siuvama gaminyje kaip pamušalas, siekiant apsaugoti mikroporingą membraną ir padidinti ilgaamžiškumą [19].



1.2 pav. Medžiagų skrespjūvio vaizdai: a) 3 sluoksnių medžiaga b) 2 sluoksnių medžiaga [20]

Trisluoksnių sistemų medžiagose vidinėje pusėje esantis mezginys atlieka pamušalo funkciją ir pasižymi dvejopomis savybėmis – jo paviršius vienoje pusėje yra hidrofiliškas, kitoje - hidrofobinis. Atliktų tyrimų metu buvo nustatyta, jog efektyviausias šio mezginio naudojimo būdas, kai hidrofobinis paviršius yra arčiau žmogaus kūno. Nors hidrofobinė medžiaga yra vandeniui atspari, ji yra pajėgi paimti vandens garus (prakaitą) nuo odos paviršiaus ir perkelti jį į hidrofilišią pusę. Tokiu būdu kūnas nejaučia susidarančios drėgmės, nes prakaitas (vanduo) yra atskiriamas nuo odos paviršiaus išoriniame hidrofiliškiame sluoksnyje [21]. Šis efektas išlaiko sausesnę odą, gali sumažinti šalčio poveikį - tai žmogus suvokia kaip komfortą. Drabužių sistemose, kurios užtikrina greitą prakaito išgarinimą, sumažėja šalčio efektas, kuris paprastai pasireiškia po fizinio aktyvumo vėsioje ir (arba) vėjuotoje aplinkoje, ir neigiamai veikia dėvinčiojo komfortą. Per didelis prakaito kiekis drabužio viduje sumažina termoizoliaciją, lyginant su sausais drabužiais [22].

Vandens garų laidumas yra tiesiogiai susijęs su audinių paviršiniu tankiu, išorinės struktūros pynimo tankumu bei pluoštų sudėtimi. Tankus pynimas lemia didesnę audinio svorį. Kuo audinio struktūra yra tankiau supinta, tuo vandens garams yra sunkiau prasiskverbti, ypač jei audinio pluoštų sudėtyje yra vilnos, kuri sukelia didesnę oro tarpų užsikimšimą, neleidžiantį vandens garams išsisklaidyti [23]. Sportinės veiklos ar intensyvaus darbo metu padidėja prakaitavimas, todėl drabužių didesnis vandens garų pralaidumas užtikrina geresnį komfortą.

Nuo medžiagos storio ir tankio priklauso ir terminis atsparumas. Audiniai, turintys mažesnę storį, retesnes struktūras, turi daugiau oro tarpų ir didesnę pralaidumą vandens garams, todėl jie turi mažesnę šiluminę atsparumą ir yra labiau tinkami vasaros sporto drabužiams. Priešingo tipo audiniai, turintys mažesnę vandens garų pralaidumą bet didesnę šiluminę atsparumą yra tinkami aktyvioms veikloms žiemą [23]. Tačiau labai svarbu, jog būtų pusiausvyra tarp susidariusių ant kūno ir išgarintų vandens garų. Priešingu atveju sulaikyta drėgmė drabužio viduje kūną atšaldo, o tai gali sukelti hipotermiją [5].

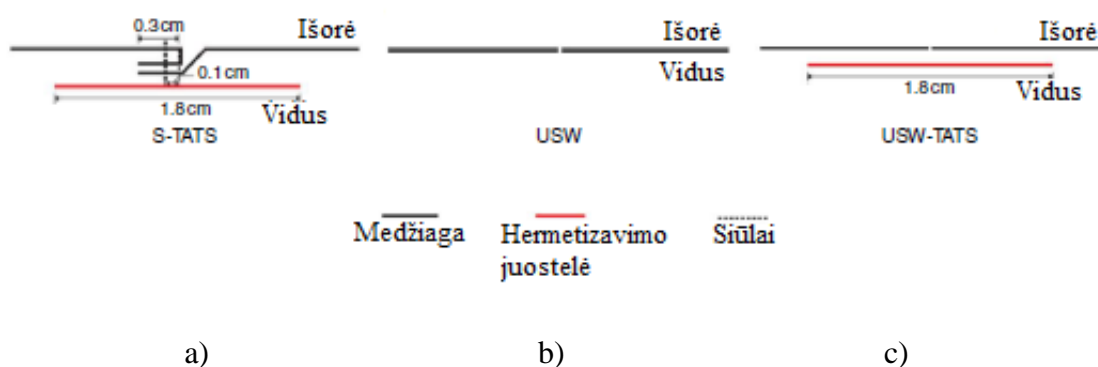
Atsparumas (nelaidumas) vandeniui ir laidumas vandens garams („kvėpavimas“) yra dvi sunkiai suderinamos charakteristikos, todėl svarbu išlaikyti pusiausvyrą tarp šių savybių. Apsauginei aprangai naudojamos vandeniui nepralaidžios medžiagos, kurių hidrostatinio slėgio atsparumo vertės yra nuo 1000 cmH₂O iki 3000 cmH₂O. Tačiau atsižvelgiant į produktų kokybę hidrostatinio slėgio atsparumas gali būti mažesnis. Aukštos kokybės produktų - apie 500 cm H₂O ir 130 cm H₂O žemesnės klasės produktų [23]. Priešingai nei vandens garų laidumas, didesnis paviršinis tankis lemia hidrostatinio pasipriešinimo didėjimą. Hidrostatinio slėgio atsparumas priklauso nuo audinio tankumo ir paviršinio tankio [24].

Sukurta daugiasluoksnės struktūros funkcinė medžiaga privalo tenkinti visas komfortą ir kūno apsaugą lemiančias sąlygas. Tačiau tam tikrų savybių dominavimas priklauso nuo gaminio paskirties.

1.3 Funkcinių aprangos gaminių jungimo technologijos ir būdai

Pagrindinis drabužių gamintojo uždavinys yra pagaminti iš plokščių medžiagos detalių konstrukcijas, atitinkančias žmogaus kūno formą. Labiausiai paplitusi tekstilės medžiagų jungimo technologija yra siuvimas. Siuvimo operacijos daro įtaką ne tik drabužių išvaizdai, bet ir dėvėtojo jaučiamam patogumui, gaminio ilgaamžiškumui ir kokybei [7].

Specialios paskirties apranga, kurios paskirtis yra apsaugoti kūną nuo nepalankių oro sąlygų, turi būti nelaidi vandeniui, todėl įprasta siuvimo technologija dažnai neatitinka reikalavimų ir ieškoma būdų, kaip tokias siūles sandarinti – hermetizuoti. Naujausių tyrimų dėmesys sutelktas į tai, kaip suteikti ir gerinti medžiagų funkcijas [25, 26, 27], tačiau yra nedaug tyrimų apie siūles ir jų svarbą tokiuose gaminiuose. Siuvimo procesas užima didelę lauko drabužių gamybos dalį, todėl specialios paskirties aprangos siūlės tipo konstrukcijos tyrimas yra svarbus ne tik gerinant siūlės kokybę, bet ir siekiant aukštos kokybės gaminių [28]. Ankstesni tyrimai parodė, kad vandens atsparumo savybė gaminiuose gali būti užtikrinama naudojant ne tik vandeniui nelaidžias medžiagas, bet ir specialias siūlių jungimo technologijas. Pagrindinės trys siūlių technologijos, skirtos užtikrinti maksimalų gaminio nelaidumą vandeniui: S-TATS, USW ir USW-TATS (žr. 1.3 pav.) [29].

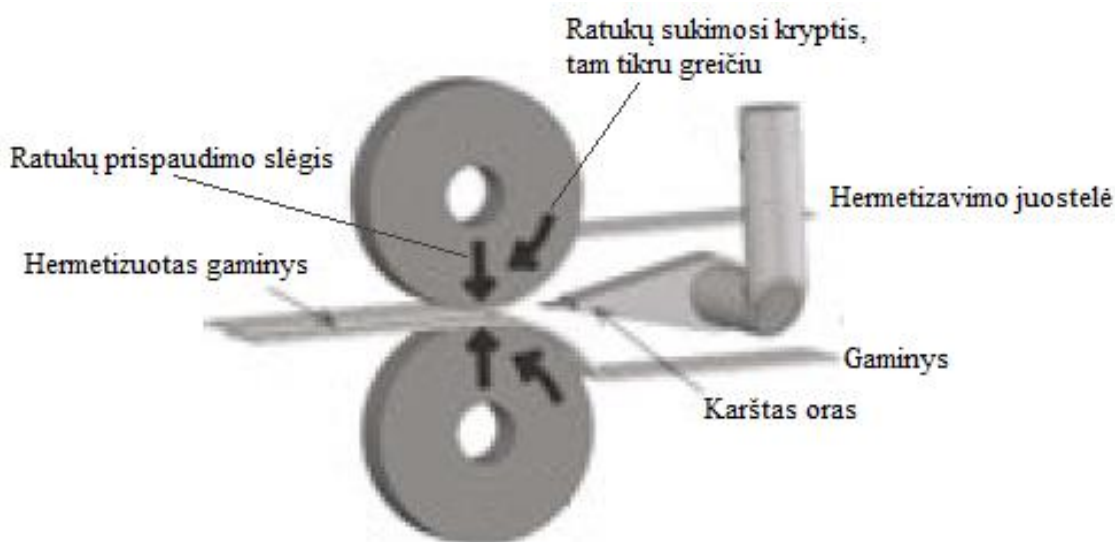


1.3 pav. Siūlių jungimo technologijos [29]

Šiuo metu plačiausiai naudojama technologija yra S-TATS (žr. 1.3 pav. a). Tai dviejų etapų technologija, kurią sudaro įprastinis medžiagų jungimo būdas – siuvimas ir susiūtos siūlės hermetizavimas specialia juosta. Paprastai specialios paskirties aprangos asortimente yra naudojamas 301 (šaudyklinis) tipo dygsnis. Atliktų tyrimų metu nustatyta, jog šis dygsnio tipas leidžia suformuoti stipriausias siūles [28]. Net ir broko atveju – nutrūkus siūlei siūlėje, šis dygsnis lengvai pats savaime neišsiardo, todėl siūlėje, blogiausiu atveju, atsiveria nedidelė anga, o pati gaminio konstrukcija išlieka nepažeista [30]. Šio tipo siūlės privalo būti užsandarinamos vandeniui atsparia hermetizavimo juosta, kad vanduo nepatektų per skylės, kurias siuvimo metu padaro adata [7].

Atlikti bandymai patvirtina, kad hermetizuotų siūlių stiprumas priklauso nuo laminavimo proceso parametrų - temperatūra, laikas, greitis ir slėgis [31]. Siekiant kokybiškai hermetizuotų siūlių, privaloma laikytis hermetizavimo juostų gamintojų nurodytų režimų, kurie yra pritaikyti kiekvienai konkrečiai medžiagai. Šie režimai yra pateikiami rekomenduojamais intervalais, kuriuos svarbu pasirinkti ir patikrinti pagal turimus įrenginius [32]. Ratukų prispaudimo slėgis dažniausiai priklauso nuo medžiagos tamprumo. Per didelis slėgis gali ištempti medžiagą hermetizavimo metu, taip pat gali ją per daug suspausti ir deformuoti. Ratukų prispaudimo jėga tiesiogiai priklauso nuo

temperatūros, kadangi kuo didesnis slėgis tuo didesnis temperatūros poveikis. O temperatūra ypač aktuali tiek labai degioms medžiagoms, tiek mažiau degioms, tačiau turinčioms polinkį į santrauką. Labai svarbu klijuoti būtent tokia temperatūra, kokia yra nurodyta gamintojo, kadangi hermetizavimo metu padaryti defektai gali būti nepastebimi, o nuo per aukštos temperatūros ties siūlėmis medžiagos mechaninės savybės yra pakitusios ir medžiaga gali netekti tvirtumo, atsparumo trinčiai ar net prarasti atsparumą drėgmei. Kaip buvo minėta anksčiau, per aukšta temperatūra turi didelę įtaką medžiagos santraukai, todėl dėl per aukštos temperatūros hermetizuojant siūlių vietose medžiagos gali pradėti trauktis ir išryškėja defektai: raukšlėtos, sutrauktos siūlės, neišlaikyti gaminių matmenys bei medžiagos mechaninių savybių pakitimai ties siūlėmis. Ir trečias itin svarbus veiksnys klijavimo metu- hermetizavimo greitis (ratukų sukimosi greitis). Didėjant šiam greičiui, mažėja siūlių hermetizavimo laikas ir tokiu būdu mažėja pats gaminių gamybos laikas, taip pat galima pastebėti, kad tokiu atveju siūlių srityje mažėja šiluminis poveikis, dėl kurio vidutinis hidrostatinis slėgis ir susitraukimas sumažėja. Tačiau tokiu atveju ne visada siūlės yra pakankamai užsandarinamos ir dažnai klijų juostelės atsiklijuoja eksploatuojant gaminį arba skalbiant. Taip pat labai plonos medžiagos dažnai yra ištempiamos ir deformuojamos.



1.4 pav. Hermetizavimo proceso schema [33]

Kita vertus, net ir tinkamai atlikus visus siūlių hermetizavimo etapus, yra keletas trūkumų, stebimų naudojant šią technologiją. Visų pirma, tokių gaminių perdirbimas yra ypač sudėtingas procesas. Siuvimo metu naudojami siūlai dažnu atveju yra sudaryti iš skirtingų pluoštų dėl to juos sunku rūšiuoti pagal pirminę žaliavą. O atlikus siūlais jungtų siūlių hermetizavimą, rūšiavimas tampa nebeįmanomas, kadangi siūlai yra aplipę sandarinimo juostelės klijais, ar net įsilydę į juostelę [34]. Taip pat ši technologija reikalauja didesnio žaliavų sunaudojimo. Reikalingi siūlai, papildomos ritės siūlams, adatos, kurios ne tik dažnai lūžta gamybos metu, bet ir esant dideliame siuvimo greičiui greitai susidėvi. Taip pat reikalinga visa papildoma įranga, žaliavos ir gamybos laikas skirti hermetizavimo operacijoms [29, 34]. Atlikti tyrimai parodė, kad hermetizuojant siūles su specialia juosta, padidėja jų lenkiamasis standumas, nepriklausomai nuo siūlės krypties, dėl to apranga, kurioje naudojama ši technologija, labiau skirta viršutiniams drabužiams dėl suprastėjusio komforto jausmo [35].

Inovatyvi alternatyva S-TATS technologija - ultragarsinis suvirinimas (USW) (žr. 1.3 pav. b)). Tai technologinis procesas, kurio metu detalių medžiagos yra sujungiamos kaitinamos ir plastiškai

deformuojamos, kai suvirinimo siūlės vietoje kontaktiniame sluoksnyje susidaro tarpatominiai ir tarpmolekuliniai ryšiai. Šiam procesui atlikti nėra naudojamos adatos ir siūlai. Gamybos metu siūlių vietose nėra padaroma adatos skylučių, kurios būna dažna vandens laidumo priežastimi [29]. Tokios siūlės garantuoja aukštą gaminio nelaidumą vandeniui. Lyginant su S-TATS technologija, šis procesas yra gerokai paprastesnis ir užtikrina našesnę gamybą. Vienos operacijos metu yra atliekamas detalių sujungimas ir jų kraštų nupjovimas bei tuo pačiu užtikrinamas siūlės nelaidumas vandeniui. Šiai jungimo technologijai naudojami įrenginiai yra ypač patogūs atlikti siūlių jungimą uždareme kontūre, tokiame, kaip rankovės, kelnių klešnės ir pan. [36]. Gaminiai, sujungti ultragarsu, yra lengvesni dėl mažesnio kiekio žaliavų [29]. Taip pat ši technologija garantuoja itin plonas siūlių vietas. Tokios siūlės dažnai yra naudojamos sportinių drabužių, dėvimų prie pat kūno, gamybai [37]. Nepaisant daugelio privalumų, ši technologija reikalauja ypač gerus įgūdžius turinčių darbuotojų, kadangi bet koks siūlės taisymas lieka pastebimas. Suvirinimo metu medžiaga yra išlydoma ir šios vietos po ardymo yra ne tik matomos, bet ir jungiant detales antrą kartą yra tikimybė per daug pažeisti medžiagą, kadangi ta pati vieta yra antrą kartą veikiama ultragarsu. Taip pat yra sudėtinga atlikti figūrinių bei uždėtinų detalių siūlių jungimą. Įrenginio greitis ir ratuko plotis dažnu atveju yra kliūtis lenktų siūlių kokybei užtikrinti. Norint atlikti sudėtingų siūlių jungimus, reikalingas didelis specialios mažosios mechanizacijos priemonių kiekis ir dažnas įrenginio reguliavimas. Šie veiksniai mažina darbo našumą ir iškelia gaminio savikainą [38]. USW pagamintų drabužių siūlių stiprumas yra mažas, dažnu atveju jis yra 50% mažesnis, lyginant su siūtinėmis siūlėmis. Negana to, ultragarsinio suvirinimo metu, priklausomai nuo medžiagų kokybės, bendras medžiagos stiprumas gali sumažėti net 60% [30]. Be to, ne visos medžiagos yra tinkamos šiai technologijai [36]. Medžiagų dizaino pasirinkimas taip pat yra gerokai mažesnis negu siuvimui tinkamų medžiagų. Tai sumažina dizaino sprendimus, kai viename gaminyje reikia sujungti kelias medžiagas [38].

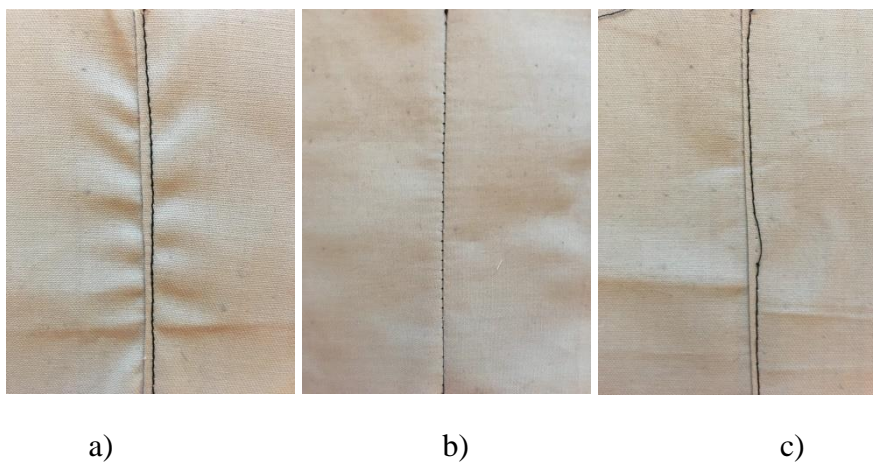
Trečioji siūlių jungimo technologija - USW-TATS (žr. 1.3 pav. c)). Tai anksčiau minėtų dviejų technologijų kombinacija. Visų pirma atliekamas dviejų sluoksnių ultragarsinis suvirinimas, o tada atliekamas siūlės hermetizavimas juosta. Šis metodas leidžia išvengti abiejų technologijų trūkumų. Pirmuoju atveju, naudojant ultragarsinį suvirinimą, yra išvengiama vandens laidumo per siuvant adatos padarytas skylės. Antruoju atveju yra padidinamas siūlės stiprumas bei užtikrinamas atsparumas vandeniui, kai slėgis kyla [38]. Tačiau tai neišsprendžia technologinio atlikimo sudėtingumo problemos. Pastebėjus netinkamos kokybės hermetizuotas siūles praktiškai ištaisyti broko jau yra nebeįmanoma. Todėl realioje pramonėje tokia gamybos technologija atneštų didelius nuostolius įmonėms. Taip pat tokių gaminių sunaudojamų žaliavų kiekis bei reikiamų įrenginių skaičius yra gerokai didesnis. O tai iškeltų gaminio savikainą.

Taigi, kol kas didžiausią našumą bei didžiausią pridėtinę vertę turinti gamybos technologija yra S-TATS. Ši technologija yra našiausia dėl to, jog siuvimo operacijas atliekančių žmonių skaičius yra gerokai didesnis, nei dirbančiųjų su karšto oro ar ultragarsiniais įrenginiais. Taip pat siuvimo metu yra lengviau atliekamas figūrinių siūlių susiuvimas, kuris galutiniame produkte lemia aukštesnę kokybę.

1.4 Funkcinės aprangos kokybė

Drabužio eksploatacijos ilgaamžiškumui daro įtaką jo gamybai naudojamų medžiagų kokybė ir veiksniai, kuriuos lemia drabužių gamybos proceso technologija. Sujungiant audinius yra daug veiksnių, į kuriuos reikia atsižvelgti. Atliktų tyrimų rezultatai rodo, jog svarbiausias siūlių kokybės rodiklis yra siūlės stiprumas [31]. Siūlės turi turėti tinkamą stiprumą ir elastingumą, kad atlaikytų apkrovas dėvėjimosi metu ir apsaugotų gaminį nuo siūlės nutrūkimo ar matomo audinio pažeidimo siūlės srityje [39]. Todėl kuriant specialios paskirties aprangą visų pirma svarbu parinkti tinkamas siūles, atitinkančias reikiamus stiprumo standartus [31].

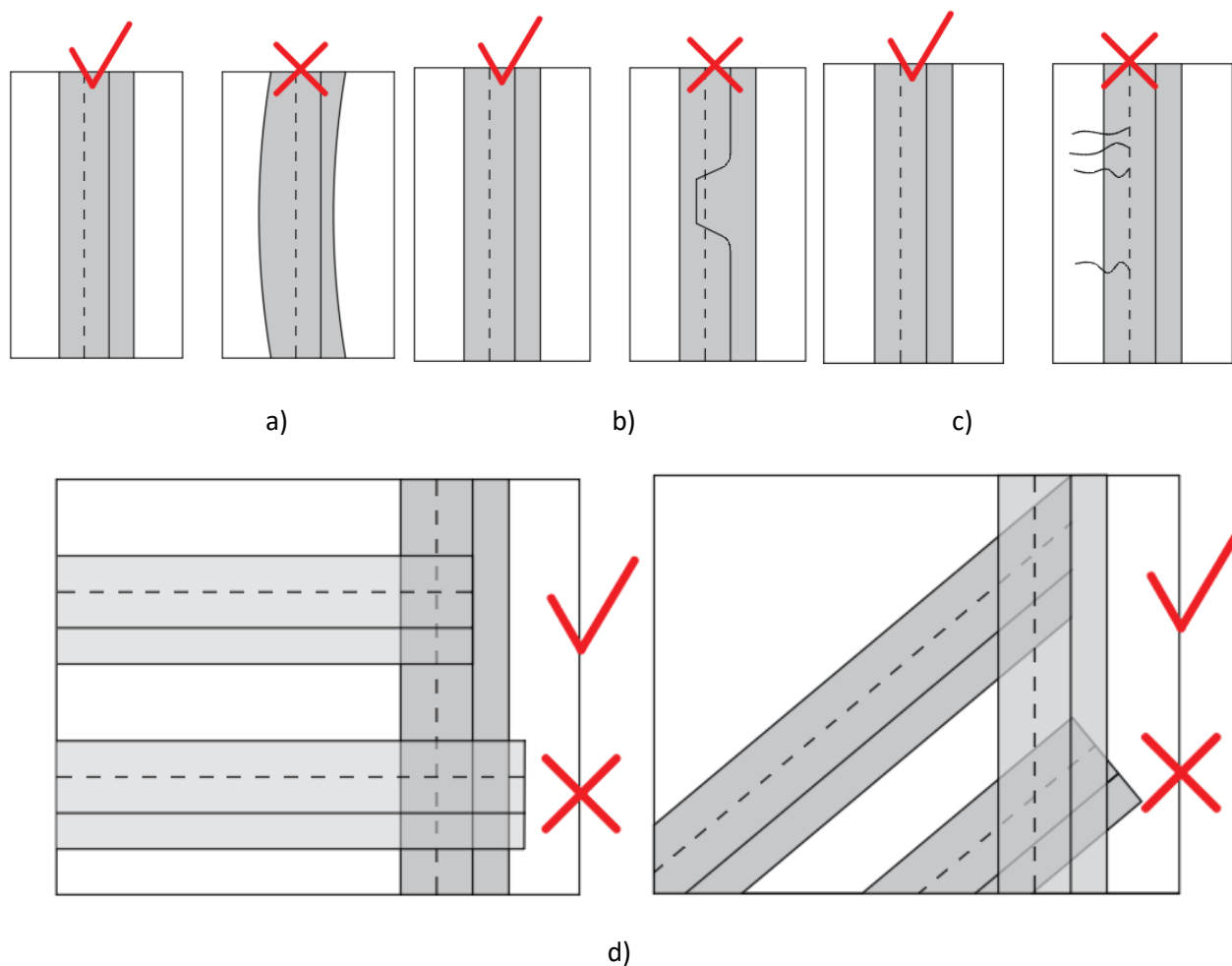
Aprangos su hermetizuotomis siūlėmis kokybės vertinimas atliekamas keliais etapais. Visų pirma vertinama tik susiūtų siūlių kokybė. Vienas dažniausiai pasitaikančių siūlės defektų, turintis didelę įtaką tolimesniam hermetizavimo procesui, yra siūlėje susidaranti medžiagos pertekliaus bangos (žr. 1.5 pav. a)). Šis defektas dažniau stebimas plonuose audiniuose. Taip pat dažnai pasitaikantys defektai, kuriuos lemia netinkamas įrengimo suregulavimas, yra siūlių laisvumas siūlėje arba siūlių trūkimas – dėl per didelio siūlo įveržimo (žr. 1.5 pav. b) ir c)). Rečiau specialios paskirties medžiagų sujungimuose pastebimas siūlės slydimas. Šio defekto atsiradimo tikimybę sumažina tanki medžiagų struktūra ir medžiagą dengiantis polimerinės dangos sluoksnis [30]. Laiku pastebėjus siūlių defektus yra galimybė juos ištaisyti, užtikrinant tolimesnio darbo kokybę. Tačiau tokių taisymų vertėtų vengti, kadangi kiekvieno išardyto peltakio vietoje yra pastebimos adatos skylės, o naujas peltakis padaro dar papildomų naujų skylių. Tokios taisymų vietos tampa padidintos rizikos zonomis, kuriose galimas vandens laidumas po hermetizavimo [7].



1.5 pav. Susiūtų siūlių defektai

Užtikrinus susiūtų siūlių kokybę atliekamas jau hermetizuotų siūlių vizualinis kokybės vertinimas. Hermetizuojant siūles svarbu išlaikyti juostelę tiesiai ant siūlės centro, paliekant vienodas juostelės užlaidas šalia siūlės (žr. 1.6 pav. a)). Taip pat svarbu nulaidyti siūlės užlaidą per visą siūlės ilgį į tą pačią pusę, kad nebūtų jokių nereikalingų medžiagos ir siūlės lūžių, nevienodų sustorėjimų ir raukšlių (žr. 1.6 pav. b)). Kadangi kiekvienas nereikalingas medžiagos sustorėjimas sąlygoja hermetizavimo juostelės raukšles, kurios dažnai praleidžia orą, vandenį bei eksploatacijos metu galiausiai atsiklijuoja dėl nepakankamo adhezinio kontakto [40, 41]. Žinoma šie atsiklijavimai bei juostelės susiraukšlėjimas gali būti gaunami ir paliekant nereikalingus siūlus. Todėl ypač svarbu siuvimo metu palikti tvarkingas siūles – visi siūlai prieš hermetizavimo procesą nukarpomi ir nurenkami (žr. 1.6 pav. c)). Siūlių susikirtimai yra kritinės vietos, kurioms turėtų būti skiriamas didžiausias dėmesys. Šiose vietose svarbu taisyklingas klijuojamų juostelių susikirtimas (žr. 1.6

pav. d)). Juostelių kampai turi švariai ir pilnai padengti vienas kitą ir neišlįsti. Taip pat svarbūs siūlių susikirtimo vietose dėl medžiagos storio gaunami sustorėjimai, tas vietas būtina hermetizuoti papildomai. Tokias vietas būtina pačia juostele ant viršaus hermetizuoti papildomai. Hermetizavimo metu gali būti padaromi defektai ne tik dėl medžiagos, bet ir dėl pačio hermetizavimo proceso. Tokias vietas taip pat reikia hermetizuoti papildomai ant viršaus, kad per visą siūlės ilgį klijujuostele būtų padengusi siūlę vienodai.



1.6 pav. Siūlių hermetizavimo kokybės reikalavimai

„Kvėpuojančių“ ir vandeniui nelaidžių daugiasluoksnių medžiagų siūlės charakteristikos yra glaudžiai susijusios su galutinio produkto kokybe, todėl nelaidumas vandeniui yra vienas svarbiausių kokybės rodiklių. Siūlių kokybė nustatoma atliekant eksperimentą. Praėjus 24 h po gaminio siūlių hermetizavimo atliekamas hermetizuotų siūlių atsparumo vandens prasiskverbimui kokybės nustatymas [42]. Hidrostatiniai slėgio bandymai atliekami pagal AATCC 127, kuris yra paremtas ISO 811:2018, siekiant įvertinti audinių ir siūlių nelaidumą vandeniui. Šiems bandymams naudojamos hidrostatinės galvutės – testeriai ir 20 ± 2 ° C distiliuotas vanduo [24, 43, 44, 45]. Vandens slėgis užfiksuojamas, kai medžiagos paviršiuje pastebimas pirmasis vandens prasiskverbimas, toliau pasirodžius antrajam ir trečiajam vandens lašui, fiksuojamas jų pasirodymo laikas. Rezultatuose pažymimas slėgis, prie kurio buvo pastebėtas trečias vandens lašas, naujoje vietoje [29].

1.5 Literatūros apžvalgos apibendrinimas

Rinkoje vyrauja platus specialios paskirties aprangos asortimentas. Gaminiai pasižymi išskirtiniu dizainu, tačiau tuo pat metu yra funkcionalūs bei ilgaamžiški. Pagrindinės skiriamosios - savybės vandens garų laidumas iš gaminio vidaus, ir vandens nelaidumas iš išorės į vidų. Kitaip tariant, gaminiai skirti apsaugoti kūną nuo nepalankių oro sąlygų aktyvaus laisvalaikio metu, kai gausiai prakaituojama. Viena vertus, šie gaminiai turi itin didelę pridėtinę vertę ir vartotojus pasiekia itin aukštomis kainomis. Kita vertus, gamybos metu yra susiduriama su technologinėmis problemomis, kurios galimai nulemia gaminių defektus bei didelius nuostolius gamybos metu šalinant defektus.

Atlikus literatūros analizę buvo nustatyta, jog dauguma tyrimų yra atlikti siekiant ištirti specialios paskirties gaminių šiluminės savybės, tačiau daugelyje tyrimų visas dėmesys skiriamas ne bendro gaminio rezultatams, o tik medžiagos šiluminėms savybėms. Tokių tyrimų metu neatsižvelgiama į siūlių kokybę. Siūlės tyrimuose dažnai nėra vertinamos, nors būtent jos yra kritiniai elementai, kuriuose kaip defektas stebimas vandens laidumas, kas yra tiesiogiai susiję su žmogaus komfortu ir jo šilumine apsauga. Daugelyje tyrimų nėra ieškoma sprendimo būdų, kurie užtikrintų šių technologinių mazgų kokybę ir atsparumą vandeniui.

Nuolat ieškoma inovatyvių sprendimų gaminių jungimui. Daug dėmesio skiriama besiūlių gaminių gamybai, siekiant sumažinti naudojamų žaliavų kiekį bei sumažinti gaminio pagaminimo laiką. Tačiau ieškant naujų sprendimų visiškai nėra išspręstos dabartinės gamybos problemos. Gaminuose dažnai fiksuojami defektai dėl vandens laidumo, o defektų priežastys nėra šalinamos. Daugelyje tyrimų yra pastebimos tos pačios kritinės vietos, kuriose pasireiškia vandens laidumas. tyrimų metu yra identifikuojamos konkrečios priežastys lemiančios vandens pratekėjimus, tačiau nėra atliekama tolimesnių tyrimų taisant šias problemas.

Analizuojant gaminius, technologijas bei gamintojų pateikiamas rekomendacijas yra per mažai akcentuojama informacija susijusi su hermetizuotų siūlių kokybe. Specialios paskirties aprangoje hermetizuotos siūlės yra kritinės vietos, kuriose pasireiškia defektai dėl vandens laidumo. Todėl technologinės operacijos, kurių metu atliekamas hermetizavimas, turėtų būti atliekamos itin kokybiškai, laikantis visų gamintojų rekomendacijų, o pastebėjus defektus, tokie gaminiai turėtų būti pašalinami.

Kuriant specialios paskirties aprangą, kūrybiniame procese turėtų dalyvauti ne tik dizaineris, bet ir inžinerines žinias turintis technologas - konstruktorius. Dirbant komandoje dažnu atveju gaminiuose būtų galima išvengti defektų, sutaupyti žaliavų bei parinkti ekonomiškiausią, tačiau tuo pat metu vartotojui patraukliausią, gaminio konstrukciją ir gamybos technologiją.

2. Tiriamoji dalis

2.1 Tyrimo objektai

Šiame tyrime naudojama labiausiai apsauginių drabužių gamyboje paplitusi daugiavfunkcinė specialios paskirties tekstilė. Siekiant nustatyti veiksnius, kurie turi įtakos hermetizuotų siūlių kokybei, parinktos medžiagos, sukurtos gaminiams su hermetizuotomis siūlėmis. Atsižvelgiant į eksperimento rezultatų praktinį vertingumą, parinktos keturios skirtingos daugiasluoksnės tekstilinės medžiagos, besiskiriančios savo fizikinėmis savybėmis – žaliavos sudėtimi, paviršiniu tankiu, storiu bei sluoksnių skaičiumi. Visos medžiagos turi membraną, PTFE plėvelę, suteikiančią medžiagoms atsparumo vandeniui bei vandens garų laidumo savybes. Medžiagoms priskirtos koduotės M1 – M4, siekiant paprastesnio ir aiškesnio darbo tyrimo metu.

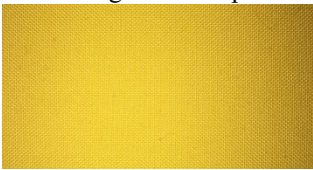
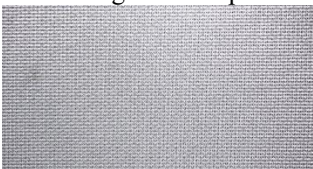
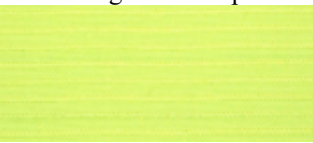
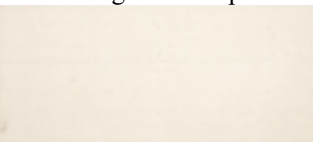
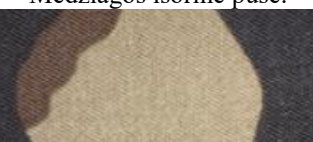

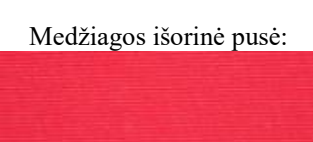

Pirmoji daugiasluoksnė sistema M1 – 3 sluoksnių medžiaga, kurią sudaro audinys, polimerinė plėvelė ir mežginys. Tai vidutinio storumo medžiaga, kuri įvertinus sluoksnių skaičių, turi nedidelį paviršinį tankį. Antroji daugiasluoksnė sistema M2 – 2 sluoksnių medžiaga, kurią sudaro audinys ir polimerinė plėvelė. Ši medžiaga kaip dviejų sluoksnių struktūros yra pakankamai stora ir turi didelį paviršinį tankį. Trečioji daugiasluoksnė sistema M3 – 2 sluoksnių medžiaga, kurią taip pat sudaro audinys ir polimerinė plėvelė. Tai pakankamai plona medžiaga turinti mažiausią paviršinį tankį tarp tyrimo naudojamų medžiagų. Ketvirtoji daugiasluoksnė sistema M4 – 3 sluoksnių medžiaga, kurią sudaro audinys, polimerinė plėvelė ir mežginys. Tai storičiausia tyrime naudojama medžiaga, kurios paviršinis tankis taip pat yra didžiausias.

Tyrimo objektai – daugiasluoksnės medžiagos, kurių storis nuo 0,32 mm iki 0,78 mm ir paviršinis tankis nuo 140 g/m² iki 315 g/m².

Medžiagų struktūros charakteristikos nustatomos vadovaujantis standartais. Bandinių masė nustatoma elektroninėmis svarstyklėmis „Kern&Sohn EG420 – 3NM“ (svėrimo tikslumas – 0,01 g) sveriant 100 x 100 mm bandinius. Paviršinis tankis apskaičiuojamas pagal LST EN 12127:1999 reikalavimus [46]. Medžiagų storis išmatuojamas pagal LST EN ISO 5084:2000 standartą, naudojant elektroninį stormatį J-40-T, kurio matavimo tikslumas yra 0,01 mm [47]. Medžiagų struktūros charakteristikos pateiktos 2.1 lentelėje.

Medžiagų struktūra buvo ištirta optiniu mikroskopu VEGA TS 5130-TESCAN bei elektroniniu skenuojančiu mikroskopu Quanta 200 FEG esant 30 kV pagreitintai įtampai. Keturių skirtingų tipų medžiagų morfologiniai skerspjūviai rodo skirtingas laminuotų medžiagų sluoksnių struktūras (žr. 3.8 pav. ir 3.9 pav. 38 psl.). Analizuojami medžiagų skerspjūviai, kuriuose matomas hermetizuotas 2.02.03 siūlės tipo mazgas. Kiekviena medžiaga buvo analizuojama prie 3 skirtingų didinimų: 50x, 100x ir 500x. Keičiant vaizdo didinimą buvo siekiama įvertinti tarp hermetizavimo juostelės ir medžiagos susidarantį adhezinį ryšį.

2.1 lentelė. Tirtų medžiagų charakteristikos

Medžiagos žymėjimas		Audinio žaliava	Paviršinis tankis, g/m ²	Storis, mm	Medžiagos apibūdinimas
M1	<p>Medžiagos išorinė pusė:</p>  <p>Medžiagos vidinė pusė:</p> 	100% Poliamidas/ Nailonas	230	0,51	3 sluoksnių medžiaga Audinys + PTFE plėvelė+ mežginys
M2	<p>Medžiagos išorinė pusė:</p>  <p>Medžiagos vidinė pusė:</p> 	41% Aramidai 40% Poliesteris 18% Modakrilas 1% Kolfirber (Carbon)	295	0,50	2 sluoksnių medžiaga Audinys + PTFE plėvelė
M3	<p>Medžiagos išorinė pusė:</p>  <p>Medžiagos vidinė pusė:</p> 	100 % Poliesteris	140	0,32	2 sluoksnių medžiaga Audinys + PTFE plėvelė
M4	<p>Medžiagos išorinė pusė:</p>  <p>Medžiagos vidinė pusė:</p> 	100% Poliamidas/ Nailonas	315	0,78	3 sluoksnių medžiaga Audinys + PTFE plėvelė + mežginys

Antroji tyrimo objektų grupė – siūlių hermetizavimo juostelės. Atitinkamai pagal anksčiau išvardintas medžiagas yra parinktos 4 skirtingos siūlių hermetizavimo juostelės, kurios yra pagamintos ir pritaikytos konkrečioms medžiagoms. Juostelėms priskirti kodai H1 – H4. Kaip ir medžiagos, juostelės taip pat yra dviejų tipų – 2 sluoksnių ir 3 sluoksnių. Visų juostelių plotis yra 22 mm. Kiekviena juostelė turi rekomenduojamus technologinius parametrus, kurie yra apibrėžiami tam tikrų dydžių intervale. Pirmiausiai rekomenduojama pasirinkti juostelės klijavimo greitį įvertinant darbuotojų kompetenciją. Nuo greičio priklauso kitų parametru parinkimas, tačiau ir jį būtina išbandyti ir pasirinkti įvertinant gamyboje naudojamus įrengimus. Juostelių gamintojų technologinių parametru specifikacijoje pateikiami parametru intervalai: temperatūros intervalas yra iki 150°C, presavimo slėgis iki 1 Bar ir greitis iki 3 m/min. Atsižvelgiant į ankstesnius tyrimus [32] nuspręsta nenaudoti vienodų parametru, o parinkti labiausiai tinkamus konkrečioms medžiagoms, kadangi šio tyrimo tikslas nustatyti vandens laidumo siūlės vietoje priežastis esant idealioms, konkrečioms medžiagoms parinktoms hermetizavimo sąlygoms. Tyrime naudojamos siūlių hermetizavimo juostelės ir hermetizavimo parametrai pateikti 2.2 lentelėje.

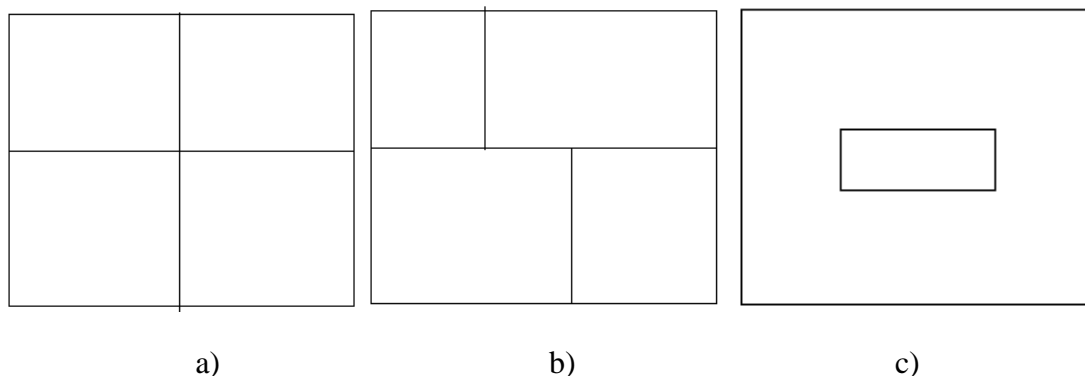
2.2 lentelė. Hermetizavimo juostelių rodikliai

Žymėjimas	Plotis, mm	Žaliava	Juostelės apibūdinimas	Technologiniai parametrai			
				Temperatūra, °C	Karšto oro srautas, l/min	Presavimo slėgis, Bar	Greitis, m/min
H1	22	Poliesteris+ Termoplastinis poliuretanai	3 sluoksniai Mezginy+ Plevelė+ Klįjai	510	55	2,8	2,5
H2	22	100% Termoplastinis poliuretanai	2 sluoksniai Plevelė+ Klįjai	490 - 550	77	3	2,5
H3	22	100% Termoplastinis poliuretanai	2 sluoksniai Plevelė+ Klįjai	630	50	2,5	2,5
H4	22	Poliesteris+ Termoplastinis poliuretanai	3 sluoksniai Mezginy+ Plevelė+ Klįjai	640	55	2,5	2,5

2.2 Siūlių hermetizavimo metodika

Drabužių su hermetizuotomis siūlėmis gamyboje dažnai pasitaiko teigiami vandens laidumo testų rezultatai, kurie patvirtina gaminio nesandarumą ir laidumą vandeniui. Sumažėjęs atsparumas vandeniui dažniausiai pastebimas padidintos rizikos vietose. Tai tokios vietos, kuriose kertasi 4 siūlės [7]. Siūlių laidumo vandeniui eksperimentui buvo naudojamos 3 siūlių konstrukcijos (žr. 2.3 pav.), kurių koduotės yra:

- susikertanti – S,
- prasilenkianti – P,
- uždėtinė – U.

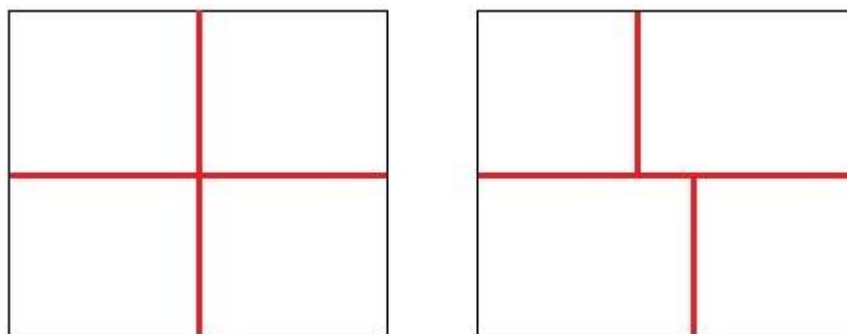


2.1 pav. Siūlių konstrukcijos: a - susikertanti S, b - prasilenkianti P, c - uždėtinė U

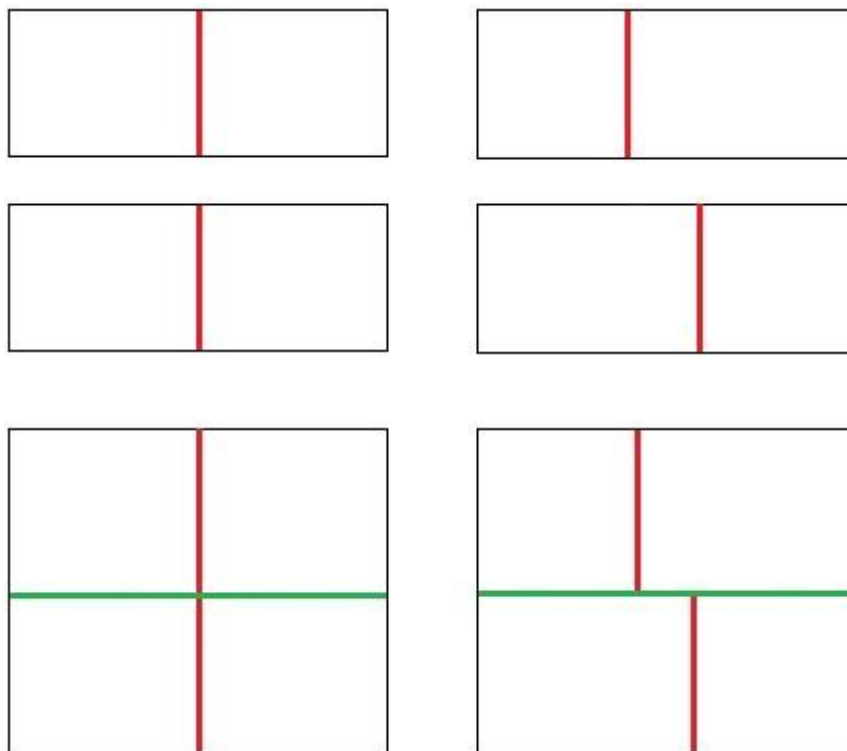
Pirmoji konstrukcija – susikertanti. Tai tipinis padidintos rizikos mazgas dažniausiai sutinkamas gaminių konstrukcijose. Tai tokios aprangos vietos, kuriose susikerta skirtingų krypčių siūlės: pažasties siūlė, žingsnio ir priekio bei nugaros sujungimo siūlės ir t.t. Antroji konstrukcija – prasilenkianti. Tai alternatyvi pirmajai konstrukcijai. Tokiu būdu skirtingų krypčių siūlės nesusikerta viename taške. Trečioji konstrukcija – uždėtinė. Tai visų uždėtinių detalių pripeltakiavimas ant pagrindinių detalių. Tokios siūlės yra ploniausios ir jose nesusikerta skirtingos gaminio detalės. Šios vietos gaminyje yra mažos rizikos, kadangi jos patiria mažiausią vandens spaudimą, palyginus su kitais siūlių konstrukcijų tipais.

Kita vertus, ne tik konstrukcija gali turėti įtakos hermetizuotų siūlių kokybei. Hermetizavimo technologija taip pat gali būti atliekama keliais skirtingais būdais. Todėl svarbu įsitikinti ar tai tikrai turi įtakos galutiniams rezultatams. Bandinių siūlėms susiūti ir hermetizuoti naudojamos 2 technologinės eigos:

- 1 – viena hermetizavimo operacija: bandinio jungimas siūlėmis → siūlių hermetizavimas;
- 2 – dvi hermetizavimo operacijos: bandinio trumpųjų siūlių jungimas → siūlių hermetizavimas → bandinio ilgosios siūlės jungimas → siūlės hermetizavimas



2.2 pav. 1 hermetizavimo operacija



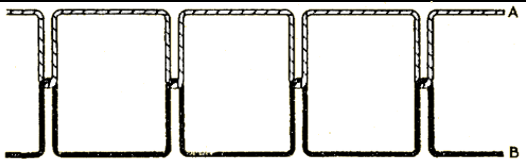

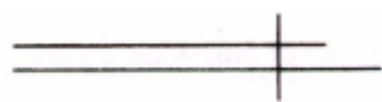
2.3 pav. 2 hermetizavimo operacijos (—pirmas kljavimas,—antras kljavimas)

Iš pateiktų schemų matyti, jog pirmuoju atveju bandiniai yra pilnai susiuvami iš 4 skirtingų detalių, nupeltakiuojami ir atliekamas visų siūlių hermetizavimas. Antruoju atveju 4 bandiniai susiuvami po 2 ir užhermetizuojamos 2 trumpos siūlės. Tuomet šie bandiniai vėl grįžta į siuvimą, susiuvami kartu ir atliekamas ilgosios siūlės hermetizavimas.

2.2.1 Bandinių paruošimas 1 etapas (siuvimo procesas)

Gaminant apsauginius drabužius, renkantis siuvimo technologiją svarbu išlaikyti reikalingiausius techninius drabužių reikalavimus. Vienas iš jų – siūlės stiprumas. Atsižvelgiant į ankstesnius tyrimus bandinių sujungimui naudojamas 301 šaudyklinis dygsnio tipas (žr. 2.3 lentelę). Atitinkamai parinkti 2.02.03 ir 1.02.01 tiesių siūlių tipai (žr. 2.3 lentelę). Siuvimas buvo atliktas universalia siuvimo mašina, o siuvimo sąlygų detalės pateiktos 2.4 lentelėje. Visų bandinių siūlės buvo siuvamos tomis pačiomis sąlygomis. Žinoma, kad skleistos siūlės yra daug silpnesnės [28], tokio tipo siūlės ypač retai naudojamos funkciniuose padidinto atsparumo vandeniui drabužiuose. Tyrimo metu siūlės užlaidos yra nulenkiamos į vieną pusę ir nupeltakiuojamos kuo arčiau susiuvimo siūlės – 2 mm pločio peltakiu [28, 48].

2.3 lentelė. Siūlių tipai pagal ISO 4916:1991 [49]

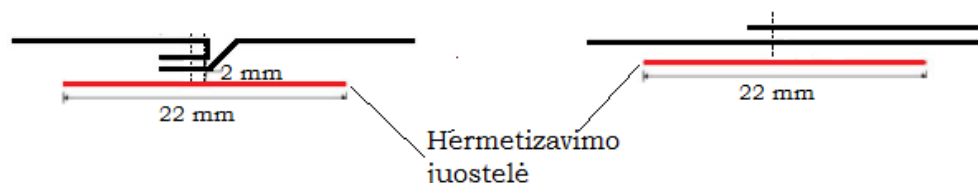
Dygsnio schema	Dygsnio tipas	Dygsnių skaičius dygs/cm
	301	3-4
Siūlės schema	Siūlės tipas	Siūlės plotis, mm
	2.02.03	6
	1.02.01	2

2.4 lentelė. Siuvimo įrenginiai

Įranga	Įrenginio kodas	Įrenginio nuotrauka	Apsisukimų skaičius, dyg/min	Dygsnio tipas	Dygsnių ilgis, mm
Pramoninė universali tiesiasiūlė greitaeigė šaudyklinė siuvimo mašina	JK-9100-B		4500-5000	301	Iki 5


2.2.2 Bandinių paruošimas 2 etapas (hermetizavimo procesas)

Susiūtų siūlių hermetizavimas atliekamas ant siūlės užklįjaujant hermetizavimo juostelę specialiu įrenginiu (žr. 2.5 lentelę). Ši operacija atliekama pagal juostelėms priskirtus parametrus aprašytus 2.2 lentelėje. Parametrai nustatomi ir visos hermetizavimo operacijos metu yra matomi įrenginio kompiuterio ekrane. Medžiagos kraštas dedamas ant apatinio stacionaraus ratuko vidine medžiagos puse į viršų, išlaikant siūlę ratuko centre. Hermetizavimo juosta įmaunama į veleną esantį viršuje ir pagal juostos plotį patikrinama, kad juostos galas būtų viršutinio ratuko centre. Pradėjus sandarinimo procesą viršutinis ratukas nusileidžia kartu su hermetizavimo juoste. Parametruose nustatytas slėgis veikia viršutinį ratuką, kuris suspaudžia medžiagą, kartu su hermetizavimo juosta. Leidžiantis viršutiniam ratukui lygiagrečiai nusileidžia karšto oro vamzdelis, kuris, pagal nustatytą temperatūrą, pučia karštą orą ir įkaitina hermetizavimo juostelę. Šio oro srauto temperatūra priklauso ne tik nuo parinktų parametrų bet ir nuo atstumo, tarp medžiagos ir oro vamzdelio. Kuo toliau karšto oro vamzdelis nusileidžia tuo daugiau aplinkoje esančio vėsaus oro susimaišo, o tai lemia, jog iš vamzdelio einantis oro srautas pasiekęs hermetizavimo juostą yra žemesnės temperatūros. Būtent nuo šio oro srauto temperatūros priklauso hermetizavimo juostos įkaitinimas ir kokybiškas susilydimas su pagrindo medžiaga. Viso hermetizavimo proceso metu, leidžiant medžiagą pro besisukančius įrenginio ratukus, siūlė turi būti išlaikoma hermetizavimo juostos centre. Hermetizuotų siūlių pjūviai pateikti x pav.



2.4 pav. Hermetizuotų siūlių pjūviai a) 2.02.03 siūlės tipas b) 1.02.01 siūlės tipas

2.5 lentelė. Hermetizavimo įrenginys

Įranga	Įrenginio kodas	Įrenginio nuotrauka	Klijavimo temperatūra, °C	Klijavimo greitis, m/min	Ratukų plotis, mm	Suspausto oro slėgis, Bar
Siūlių hermetizavimo specialia juoste, kaitinant karštam orui įrenginys	PRAFF 8330		650	7	10-30	6

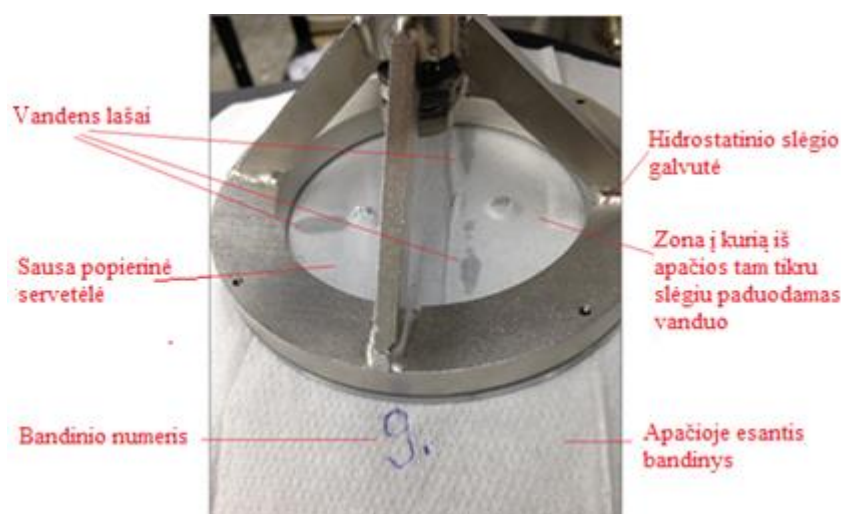
2.3 Hermetizuotų siūlių atsparumo vandeniui nustatymo metodika

Atsparumo vandens prasiskverbimui nustatymas, hidrostatinio slėgio bandymas buvo atliktas su hidrostatinio testavimo įrenginiu Macpi (žr. 2.6 lentelę) pagal LST EN 20811:1997 (ISO 811-1981) ir AATCC 127 bandymo sąlygas [43, 50]. Išorinis audinio paviršius kontaktuoja su vandeniu, o ant vidinio sluoksnio padėta sausa popierinė servetėlė ant kurios pasirodo pratekėję vandens lašai (žr. 2.7 pav.). Bandinių hidrostatinis slėgio matavimo tyrimas atliekamas tolygiai didinant nustatytą vandens slėgį ir fiksuojant pirmą vandens lašą priešingoje bandinio pusėje. Kiekvienas testas atliekamas po 3 kartus keičiant vandens padavimo slėgį nuo 0,6 bar iki 1 bar, išlaikant kiekvieną slėgio režimą po 1 min.

Tyrimo metu atliekami hermetizuotų siūlių vandens laidumo testai, kuriuose tiriamos 4 skirtingos medžiagos. Kiekvienai medžiagai ištirti naudojami 5 tipų bandiniai: trijų skirtingų siūlių konstrukcijų ir dviejų skirtingų hermetizavimo technologijų. Pirmasis testas kiekvienai medžiagai atliekamas naudojant kryžminio susikirtimo konstrukciją, siuvant ir hermetizuojant 4 etapais – S–2 . Antrasis testas atliekamas naudojant prasilenkiančią konstrukciją, siuvant ir hermetizuojant 4 etapais – P–2 . Trečiasis testas atliekamas naudojant kryžminio susikirtimo konstrukciją, siuvant ir hermetizuojant 2 etapais – S–1 . Ketvirtas testas atliekamas naudojant prasilenkiančią konstrukciją, siuvant ir hermetizuojant 2 etapais – P – 1. Penktasis testas atliekamas tiriant uždėtinės detalės siūlę – U.

2.6 lentelė. Hermetizuotų siūlių testavimo įranga

Įranga	Įrenginio kodas	Įrenginio nuotrauka	Slėgis, Bar	Testavimo laikas, s
Hidrostatinis testavimo įrenginys	Macpi 992.00		< 1	1-999

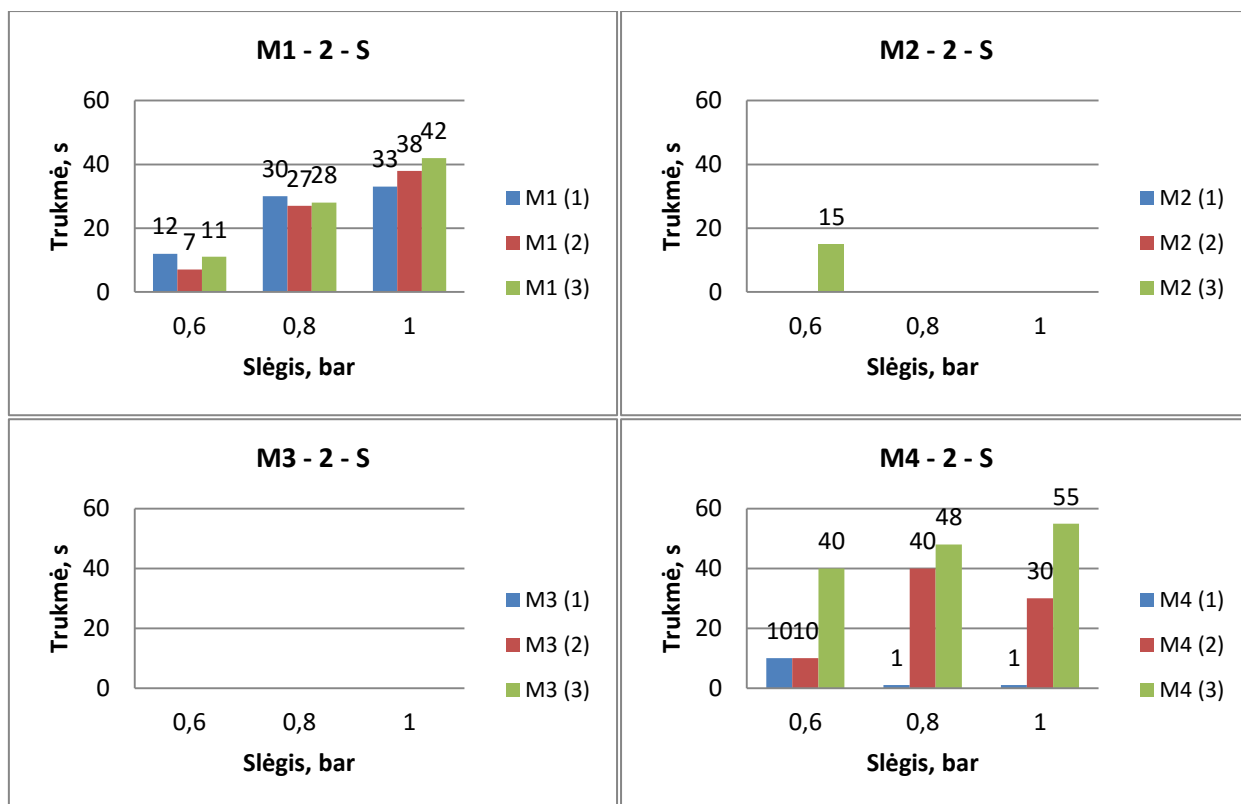


2.5 pav. Hidrostatinio slėgio bandymo schema

3. Hermetizuotų siūlių atsparumo vandeniui tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

3.1 Siūlės konstrukcijos ir hermetizavimo technologijos įtaka vandens laidumui siūlės vietoje

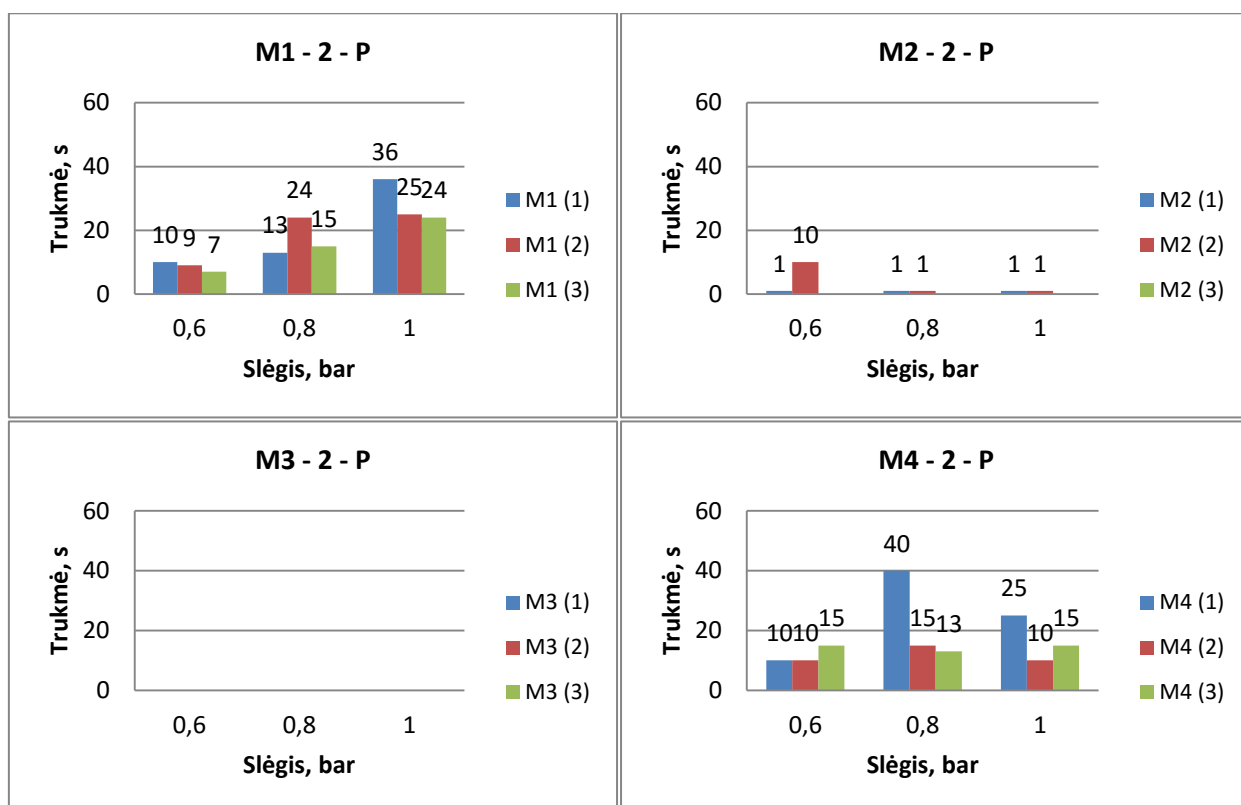
Tyrimo metu buvo testuojami 3 bandiniai iš kiekvienos medžiagos grupės M1 – M4. Pirmuoju atveju buvo testuojami bandiniai 2 – S (2 klįjavimai, susikertančios siūlės). Visi bandinių matavimai buvo atliekami 0,6, 0,8 ir 1 bar slėgiu po 60 s. Bandinio laidumas vandeniui fiksuotas pasirodžius pirmajam vandens lašui. Jei bandinys per 60 s nesušlapo (t. y. nebuvo užfiksuota vandens dėmė), buvo keliamas slėgis ir bandymas stebimas toliau. Iš pateiktų rezultatų x paveiksle matyti jog bandiniai M3 – 2 – S po visų slėgio bandymų išliko pralaidūs vandeniui. Kita vertus M2 – 2 – S tik viename bandinyje buvo užfiksuotas vandens lašas prie mažiausio 0,6 bar slėgio, o keliant slėgį iki 1 bar naujų vandens lašų nesusidarė. Didžiausias laidumas vandeniui užfiksuotas bandiniuose M1 – 2 – S ir M4 – 2 – S. Pirmasis M4 – 2 – S bandinys po 10 s prie 0,6 bar slėgio sušlapo (t.y. visame bandinio stebėjimo lauke matoma vandens dėmė) ir tyrimas, kylant slėgiui, tapo neaktualus. Toks pažeidimas yra kritinis ir gamybos metu toks gaminys privalo būti pašalintas arba taisomas. Likusiuose M1 – 2 – S ir M4 – 2 – S bandiniuose pirmieji vandens lašai užfiksuoti prie mažiausio 0,6 bar slėgio, o kylant slėgiui visuose bandiniuose buvo stebimi naujai susidarantys vandens lašai.



3.1 pav. 2 – S bandinių tyrimo rezultatai

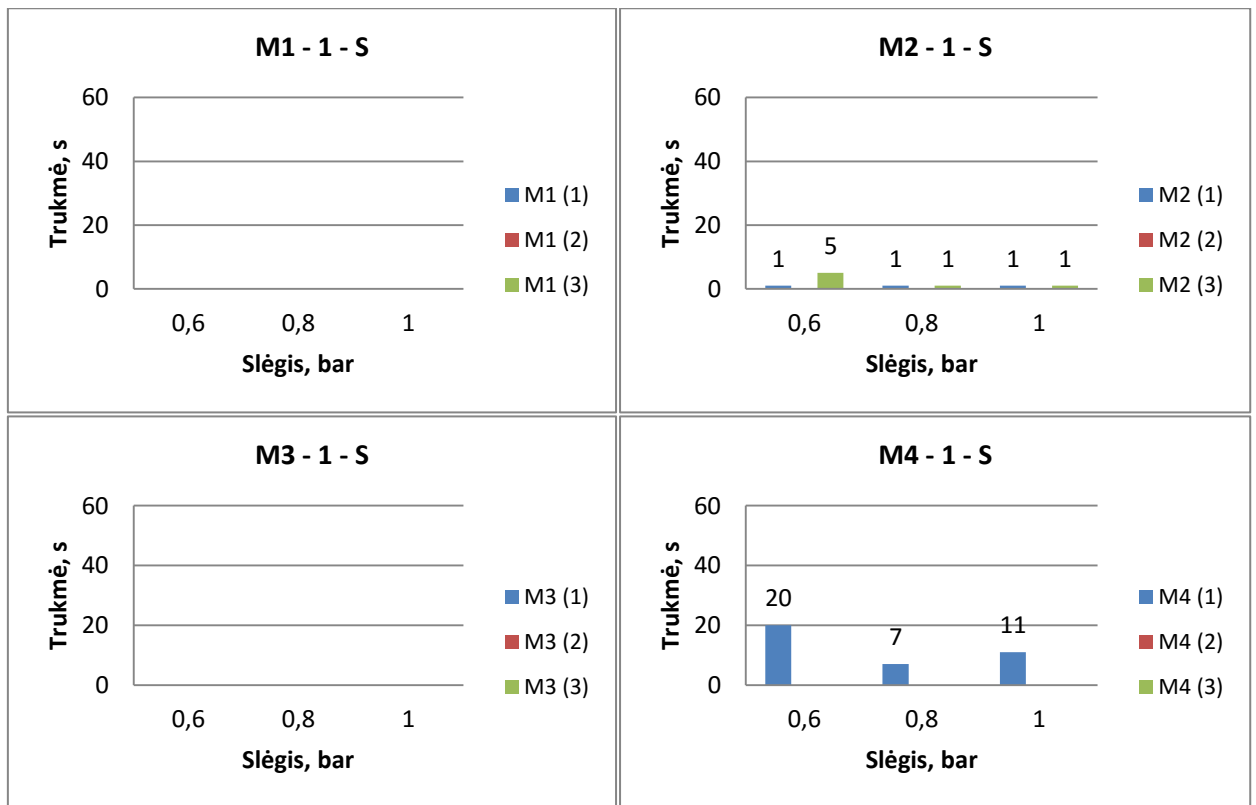
Antruoju atveju buvo testuojami bandiniai 2 – P (2 klijavimai, prasilenkiančios siūlės). Visi bandinių matavimai buvo atliekami analogiškai pirmajam testui. Iš pateiktų rezultatų x paveiksle matyti, jog bandiniai M3 – 2 – P po visų slėgio bandymų išliko nelaidūs vandeniui. Tačiau šiuo atveju M2 - 2 – P 2 bandiniai iš 3 tapo visiškai laidūs vandeniui po 1 s ir 10 s prie 0,6 bar slėgio. Tačiau didžiausias laidumas vandeniui pastebimas vėl bandiniuose M1 – 2 – S ir M4 – 2 – S. Abejose M1 ir M4 medžiagose visi bandiniai buvo laidūs vandeniui, o kylant slėgiui nuo 0,6 bar iki 1 bar atsirasdavo naujų nesandarių vietų, t.y. buvo stebimi naujai susiformuojantys vandens lašai.

Atsižvelgiant į tai, jog anksčiau aptartuose rezultatuose (žr. 3.1 pav.) ir dabar (žr. 3.2 pav.) bandiniai buvo hermetizuojami ta pačia technologija, tačiau skyrėsi siūlių konstrukcija, galima daryti išvadą jog, naudojant šią hermetizavimo technologiją, siūlių konstrukcija neturi didelės įtakos siūlių kokybei.

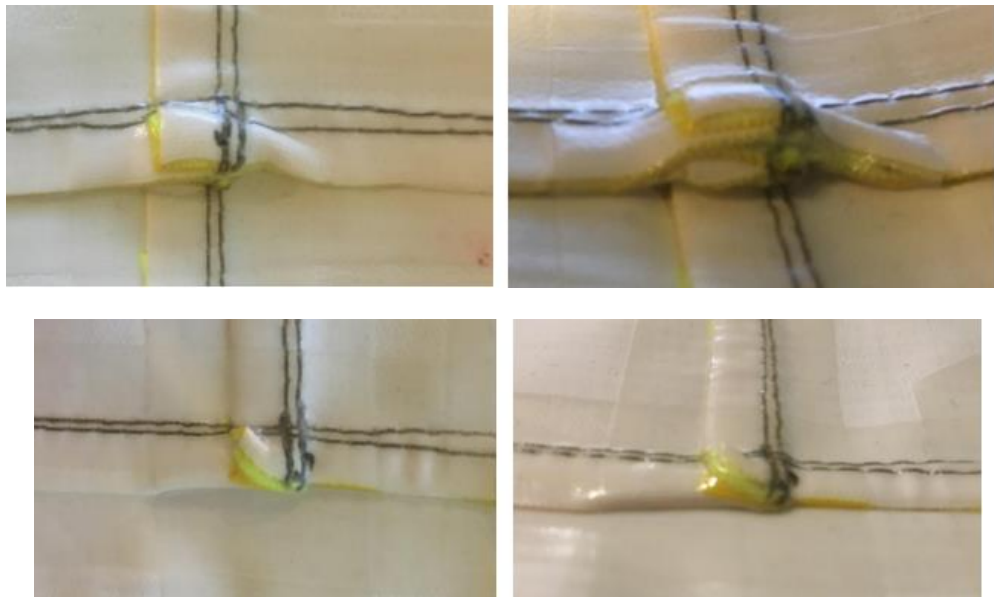


3.2 pav. 2 – P bandinių tyrimo rezultatai

Geresni rezultatai gauti bandiniuose, kurių hermetizavimo technologija buvo atliekama naudojant vieną technologinę operaciją (žr. 3.3 pav. y psl.). Pirmuoju atveju dvi medžiagos M1 - 1 – S ir M3 - 1 – S išliko nelaidžios vandeniui. M4 - 1 – S 1 bandinys iš 3 buvo laidus vandeniui. Pirmasis vandens lašas užfiksuotas prie 0,6 bar slėgio praėjus 20 sekundžių, antrasis vandens lašas užfiksuotas prie 0,8 bar slėgio po 7 sekundžių ir trečiasis – prie 1 bar slėgio po 11 sekundžių. Kita vertus M2 - 1 – S net 2 bandiniai iš 3 tapo visiškai laidūs prie mažiausio 0,6 bar slėgio po 1 ir po 5 sekundžių. Tačiau šiuo atveju vandens laidumą galimai lėmė hermetizavimo metu padarytos siūlių užlaidų klostės (žr. 3.4 pav.). Dėl tokio gamybos metu padaryto defekto siūlės storis yra didesnis nei įprastai ir tokia vieta yra mažiau sandari.

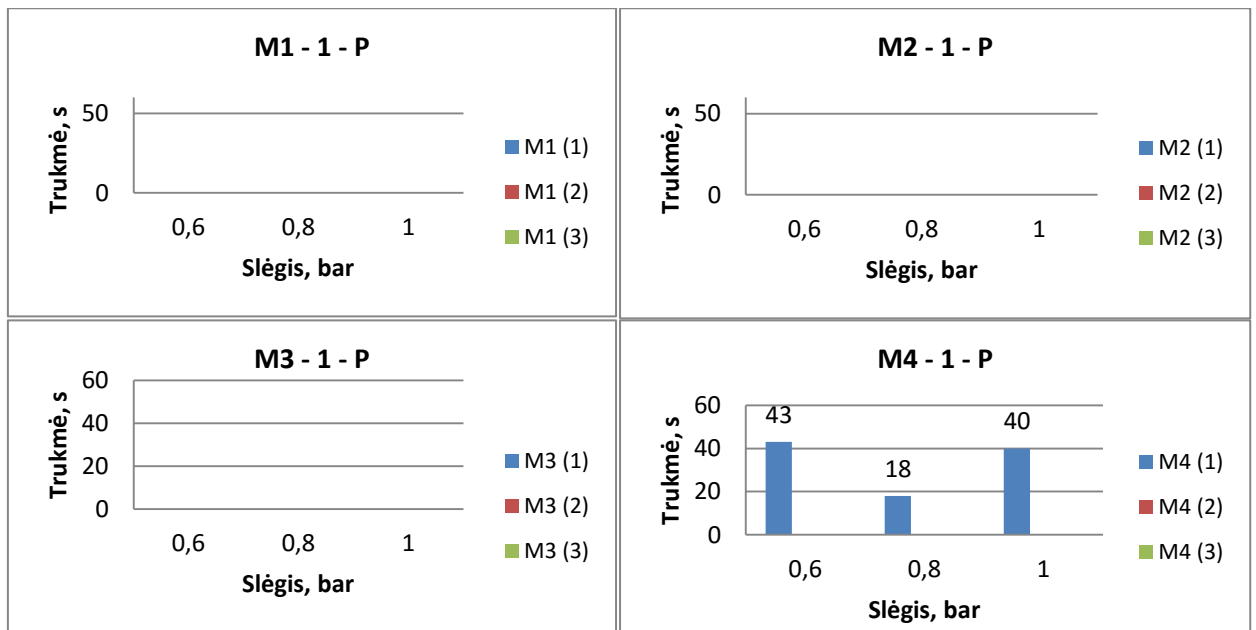


3.3 pav. 1 – S bandinių tyrimo rezultatai



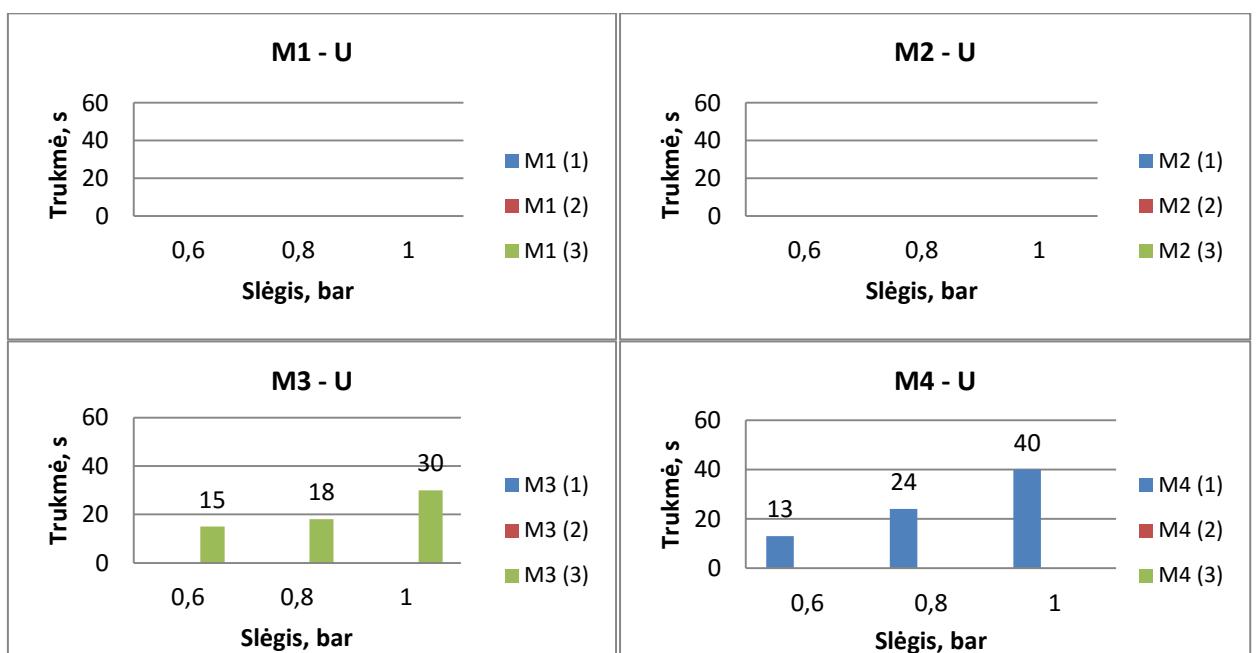
3.4 pav. Hermetizavimo metu užfiksuotos siūlių užlaidų klostės

Geriausi rezultatai gauti bandiniuose, kurių hermetizavimo technologija buvo atliekama viena operacija, o siūlių konstrukcija – prasilenkianti (1 – P) (žr. 3.5 pav. y psl.). Net 3 medžiagos iš 4, M1 - 1 – P, M 2 - P ir M3 - 1 – p išliko nelaidžios vandeniui. Ir tik 1 bandinyje iš 3, M4 – 1 – P buvo fiksuotas pirmasis vandens pratekėjimas po 43 sekundžių prie mažiausio 0,6 bar slėgio, antrasis – po 18 sekundžių prie 0,8 bar slėgio ir trečiasis – po 40 s prie 1 bar slėgio.



3.5 pav. 1 – P bandinių tyrimo rezultatai

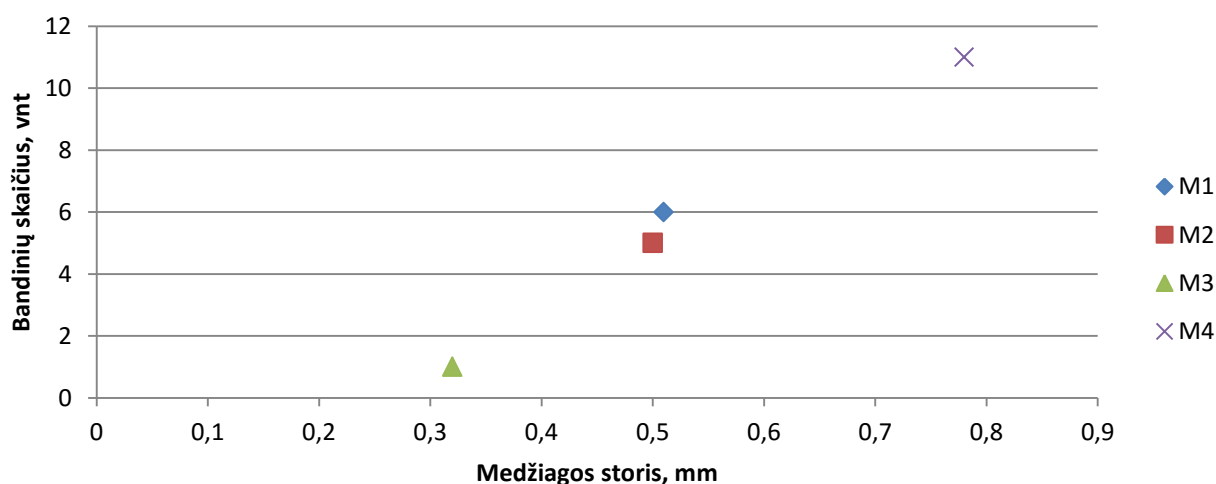
Uždėtinės detalės peltakio hermetizavimo rezultatai šiek tiek iškreipia bendrus tyrimo rezultatus (žr. 3.6 pav.). M3 – U bandinys 1 iš 3 parodė teigiamą testo rezultatą ir po 15 sekundžių prie mažiausio 0,6 bar slėgio buvo užfiksuotas pirmasis vandens lašas, toliau kylant slėgiui buvo fiksuoti antras ir trečias vandens lašai. Pagal anksčiau gautus rezultatus šio tipo medžiagai toks rezultatas yra neįprastas, tačiau tai galėtų būtų tolimesnių tyrimų atskaitos tašku. Kadangi šis vandens laidumas nėra susijęs nei su konstrukcija, nei su hermetizavimo technologija, nei su akivaizdžiai matomu defektu. Galima tik spėti, jog tam įtakos galėjo turėti vidiniai hermetizavimo įrenginio parametrai arba hermetizavimo metu padarytas sustojimas. Taip pat M4 – U 1 bandinys iš 3 buvo laidas vandeniui ir po 13 sekundžių buvo fiksuojamas pirmasis vandens lašas prie mažiausio 0,6 bar slėgio. Toliau kylant slėgiui buvo fiksuoti antrasis ir trečiasis vandens lašas atitinkamai po 24 ir 40 sekundžių.



3.6 pav. U bandinių tyrimo rezultatai

3.2 Siūlių vandens laidumo priklausomybė nuo medžiagos storio

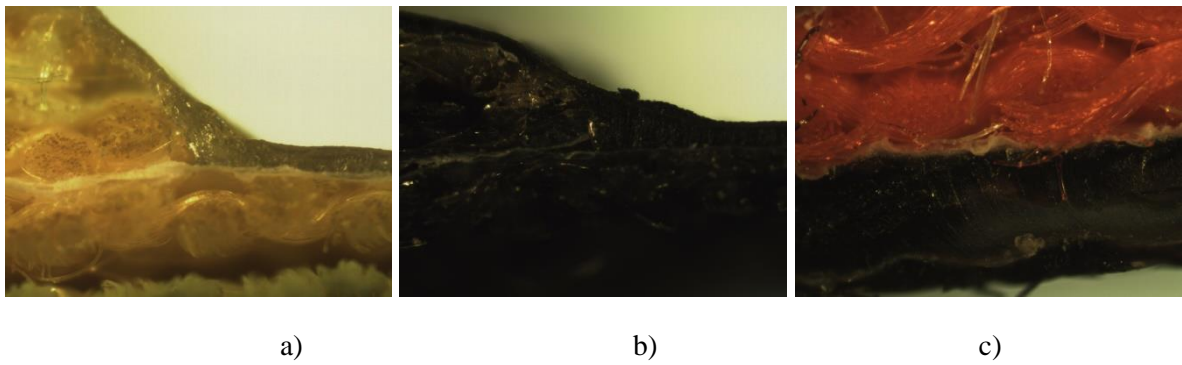
Pagal anksčiau gautus rezultatus (žr. 3.1, 3.2, 3.3, 3.5 pav.) galima daryti prielaidą jog, pagrindinė hermetizuotų siūlių laidumo vandeniui problemos priežastis yra hermetizuotų siūlių storis. Šiam rodikliui visų pirma įtakos turi medžiagos storis. Pagal tyrime gautus vandens laidumo rezultatus (žr. X pav., prieduose), neatsižvelgiant į siūlių konstrukciją ir hermetizavimo eiliškumą, bendras bandinių skaičius, kurie buvo laidūs vandeniui priklauso nuo medžiagos storio (žr. 3.7 pav.). Kuo storesnė medžiaga, tuo daugiau siūlių yra laidžios vandeniui. Eksperimento metu buvo tiriamos 4 skirtingų storių medžiagos. Ploniausia medžiaga M3, kurios storis yra 0,32 mm. Hidrostatinio slėgio bandymo metu buvo testuojami 12 šios medžiagos bandinių iš kurių vandeniui pralaidus buvo tik vienas. Storiausia tirta medžiaga – M4. Ji yra beveik dvigubai storesnė lyginant su pirmąja ir jos storis siekia 0,78 mm. Iš 12 šios medžiagos bandinių net 11 buvo laidūs vandeniui. Tačiau šių dviejų medžiagų struktūros yra skirtingos. M3 medžiaga yra dviejų sluoksnių, ją sudaro audinys ir plėvelė. O M4 medžiaga yra 3 sluoksnių, sudaryta iš audinio, plėvelės ir mezginio. Todėl gautus rezultatus būtų galima interpretuoti į dvi skirtingas problemą lemiančias priežastis. Pirmoji – medžiagos storis, o antroji – medžiagos struktūra. Tai patvirtinta ir kitos dvi tyrimo medžiagos. Jos taip pat yra skirtingų struktūrų: M1 medžiaga yra trijų sluoksnių, o M2 medžiaga – 2 sluoksnių. Tačiau šių medžiagų bendras paketo storis yra praktiškai vienodas: M1 – 0,51 mm, M2 – 0,50 mm, o gauti rezultatai patvirtino, kad esant panašiam storiui ir vandeniui laidžių bandinių skaičius yra panašus. Iš 12 M1 medžiagos bandinių 6 buvo laidūs vandeniui, o iš 12 M2 medžiagos bandinių laidūs vandeniui buvo 5. Todėl lyginant visas keturias medžiagas yra pastebima ryški medžiagos storio įtaka hermetizuotų siūlių vandens laidumui.



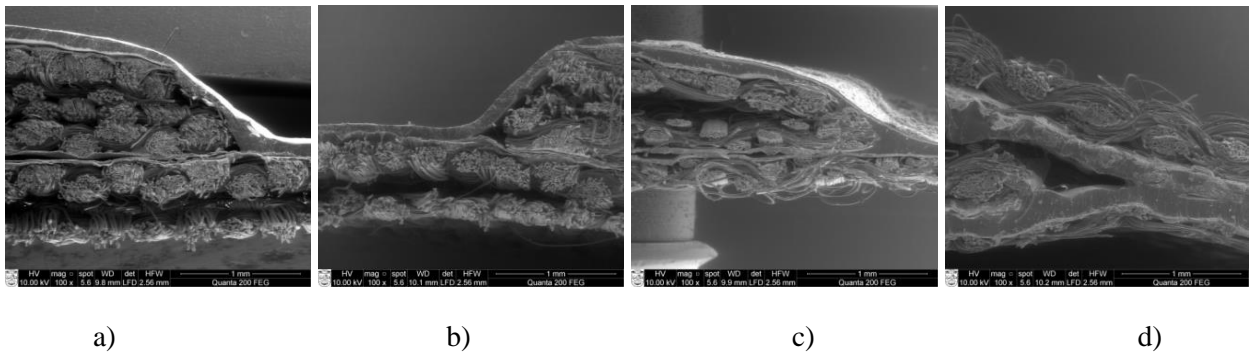
3.7 pav. Siūlių vandens laidumo priklausomybė nuo medžiagos storio

3.3 Hermetizuotų siūlių morfologinė analizė

Hermetizuotų siūlių bandiniai buvo analizuojami optiniu ir elektroniniu skenuojančiu mikroskopu. Analizuojami medžiagų skerspjūviai, kuriuose matomas hermetizuotas 2.02.03 siūlės tipo mazgas. Žiūrint nuo viršaus į apačią pjūviuose yra matoma hermetizavimo juostelė, du sluoksniai medžiagos, kurią sudaro siūlių užlaidos bei pagrindinis medžiagos sluoksnis. 3.8 paveisle b ir c dalyje yra matomos dviejų sluoksnių struktūros medžiagos, o a ir d dalyje – trijų sluoksnių struktūros medžiagos.

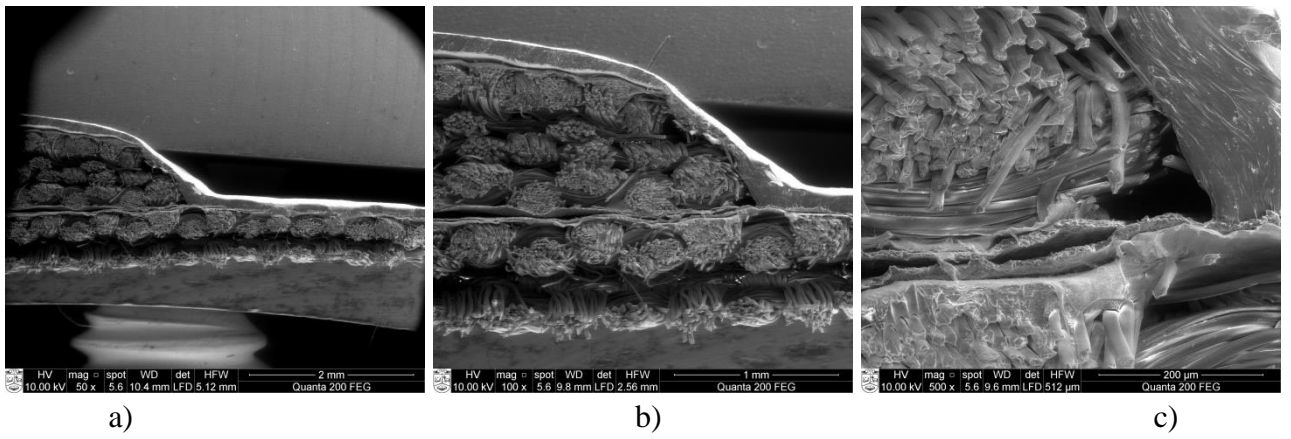


3.8 pav. Medžiagų skerspjūviai užfiksuoti optiniu mikroskopu, kai didinimas x200: a – M2, b – M3, c – M1 – M4

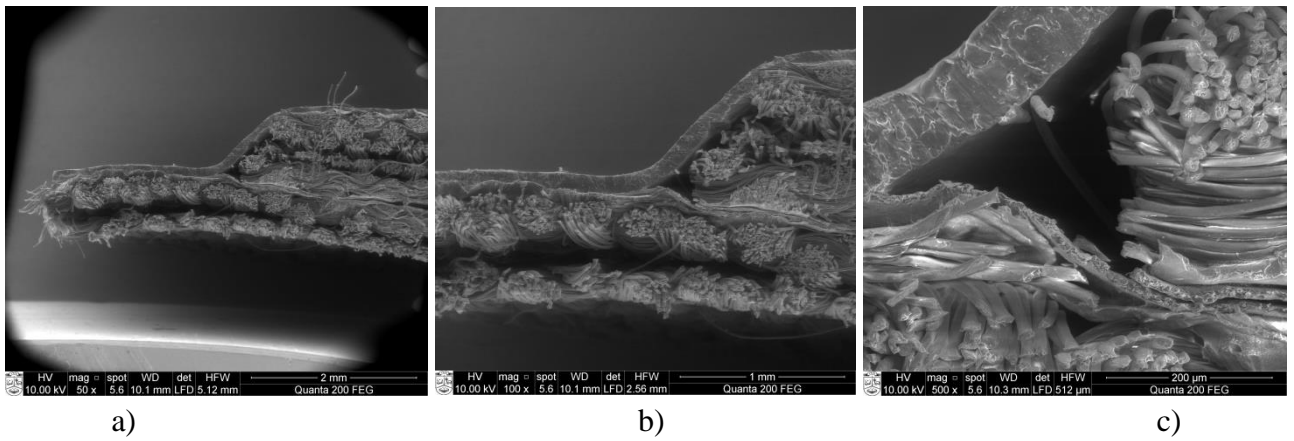


3.9 pav. Medžiagų skerspjūviai, užfiksuoti skenuojančiu elektroniniu mikroskopu, kai didinimas x100: a – M1, b – M2, c – M3, d – M4

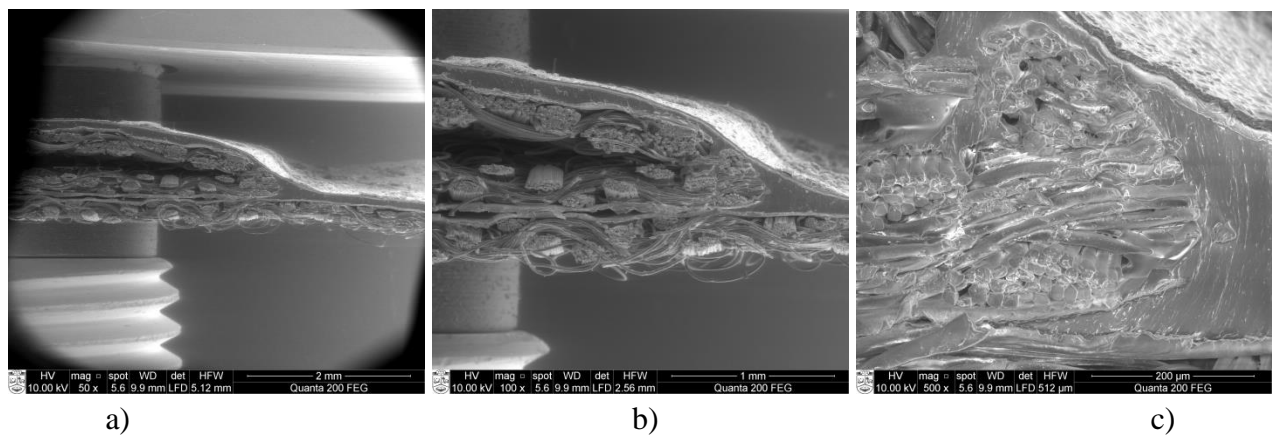
Šio tyrimo metu buvo atliekamas vizualinis stebėjimas, siekiant patikslinti galimas defektų priežastis. Keičiant vaizdo didinimą buvo siekiama įvertinti tarp hermetizavimo juostelės ir medžiagos susidarantį adhezinį ryšį. Kokybiškiausias adhezinis ryšys hermetizuotų mazgų skerspjūviuose pastebimas M3 medžiagoje (žr. 3.12 pav.). Siūlės užlaidos kirptiniai kraštai yra pilnai padengti klijuais ir nėra jokių oro tarpų, kurie būtų potencialios vietos vandens pratekėjimui. Šis vaizdas patvirtina anksčiau gautus vandens laidumo rezultatus (žr. 3.7 pav.). Buvo nustatyta, kad M3 medžiagos visi 2.02.03 siūlės tipo bandiniai buvo nelaidūs vandeniui. Tuo tarpu kitų trijų medžiagų vandens laidumo rezultatai buvo teigiami. Stebint 3.10 paveikslą matyti, jog nors ir M1 siūlės užlaidos sluoksniai tarpusavyje yra pakankamai suspausti ir tarp jų nėra tarpo, tačiau siūlės užlaidos krašte yra nepakankamas klijų kiekis, todėl yra stebimas oro tarpas tarp medžiagos krašto ir hermetizavimo juostelės. Toks pat rezultatas matomas ir 3.11 paveiksle. Tarp M2 medžiagos ir hermetizavimo juostelės, siūlės užlaidos krašte yra ypač didelis oro tarpas. Tokios vietos yra potencialiai padidintos rizikos vietos, kadangi adhezinis ryšys tarp jungiamųjų sluoksnių yra nepakankamas ir siūlės vietoje lengvai pažeidžiamas didelio slėgio vandens. Didžiausi oro tarpai yra matomi 3.13 paveiksle. Šiame skerspjūvyje yra pastebima, jog ne tik yra prastas sukibimas siūlės užlaidos krašte, tačiau ir lygioje vietoje, kurioje hermetizavimo juostelė dengia vieną medžiagos sluoksnį. Adhezinis ryšys tarp M4 medžiagos ir hermetizavimo juostelės nėra tolygus, tam tikrose vietose yra susidarę oro tarpai pro kuriuos, tikėtina, prasiskverbia vanduo.



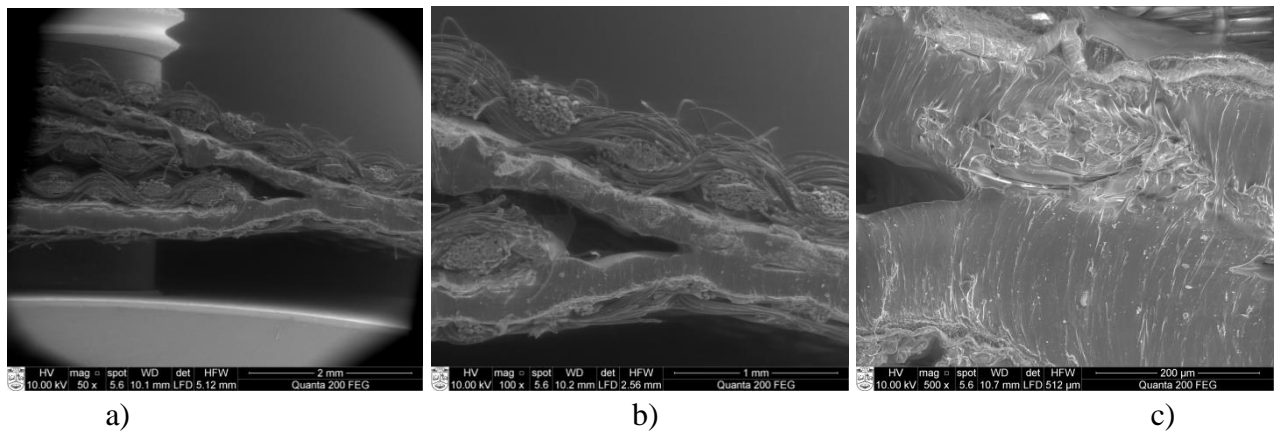
3.10 pav. M1 medžiagos skerspjūvis, kai didinimas: a) 50x b) 100x c) 500x



3.11 pav. M2 medžiagos skerspjūvis, kai didinimas: a) 50x b) 100x c) 500x



3.12 pav. M3 medžiagos skerspjūvis, kai didinimas: a) 50x b) 100x c) 500x



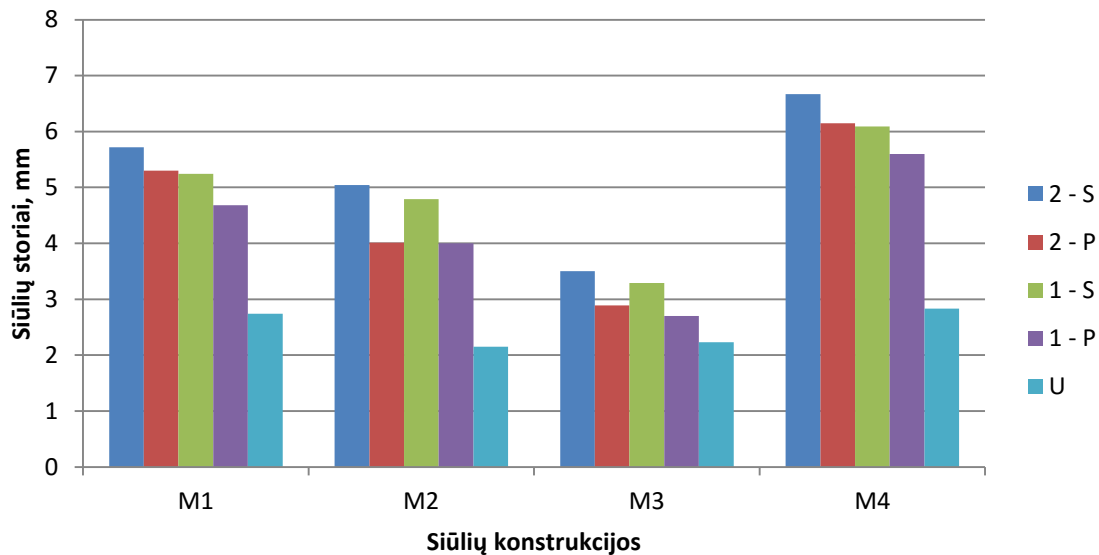
3.13 pav. M4 medžiagos skerspjūvis, kai didinimas: a) 50x b) 100x c) 500x

3.4 Hermetizuotų siūlių storio įtaka siūlių vandens laidumui

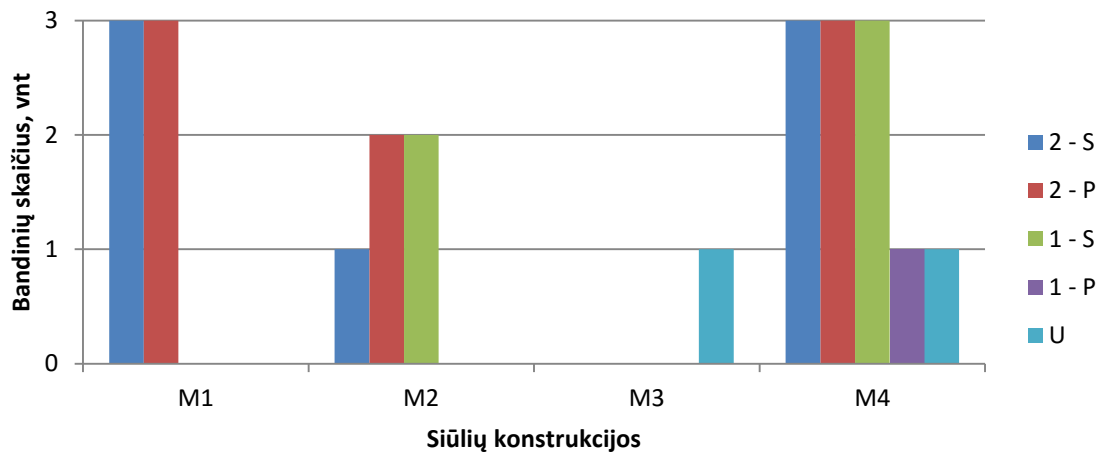
Hermetizuotų siūlių storis priklauso nuo medžiagos ir hermetizavimo juostelės storio, tačiau įtaką daro ir kitos priežastys. Pirmoji priežastis didinanti siūlės storį ir lemianti vandens laidumą siūlių susikirtimo vietoje yra konstrukcija. Didėjant susikertančių siūlių skaičiui sankirtoje didėja siūlės storis (žr. 3.14 pav.), kuris tiesiogiai susijęs su hermetizavimo juostelės pločiu. Hermetizavimui naudojamos juostelės plotis nekinta, todėl kuo storesnė, t.y. aukštesnė siūlė, tuo mažiau hermetizavimo juostelė ją apgaubia iš kraštų. Taip nesusiformuoja pakankamas hermetizuotos siūlės plotis ir didėja rizika vandens laidumui pro juostelės kraštus. Dėl storos siūlių užlaidos dažnai nėra gerai prispaudžiamos hermetizuojančios juostelės ir tokios vietos turi didelius oro tarpus, kurie lengvai praleidžia didelį kiekį vandens ir tuo momentu, kai kylantis vandens slėgis iššaukia jėgas, didesnes už hermetizavimo juostelės sukibimo su medžiaga jėgą, suardomas adhezinis ryšys tarp juostelės ir medžiagos ir siūlė netenka sandarumo, ir fiksuojamas vandens laidumas.

Antroji priežastis lemianti vandens laidumą siūlių sankirtoje yra siūlės hermetizavimo juoste eiliškumas. Šioje vietoje ypač svarbu atsižvelgti į tai, jog vandens laidumo testai yra atliekami po 2 etapų: bandinys su siūle yra pilnai susiuvamas ir siūlės užhermetizuojamos [42]. Tačiau gamybos metu realiuose gaminiuose dažniausiai naudojami 4 mazgų surinkimo etapai: 2 siūlės yra susiuvamos, užhermetizuojamos, tada vėl grįžtama į siuvimą – trumposios siūlės tarpusavyje yra susiuvamos ir vėl užhermetizuojamos. Toks hermetizavimo eiliškumas dažnu atveju yra patogesnis dėl sudėtingų drabužių konstrukcijų, kas lemtų ilgesnį hermetizavimo laiką arba kitu atveju reikalautų kvalifikuotų ir gerus įgūdžius turinčių darbuotojų. Tačiau tyrimo metu buvo patvirtinta, jog toks hermetizavimo technologijos eiliškumas turi didelę įtaką siūlių kokybei ir vandens atsparumui.

Buvo išmatuoti hermetizuotų siūlių storiai siūlių susikirtimo vietose tiek skirtingų siūlių konstrukcijų, tiek skirtingų hermetizavimo technologijų atveju. Atlikus matavimus nustatyta, kad siūlių storis yra tiesiogiai susijęs su vandens laidumu siūlės vietoje (žr. 3.15 pav.). Kuo daugiau hermetizuotų siūlių susikerta vienoje vietoje, tuo didesnė tikimybė, jog siūlės susikirtimo vietoje bus laidžios vandeniui. Akivaizdu, jog gaminio surinkimo ir siūlių hermetizavimo eiliškumas gali labai lemti padidintą riziką turinčių mazgų defektus.



3.14 pav. Konstrukcijos įtaka siūlių storiui

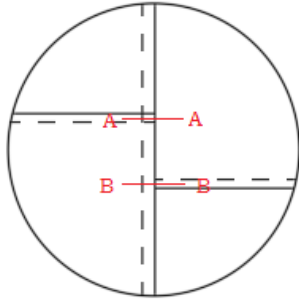
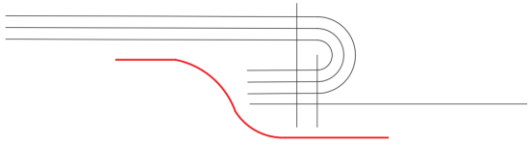
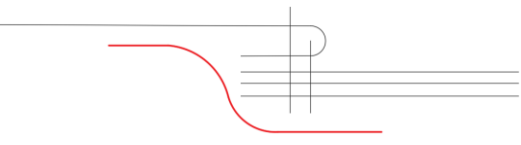
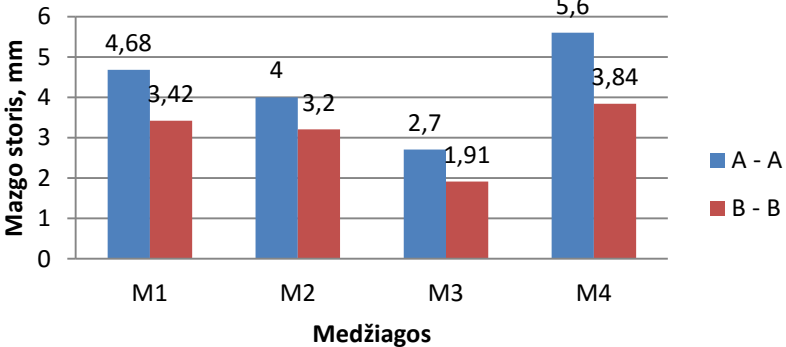
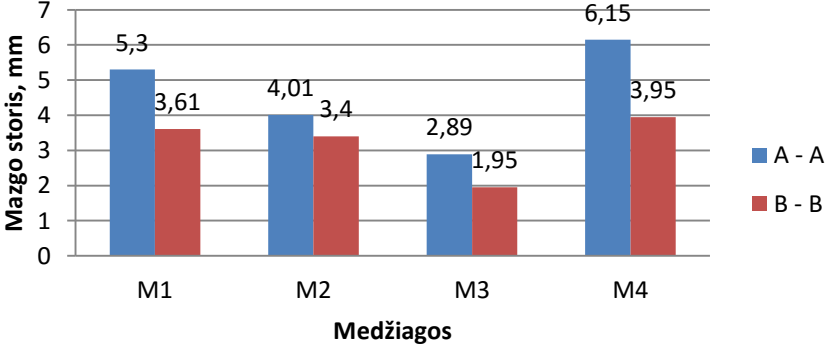


3.15 pav. Siūlių konstrukcijos įtaka vandens laidumui

Analizuojant siūlių storius prasilenkiančių konstrukcijų bandiniuose pastebėta, jog tam įtakos turi ne tik medžiagos storis, tačiau ir siūlės užlaidos kryptis. Atliekant hermetizavimo procesą siūlės užlaida negali būti paliekama skleista, todėl ji yra nuverčiama į vieną pusę. Šiuo momentu svarbu atkreipti dėmesį jog šis technologinės eigos elementas turi nemažą įtaką siūlės kokybei. Kaip matyti 3.1 lentelėje, priklausomai nuo siūlės užlaidos krypties, keičiasi siūlės storis. Pagrindinė vertikali siūlė kertasi su kitomis siūlėmis dvejose vietose: A- A ir B – B pjūviuose. Vertikalios siūlės užlaida šiuo atveju yra nuverčiama ir nupeltakiojama į A –A pjūvio pusę. Iš A-A pjūvio schemas pateiktos x lentelėje matoma, jog peltakiojant šią mazgo dalį lyginant su B – B pjūviu atsiranda papildomi 2 medžiagos sluoksniai. Tai lemia didesnę mazgo storį siūlių susikirtimo vietoje. Tyrimo metu buvo išmatuoti mazgo storiai dvejose pjūviuose skirtingų hermetizavimo technologinių eigų atvejais. Pirmuoju atveju A – A ir B – B pjūviai išmatuoti atliekant hermetizavimo procesą pilnai susiuvus bandinį, t. y. 1 – P. Antruoju atveju mazgo storiai išmatuoti atliekant hermetizavimo procesą dviem etapais, t. y. 2 – P. Pagal gautus rezultatus matyti, jog A - A pjūvyje lyginant su B – B pjūvio vieta, visose keturiuose medžiagose M1, M2, M3 ir M4 siūlė yra storesnė apie 1 mm. Tokiu atveju toliau atliekant hermetizavimą, šią vietą turėtų veikti didesnis ratukų prispaudimo

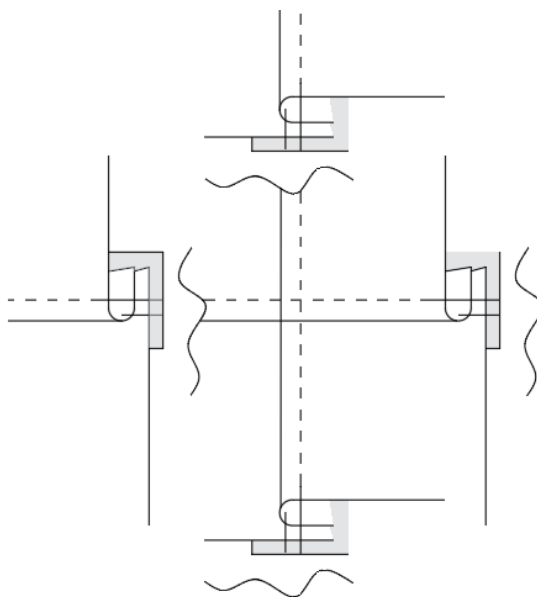
slėgis nei plonesnių siūlių vietoje. Tačiau gamyboje slėgis yra nustatomas hermetizavimo eigos pradžioje ir negali būti keičiamas tolimesnėje darbo eigoje. Atsižvelgiant į tai, hermetizavimo metu turėtų būti įvertinta, kiek ir kokiomis kryptimis hermetizuojama siūlė kertasi su kitomis siūlėmis. Priklausomai nuo to siūlės užlaida turėtų būti nuverčiama į tą pusę, kurioje yra mažesnis susikertančių siūlių skaičius.

3.1 lentelė. Siūlės storio priklausomybė nuo siūlės užlaidos krypties

Technologinis mazgas																	
Pjūviai																	
Vidutinis siūlės storis pjūvio vietoje, mm																	
<p style="text-align: center;">1 - P</p>  <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Medžiagos</th> <th>A - A</th> <th>B - B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M1</td> <td>4,68</td> <td>3,42</td> </tr> <tr> <td>M2</td> <td>4</td> <td>3,2</td> </tr> <tr> <td>M3</td> <td>2,7</td> <td>1,91</td> </tr> <tr> <td>M4</td> <td>5,6</td> <td>3,84</td> </tr> </tbody> </table>			Medžiagos	A - A	B - B	M1	4,68	3,42	M2	4	3,2	M3	2,7	1,91	M4	5,6	3,84
Medžiagos	A - A	B - B															
M1	4,68	3,42															
M2	4	3,2															
M3	2,7	1,91															
M4	5,6	3,84															
<p style="text-align: center;">2 - P</p>  <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Medžiagos</th> <th>A - A</th> <th>B - B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M1</td> <td>5,3</td> <td>3,61</td> </tr> <tr> <td>M2</td> <td>4,01</td> <td>3,4</td> </tr> <tr> <td>M3</td> <td>2,89</td> <td>1,95</td> </tr> <tr> <td>M4</td> <td>6,15</td> <td>3,95</td> </tr> </tbody> </table>			Medžiagos	A - A	B - B	M1	5,3	3,61	M2	4,01	3,4	M3	2,89	1,95	M4	6,15	3,95
Medžiagos	A - A	B - B															
M1	5,3	3,61															
M2	4,01	3,4															
M3	2,89	1,95															
M4	6,15	3,95															

4. Eksperimentinių tyrimų rezultatų taikymo galimybės

Atliktų tyrimų metu nustatyta, jog didžiausios vandens laidumo zonos yra tos, kuriose kertasi keturių kryptų siūlės. Padidintos rizikos vietos pjūvyje, kuris yra pateiktas 4.1 paveiksle, matyti, jog susikirtimo vietoje yra praktiškai 12 sluoksnių medžiagos, bei priklausomai nuo hermetizavimo technologijos eiliškumo gali būti nuo 2 iki 4 sluoksnių hermetizavimo juostelės. Ši vieta yra pastebima kaip dažniausiai pralaidi vandeniui, todėl konstruojant gaminius tokių mazgų turėtų būti atsisakoma, arba jų kiekis gaminiuose turėtų būti minimalus.

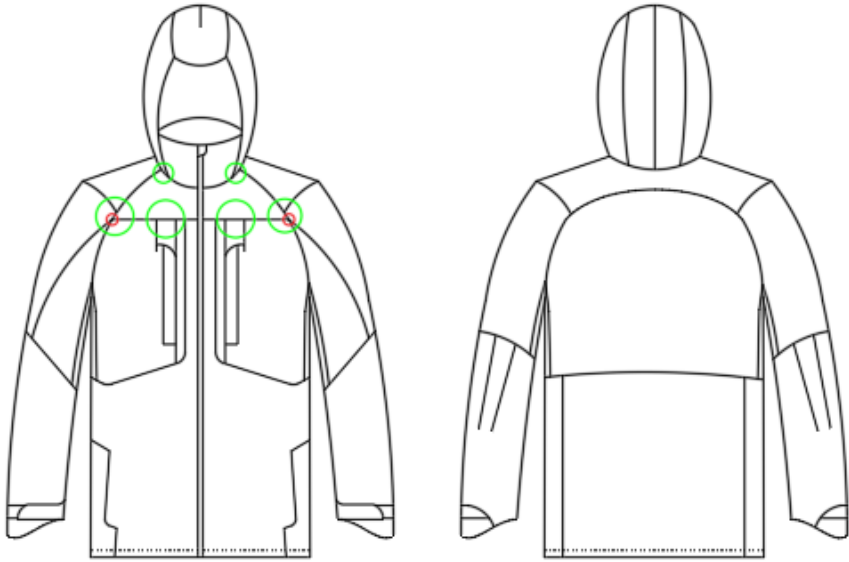
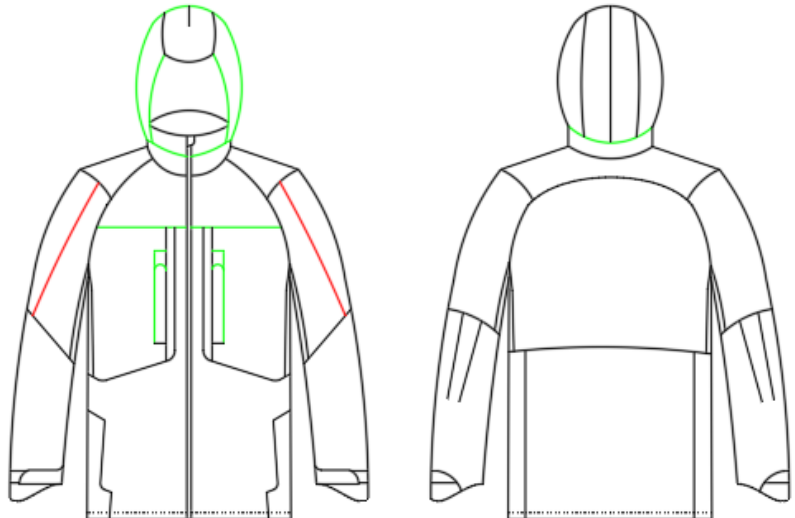


4.1 pav. Susikertančios konstrukcijos mazgo pjūvis

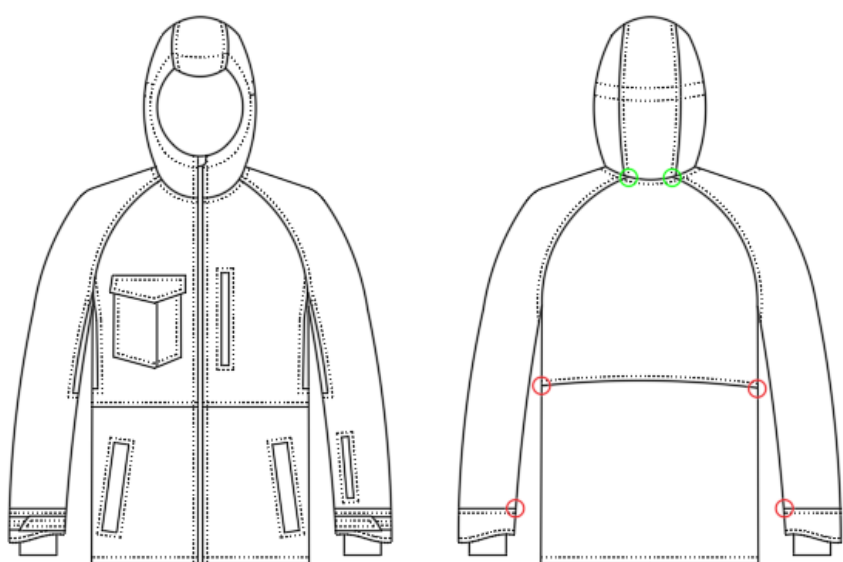
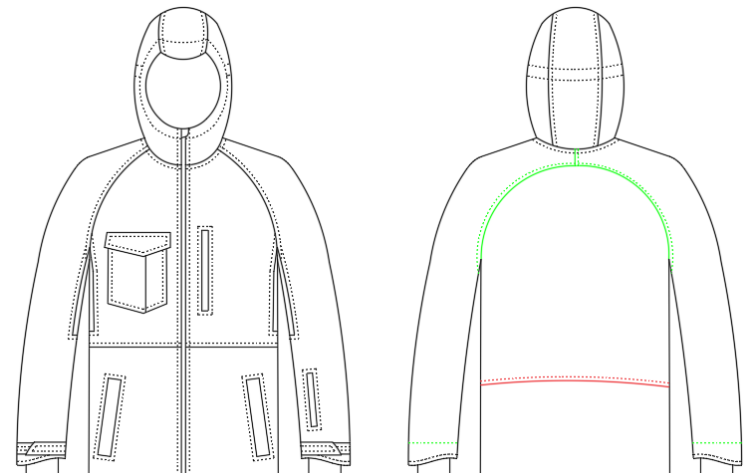
4.1 Rinkos gaminių konstrukcijos kritinė analizė

Atlikus pasiūloje esančio asortimento analizę matyti, jog dauguma prekinių ženklų, visų pirma, orientuojasi į išskirtinį dizainą. Vyrauja ypač skaidytos gaminių konstrukcijos. Analizuojant tik viršutinį drabužių paketo sluoksnį, vidutiniškai jis yra sudarytas iš daugiau nei 25 detalių. Tokia gaminių dizaino ypatybė ypač patraukia vartotojų dėmesį iš pirmo žvilgsnio, tačiau toks dizainas dažnai prasilenkia su gaminio funkcinėmis savybėmis. Aktyvaus laisvalaikio aprangos pagrindinė funkcija yra kūno apsauga, o ne išskirtinis dizainas. Tad visų pirma reikėtų išanalizuoti gaminį technologiškai ir tik įvertinus visus aspektus, kurie lems maksimalią kokybę, galima skirti dėmesį dizainui, nuolat jį vėl prilyginant technologijų atlikimo kokybei. Atsižvelgiant į tai, jog specialios paskirties aprangoje yra naudojamos hermetizuotos siūlės, kiekviena siūlė, kuri yra sukonstruota tik dėl išskirtinio dizaino, ne tik iškelia gaminio savikainą, tačiau ir padidina gaminio vandens laidumo tikimybę. Didelis susikertančių siūlių skaičius gaminyje yra vienas iš veiksnių lemiančių vandens pratekėjimus, todėl dizaineriai kurdami tokios paskirties gaminius turėtų tai įvertinti ir vengti tokių mazgų. Žemiau pateikiamose lentelėse (žr. 4.1 – 4.6 lenteles) yra išanalizuoti rinkoje esantys gaminiai ir pateikti rekomenduojami gaminių konstrukciniai pakeitimai, kurie užtikrintų funkcinių gaminių kokybę.

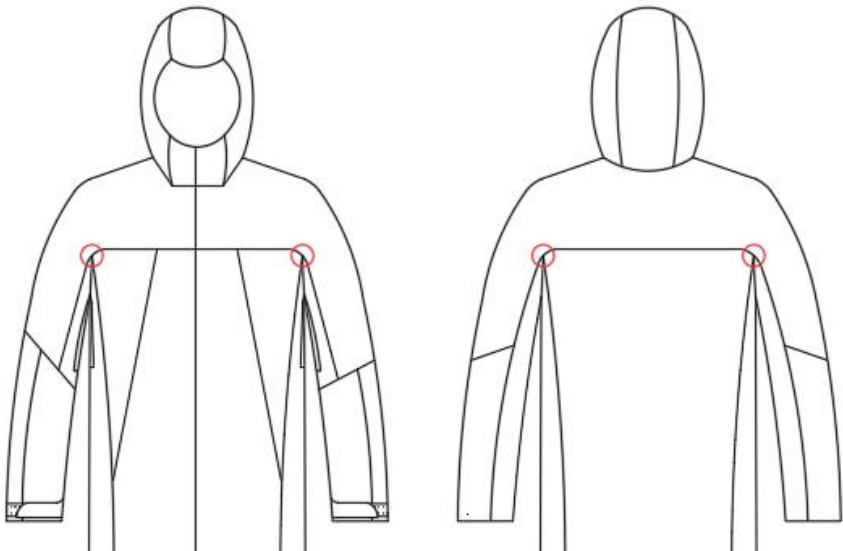
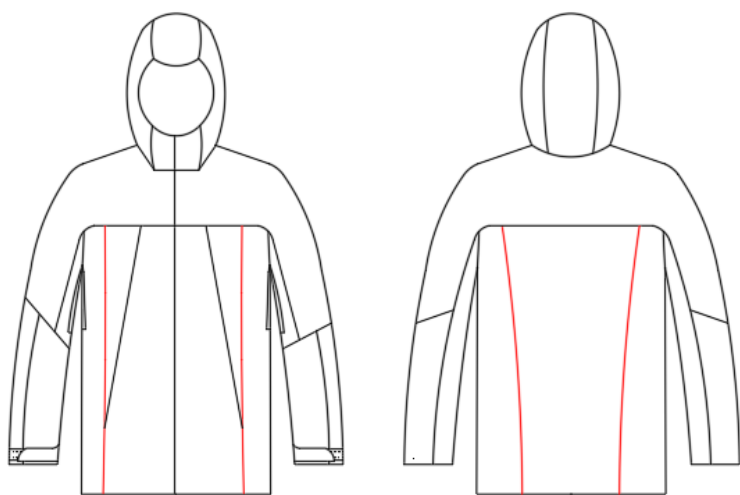
4.1 lentelė. A1 modelio kritinių vietų apžvalga

MEN'S BURTON [AK]® 2L GORE-TEX® SWASH JACKET	
Gamintojas	Burton
Modelis	Swash
Paketo sluoksnių skaičius	2
Pagrindo medžiaga	GORE-TEX®, 2 sluoksnių medžiaga, tinkama hermetizavimui
Pamušalas	Kaip atskiras sluoksnis, nehermetizuotas
Siūlės	Hermetizuotos 2 sluoksnių juoste
Techninis eskizas	
Rinkoje esantis gaminys	 <p style="text-align: center;">○ – Padidintos rizikos vieta, ○ – potenciali rizikos vieta</p>
Siūlomas patobulintas gaminys	
Kritinių vietų apžvalga, rekomenduojami pakeitimai	
<p>Modelyje yra viena padidintos rizikos ir trys potencialios rizikos vietos. Padidintos rizikos vietoje yra susikirtusios keturių krypčių siūlės: rankovės skaidymo siūlė, papetės siūlė ir rankovės įsiuvimo siūlė. Kadangi rankovės skaidymo siūlė sumodeliuota tik dėl įvairesnio dizaino, šią siūlę siūloma patraukti iš padidintos rizikos vietos į pečių siūlę, kurioje yra minimalus susikertančių siūlių skaičius. Tačiau patraukus šią siūlę padidintos rizikos vieta išlieka potencialia problemos vieta, kadangi papetės siūlė ir pečių siūlė kertasi su rankovės įstatymo siūle itin mažu atstumu. Todėl papetės siūlę rekomenduojama paleisti žemyn keletą centimetrų. Taip pat rekomenduojama krūtinės kišenės užsegimą sumodeliuoti taip, jog užtrauktukas su jo apsiuvu nesikirstu su papetės siūle, kadangi dabartiniu atveju šioje vietoje yra itin didelis siūlės storis. Dar viena potencialios rizikos vieta yra priekaklio siūlėje esantis gobtuvo krašto susikirtimas ir reglano rankovės susikirtimas. Šios siūlės kertasi ne viename taške, tačiau itin arti viena kitos. Taip pat šioje siūlėje yra sujungta papetė, apykaklė ir gobtuvas. Atsižvelgiant į priekaklio siūlės lenktumą galima numatyti, jog šią vietą kokybiškai hermetizuoti yra itin sunku, todėl rekomenduojama priekaklio siūlėje palikti tik apykaklės ir papetės sujungimą, o gobtuvo įtvirtinimą perkelti ties apykaklės viduriu.</p>	

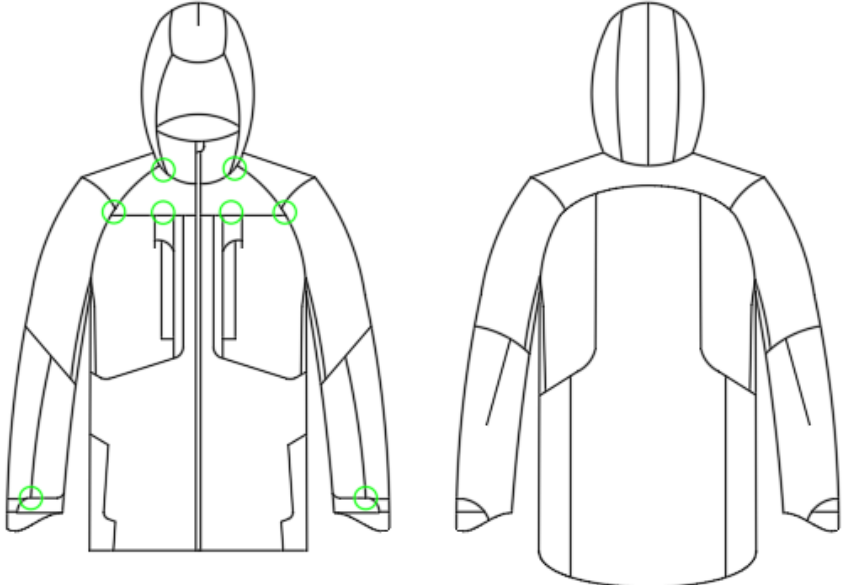
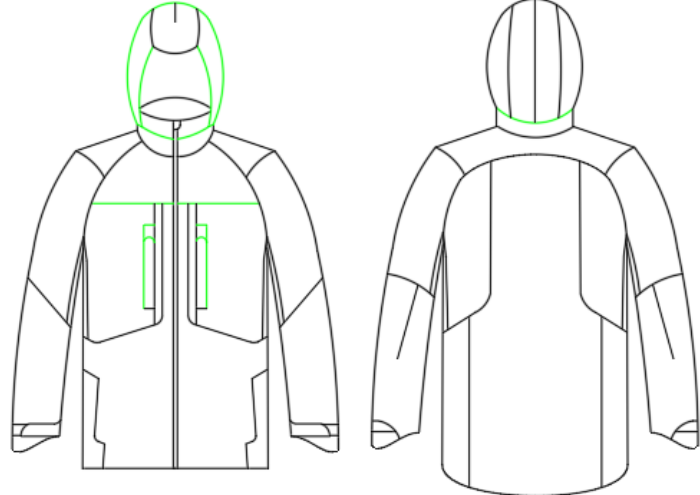
4.2 lentelė. A2 modelio kritinių vietų apžvalga

SMYTH PURE GORE-TEX 2L JACKET	
Gamintojas	Dakine
Modelis	Smyth pure
Paketo sluoksnių skaičius	2
Pagrindo medžiaga	GORE-TEX®, 2 sluoksnių medžiaga, tinkama hermetizavimui
Pamušalas	Kaip atskiras sluoksnis, nehermetizuotas
Siūlės	Hermetizuotos, 2 sluoksnių juoste
Techninis eskizas	
Rinkoje esantis gaminys	 <p>○ – Padidintos rizikos vieta, ○ – potenciali rizikos vieta</p>
Siūlomas patobulintas gaminys	
Kritinių vietų apžvalga, rekomenduojami pakeitimai	
<p>Gaminyje yra dvi padidintos ir viena potencialios rizikos vietos. Pirmoje padidintos rizikos vietoje, šoninėje siūlėje, susikerta priekio ir nugaros liemens siūlės. Visų pirma rekomenduojama perkelti nugaros liemens siūlę žemiau, kadangi ji turi mažiau įtakos bendrai gaminio išvaizdai, kadangi priekio liemens linija yra simetriškai nutolusi tarp krūtinės ir apatinių kišenių. Antroje padidintos rizikos vietoje kertasi rankovės apatinė siūlė bei rankogalių šoninė vertikali ir priekio bei nugaros horizontalios siūlės. Taip pat šalia šios susikirtimo vietos yra rankovių apačios pločio reguliavimui skirtų velkių prisiuvimas, todėl šis mazgas yra itin sudėtingas. Atsižvelgiant į tai, jog rankogalio horizontali siūlė privalo būti hermetizuota ir tik tada susiuvama ir hermetizuojama vertikali rankovės siūlė, kadangi kitu atveju to būtų neįmanoma atlikti dėl uždaro kontūro. Todėl pagal atliktus tyrimus ši vieta yra itin padidintos rizikos ir rekomenduojama išvis panaikinti rankogalį imituojančią siūlę ir rankovės konstrukciją iki apačios palikti vientisą, o palankos vietoje naudoti vidinius rankogalio apsiuvus. Potenciali rizikos vieta matoma nugaros priekaklyje, kur greta kertasi gobtuvo bei reglano rankovės konstrukcinės siūlės. Šią vietą rekomenduojama koreguoti keičiant rankovės viršutinės dalies konstrukciją ir prie jos prijungiant nugaros papetę.</p>	

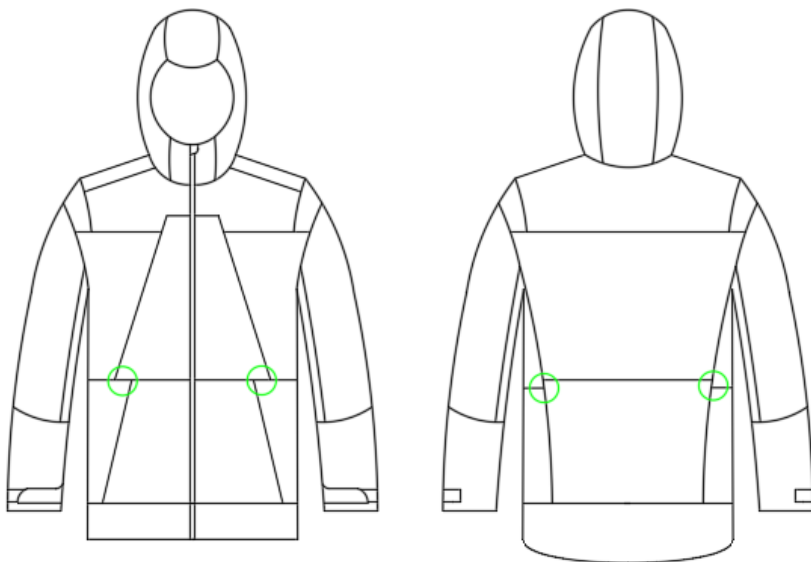
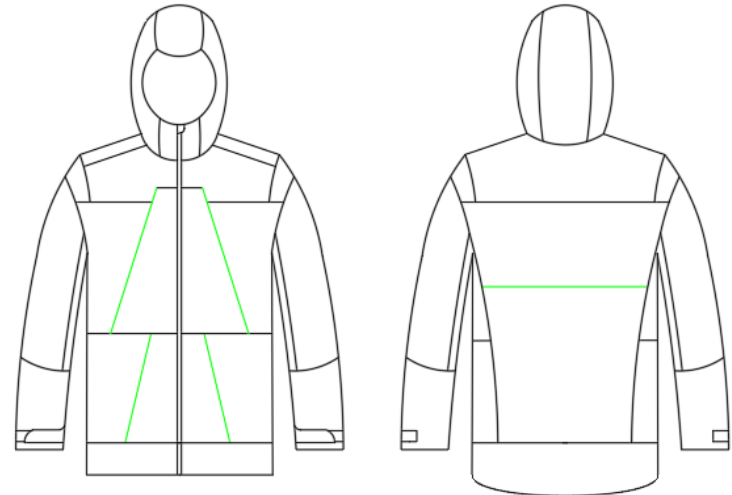
4.3 lentelė. A3 modelio kritinių vietų apžvalga

PATAGONIA MEN'S DEPARTER JACKET	
Gamintojas	Patagonia
Modelis	29400 Departer
Paketo sluoksnių skaičius	2
Pagrindo medžiaga	GORE-TEX®, 2 sluoksnių medžiaga, tinkama hermetizavimui
Pamušalas	Kaip atskiras sluoksnis, nehermetizuotas
Siūlės	Hermetizuotos, 2 sluoksnių juostele
Techninis eskizas	
Rinkoje esantis gaminys	 <p style="text-align: center;">○ – Padidintos rizikos vieta</p>
Siūlomas patobulintas gaminys	
Kritinių vietų apžvalga, rekomenduojami pakeitimai	
<p>Gaminyje yra dvi padidintos rizikos vietos. Tai priekyje ir nugaroje esantys taškai, kuriuose kertasi priekio ir nugaros šonelių, rankovės skaidymo ir apatinės rankovės įstatymo siūlės. Siekiant išvengti vandens pratekėjimo iš šių vietų rekomenduojama perkelti priekio ir nugaros šonelių siūles. Tokiu atveju šie mazgai lieka turintys mažiausią galimą susikertančių siūlių skaičių.</p>	

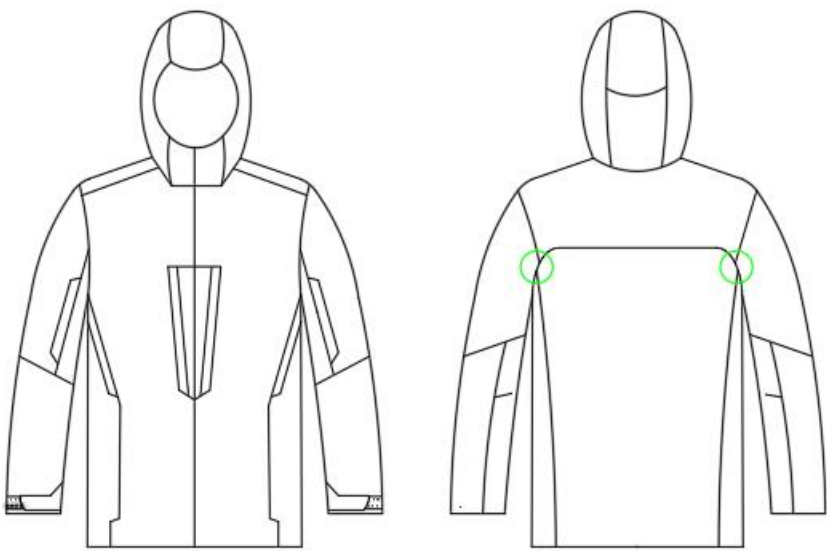
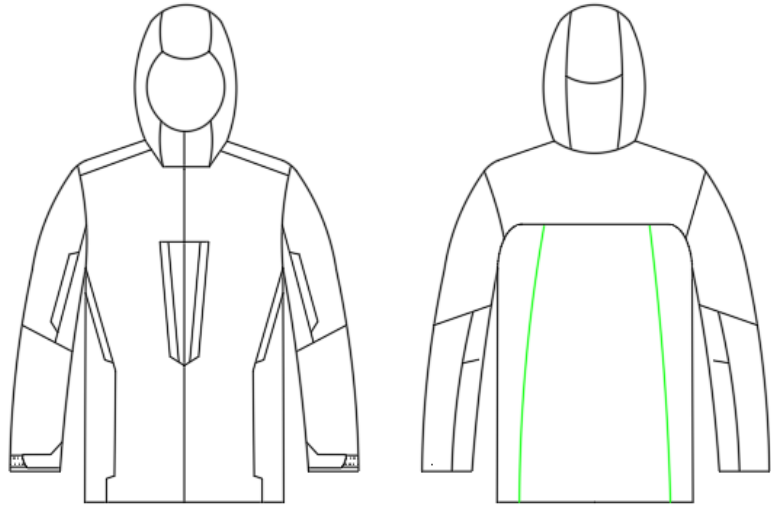
4.4 lentelė. A4 modelio kritinių vietų apžvalga

MEN'S BURTON [AK]® GORE-TEX 3L HOVER JACKET	
Gamintojas	Burton
Modelis	Hover
Paketo sluoksnių skaičius	1
Pagrindo medžiaga	GORE-TEX®, 3 sluoksnių medžiaga, tinkama hermetizavimui
Pamušalas	-
Siūlės	Hermetizuotos, 3 sluoksnių juostele
Techninis eskizas	
Rinkoje esantis gaminys	 <p style="text-align: center;">○ – potenciali rizikos vieta</p>
Siūlomas patobulintas gaminys	
Kritinių vietų apžvalga, rekomenduojami pakeitimai	
<p>Gaminyje yra keturios potencialios rizikos vietos. Pirmojoje papetės siūlė ir pečių siūlė kertasi su rankovės įstatymo siūle itin mažu atstumu. Todėl papetės siūlę rekomenduojama paleisti žemyn keletą centimetrų. Taip pat rekomenduojama krūtinės kišenės užsegimą sumodeliuoti taip, jog užtrauktukas su apsiuvu nesikirstu su papetės siūle, kadangi dabartiniu atveju šioje vietoje yra itin didelis siūlės storis. Dar viena potencialios rizikos vieta yra priekaklio siūlėje esantis gobtuvo krašto susikirtimas ir reglano rankovės susikirtimas. Šios siūlės kertasi ne vienmae taškę, tačiau itin arti viena kitos. Taip pat šioje siūlėje yra sujungta papetė, apykaklė ir gobtuvas. Atsižvelgiant į priekaklio siūlės lenktumą galima numatyti, jog šią vietą kokybiškai hermetizuoti yra itin sunku todėl rekomenduojama priekaklio siūlėje palikti tik apykaklės ir papetės sujungimą, o gobtuvo įtvirtinimą perkelti ties apykaklės viduriu. Ir paskutinė vieta, kurią rekomenduojama pakeisti – apatinė rankovės detalė. Šiuo atveju priekyje ji yra suskaidyta ir apačioje ši siūlė kertasi su rankovės apačios pločio reguliavimo mazgu, kuriame yra kontaktinė juosta. Tad išlieka didelė tikimybė, jog šioje vietoje siūlė bus per daug stora, todėl šią siūlę rekomenduojama išvis panaikinti.</p>	

4.5 lentelė. A5 modelio kritinių vietų apžvalga

BERETTA GORE-TEX 3L JACKET - WOMEN'S	
Gamintojas	Dakine
Modelis	Baretta
Paketo sluoksnių skaičius	1
Pagrindo medžiaga	GORE-TEX®, 3 sluoksnių medžiaga, tinkama hermetizavimui
Pamušalas	-
Siūlės	Hermetizuotos 3 sluoksnių juoste
Techninis eskizas	
Rinkoje esantis gaminys	 <p style="text-align: center;">○ – potenciali rizikos vieta</p>
Siūlomas patobulintas gaminys	
Kritinių vietų apžvalga, rekomenduojami pakeitimai	
<p>Gaminyje yra trys potencialios rizikos vietos. Pirmosios dvi priekyje esančios skaidymo siūlės, kuriose yra kišenės su užtrauktukais. Šias siūles rekomenduojama patraukti vieną nuo kitos bent tiek, kad siūlėje nesikirstų kišenių apsiuvai ir kitos detalės. Taip pat svarbu jog šių kišenių užtrauktukai būtų parenkami tokio ilgio, jog neįeitų į siūles. Trečioji potencialios rizikos vieta nugaros liemens siūlė. Ši siūlė yra mažai nutolusi nuo priekio liemens siūlės, todėl ją rekomenduojama patraukti aukščiau arba išvis panaikinti.</p>	

4.6 lentelė. A6 modelio kritinių vietų apžvalga

PATAGONIA MEN'S POWSLAYER JACKET	
Gamintojas	Patagonia
Modelis	30305 Powslayer
Paketo sluoksnių skaičius	1
Pagrindo medžiaga	GORE-TEX®, 3 sluoksnių medžiaga, tinkama hermetizavimui
Pamušalas	-
Siūlės	Hermetizuotos, 3 sluoksnių juostele
Techninis eskizas	
	 <p>○ – potenciali rizikos vieta</p>
	
Kritinių vietų apžvalga, rekomenduojami pakeitimai	
<p>Gaminyje yra tik viena potencialios rizikos vieta. Nugaros šonelio siūlės kartasi nugaros papetės siūlėje netoli su rankovių įstatymo siūle. Rekomenduojama šonelius praplatinti, tokiu būdu siūlės persikeltų labiau į nugaros centrą ir jų susikirtimo vieta taptų mažiau rizikinga.</p>	

Išvados ir rekomendacijos

1. Atlikus literatūros analizę buvo nustatyta, kad dažniausiai analizuojamos specialios paskirties medžiagų savybės, tačiau retai tiriamas gaminys ir siūlės. Žinomi tyrimai įrodo, jog specialios paskirties tekstilės medžiagos pasižymi dideliu atsparumu vandeniui, tačiau gaminiuose laidumas vandeniui siūlių vietoje yra dažniausiai sutinkamas specialios paskirties drabužių defektas.
2. Mažiausiu vandens laidumu siūlų vietoje pasižymėjo visos keturios tirtos medžiagos 1 - P teste, kuriame naudojama prasikeičianti siūlių konstrukcija, o hermetizavimas atliekamas viena technologine operacija. Tai patvirtina, kad drabužių konstrukcija ir siūlių storis susikirtimo vietoje turi įtakos hermetizuotų siūlių kokybei. Kuo mažiau siūlių kertasi viename taške, tuo didesnė tikimybė yra išvengti vandens laidumo padidintos rizikos mazguose.
3. Vertinant siūlių storio įtaką vandens laidumui specialios paskirties gaminiuose įrodyta, jog šiam rodikliui didžiausią įtaką turi medžiagos storis. Hermetizuojant siūles, kai medžiagos storis yra didesnis kaip 0,5 mm yra ypač svarbu įvertinti siūlių konstrukciją ir hermetizavimo technologijos eiliškumą, tačiau, kai medžiagoms storis mažesnis (mažiau kaip 0,5 mm) šie veiksniai įtakos turi mažiau.
4. Hermetizavimo proceso metu svarbu laikytis kokybės reikalavimų, kurie nurodo siūlės užlaidas nuversti į vieną pusę, o hermetizavimo juostelę patiesti tiksliai per jungimo centrą. Priešingu atveju siūlės užlaida sudaro klostes, dėl kurių siūlės storis tam tikrose vietose padidėja, ir gali sumažinti siūlės sandarumą.
5. Konstruojant specialios paskirties vandeniui nelaidžius gaminius ir jų gamybos metu rekomenduojama laikytis ISO 811-1981 standarto, kuriame nurodyta hermetizuoti siūles tik tuomet, kai visi susikertantys taškai yra susiūti, t. y. gaminys turi turėti kuo mažiau hermetizavimo skaidymų, jei yra galimybė, visas gaminys turėtų būti hermetizuojamas tik pilnai pasiūtas.
6. Rekomenduojama specialios paskirties vandeniui nelaidžių drabužių konstrukcijoje vengti keturių siūlių susikirtimo vietų. Šios vietos turėtų būti pakeistos, koreguojant modelio dizainą ir konstrukciją. Rekomenduojama vengti dekoratyvinių siūlių, kai gaminio skaidymas nesuteikia didesnio komforto ar judesių laisvės. Tokiu būdu būtų sumažintas potencialių kritinių drabužio zonų skaičius.

Literatūros sąrašas

1. JIN GAM, H., et al. Application of Design for Disassembly in Men's Jacket: A Study on Sustainable Apparel Design. *Int Jnl of Clothing Sci & Tech*, 06/14; 2019/03, 2011, vol. 23, no. 2. pp. 83-94 ISSN 0955-6222.
2. CIESIELSKA-WRÓBEL, I., DENHARTOG, E. and BARKER, R. The Influence of Designs of Protective Uniforms on Firefighters' Performance during Moderate Physical Exercises. *Textile Research Journal*, 09/01; 2019/03, 2018, vol. 88, no. 17. pp. 1979-1991 ISSN 0040-5175.
3. Lietuvos tekstilės institutas. *Tekstilės Gaminių Rekomendacinis Kokybės Reikalavimų Vadovas*. , 2018.
4. ROSSI, R.M. *9 - Cold Weather Sports Clothing*. SHISHOO, Roshan ed., Woodhead Publishing, 2015, 2015 Available from:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781782422297000096> ISBN 9781782422297. DOI <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-229-7.00009-6>.
5. MORRISSEY, M.P. and ROSSI, R.M. Clothing Systems for Outdoor Activities. *Textile Progress*, 09/01, 2013, vol. 45, no. 2-3. pp. 145-181 ISSN 0040-5167.
6. *Cradle to Grave Life Cycle Assessment of Textiles 2015 [Interaktyvus]*. [Žiūrėta 2019-03-17]. Prieiga Per: Available from:<https://waste-management-world.com/a/gore-tex-manufacturer-to-boost-recycled-content-of-textiles>.
7. JEONG, W.Y. and AN, S.K. Seam Characteristics of Breathable Waterproof Fabrics with various Finishing Methods. *Fibers and Polymers*, 2003, vol. 4, no. 2. pp. 71-76.
8. *Men's Burton Ak 2L GORE-TEX Jacket [Interaktyvus]*. 2018 [Žiūrėta 2019-03-01]. Prieiga Per: Available from:<https://www.burton.com/lt/en/p/mens-ak-2l-gore%E2%80%91tex-swash-jacket/W18-100011.html?regionSelector=true>.
9. *Dakine Smyth Pure 2L GORE-TEX Jacket [Interaktyvus]*. 2018 [Žiūrėta 2019-03-01]. Prieiga Per: Available from:<https://www.tactics.com/dakine/smyth-pure-2l-gore-tex-jacket/balsam-black>.
10. *Men's Patagonia Departar 2L GORE-TEX Jacket [Interaktyvus]*. 2018 [Žiūrėta 2019-03-01]. Prieiga Per: Available from:https://eu.patagonia.com/gb/en/product/mens-departar-ski-snowboard-jacket/29400.html?dwvar_29400_color=SEMT&cgid=web-specials-mens-jackets-vests.
11. *Men's Burton Ak 3L GORE-TEX Jacket [Interaktyvus]*. 2018 [Žiūrėta 2019-03-01]. Prieiga Per: Available from:<https://www.burton.com/lt/en/p/mens-burton-ak-gore%E2%80%91tex-3l-hover-jacket/W19-100091.html>.
12. *Women's Dakine Baretta 3L GORE-TEX Jacket [Interaktyvus]*. 2018 [Žiūrėta 2019-03-01]. Prieiga Per: Available from:<https://www.dakine.com/en-eu/sport/snow/jackets/womens-beretta-jacket/>.
13. *Men's Patagonia Poslayer 3L GORE-TEX Jacket [Interaktyvus]*. 2018 [Žiūrėta 2019-03-01]. Prieiga Per: Available from:<https://eu.patagonia.com/es/en/product/mens-powslayer-ski-snowboard-jacket/30305.html>.

14. Kas Yra Gore-Tex? [Interaktyvus]. 2014 [Žiūrėta 2019-02-24]. Prieiga Per: Available from: <https://www.amunicija.lt/medziotojams-kariams-civiliams-medziagos7>.
15. JEONG, W.Y. and AN, S.K. Mechanical Properties of Breathable Waterproof Fabrics with Seaming and Sealing Processes. *Fibers and Polymers*, 2004, vol. 5, no. 4. pp. 316-320.
16. ZHIYING, C., YANMIN, W. and WEIYUAN, Z. Thermal Protective Performance and Moisture Transmission of Firefighter Protective Clothing Based on Orthogonal Design. *Journal of Industrial Textiles*, 2010, vol. 39, no. 4. pp. 347-356.
17. MUKHOPADHYAY, A. and MIDHA, V.K. A Review on Designing the Waterproof Breathable Fabrics Part I: Fundamental Principles and Designing Aspects of Breathable Fabrics. *Journal of Industrial Textiles*, 2008, vol. 37, no. 3. pp. 225-262.
18. ZHUANG, L., et al. Comparison of Membrane-and Cloth-Cathode Assembly for Scalable Microbial Fuel Cells: Construction, Performance and Cost. *Process Biochemistry*, 2010, vol. 45, no. 6. pp. 929-934.
19. MUKHOPADHYAY, A. and MIDHA, V.K. A Review on Designing the Waterproof Breathable Fabrics Part II: Construction and Suitability of Breathable Fabrics for Different Uses. *Journal of Industrial Textiles*, 2008, vol. 38, no. 1. pp. 17-41.
20. RAZZAQUE, A., TESINOVA, P., HES, L. and ARUMUGAM, V. Hydrostatic Resistance and Mechanical Behaviours of Breathable Layered Waterproof Fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 2018.
21. HATTON, T.A. Moisture Transport for Reaction Enhancement in Fabrics. *Journal of Textiles*, 2013, vol. 2013.
22. WENGER, S., et al. The Effect of Different Water Vapor Permeable Jackets on Moisture Management, Subjective Perceptions and Physiological Parameters during Submaximal Exercise in a Cool Environment. *Textile Research Journal*, 02/01; 2019/03, 2019, vol. 89, no. 4. pp. 528-540 ISSN 0040-5175.
23. RAZZAQUE, A., et al. Investigation on Hydrostatic Resistance and Thermal Performance of Layered Waterproof Breathable Fabrics. *Fibers and Polymers*, 2017, vol. 18, no. 10. pp. 1924-1930.
24. RAZZAQUE, A., TESINOVA, P. and HES, L. Enhancement of Hydrostatic Resistance and Mechanical Performance of Waterproof Breathable Laminated Fabrics. *Autex Research Journal*, 2018 SCOPUS.
25. ZHANG, H. and SONG, G. Performance of Immersion Suits: A Literature Review. *Journal of Industrial Textiles*, 2014, vol. 44, no. 2. pp. 288-306.
26. WANG, J., et al. Waterproof and Breathable Membranes of Waterborne Fluorinated Polyurethane Modified Electrospun Polyacrylonitrile Fibers. *RSC Advances*, 2014, vol. 4, no. 105. pp. 61068-61076.
27. GIBSON, P. Water-Repellent Treatment on Military Uniform Fabrics: Physiological and Comfort Implications. *Journal of Industrial Textiles*, 2008, vol. 38, no. 1. pp. 43-54.

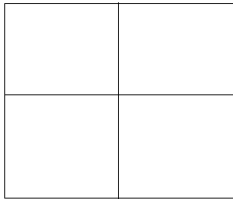
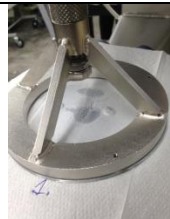
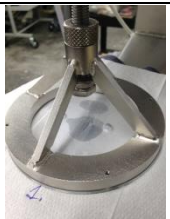
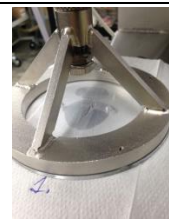


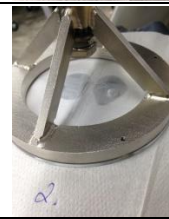

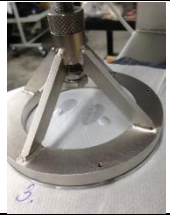
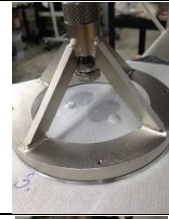
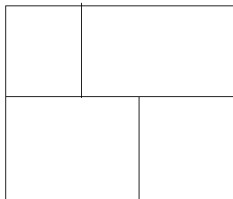



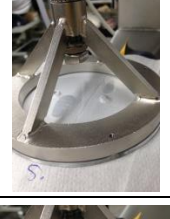



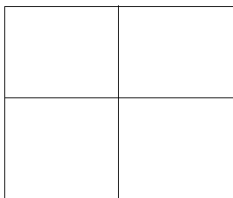





28. SHI, H., ZHANG, L. and WANG, J. Influence of Seam Types on Seam Quality of Outdoor Clothing. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 2017, vol. 29, no. 4. pp. 553-565.
29. SHI, H., et al. Research on the Seam Performance of Waterproof Clothing Based on Continuous Ultrasonic Welding Technology. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 2016, vol. 28, no. 2. pp. 171-190.
30. S. Hayes and J. McLoughlin. The Sewing of Textiles. *Woodhead Publishing Series in Textiles*, 2013, vol. 61, no. 1. pp. 62-122.
31. SZAFRAŃSKA, H. and KORYCKI, R. Analysis of Mechanical Properties of Laminated Seams. *Journal of Natural Fibers*, 08/02, 2018. pp. 1-14 ISSN 1544-0478.
32. GRINEVIČIŪTĖ, D. Investigation of Sealed Seams Properties of Moisture Barrier Layer in Firefighters Clothing. *Materials Science / Medziagotyra*, 2014, vol. 20, no. 2. pp. 198-205 ISSN 13921320.
33. Simona Jevšnik, Savvas Vasiliadis, Senem Kurson Bahadir, Dragana Grujić and Zoran Stjepanović. Applying Heat for Joining Textile Materials. *IntechOpen*, 2016. pp. 217-241.
34. REDDY, R.K. Ultrasonic Seaming of PET, PET/Cotton Blend, and Spectra Fabrics, 2007.
35. SHISHOO, R. Recent Developments in Materials for use in Protective Clothing. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 2002, vol. 14, no. 3/4. pp. 201-215.
36. Kerrie Boles. Examination of Alternative Fabric Joining Techniques Compared to Traditional Sewing. *McNair Scholars*, 2012, vol. 5, no. 1. pp. 1-17.
37. BEAUDETTE, E. and PARK, H. Impact of Seam Types on Thermal Properties of Athletic Bodywear. *Textile Research Journal*, 06/01; 2019/03, 2017, vol. 87, no. 9. pp. 1052-1059 ISSN 0040-5175.
38. SERAM, N. and CABON, D. Threadless Seaming-Application of Ultrasonic Technology in Fashion. *Research Journal of Textile and Apparel*, 2014, vol. 18, no. 4. pp. 76-81.
39. MUKHOPADHYAY, A. and MIDHA, V. Joining textiles Elsevier, 2013 *The Quality and Performance of Sewn Seams*, pp. 175-207.
40. VUJASINOVIC, E. and ROGALE, D. Joining Textiles Elsevier, 2013 *Properties and Performance of Welded Or Bonded Seams*, pp. 435-463.
41. BUSILIENĖ, G., STRAZDIENĖ, E., URBELIS, V. and KRAULEDAS, S. The Effect of Bonded Seams upon Spatial Behaviour of Knitted Materials Systems. *Materials Science*, 2015, vol. 21, no. 2. pp. 271-275.
42. *Tekstilė. Atsparumo Vandens Skverbimuisi Nustatymas. Hidrostatinio Slėgio Bandydas (ISO 811:2018) [Elektroninis Išteklius]*. 2018-07-31 ed. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2018.

43. OZEN, I. Multi-Layered Breathable Fabric Structures with Enhanced Water Resistance. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 12/01; 2019/03, 2012, vol. 7, no. 4. pp. 155892501200700402 ISSN 1558-9250.
44. XU, Y., et al. *Functional Modification of Breathable Polyacrylonitrile/Polyurethane/TiO₂ Nanofibrous Membranes with Robust Ultraviolet Resistant and Waterproof Performance.* , 15 December 2017, 2017 Available from:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021979717309608> ISBN 0021-9797. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2017.08.055>.
45. YOON, B. and LEE, S. Designing Waterproof Breathable Materials Based on Electrospun Nanofibers and Assessing the Performance Characteristics. *Fibers and Polymers*, 2011, vol. 12, no. 1. pp. 57-64 SCOPUS.
46. *LST EN 12127:1999. Tekstilė. Tekstilės Medžiagos. Pšinio Tankio Nustatymas Naudojant Mažus Bandinius.* Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 1999.
47. *Tekstilė. Tekstilės Medžiagų Ir Gaminių Storio Nustatymas (ISO 5084:1996) [Elektroninis Išteklius].* 2000-11-02 ed. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2000.
48. Sherry Ashour, Bahira Gabr, Z.M.Abdel Megeid. Investigating the Effect of Joining Techniques on Waterproof and Comfort Properties. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 2017, vol. 8, no. 11. pp. 1319-1327.
49. *Tekstilė. Siūlių Tipai. Klasifikacija Ir Terminija (Tapatus ISO 4916:1991) [Elektroninis Išteklius].* 2002-02-01; Lietuviška versija: 2002-02-01 ed. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2002.
50. *LST EN 20811:1997. Tekstilės Medžiagos : Atsparumo Vandens Prasiskverbimui Nustatymas : Hidrostatinio Slėgio Bandydas.* 1-asis leid. ed. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 1997.

Priedai

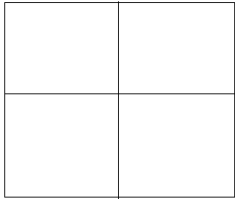

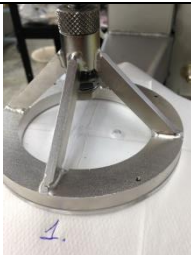

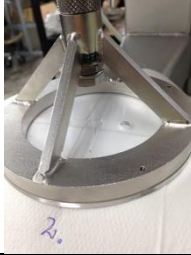
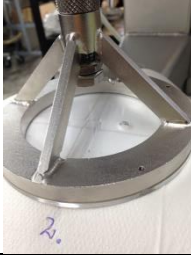
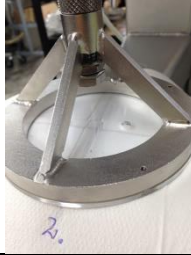
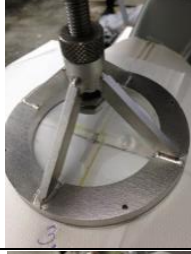
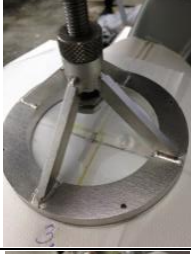
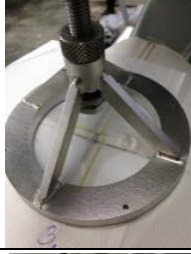
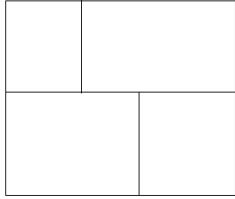
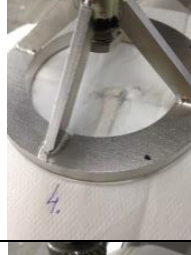
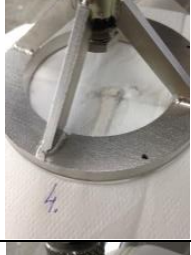










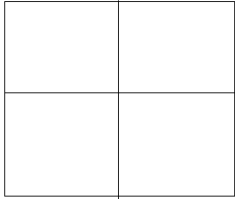
1 PRIEDAS. Hidrostatinio slėgio bandymo rezultatai



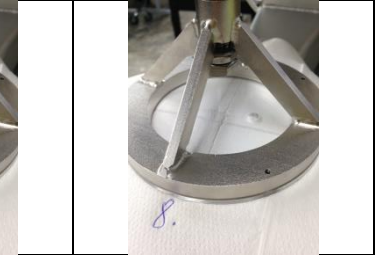
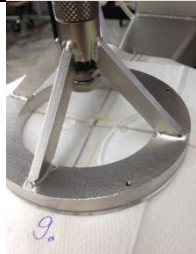
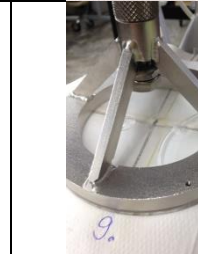
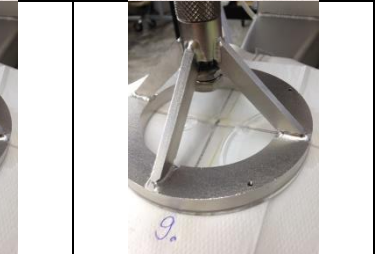
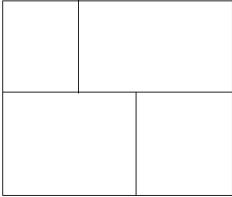
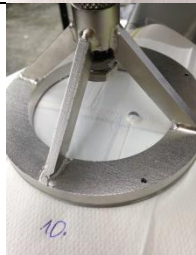

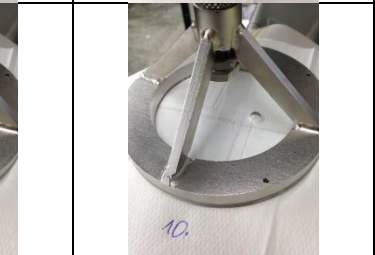


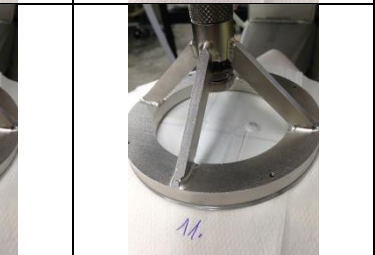
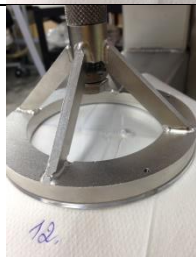


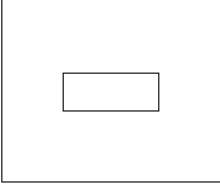


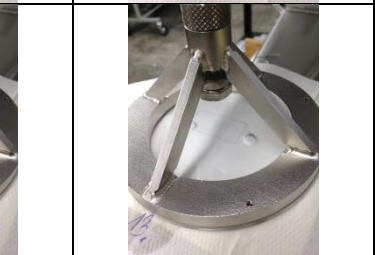


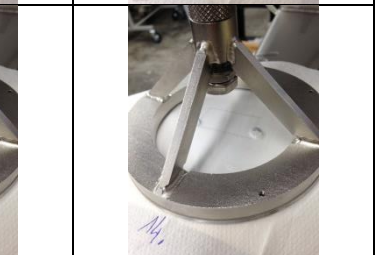
1 p lentelė. M1 medžiagos hidrostatinio slėgio bandymo rezultatai


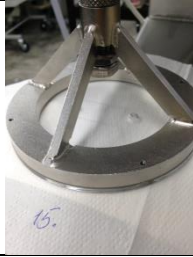
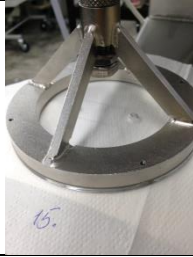
	Bandinio kodas	Eil. Nr.	Slėgis, Bar		
			0,6	0,8	1
M1	 2 - S	1.			
		2.			
		3.			
	 2 - P	4.			
		5.			
		6.			
	 1 - S	7.			
		8.			

		9.					
		10.					
	 <p>1 - P</p>	11.					
		12.					
		13.					
	 <p>U</p>	14.					
		15.					

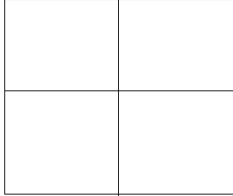









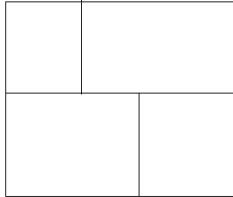






2 p lentelė. M2 medžiagos hidrostatinio slėgio bandymo rezultatai







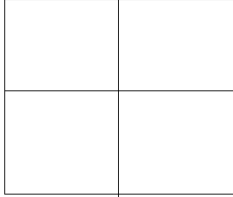


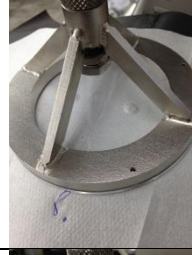



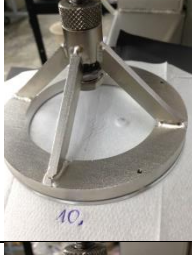
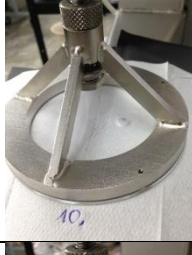
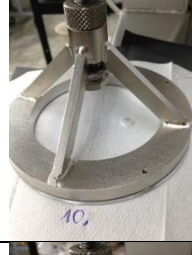
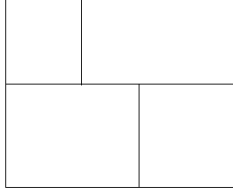
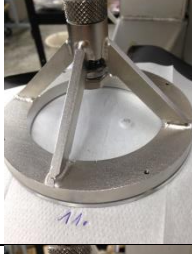
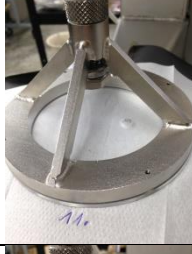

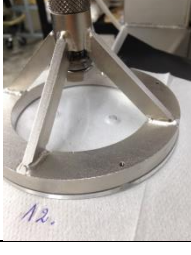

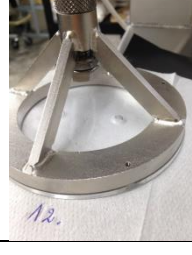
	Bandinio kodas	Eil. Nr.	Slėgis, Bar		
			0,6	0,8	1
M2	 <p>2 - S</p>	1.			
		2.			
		3.			
	 <p>2 - P</p>	4.			
		5.			
		6.			
		7.			
	 <p>1 - S</p>				

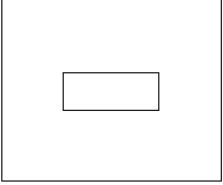
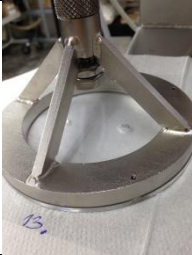
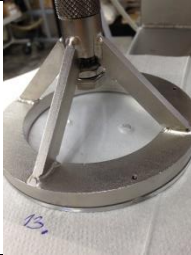
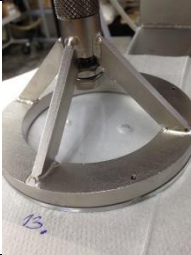
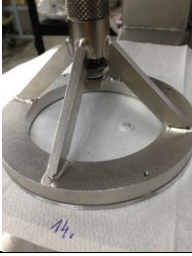
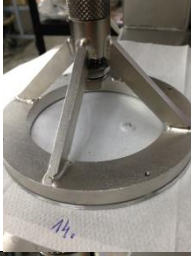
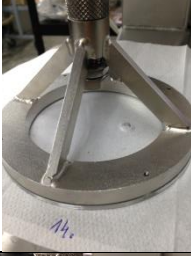
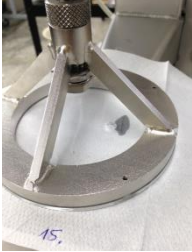
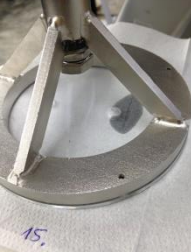
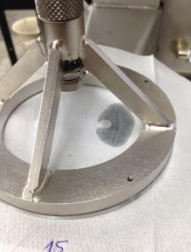
	8.			
	9.			
 <p data-bbox="400 1128 459 1155">1 - P</p>	10.			
	11.			
	12.			
 <p data-bbox="411 1765 437 1792">U</p>	13.			
	14.			

		15.			
--	--	-----	---	--	---

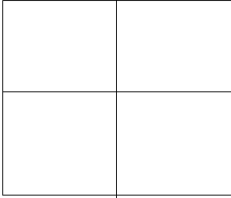
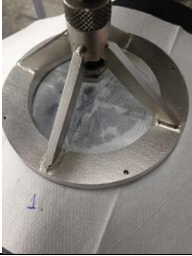
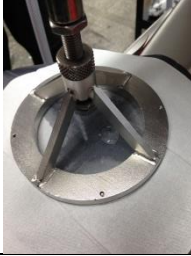

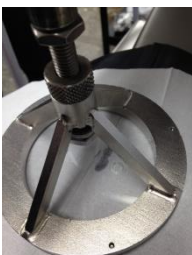


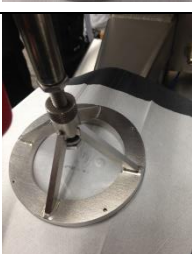


3 p lentelė. M3 medžiagos hidrostatinio slėgio bandymo rezultatai

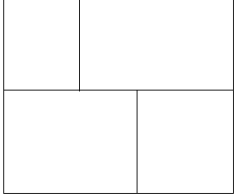


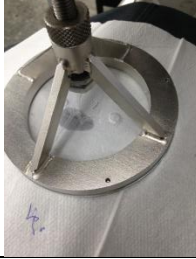





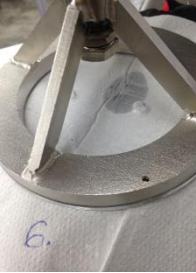
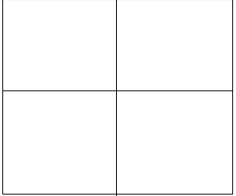


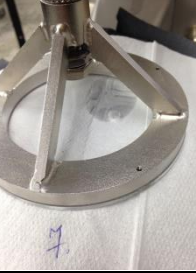
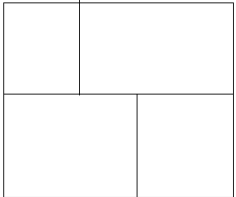





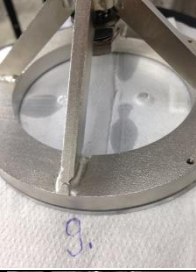

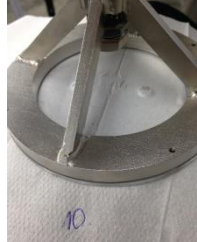
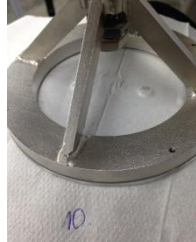
	Bandinio kodas	Eil. Nr.	Slėgis, Bar		
			0,6	0,8	1
M3	 2 - S	1.			
		2.			
		3.			
	 2 - P	4.			
		5.			

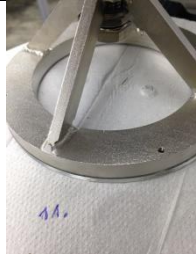
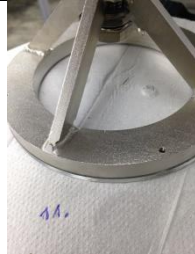
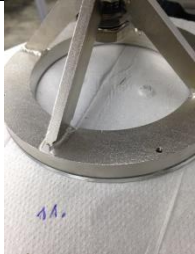
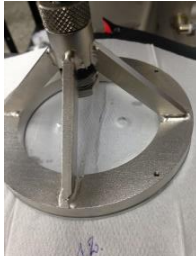
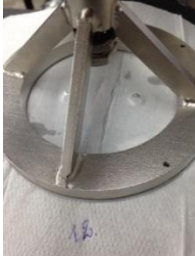
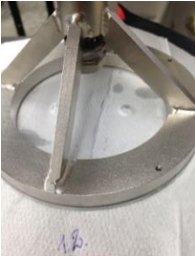
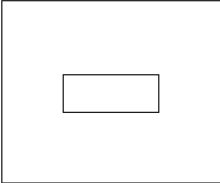






		6.			
		7.			
		8.			
	1 - S	9.			
		10.			
		11.			
	1 - P	12.			

 U	13.			
	14.			
	15.			

4 p lentelė. M4 medžiagos hidrostatinio slėgio bandymo rezultatai

	Bandinio kodas	Eil. Nr.	Slėgis, Bar		
			0,6	0,8	1
M4	 2 - S	1.			
		2.			
		3.			

 <p>2 - P</p>	4.			
	5.			
	6.			
 <p>1 - S</p>	7.			
 <p>1 - P</p>	8.			
	9.			
	10.			

		11.			
		12.			
	 U	13.			
		14.			
		15.	