



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Audinio pynimo vertinimas ir įtaka audinio degumui
Baigiamasis magistro projektas

Birutė Spūdytė
Projekto autorė

Prof. Rimvydas Milašius
Vadovas

Kaunas, 2018



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Audinio pynimo vertinimas ir įtaka audinio degumui

Baigiamasis magistro projektas
Tekstilės inžinerija ir apdaila (621J40002)

Birutė Spūdytė
Projekto autorė

Prof. Rimvydas Milašius
Vadovas

Doc. Vaida Jonaitienė
Recenzentas

Kaunas, 2018



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas
Birutė Spūdytė

Audinio pynimo vertinimas ir įtaka audinio degumui

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Birutės Spūdytės, baigiamasis projektas tema „Audinio pynimo vertinimas ir įtaka audinio degumui“ 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)

Turinys

Įvadas	9
1. Literatūros apžvalga	11
1.1 Nedegios medžiagos	11
1.2 Audinio struktūros įtaka pradegimo savybėms	19
1.3 Kaip įvertinti audinio pynimą.....	22
2. Metodika	26
2.1 Tyrimo objektas.....	26
2.3 Tyrimo metodika	26
3. Tyrimo rezultatai	28
4. Išvados	39
5. Literatūros sąrašas	39
6. Priedai	44

Paveikslų sąrašas

1 pav. Tirtų audinių pynimai: a - metmenų ripsas 2/2, b - ruoželis 4/2 (žingsnis 2), c - ruoželis 3/3, d - panama 3/3.	26
2 pav. Bandinys įtemtas ir įtvirtintas rėmelyje	26
3 pav. Audinio degumo tyrimo schema. 1. Bandinys; 2. degiklis; 3. Liepsna; 4. Degiklio pastūmimas po bandiniu.	27
4 pav. Pirminis audinio deginimo etapas.....	28
5 pav. Ugnies plitimas audinio apačioje.....	28
6 pav. Audinio anglėjimas	29
7 pav. Audinio įtrūkimo laiko fiksavimas	29
8 pav. Įtrūkimo laiko diagrama	30
9 pav. Ugnies skverbimasis per įtrūkimo vietas	30
10 pav. Pradegimo laiko fiksavimas.....	31
11 pav. Pradegimo laiko diagrama	31
12 pav. Liepsnos aukštis pradegus audiniui	32
13 pav. pradegusios skylės skersmuo	32
14 pav. Įtrūkimo laiko priklausomybės nuo koeficiento $P'_{(x)}$ tiesinės lygtys.	33
15 pav. Patikslintas įtrūkimo laiko priklausomybės nuo koeficiento $P'_{(x)}$ optimaliausias taškas.	34
16 pav. Įtrūkimo neapibrėžties koeficiento R^2 priklausomybė nuo koeficiento a.	35
17 pav. Audinio pradegimo laiko įtakos pynimo koeficientui $P'_{(x)}$ tiesinės lygtys.....	36
18 pav. Patikslintas pradegimo laiko priklausomybės nuo koeficiento $P'_{(x)}$ optimaliausias taškas...	37
19 pav. Pradegimo laiko neapibrėžties koeficiento R^2 nuo koeficiento a priklausomybė.	38

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Įvairių pluoštų reakcija į ugnį	12
2 lentelė. Polimerų degumo savybės pagal Denkendorfero pluošto lenteles	13
3 lentelė. Pradiniai pynimo koeficientai:	27
4 lentelė. Pynimo koeficiento $P'_{(x)}$ apskaičiuotų duomenų rezultatai	32
5 lentelė. Patikslintas koeficientas $P'_{(x)}$ ties optimumo tašku.	34
6 lentelė. Patikslintas koeficientas $P'_{(x)}$ ties optimumo tašku.....	36

Birutė Spūdytė. Audinio struktūros parametrų vertinimas ir jo įtaka degumo savybėms. Magistro baigiamasis projektas / vadovas prof. Rimvydas Milašius; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas. Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Tekstilės inžinerija ir apdaila (621J40002), Polimerų ir tekstilės technologijos (F02), Technologijos mokslai. Reikšminiai žodžiai: audinio pynimas, metaaramidiniai audiniai, nedegumas. Kaunas, 2018. 44 p.

Santrauka

Magistrinio darbo tikslas nustatyti naują audinio pynimo įvertinimo parametą ir iširti jo įtaką audinio nedegumui. Audinio struktūros parametrų vertinimas ir jo įtaka degumo savybėms yra ypatingai svarbūs projektuojant nedegius ugniagesių, karininkų ir pan. audinius.

Atliekant tyrimus buvo naudojami 4 variantai skirtingų audinių iš Nomex Delta TA (metaaramidinių pluoštų audiniai), 18,5 tex x 2 siūlų, metmenų tankumas $S_1 = 33 \text{ cm}^{-1}$, o ataudų $S_2 = 28 \text{ cm}^{-1}$. Pasirinkti pynimai: metmenų ripsas 2/2, ruoželis 4/2 (žingsnis 2), ruoželis 3/3 ir panama 3/3.

Darbe analizuojami įvairūs straipsniai susiję su nedegiomis medžiagomis, kur aprašomi pluoštų skirtumai įtakojantys audinio nedegumą bei jų įvairovė. Taip pat analizuojami straipsniai susiję su audinio struktūros įtaka pradegimo savybėms, kuriuose patikslinama, tankiai austi ar megzti gaminiai užsidega sunkiau ir dega lėčiau. Taip pat išnagrinėti straipsniai kuriuose nagrinėjamas audinio pynimo įvertinimas. Audinio pynimas gali būti įvertintas įvairiais koeficientais pagal V. Milašį, Brierley arba Peirce.

Išanalizuotos pynimo parametro P modifikavimo galimybės. Atliktas horizontalaus deginimo bandymas ir aprašytas kiekvienas audinio pokytis bandymo metu. Ištyrus nedegumo savybių (įtrūkimo ir pradegimo laikų) priklausomybes nuo modifikuoto pynimo parametro P'_x , (kur x – skirtinga pynimo parametro P_1 santykinė įtaka parametrai P') nustatyta, kad įtrūkimo laiko ir pradegimo laiko priklausomybės nuo modifikuoto parametro skiriasi. Atlikti patikslinamieji parametro P'_x įtakos degumo savybėms tyrimai, nustatyti, geriausi audinio įtrūkimo ir pradegimo laikų prognozavimo pynimo įvertinimo koeficientai.

Birute, Spudyte. Woven Fabric Weave Evaluation and Influence on Flammability. Title of Master Degree Project / supervisor assoc. prof. Rimvydas, Milašius; Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology. Study field and area (study field group): Textile Engineering and Finishing, Polymer and Textile Technology, Technological Sciences. Keywords: weave, meta-amide fiber fabrics, non-flammable material. Kaunas, 2018. 44 pages.

Summary

The aim of the master's thesis is to determine the new influence parameter for woven fabric and to investigate its influence on cloth flame retardancy. The assessment of the structure of the fabric and its influence on the properties of flammability are of particular importance when is projecting of flame retardancy firefighters, officers, etc. uniform's.

Four variants of different tissues from Nomex Delta TA (meta-amide fiber fabrics), 18.5 tex x 2 yarns, welter density $S_1 = 33 \text{ cm}^{-1}$ and weights $S_2 = 28 \text{ cm}^{-1}$ were used in the research. Selected weave tip: warp rib 2/2, twill weave 4/2 (step 2), twill weave 3/3 and basket weave 3/3.

The paper analyzes various articles related to non-combustible materials, which describes fibrous differences affecting the tissue's inflammation and their diversity. Also analyzed articles related to the influence of fabric structure on the characteristics of burning, which specify, densely woven or knitted products burn more difficult and burn more slowly. The article also deals Woven Fabric Weave Evaluation and Influence on Flammability. The woven fabric weave evaluation and influence on flammability can be evaluated by various coefficients according to example V. Milašius, Brierley or Peirce.

The possibilities of modification of the weaving parameter P have been analyzed. A horizontal burn test was performed and each tissue change was described during the test. Investigating the dependence of the burning properties (fracture and burning times) on the modified weaving parameter P'_x , (where x is the relative influence of the weaving parameter P1 on parameter P). It was found that the time dependence of the cracking time and the burn time varies from the modified parameter. The corrective tests of P'_x influence on flammability properties were performed, the best estimation coefficients for prediction of fracture and firing times were estimated.

Ivadas

Su ugnimi susiduriama kiekvieną dieną - tiek ruošiant maistą, naudojant elektrą, rūkant, pramoninėse krosnyse, vidaus varikliuose, suvirinant ir kt. Ugnis naudojama įvairiuose technikos pasiekimuose, tačiau ją reikia kontroliuoti ir padaryti kuo saugesne vartotojui. Tai tampa iššūkiu ir vienu pagrindiniu šiuolaikinės civilizacijos reikalavimu – ugnies naudojimas negali būti nesaugus ir negali kenkti nei žmogui, nei aplinkai. Šiandienos sparti industrializacija reikalauja daugiau žmones apsaugojančių priemonių. Jei ugnis nekontroliuojama, savikontroliuojanti ugnies būsena tampa itin pavojinga ir niokojanti. Kiekvienais metais apie 5000 žmonių Europoje nužudo gaisrai ir daugiau nei 4000 žmonių JAV. Gaisrai yra civiliniai ir kariniai. Dauguma civilinių gaisrų yra atsitiktiniai įvykiai, o didžioji dalis karinių gaisrų yra sąmoningai suplanuota ir profesionaliai įvykdyta, skirta konkrečiai sunaikinti įrangą ir įrenginius, taip pat sunaikinti ir kariuomenę. Tai yra varomoji jėga mokslininkams ir saugos įstaigoms kurti naujas medžiagas ugnies plitimo problemoms spręsti. Taigi, norint apsaugoti žmones nuo nelaimių gaisro atveju, svarbu naudoti nedegias medžiagas tiek gaisrininkų uniformoms, tiek lėktuvuose, laivuose, viešbučiuose ir t.t., kad būtų galima išvengti kuo daugiau aukų.

Medžiaga, kuri nuo liepsnos užsidega, kelia didelį pavojų gaisro atveju. Medžiagų yra įvairiausių - - vienos labai degios kitos mažiau. Dažniausiai pasitaikančių natūralių pluoštų, veikiamų gaisro metu, elgesys skirstomas į dvi kategorijas: celiuliozės pluoštai, tokie kaip medvilnė ir linai, kurie lengvai užsidega ir yra degūs; baltyminiai pluoštai, tokie kaip vilna ir šilkas, kurie sunkiau užsiliiepsnoja. Pluošto reakcija į šilumą priklauso daugiausia nuo jų cheminės sudėties ir gali būti: termoplastiniai, kurie minkštėja ir lydosi esant tam tikrai temperatūrai ir netermoplastiniai, kurie linkę karbonizuotis ir suirti esant aukštai temperatūrai. Medžiagų degumo savybes veikia jų konstrukcija (austi, megzti ar neaustiniai) ir pluoštinė sudėtis. Kaip pluoštinė sudėtis veikia degumą yra labai gerai žinoma, tačiau kaip degumą veikia tekstilės medžiagos sandara nėra iki šiol išsamiai išnagrinėta. Žinoma, kad nuo audinio pynimo priklauso jo degumo savybės, tačiau nėra vienodos metodikos kaip įvertinti pynimą. Šiame darbe buvo tiriama kaip įvertinti metaaramidinio audinio pynimą, kad būtų galima tiksliausiai prognozuoti jo degumo savybes.

Darbo tikslas: nustatyti naują audinio pynimo įvertinimo parametą ir iširti jo įtaką audinio nedegumui.

Darbo uždaviniai:

1. išanalizuoti audinio pynimo parametro P modifikavimo galimybes,
2. atlikti pynimo parametro P įtakos audinio nedegumo savybei tyrimus

3. modifikuoti audinio pynimo parametą P
4. nustatyti optimaliausią modifikuotą audinio pynimo parametą P'x audinio nedegumo savybei prognozuoti

1. Literatūros apžvalga

Dabartinė tendencija tekstilės srityje – atsisakyti tradicinių naudojimo būdų ir siekti didesnio sudėtingumo bei pritaikymo būdų, kad juos būtų galima įtraukti į pažangių medžiagų grupę. Vykdomi įvairūs tyrimai, vykdam daugialypę schemą, kurioje galima išskirti du pagrindinius sektorius: tekstilės struktūras ir funkcionalumą [1].

Degimas – egzoterminė reakcija, kurios metu vyksta degios medžiagos oksidacija – išskiriama šiluma bei šviesa. Degimo procesai yra dviejų rūšių – ugnis (liepsna) ir rusenimas (beliepsnos degimas). Liepsna – matomas degimo proceso elementas, kurio metu vyksta oksidacijos procesai. Visos paprastų ar sudėtingų medžiagų degimo deguonyje arba ore reakcijos vadinamos – oksidacijos reakcijomis [2].

Audinių degumą veikia įvairūs veiksniai, tokie kaip verpalų žaliava, audinio struktūra, deguonies koncentracija aplinkoje (drėgmės kiekis, šiluma, oro srautas ir t.t.) ir medžiagų apdailos poveikis. Yra daug audinių struktūrų, naudojamų ugniai atspariems drabužiams gaminti. Tokie audiniai skiriasi ne tik žaliava ir naudojamų verpalų linijiniu tankiu, bet ir jų struktūriniais parametrais (metmenų ir ataudų, pynimo rūšimis). Įmonės, gaminančios ugniai atsparius drabužius, paprastai siūlo savo dizaino audinius. Todėl itin svarbu nustatyti, kokią įtaką sudaro audinio struktūra gaminio nedegumui. Tai leidžia gaminti galutinius produktus, turinčius tinkamas fizines ir nedegumo savybes galutiniam naudojimui. Yra žinoma, kad degumas priklauso nuo audinio struktūros, tačiau nėra daug darbų, kuriuose būtų analizuojama pynimo įtaka audinio degumo savybėms [3].

1.1. Nedegios medžiagos

Svarbu pasirinkti atitinkamus pluoštus, medžiagas norint išvengti ugnies pavojaus. Reikia žinoti kaip elgiasi įvairūs pluoštai veikiami ugnies šaltinio ar tam tikros temperatūros. Buvo atliekama nemažai tyrimų kuriuose buvo tirtos medžiagos kurių pluoštinė sudėtis, arba medžiagos modifikacijos (pluoštų įmirkymais įvairiais antipirenais, medžiagos padengimas antipireninėmis plėvelėmis) padidino nedegumo galimybes.

Tekstilės gaminiai - dėl jų mažos masės, lyginant su kitomis organinėmis medžiagomis sudaro palyginti mažą degalų kiekį „ugnies apkrova“. Tačiau dauguma jų kelia kitokią gaisro riziką, tokią kaip jų užsidegimas, liepsnos plitimas, ypač gebėjimas ištirpti ir lydėtis. Tekstilės gaminių reakciją į ugnį iš esmės lemia pluošto sudėtis (natūrali arba sintetinė). Todėl, kai dirbama ne su ugniai atspariais produktais, tekstilės gaminiai gali labai skirtis, kai jie kontaktuoja su ugnies šaltiniu (1 ir 2 lentelės) [4].

	Pluoštas	Degumo ir ugnies elgsena
Didėjantis gaisro pavojus ir poreikis apsisaugoti nuo gaisro	Medvilnė Linai Šilkas	Lengvai užsidega Balti dūmai Nesilydo
	Celiuliozės pluoštai	Užsidega greitai
	Aramidai	Neužsidega, Apdega, anglėja.
	Acetatai	Dega stipriai, varva lašeliai
	Akrilinis	Dega greitai, varva lašeliai Formuojasi tankūs juodi dūmai
	Poliamidas Poliiolefinai Poliesteriai Kiti sintetiniai pluoštai	Dega lėtai, išskirdamas daug šilumos Gali išsilydyti nuo liepsnos be degimo Varva lašeliais Gali suirti po liepsnos išnykimo
	Vilna	Sunkiai užsiliepsnoja Dega lėtai Gali savaime užgesti tam tikromis sąlygomis
	Modifikuotas akrilas ("Modacrylics")	Dega labai lėtai Ugnis neplinta Gali savaime užgesti tam tikromis sąlygomis
	RAYON (1/2 natūralus ir sintetinis)	Užsidega lėtai Smilksta tamsūs dūmai Susidaro trapūs (birūs) pelenai Ryški liepsna Popieriaus

2 lentelė. Polimerų degumo savybės pagal Denkendorfero pluošto lenteles

Pluošto tipas	LOI – vertė (%)	Lydomosi temperatūra (°C)	Išorinis užsidegimas (°C)	Savaiminis užsidegimas (°C)
Akrilas	18	215 – 260	225	515
Polipropilenas	19	160 – 175		430 – 450
Medvilnė	19	-	350	400
Viskozė	20	-	350	420
Poliamidas	20	215 – 220	430	530
Poliesteris	21	255	390	510
Vilna	25	-	325	590
Modifikuotas akrilas	27	130 – 170		650 – 700
m-Aramidas (Nomex)	28	375		675
p-Aramidas (Kevlar)	29	560		>550
Anglies pluoštas	>60	-		>550

Tekstilės taikymo sritis labai plati, daugeliu atvejų reikalaujanti atsparumo ugniai. Ji labai degi, dažnai yra pagrindinis užsidegimo šaltinis, o tai tiesiogiai susiję su žmogaus saugumu. Todėl liepsnai atsparios / ją slopinančios tekstilės medžiagos gali būti įvairios paskirties, pvz., namuose, biurams, darbe. Namuose - drabužiai, miego drabužiai, patalynė, antklodės, čiužiniai, minkšti baldų apmušalai ir audiniai, kilimai, tekstilės tapetai, užuolaidos. Biuruose, visuomeniniuose pastatuose ir paslaugose, transporto sistemose naudojamos kareivių / pilotų uniformos, palapinių, parašiutininkų, sėdimųjų daiktų automobilių, autobusų ir lėktuvų ir kt. ir žinoma darbe – apsauginiai drabužiai pramonės operatoriams ir darbuotojams arba gaisrininkams. Skirtumas tarp nedegios ir degios tekstilės tas, kad pirmieji skirti sumažinti degimo plitimą ir liepsnos sklidimo greitį; taip pat turėtų sudaryti kliūtį šilumos ir liepsnos prasiskverbimui. Akivaizdu, kad tekstilės gaminiai, kurie savaime yra antipirenai, tokie kaip aramidiniai tekstilės gaminiai, ypač m-Aramidas (DuPont Nomex®) ir p-Aramidas (Kevlar® arba Twaron®), tokie audiniai pasižymi aukšta skilimo temperatūra 375°C. Tačiau netgi „Nomex“ retkarčiais gali būti sustiprintas specialiais apdailos elementais labai reiklioms nedegumo programoms, pvz., Tam tikriems kariniams tikslams. Norint, kad audiniai būtų apsaugoti nuo ugnies, nedegios medžiagos naudojamos slopinti degimo procesą, trukdydamos vienam ar keliems deginimo etapams, pvz., šildymui, skilimui, pradegimui ar liepsnos plitimui [1].

Dauguma natūralių pluoštų, tokių kaip medvilnė ir šilkas, dega lengvai, palyginti su sintetiniais, kurie skirtingai veikiami ugnies. Sintetiniai pluoštai, tokie kaip poliesteris, polipropilenas ir poliamidai, liepsnoje ima lydėtis. Tačiau tai nereiškia, kad audinys yra antipirenas. Šie tirpstantys lašeliai gali sukelti sunkius nudegimus ir sužeidimus. Be to, nors pluoštas susitraukia nuo liepsnos šaltinio, gali atsirasti antrinis užsidegimas. Todėl šios problemos akivaizdžiai išprovokuoja antipirenų sintetinėje medžiagoje poreikį. Jie skatina liepsnojančių lašelių išnykimą. Fizinė tekstilės konstrukcija, verpalų geometrija, mišinio procentai ir t.t. taip pat veikia jų nedegumą [5].

Tekstilės gaminiai gaminami iš pluoštų, kurių sudėtyje yra natūralių polimerų, tokių kaip celiuliozė ir baltymai, ir daug įvairių sintetinių polimerų, tokių kaip poliesteriai, polilaktidai, poliamidai, poliaramidai, politeterketonai, poliakrilonitrilas, celiuliozės acetatas ir t.t. Visi šie polimerai yra tinkami naudojant tekstilės medžiagas dėl puikių laidumo savybių, tačiau jie turi bendrą problemą, t.y. dauguma jų dega įprastomis aplinkos sąlygomis ir kelia rimtą pavojų nelaimingų atsitikimų atveju. Organiniai polimerai, degimo procese yra puikus kuro šaltinis. Tam tikroms reikmėms tekstilė turi būti atspari ugniai. Terminas „antiperspiruojanti tekstilė“ dažniausiai reiškia tekstilės arba tekstilės pagrindu pagamintos medžiagos, kurios slopina ugnį ar neleidžia jai plisti. Tekstilės gaminiai paprastai tampa atsparūs panaudojus specialią cheminę apdailą arba naudojant iš pradžių nedegias medžiagas. Medžiagos, pagamintos iš medvilnės, vilnos, poliamidų ir poliesterių, ir jų mišinių, labai būdingos antipirenų cheminiai apdorojimo būdai. Paprastai antipirenų taikymas tekstilei taikomas vienu ar kitu būdu: įmirkę tekstilės medžiagą tirpale, turinčiame antiperspiruojančią medžiagą, arba dengiant ar purškiant antipireną vienoje audinio pusėje. Tokius antipireninius priedus paprastai sudaro organiniai ir neorganiniai fosforo (P), azoto (N), sieros (S), halogeno (Br, Cl, F), silikono (Si), aliuminio (Al), magnio (Mg), stibio (Sb), alavo (Sn), boro (B), cinko (Zn), anglies (C; grafito), cirkonio (Zr), titano (Ti) ir kalcio (Ca) junginiai. Veikiant ugniai šie junginiai tampa aktyvūs kondensacijos arba dujų fazėje [6].

Tirta polimerų struktūros įtaka audinio degumui. Atsiradus haliozito nanovamzdeliams (HNTs) su tuščiaidurėmis nanovamzdinėmis struktūromis, kurios buvo naudojamos kaip naujo tipo poli (propileno) (PP) tipo užpildas. Nanokompozitai, kurių pagrindą sudaro PP ir HNT, buvo pagaminti ištirpinus. Skaičiavimo elektroninės mikroskopijos (SEM) rezultatai rodo, kad HNT buvo išdėstytos PP matricoje tolygiai po to, kai jie buvo modifikuoti. Nanomikrozių šiluminis stabilumas buvo pastebimai padidintas įtraukiant HNT. Kūgio kalorimetriniai duomenys taip pat parodė, kad nanokompozitų degumas yra mažesnis. Siūloma paaiškinti nanokompozitų šiluminio stabilumo didinimą, siekiant išaiškinti skilimo produktų, esančių HNT, pritraukimo mechanizmą. Šilumos ir masės transportavimo kliūtys, geležies buvimas HNT, yra atsakingi už šiluminio stabilumo gerinimą ir degumo sumažėjimą. Šie rezultatai parodė, kad potencialiai daug žadanti HNT slopinanti antipireną PP [7].

Buvo tiriami trys azoto junginiai, karbamido (UR), guanidino karbonatas (GC) ir melamino formaldehido (MF) funkcijos, susijusios su fosforo ir azoto junginių įtaka medvilninių audinių atsparumo ugniai padidinimu. Medvilniniai audiniai, apdoroti trimis junginiais, parodė skirtingus šilumos degradacijos modelius, tačiau panašius deguonies indeksus. Vien tik patikrinti azoto junginiai neturi reikšmingo antipireno poveikio celiuliozei. Pirolizės metu ir deginimo metu šiluminis azoto skilimas skiriasi. UR greitai skyla ir išskiria didelį amoniako ir kitų nedegių dujų kiekį, o MF skatina fermentaciją su celiulioze. GC pasižymi tiek dujų išsiskyrimu, medvilnė apanglėja pakaitinus. GC ir MF apdorotos medvilnės skilimo aktyvacijos energija buvo didesnė negu neapdorota medvilnė ir mažesnė nei UR apdorota medvilnė. UR ir GC apdorota medvilnė parodė degimo verčių šilumos sumažėjimą, o MF padidino apdorotos medvilnės vertes, palyginti su neapdorota medvilne. Furjė transformacijos infraraudonųjų spindulių spektrų (FTIR) analizė, atlikta po terminio gravimetrinių analizių (TGA), rodo, kad azotas yra charakteristikoje, chemiškai sujungtas kaip heterociklinis. MF ir GC apdorotų audinių ženkluose yra daugiau C-N jungties, palyginti su UR apdorotais audiniais, o tai rodo didesnę GC ir MF sąveiką su celiulioze terminio skilimo metu [8].

Ugniai atsparios bioepoksidinės dervos ir anglies pluoštu sustiprinti kompozitai buvo pagaminti iš naujo gliukofuranozido pagrindu sudaryto trifunkcinio epoksidinio monomero (GFTE), praturtinto aromatinium aminor kietikliu. 4% fosforo (P) turinčių mėginių buvo paruošti naudojant skystą difenilfosfatą (RDP), kietąjį amonio polifosfatą (APP) ir jų derinį. Bendras neorganinio APP ir organinio fosforo RDP naudojimas turėjo du pagrindinius privalumus: APP kompensavo plastifikuojamą mažą P kiekį turintį RDP, todėl padidėjo stiklo perėjimo ir saugojimo modulių reikšmės, palyginti su RDP turinčiu bandiniu, o RDP pridėjo dujinės fazės antipireno reakcija į APP, veikiančią tik kietoje fazėje, todėl savaime geso, V-0 UL-94 įvertinta bioelektrinė matrica ir kompozitiniai bandiniai [9].

Tyrimo tikslas buvo iširti antipireno (NDFR) dangos poveikį, skirtą skirtingų neapdorotiems ir UV / ozono apdorotiems poliesterinio audinio pavyzdžiams. Šie pavyzdžiai buvo tiriami pagal Furjė transformacijos infraraudonosios spinduliuotės (FTIR) spektroskopiją, terminės analizės bandymą, buvo atlikta termo gravimetrinė analizė (TGA) ir diferencinis skenavimas kalorimetru (DSC). Pradegimo bandymas buvo taikomas naudojant ribinį deguonies indeksą (LOI), liepsnos kamerą (UL / 94). Rezultatai parodė, kad abu AZ2 (džiovinti kambario temperatūroje) ir AZ8-12 (džiovinti 80 ° C temperatūroje 30 min. Po dengimo ilgalaike antipirenine danga) poliesteriniuose bandiniuose žymiai sumažėjo pradegimo greitis ir padidėjo deguonies ribinė vertė [10].

Tyrime lyginamos apribotos deguonies indekso (LOI) vertės su pagrindiniais pluoštais (įskaitant tas, kurios gaunamos iš natūralios kilmės), naudojamos profesionalioms drabužių medžiagoms. Profesionalių uniformų rengimo medžiagoje pateikta LOI indekso diapazonas buvo nuo 17,4% iki

30%. Toks variantas atspindi medžiagų kilmės ir cheminių medžiagų struktūrų skirtumus, palyginti su atsparumu ugniai [11].

Straipsnyje pateikiamos "INF" sukurtos elastinės, barjerinės medžiagos, kurios tuo pačiu metu atlieka užpildų ir ugniai atsparių medžiagų, apdailos medžiagų funkciją, taip pat mažindamos ugnies susidarymą ir liepsnos plitimą medžiagoje. Pateikti degumo ir biofizinių bandymų rezultatai patvirtina produktų komfortą. Sukurtos barjerinės medžiagos naudojamos natūralius pluoštus (vilna, linai), kurioms būdingas geras oro pralaidumas, higroskopiškumas, drėgmės pernešimas, elektrostatinių krūvių pašalinimas, taip pat tiriamas mišinys su termostabiliais pluoštais, tokiais kaip poliakrilatas. Ištirta, kad medžiagos sudarytos iš natūralių pluoštų ir termostabiliųjų pluoštų, turi mažiausiai du barjerinius efektus, t.y. ilgalaikį atsparumą ugniai, šilumos izoliaciją bei elektrostatinių reiškinių kontrolę [12].

Šiame straipsnyje naudojami priešgaisrinės statistikos duomenys, parodantys gaisro toksiškumo svarbą sukeliančią mirtį ir ugnies sužalojimus, taip pat minkštų baldų ir patalynės svarbą žuvusiems nuo netikėtų gaisrų. Tikslas palyginti gaisro pavojus (ugnies augimą ir toksiškumą) naudojant skirtingas apmušalines medžiagas. Buvo lyginamos keturios sofų - lovų kompozicijos: trys priklausė "UK Ugniai atsparūs baldai" (FFR) ir viena medžiaga, kuriai nebuvo taikomi antipirenai, skirta žemyninės Europos rinkai. Dvi iš Didžiosios Britanijos minkštų lovų priklausė nuo cheminių antipirenų, atitinkančias FFR, trečiai buvo naudojamos natūralios medžiagos ir techninis pynimas. Kiekviena kompozicija buvo išbandyta kalibravimo skalėje kalorimetru (ISO 5660) ir sofas buvo padegamos $3,4 \times 2,25 \times 2,4 \text{ m}^3$ bandymų kambaryje. Buvo fiksuojama temperatūra ir toksiškų produktų kiekis. Sofos, kuriose buvo antipirenų, sudegė šiek tiek lėčiau negu ES sofa – lova, kuri buvo neatspariausia, tačiau tokios sofas išskyrė daug didesnę kiekį toksiškų medžiagų tokių kaip anglies monoksidas ir vandenilio cianidas. Pateikiamas nuotekų potencialo įvertinimas sveikatos žalai, kuris parodo, kad dvi Didžiosios Britanijos ugniai atsparios sofas yra pavojingiausios, o po to - su Europos medžiagomis pagaminta sofa. Didžiosios Britanijos miegamoji sofa, pagaminta tik iš natūralių medžiagų (Cottonsafe®), sudegė labai lėtai ir sukūrė labai mažą toksinių dujų koncentraciją. Įtraukiant gaisro toksiškumą į FFR sumažėtų cheminių antipirenų ir pagerėtų priešgaisrinė sauga [13].

Pluošto rūšis turbūt yra svarbiausias audinio savybė, kuri įtakoja degumą. Celiulioziniai audiniai, tokie kaip medvilnė ir viskozė, be ugniai atsparios apdailos, gali lengvai sudegti [14]. Atliktas tyrimas parodė, kad padidėjęs medvilninių pluoštų naudojimas minkštų baldų audiniuose padidino užsidegimų skaičių. Mokslininkai pasiūlė pakeisti tekstilės apdailos procesą, kad būtų sukurti saugesni apmušalai. Priešingai, vilnos audiniai, ypač didelio svorio, dažniausiai savaime užgęsta dėl didelės degimo temperatūros ($570 \text{ }^\circ\text{C} \sim 600 \text{ }^\circ\text{C}$) ir didelio drėgnumo [15]. Ugniai atsparūs ir termiškai izoliuojantys apsauginiai drabužiai gali būti gaminami iš ugniai atsparių pluoštų, tokių

kaip Kevlaras, Nomexas, Rytonas ir Inidex, jų mišinių. Termoplastiniai pluoštai, tokie kaip nailonas, poliesteris ir olefinas, dega sunkiai, susidūrę su liepsna jie susitraukia. Priverstinai deginami jie išsilydo [34].

Pluoštų arba įvairių pluoštų verpalų mišiniai yra labiau degūs nei audiniai, pagaminti iš vieno pluošto tipo. Pavyzdžiui, nors poliesteris yra mažiau degus nei medvilnė. Medvilnės / poliesterio mišiniai greitai dega, jie generuoja daugiau šilumos nei įprasti medvilniniai audiniai. Degimo procese medvilnė mišinyje tampa tarsi pamatas degimui, padedantis deginti poliesterio pluoštą. Todėl lydymosi metu poliesteris nelaša, kaip vyktų jei būtų deginamas grynas poliesterinis pluoštas. Jei audiniai ir užpildai yra labai degūs, jų deriniai gali būti dar pavojingesni [31].

Siekiant gauti aukštos kokybės ugniai atsparų produktą svarbu pasirinkti tam tinkamiausią pluoštą. Geriausias nedegumo savybes turi aromatiniai poliamidai, tokie kaip Nomex, trumpai vadinami aramidiniais. Visas Nomex cheminis pavadinimas yra poli (m fenilendiamino izoftalamidas). Nomex savybės sukuria puikias apsaugines medžiagas apsaugančias nuo ugnies. Nors Nomex dega, kai audinį veikia liepsna, šis audinys nustoja degti iš karto, kai pašalinamas ugnies šaltinis. Kitaip tariant, jis iš esmės yra atsparus ugniai. Taip pat svarbu, kad stora austa sintetinių pluoštų struktūra yra labai prasta šilumos laidininkė. Ugnis keliauja kiaurai Nomex audinį tačiau neplinta. Iš pradinio Nomex patento pagrindiniai liepsnos bandymai buvo lyginami su penkiais panašiais medvilnės pavyzdžiais. Medvilniniai bandiniai užsidegė tik per 2 sekundes ir sudegė 13-430 sekundžių; Nomex uždegė daug lėčiau (maždaug po 4 sekundžių) ir nustojo degti praėjus vos 5 sekundėms, kai buvo pašalinta liepsna [6].

Be aukšto atsparumo karščiui ir atsparumo liepsnojimui (audinys nesilydo / arba nelaša), tai sunkus asusti audinys, Nomex struktūra yra itin stipri ir nereaguoja su vandeniu. Nomex geriausiai žinomas kaip ugnies ir šilumos barjeras. Be lenktyninių automobilių vairuotojų, šiuos apsauginį audinį turinčius drabužius dėvi astronautai, ugniagesiai ir kariuomenė. "Nomex" yra ne tik naudinga apsauginiams drabužiams, molekulinė struktūra, stabdanti šilumą, perduodančią per sustojimus, taip pat nepraleidžia elektros energijos. Tai reiškia, kad "Nomex" yra labai prastas dirigentas - beveik tobulas izoliatorius [6].

Atliktas tyrimas, kuriame buvo palygintas daugiasluoksnio audinio paketo degimo procesas su šilumos laidumu. Vertės nustatomos deginant, buvo palygintos su rezultatais, gautais atlikus temperatūros matavimus kaitinimo metu. Šiam tyrimui buvo naudojamas audinys, austas iš metaaramido Nomex Delta TA 18,5 tex x 2 verpalų. Dėl standartinio horizontalaus deginimo bandymo metodo panašumo iki tikrosios degiųjų medžiagų elgsenos, buvo naudojamas deginimo kabineto tipas BKD daugiasluoksnio audinio paketo degumo savybių nustatymui. Šilumos srauto savybės buvo identifikuotos naudojant ALMEMO 2590-9 matmenų duomenų kompiliatorių (Kompiliatorius – programinė įranga, kuri sugeba tam tikra programavimo kalba parašytą programą

transliuoti į ekvivalenčią programą kita kalba). Nustatyta, kad tarp daugiasluoksnio audinio paketo, degimo būdo ir šilumos srauto parametrų per paketą yra linijinė koreliacija. Galimybė naudoti šilumos laidumo procesą, norint įvertinti daugiasluoksnio audinio paketo realaus deginimo elgesį jo nesunaikinat [3].

Iš esmės yra trys pagrindiniai audinių savybių tipai, apibūdinantys jų degumo savybes:

- 1) Fizikinės savybės
- 2) Cheminės savybės
- 3) Terminės savybės

Fizinės savybės apima audinio svorį, struktūrą ir konfigūraciją. Cheminės savybės nustatomos naudojant naudojamus pluoštus, o audinio terminės savybes galima apibrėžti kaip tekstilės sugebėjimą absorbuoti šilumą [3].

Straipsnyje pateikiami megztos struktūros, t.y. linijinio siūlų tankio, kilpos ilgio ir sandarumo koeficiento įtaka, nustatyti megztų drabužių degumui ir oro pralaidumui. Tyrimai atlikti naudojant mezginius iš Nomex Delta TA 18 tex × 2 siūlų. Tyrimuose buvo naudojamos keturios grupė mezginių numegztų iš skirtingo ilginio tankio siūlių. Nustatyta gera koreliacija tarp mezginio oro pralaidumo ir jo degimo laiko. Tyrimai rodo, kad tirtų bandinių kilpos ilgio padidėjimas padidina jų pralaidumą orui, taip pat mažėja siūlų įtempimo į orą trinties ilginis tankis. Be to, buvo nustatyta, kad koreliacija tarp mezgimo sandarumo koeficiento ir jo oro pralaidumo yra stipri. Taip pat egzistuoja ta pati koreliacija tarp mezgimo sandarumo faktoriaus ir jo degimo laiko. Dėl to galima numatyti naujo sukurto mezgimo degimo laiką pagal jo sandarumo koeficientą [16].

Geriausias būdas pagerinti ugniagesių saugumą yra apsauginių drabužių su dviem funkcijomis sukūrimas: atsparūs ugniai, formuojant šilumos barjerą ir butų patogus. Gaisrininkų dėvėti drabužiai paprastai yra sunkūs, stori, daugiasluoksniai ir mažai kvėpuojantys. Sumažėjęs vandens ir garų pralaidumas per drabužių sluoksnius taip pat riboja garų kaitinimo greitį, o aplinkos sąlygos padidina fiziologinį šlampavimo laipsnį. Sunki apsauginių drabužių konstrukcija lemia sumažėjusį funkcinį veikimą, kurį lemia sumažėjęs vaikščiojimo greitis, padidėjęs kardio-respiratorinis deformavimas ir padidėjęs pavojaus rizika. Nustatyta, kad apsauginiai drabužiai gali mažinti mobilumą ir gali neigiamai veikti rezultatus. Be to, drabužių rinkinys pablogina termo-reguliacijos uždavinį dėl riboto vandens garų pralaidumo per drabužių sluoksnius, toliau mažindamas šilumos mainų greitį. Bendra funkcija yra suteikti ugniagesiams tinkamą apsaugą nuo karščio, liepsnos ir kitų pavojingų aplinkų. Tačiau ši apsauga dažnai pasiekama naudojant kūno šilumos balansą [16].

Šiame straipsnyje pateikiama liepsnos ir šilumos apsauga tekstilės pluoštuose. Jame aptariama karščiui atsparūs pluoštai ir veiksniai, kurie įtakoja tekstilės pluoštų degumą, ir ugniai atsparių audinių apdailą tiek dirbtiniam, tiek natūraliam pluoštui. Jame teigiama, kad ugniai atsparių tekstilės gaminių konstrukcija daugiausia skirta uždegimo ir liepsnos plitimo mažinimui.

Išvardintos pluoštų kategorijos, kurios iš esmės yra liepsną slopinantys pluoštai ir chemiškai modifikuoti pluoštai. Taip pat buvo sprendžiami liepsną slopinantys bandymų metodai ir standartai, apimantys Britanijos standartus [17].

Apibendrinimas. Tekstilės medžiagų yra daugybė - vienos jų labiau degios, kitos mažiau. Nedegumas labai priklauso nuo pluoštinės sudėties, pluošto ar audinio apdorojimo cheminėmis priemonėmis. Medžiagos sudarytos iš natūralių pluoštų ir termostabilių pluoštų. Pluošto rūšis įtakoja audinio degumą. Celiulioziniai audiniai, tokie kaip medvilnė ir viskozė, gali lengvai sudegti. Ugniai atsparūs ir termiškai izoliuojantys apsauginiai drabužiai gali būti gaminami iš ugniai atsparių pluoštų, tokių kaip Kevlaras, Nomexas, Rytonas ir Inidex, jų mišinių. Termoplastiniai pluoštai, tokie kaip nailonas, poliesteris ir olefinas, dega sunkiai, susidūrę su liepsna jie susitraukia. Priverstinai deginami jie išsilydo.

1.2. Audinio struktūros įtaka pradegimo savybėms

Daugelis veiksnių, pvz., pluošto kiekis, audinio svoris ir struktūra, apdaila ir drabužių dizainas, daro įtaką aprangos ir tekstilės gaminių nedegumui.

Degumas yra susijęs su drabužių ir tekstilės gaminių sauga, kurie yra glaudžiai susiję su mūsų kasdieniu gyvenimu, nes tekstilės medžiagų degumas gali tiesiogiai sukelti sunkų kūno sužalojimą, mirtį ar turto praradimą [18]. Sunkesni audiniai uždega sunkiau ir dega lėčiau nei lengvesni audiniai [19].

Glaudžiai austi ir megzti gaminiai užsidega sunkiau ir dega lėčiau. Priežastis, kodėl lengvesnis svoris ir grynai audiniai užsidega ir dega lengviau, yra ta, kad juose yra daug oro tarpų kuriuose gausu deguonies kuris tik suaktyvina degimą. Kotreshas išbandė 25 dažniausiai naudojamus audinius, susijusius su 30 galimų pavojų, tyrė audinių degumo temperatūrą ir pradegimo laiką. Mokslininkas nustatė, kad degimo greitis sumažėjo, kai audinio svoris padidėjo. Lengvos medžiagos, sudegė greičiau nei sunkesnės, nepriklausomai nuo to, kokio tipo audinys buvo. Padidėjus audinio svyravimui, padidėjo liepsnos temperatūra, o tai parodė, kad sunkūs audiniai suteikia daugiau degalų, išlaikančių degimą. Mokslininkas padarė išvadą, kad nors sunkesni audiniai sudegė lėčiau nei lengvi audiniai, aukšta liepsnos temperatūra degimo metu padarė sunkesnius audinius pavojingus, taip pat kaip ir lengvus audinius [20].

Tiriami ne tik audiniai bet ir mežginiai. Tirta mežginio struktūros įtaka drabužių degumui, t.y. siūlų kilpų skaičiaus viename cm². Gauti rezultatai palyginami su daugiasluoksnio gaminio rezultatais. Tyrimai atlikti mežginiui naudojant Nomex Delta TA 18 tex × 2 verpalus. Tyrime megzta keliais variantais: iš vieno siūlo ir gretinant iš dviejų, trijų ir keturių atskirų siūlų. Tyrimai parodė, kad naudojant kilpų skaičių, galima didinti mežgimo pradegimo trukmę. [21].

Nagrinėjama audinio struktūros pokyčių įtaka ir apdaila audinių, skirtų tam tikros paskirties drabužių, šiluminės savybės. Tirtos keturios skirtingos audinių poros, kuriose kiekvienos poros audinių storis, ataudų siūlų skaičius arba tipas ir apdaila buvo skirtingi. Naudojant Alambetės įtaisą buvo matuotos kelios šiluminės savybės, tokios kaip laidumas, difuzija, absorbcija, atsparumas, maksimalaus ir stacionaraus šilumos srauto tankio santykis. Gauti rezultatai parodė, kad ataudų siūlų skaičiaus ir apdailos pokyčiai turi reikšmingą įtaką kelioms šiluminėms savybėms. Padidėjus ataudų skaičiui padidėjo šilumos laidumas, sugertis, atsparumas ir maksimalaus ir stacionaraus šilumos srauto santykis. Vilgumo ir vandeniui atsparios apdailos panaudojimas paveikė šilumos difuziją, šiluminę absorbciją ir terminį atsparumą. Panaudota apdaila prisidėjo prie šiluminės varžos padidinimo [22].

Šiame darbe aptariami reikalavimai ir bandymo metodai drabužiams apsaugoti nuo tokių veiksnių kaip šiluminė spinduliuotė, liepsna, cheminės medžiagos ir atsparumas nutekėjimui. Leidinyje palyginami bandymų metodai ir reikalavimai, skirti apsaugoti aprangą ugniagesiams Europoje (ypač Lenkijoje), JAV ir Rusijoje, pateikiami standartuose: NFPA 1971, НПБ 162-02, EN 469. Taip pat buvo priimti papildomi reikalavimai Lenkijoje – pateikti Vidaus reikalų ministerijos įsakyme (paskelbtas 2010 m. gruodžio mėn. Nr. 85, 553 punktas). Remiantis reikalavimų analize, nustatyta, kad daugiausia dėmesio skiriama apsaugoms nuo šiluminių faktorių (atsparumas šiluminei spinduliuotei, liepsnai, kontaktinei šilumai). Trumpai aptariami šių standartų reikalavimų ir bandymų parametrų nustatymo bandymų metodai. Taip pat aptariamos ugniagesių apsauginių drabužių bandymo metodų kūrimo kryptys. Pateikiamos dabartinės mokslinių tyrimų ir matavimo įrangos plėtros tendencijos [23].

Apsauginė ugniagesių apranga turi atitikti kelių standartų reikalavimus, skirtingus įvairiose šalyse (ASTM, Europos standartai ir kt.). Prieš pradėdant naudoti apsauginius drabužius, pirštines, šalmsus ir kitas asmenines apsaugos priemones, skirtus gaisrininkams, jie turi išlaikyti sudėtingus bandymus ir gauti pažymėjimą. Bandymai atliekami siekiant nustatyti medžiagų savybes ir patikrinti, ar gaminyje atitinka minimalius saugos reikalavimus. Dėl apsauginių drabužių tyrimo ir aukštų standartų reikalavimų ugniagesiams, galima išvengti sužalojimų, ypač nudegimų (itin pavojingų) [23].

Tyrime pirmą kartą demonstruojamos polimerinės dervos CNT plėvelės turinčios ugniai atsparios savybės. Palyginus su klasikinėmis ugniai atsparioms medžiagomis, tokiomis kaip „Kevlar“, „Twaron“ arba „Nomex“, CNT plėvelė parodė, kad turi daug privalumų. Medžiaga yra lengva, lanksti ir lengvai formuojama. Rezultatai parodė, kad naudodamiesi CNT dėl atsparumo ugniai, mes galime pratęsti eksploataavimo trukmę beveik dvigubai, todėl CNT daug geriau apsaugo nei dabar naudojami sprendimai. Panaudojus CNT plėvelę kaip įprastų medžiagų dangą jos tampa dar atsparesnės ugniai [2].

Be halogenų, slopinančių poliamidą 6 (PA6) gali būti gaminami audiniai, kurių sudedamosios dalys vis dar turi priimtinas tempiamąsias savybes ir mažai priedų, įtraukiant nanoclay, sudarantį du būdus, kaip galima slopinti degumą. Iš esmės apima 1) aliuminio dietilofosfatą (AlPi), esantį 10% masės, veikiant daugiausia garų fazėje, ir 2) amonio sulfamato (AS) / dipentaeritritolio (DP) sistema, atitinkančią 2,5 ir 1% masės, manoma, kad tai yra kondensacinė fazė. Kiekvienos priedų sistemos poveikis yra analizuojamas atsižvelgiant į jo gebėjimą maksimaliai padidinti siūlių tempimo savybes, palyginti su 100% PA6, ir megztų medžiagų atsparumą ugniai. Nė vienas iš AlPi turinčių preparatų nesugebėjo savaime gesti, nors antipireno nanokaly buvimas paskatino padidino degimo ir lydymosi temperatūras. AS / DP. Sudėtyje esančios kompozicijos, kurių bendras antipirenų kiekis yra 5,5 % masės ar mažesnis, parodė gerokai pranašesnes savybes. [24].

Daugiagijai siūlai iš polietileno tereftalato (PET), kurių sudėtyje yra ugnį slopinančių medžiagų, buvo pagaminti iš lydalo šlapio verpimo būdu, o tada pagaminti tekstilės gaminiai. Ištirtos megztų audinių atsparumo ugniai savybės, parodančios reikšmingą šilumos sumažėjimą esant fosforo turinčioms cheminėms medžiagoms (Exolit OP950). POSS nanodalelių įtraukimas į PET-OP950 sistemas šiek tiek sumažina medžiagos ugnies atsparumo savybes, veikia kaip geras dūmų slopintuvas, kai degimo metu išsiskiria toksiški dūmai [25].

Šio tyrimo tikslas - užpildyti literatūros spragą apie siūlų ir audinių struktūros parametrų poveikį poliesterinį audinių elgsenai degimo metu. Pagal eksperimentinį projektą buvo atrinkti trys skirtingi audinių tipai, išrinkti trys skirtingi ataudų tankiai ir du skirtingi audimo tipai, iš viso pagaminta aštuoniolika skirtingų poliesterio audinių. Visos statistinės procedūros buvo atliekamos naudojant SPSS Statistikos programinės įrangos paketą. Variacijos analizės (ANOVA) tyrimų rezultatai parodė, kad; statistiškai reikšmingas santykis (5% reikšmingumo lygis) skirtumas tarp masės nuostolių santykio (%) ataudų ir masės nuostolių santykio (%) skirtingų audinių metmenų kryptimi, apskaičiuotas po degumo bandymo. "Student-Newman-Keuls" (SNK) rezultatai, susiję su masės nuostolių santykiu (%) tiek ataudų, tiek metmenų kryptyse, parodė, kad medžiagų, kurių sudėtyje yra Trevira CS tipo poliesteris, masės nuostolių santykis (%) buvo mažesnis už masės nuostolių santykį iš poliesterinį audinių. [26].

Tirtos polipropileninio baldinio audinio laidumo orui ir nedegumo priklausomybės nuo audinyje esančių siūlų struktūros ir oro slėgio tūtoje siūlų tekstūravimo metu. Tyrimas parodė, kad polipropileninio baldinio audinio laidumas orui labai priklauso nuo siūlų struktūros ir kinta daugiau negu 1 %. Audinio laidumas orui beveik nekinta dėl oro slėgio kitimo tekstūravimo tūtoje siūlų gamybos metu. Panašios tendencijos pastebimos ir tiriant audinio degumą. Vertikalaus bandinio savaiminio užgesimo trukmė priklauso nuo siūlų struktūros ir kinta daugiau kaip 19 %, o priklausomybė nuo oro slėgio tekstūravimo tūtoje nėra tokia ryški ir kinta tik 2,4 %. Pastebėta didelė siūlų plaukuotumo įtaka oro laidumui bei savaiminio užgesimo trukmei. Audinio paviršiuje

esantys pavienių siūlo gijų galai ir kilpos, kurios susidaro siūlų tekstūravimo metu, užsidega gana lengvai, o dėl to kylant temperatūrai užsidega ir gilesni audinio sluoksniai. Audiniai, kurių paviršius ne toks plaukuotas, užgęsta greičiau, nors jų laidumas orui didesnis [27].

Darbo tikslas - ištirti audinio struktūros ir silicio dioksido dangos, gautos sol-gelio procesu, įtaką medvilnės bandinių šiluminės izoliacijos savybėms. Buvo pasirinktos trys pagrindinės medvilninio audinio pynimo struktūros (drobinis, satinas ir pikinis) su skirtingu verpalų skaičiumi, siūlų skaičius 1 cm ir masė 1 m². Drobinio pynimo mėginiai buvo padengti, naudojant silicio dioksolį, susidariusį hidrolizės būdu ir kondensuojant 3-glicidooksipropiltrimetoksilaną rūgštinėmis sąlygomis. Bandiniai charakterizuojami TGA ir FT-IR metodais. Šiluminės savybės išmatuotos namų aparatu, siekiant apskaičiuoti visų apdorotų audinių mėginių šilumos laidumą, atsparumą ir absorbciją. Buvo ištirtas santykis tarp pluošto pynimo, audinių šiluminės izoliacijos savybių ir dangos tirpalo koncentracijos. Nustatyta, kad audinių pynimas ir tankis stipriai įtakoja šiluminės savybes: pikinis audinys visada rodo mažiausias vertes, o satinas rodo didžiausias vertes, drobinis pynimas yra tarpinis variantas. Įrodyta, kad apdoroto didelio tankio medvilninio pluošto audinio šiluminės savybės labai priklauso nuo apdailos agento koncentracijos [28].

Apibendrinimas. Tankiai austi ir megzti gaminiai užsidega sunkiau ir dega lėčiau. Priežastis, kodėl lengvesnis svoris ir grynai audiniai užsidega ir dega lengviau, yra ta, kad juose yra daug oro tarpų kuriuose gausu deguonies kuris suaktyvina degimą. Tyrimai parodė, kad naudojant kilpų skaičių, galima didinti mezginio nedegumą. Ataudų siūlų skaičiaus ir apdailos pokyčiai turi reikšmingą įtaką kelioms šiluminėms savybėms. Padidėjus ataudų skaičiui padidina šilumos laidumą, sugertį, atsparumą ir maksimalaus ir stacionaraus šilumos srauto santykį. Bet kokia audinio pynimo struktūra turi įtakos nedegumui. Kuo pynimas tankesnis tuo audinys ilgiau atlaiko liepsnos poveikį. Audinio nedegumą padidinti bei naudojant įvairias antipirenines dangas, modifikuojant pluoštą.

1.3. Audinio pynimo įvertinimas

Įvertinant audinio struktūrą, reikia atsižvelgti į daugelį audinio struktūros parametrų: metmenų ir ataudų žaliavas, metmenų ir ataudų ilginius tankius, metmenų ir ataudų tankumus bei audinio pynimą. Visi šie audinio struktūros parametrai gali būti vertinami kartu ir atskirai, bet sudėtingiausias yra pynimo vertinimas, nes reikia atsižvelgti į perdangų pobūdį, jų pasiskirstymą, gretimų siūlų susipynimą ir pan. [29].

Audinių degumas priklauso nuo įvairių veiksnių, tokių kaip pluošto žaliavos, jo ilginio tankio, siūlų tankio, audinio konstrukcijos, deguonies ir drėgmės koncentracijos aplinkoje, netgi audinio audimo būdo. Tirta audinių siūlų tankio ir pynimo tipo įtaka degumo savybėms. Darbe nagrinėjama audinių iš metaaramidinių siūlų "Nomex Delta TA" 18,5 tex × 2 degumo savybių priklausomybė nuo įvairių veiksnių: siūlų tankumo, audinio pynimo, pynimo faktoriaus. Nustatyta, kad audinio

struktūra turi įtakos kiaurymės pradžios trukmei, t.y. laikui, per kurį dėl degimo atsiranda kiaurymė. Taip pat nustatyta didelė koreliacija tarp audinio įtrūkimo trukmės ir pradžios trukmės. Siūlų tankumas ir pynimo faktorius P_1 tiesiškai veikia audinio degumą. Tiriant audinius su vienodu siūlų tankumu, bet skirtingais pynimais paaiškėjo kad yra ryšys tarp pynimo koeficiento P_1 ir audinio pradžios laiko. Nustatyta, kad pagal koeficientą ϕ negalima projektuoti audinio degumo; tai patvirtina ir oro laidumo tyrimai. Audinio įtrūkimo laikas ir pradžios laikas yra susiję. Tarpusavio priklausomybės tiesinės lygties neapibrėžties koeficientas $R^2 > 0,96$. Siūloma audinio įtrūkimo laiką naudoti kaip parametą degumui nustatyti. Įtrūkimo laikas fiksuojamas su garsu todėl lengviau ir tiksliau fiksuojamas momentas, kada audinys pažeidžiamas. [30].

Audinio technologinės savybės priklauso nuo audinio struktūros, kurią atspindi audinio audžiamumas, kuris priklauso nuo pluoštinės sudėties ir audimo staklių konstrukcijos. Audžiamumas yra glaudžiai susijęs su audinio struktūra. Galima teigti, kad audimo sąlygos, užtikrinančios vienodą audinio struktūrą, turėtų nulemti ir nesikeičiantį audinio struktūros rodiklį. Šios audimo sąlygos pasiekiamos, audžiant maksimalaus ataudų tankumo audinius. Atlikus eksperimentus buvo nustatyti primušimo proceso parametų priklausomybių nuo audinio struktūros rodiklių taškai ir apskaičiuoti audinio struktūros rodiklių variacijos koeficientai. Rezultatai parodė, kad audinio audžiamumą Brierley'o grupės rodikliai įvertina kur kas geriau negu Peirce'o grupės rodikliai. Iš jų patogiausia naudoti rodiklį ϕ , nes juo galima įvertinti bet kokio pynimo audinius [31].

Straipsnyje aprašyti audinio struktūros įvertinimo būdai, pateikti skirtingų mokslininkų pasiūlyti audinio pynimo ir integraliniai audinio struktūros rodikliai, išanalizuoti šių rodiklių privalumai ir trūkumai. Tyrimų metu gautos audinio trūkimo jėgos ir trūkimo ištiesos priklausomybės nuo skirtingų pynimo rodiklių. Gautos taškų diagramos rodo, kad koreliacijos tarp audinio trūkimo jėgos ir audinio pynimo rodiklių nėra, tačiau trūkimo ištiesa priklauso nuo audinio pynimo rodiklių, t. y. didėjant pynimo standumui, trūkimo ištiesa didėja. Taip pat buvo nustatytos trūkimo jėgos ir trūkimo ištiesos priklausomybės nuo audinio ataudų tankumo. Gauta, kad, didėjant ataudų tankumui, trūkimo jėga šiek tiek mažėja, o trūkimo ištiesa didėja. Iš audinio trūkimo jėgos ir trūkimo ištiesos priklausomybių nuo integralinių audinio struktūros rodiklių matyti, kad tarp trūkimo jėgos ir integralinių audinio struktūros rodiklių koreliacijos nėra, o trūkimo ištiesa, standėjant audinio struktūrai, didėja [32].

Tirtos polipropileninio baldinio audinio trūkimo jėgos ir ištiesos priklausomybės nuo audinyje esančių siūlų struktūros ir oro slėgio tūtoje siūlų tekstūravimo metu bei nuo paties audinio struktūros. Tyrimo metu paaiškėjo, kad polipropileninio baldinio audinio trūkimo jėga ir ištiesa labai priklauso nuo siūlų struktūros (kinta daugiau negu 17 %, o kai kuriais atvejais ir 25 %). Audinio

trūkimo jėga ir ištįsa beveik nekinta dėl oro slėgio kitimo tekstūravimo tūtoje siūlų gamybos metu. Trūkimo jėga nuo oro slėgio tekstūravimo tūtoje kinta tik 2,4 %. Taip pat šiame darbe buvo tirta audinio struktūros, konkrečiai pynimo įtaka stiprumo savybėms. Aiškių priklausomybių nuo audinio pynimo koeficientų P , P' , P_a , ir P_m nebuvo aptikta [33].

Analizuojama audinio pynimo perdangų pasiskirstymo, išreiškiamo pynimo rodikliu P_1 , įtaka audinio trūkimo jėgai ir trūkimo ištįsai. Pynimai yra suskirstyti į dvi grupes, t. y. pynimai, kurių perdangos yra išsidėsčiusios tolygiai visame audinio paviršiuje, ir skersai ruožuoti pynimai. Pastebėta, kad skirtingų grupių pynimų audinių trūkimo pobūdis, o kartu ir trūkimo kreivės, yra skirtingos. Taip pat skiriasi šių grupių pynimų audinių trūkimo jėgos ir trūkimo ištįsos priklausomybės nuo pynimo rodiklio P_1 . Analizuojant atskirų grupių trūkimo jėgos priklausomybes nuo pynimo rodiklio P_1 , nustatyta, kad skersai ruožuotų pynimų trūkimo jėgos vertės yra didesnės negu pynimų su tolygiai išsidėsčiusiomis perdangomis. Lygčių apibrėžties koeficientai yra dideli. Įvertinus visus pynimus, apibrėžties koeficientas gerokai sumažėja, todėl galima teigti, kad tarp audinio pynimo ir audinio trūkimo jėgos yra vidutinio dydžio koreliacija. Pynimų su tolygiai pasiskirsčiusiomis perdangomis trūkimo ištįsos kreivė kinta gerokai intensyviau, palyginti su skersai ruožuotais pynimais. Priklausomybių apibrėžties koeficientai yra dideli [34].

Norėdami suprojektuoti audinius ir pasirinkti jų struktūros parametrus, visada būtina įvertinti dvimatę pynimo matricą vienu faktoriumi. Pateiktos V. Milašiaus pasiūlytos audinio pynimo faktorių P ir P_1 panaudojimo galimybės. Brierley teorijoje pluošto koeficientas F_m apskaičiuojamas skirtingomis indekso priemonėmis m priklausomai nuo pynimo rūšies. M indeksas apskaičiuojamas eksperimentiniu būdu. Audimo faktoriai P ir P_1 apskaičiuojami tiesiai iš pynimo matricos ir turi puikų koreliaciją su eksperimentiniu faktoriumi F_m . Jos apima daugumą naudojamų audinių, tačiau jų negalima naudoti skaičiuojant labai nevienodus audimo koeficientus. Šio tyrimo tikslas ir naujovė yra P - P_1 ir P_1 užimtumo tyrimas visiems vieno sluoksnio audiniams, įskaitant labai nesubalansuotus. Eksperimentiniai tyrimai buvo atlikti remiantis Brierley teorija; didžiausias pasirinkto tankio kiekis buvo nustatytas originaliau, tiksliau. Siūloma įvertinti integruotojo pluošto koeficientą P' skirtingais koeficientų, apskaičiuotų metmenų ir ataudų kryptimis, svoriais ir pridėdant jį į nesubalansuojančio koeficiento U formules. Taip pat buvo laikoma, kad subalansuotas audinio pynimas naujai apskaičiuotam faktoriui P' turi būti lygus P . Siūlomas modelis rodo puikią koreliaciją tarp naujo audimo faktoriaus eksperimentinių ir teorinių verčių [35].

Šiame straipsnyje pateikiama V. Milašiaus pasiūlyta galimybė panaudoti integruotą audinio struktūros faktoriaus ϕ modelį. Siūlomas audinio tvirtumo faktorius buvo sukurtas siekiant palyginti įvairių skirtingų audinių struktūrą. Eksperimento duomenų analizė rodo, kad audinio tvirtumo koeficientas ϕ yra tinkamas audinio struktūros įvertinimui audimo metu, taip pat kai kurioms

audinio savybėms. Pateikti tyrimai rodo, kad audinio tvirtumo koeficientas ϕ gali būti naudojamas kaip audinių su skirtingais struktūriniais parametrais lyginimo pagrindas [40].

Audinių projektavimas visada kelia problemą, kaip prognozuoti jų technologines ir galutines savybes. Pirmasis šios problemos sprendimo etapas yra audinio struktūros ypatumų apibendrinimas vienu integruotu veiksmu. Peirce ypač tiksliai atskleidė integruojančio audinio struktūros faktoriaus reikšmę: "Tai ... yra labai tinkamas palyginimo pagrindas bet kuriam eksperimentiniam tyrinėjimui ne tik dangos, bet ir kietumo, sandarinimo, pralaidumo ir skaidrumo, rinkimas ir t.t., kurių panašių padengimo veiksmių audiniai rodo panašumą." Antrasis etapas - technologinio ir galutinio naudojimo savybių statistinė priklausomybė nuo šio integruoto audinio struktūros faktoriaus. Integruojančio audinio struktūros veiksniai gali būti paskirstyti į dvi grupes: pagal Peirce'o teoriją ir pagal Brierley'o teoriją apie didžiausią nustatymą. audinio pynimo koeficientas P_1 , kai ataudų nustatymai yra skirtingi. Buvo nustatyta, kad tiesioginės priklausomybės tarp audinio integruoto pynimo koeficiento, integruoto audinio įtempimo koeficiento ϕ ir audinio trūkimo jėgos nėra. [36].

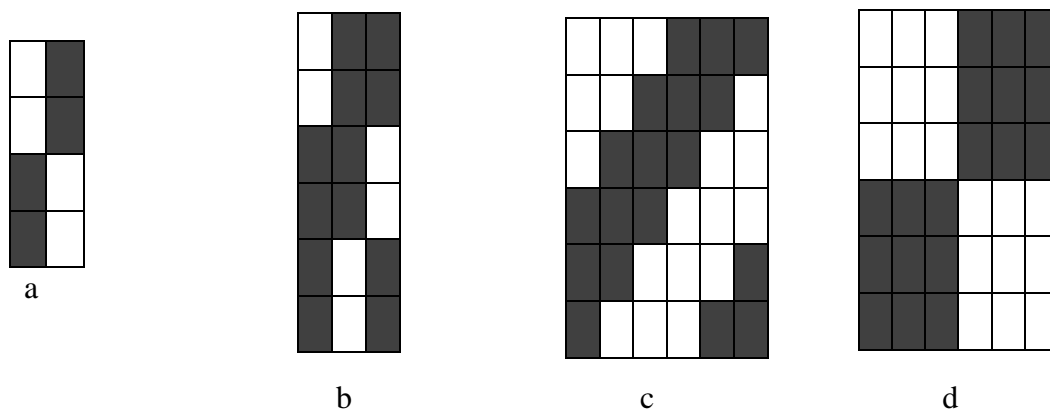
Norėdami suprojektuoti audinius ir pasirinkti jų struktūros parametrus, visada būtina įvertinti dvimatę pynimo matricą vienu faktoriumi. Pateikti V. Milašiaus pasiūlyti audinio pynimo faktorių P ir P_1 panaudojimo galimybes. Brierley teorijoje pynimo koeficientas F^m apskaičiuojamas skirtingomis indekso priemonėmis m , priklausomai nuo pynimo tipo. m indeksas apskaičiuojamas eksperimentiniu būdu. Pynimo koeficientai P ir P_1 apskaičiuojami tiesiai iš pynimo matricos ir turi puikų koreliaciją su eksperimentiniu faktoriumi F^m . Jos apima daugumą naudojamų audinių, tačiau jų negalima naudoti skaičiuojant labai nevienodus audimo koeficientus. Šio tyrimo tikslas ir naujovė yra P - P_1 ir P_1 užimtumo tyrimas visiems vieno sluoksnio audiniams, įskaitant labai nesubalansuotus. Eksperimentiniai tyrimai buvo atlikti remiantis Brierley teorija; didžiausias pasirinkto tankio kiekis buvo nustatytas originaliau, tiksliau. Buvo pasiūlyta įvertinti integruotąjį audinio koeficientą P' skirtingais veiksniais, apskaičiuotos metmenų ir ataudų kryptys, svoriai ir pridant jį į nesubalansuojančio koeficiento U formules. Taip pat buvo manoma, kad subalansuotiems pynimams naujai apskaičiuotas koeficientas P "turi būti lygus P . Siūlomas modelis rodo puikų koreliaciją tarp naujo pluošto faktoriaus eksperimentinių ir teorinių verčių [37].

Apibendrinimas. Audinio tam tikros savybės įvertinamos įvairiai. Atliekami įvairūs tyrimai kurie apima tiek žaliavos, siūlų bei audinių gamybos procesus, audinio struktūrą. Audinio pynimas gali būti įvertintas įvairiais koeficientais pagal V. Milašių, Brierley arba Peirce.

2. Metodika

2.1. Tyrimo objektas

Atliekant tyrimus buvo naudojami 4 variantai skirtingų audinių iš Nomex Delta TA (metaaramidinių pluoštų audiniai), 18,5 tex x 2 siūlų, metmenų tankumas $S_1 = 33 \text{ cm}^{-1}$, o ataudų $S_2 = 28 \text{ cm}^{-1}$. Pasirinkti pynimai: metmenų ripsas 2/2, ruoželis 4/2 (žingsnis 2), ruoželis 3/3 ir panama 3/3.

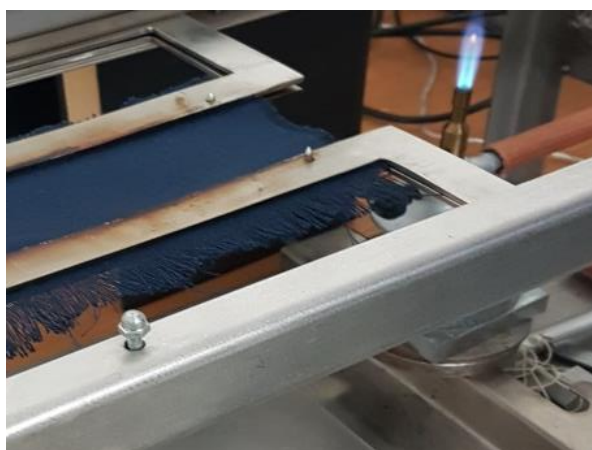


1 pav. Tirtų audinių pynimai: a - metmenų ripsas 2/2, b - ruoželis 4/2 (žingsnis 2), c - ruoželis 3/3, d - panama 3/3.

Buvo paruošta po 5 (kiekvieno pynimo) 18cm ilgio ir 6 cm pločio bandinius.

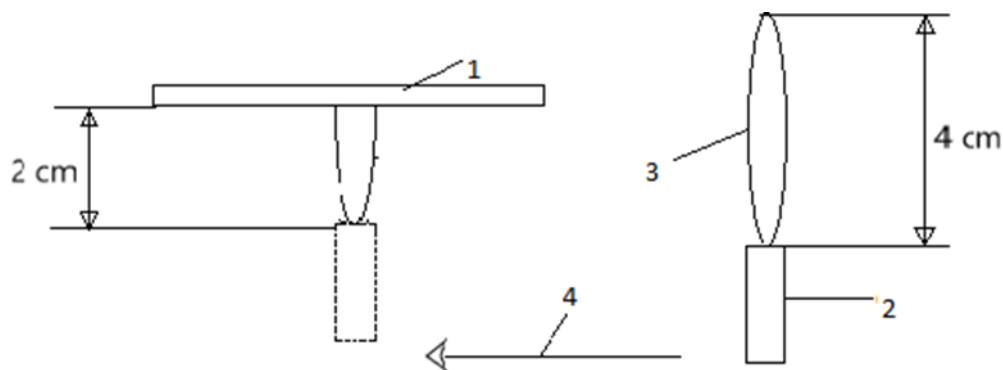
2.2. Tyrimo metodika

Audinių degumas buvo ištirtas taikant horizontalųjį bandymo metodą pagal DIN 50050-1: 1989 standartą, kuris taikomas visoms tekstilės medžiagoms. Pagal šį metodą audinio pavyzdys buvo užfiksuotas tarp dviejų plokščių horizontalioje padėtyje, tai parodyta 2 paveiksle. Tuo pat metu sureguliuojamas liepsnos aukštis. Degiklyje buvo deginamos propano dujos.



2 pav. Bandinys įtemptas ir įtvirtintas rėmelyje

Laikas pradedamas skaičiuoti nuo bandinio užstūmimo virš liepsnos iki liepsnos pakilimo virš audinio, tai pavaizduota 2 paveiksle. Liepsnos aukštis - 4 cm, o atstumas tarp liepsnos šaltinio ir tirtų medžiagų - 2 cm. Sureguliuoti liepsnos aukščiai taip pat pavaizduoti 3 paveiksle.



3 pav. Audinio degumo tyrimo schema. 1. Bandinys; 2. degiklis; 3. Liepsna; 4. Degiklio pastūmimas po bandiniu.

Parametras $P'_{(x)}$ buvo apskaičiuotas pagal formulę $P' = a P_1 + (1-a) P_2$, kur P_1 yra pynimo koeficientas metmenų kryptimi, P_2 yra audimo koeficientas ataudų kryptimi, o "a" yra P_1 procentinė dalis. Pradiniai koeficientai pateikti 3 lentelėje

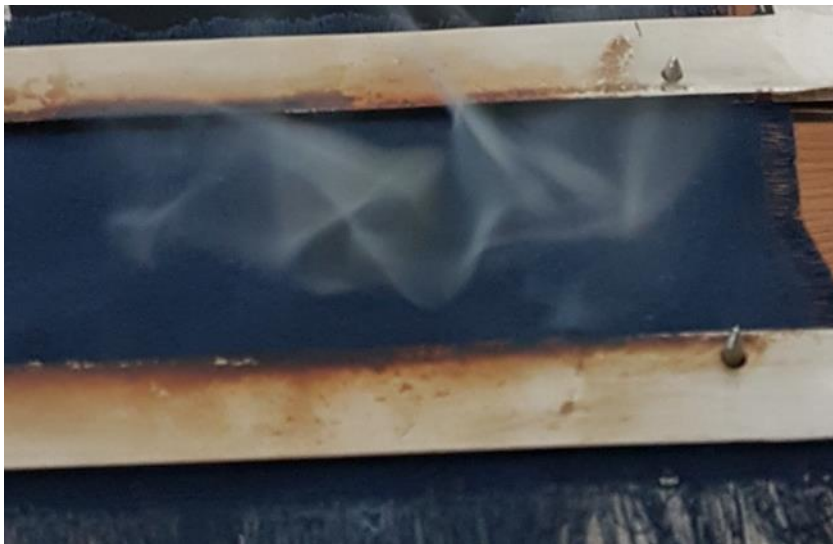
a: 100; 90; 80; 75; 74; 73; 72; 71; 70; 65; 60; 50; 25; 0.

3 lentelė. Pradiniai pynimo koeficientai:

Pynimas	P	P_1	P_2
Metmenų ripsas 2/2	1,155	1,309	1,0
Ruoželis 4/2 žingsnis 2	1,356	1,524	1,188
Ruoželis 3/3	1,549	1,549	1,549
Panama 3/3	1,643	1,643	1,643

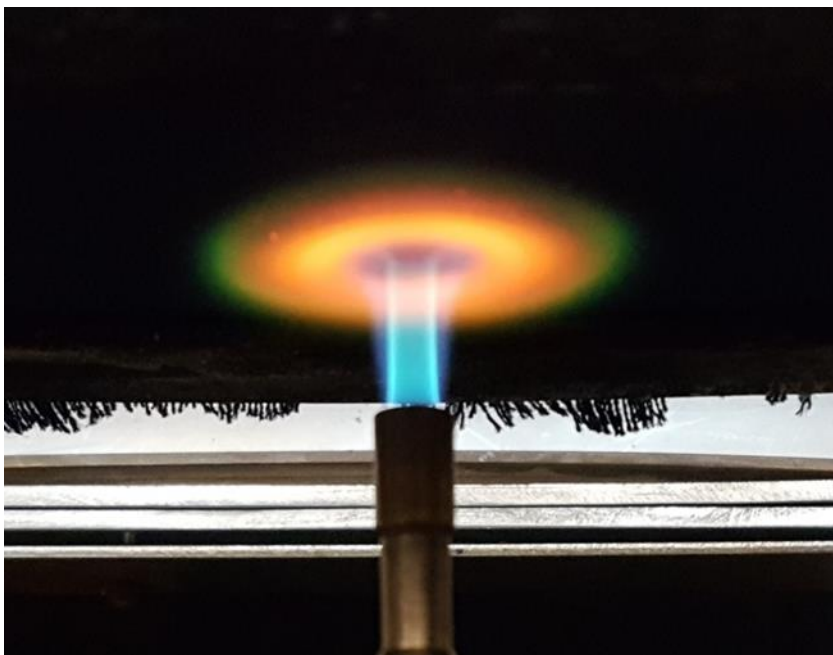
3. Tyrimo rezultatai

Siekiant patikrinti kokią įtaką daro pynimas audinio degumui, buvo atliktas horizontalaus deginimo tyrimas. Horizontalaus deginimo tyrimas geriausiai parodo pradedimo laiką. Taip pat siekiant kuo tikslesnių rezultatų buvo fiksuojamas ir įtrūkimo laikas. Užstūmus bandinį ant liepsnos, bandinys pradeda rūkti (išsiskiria pilkšvi dūmai), tai parodyta paveiksle 4.



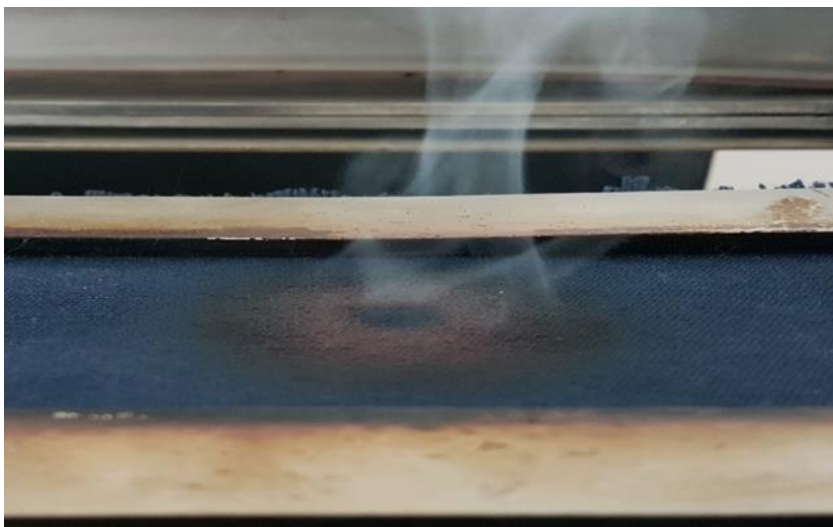
4 pav. Pirminis audinio deginimo etapas

Liepsna neprasiskverbia per audinį iškart. Audinio apatinėje pusėje ugnis pasiskirsto tam tikrame plote, svarbu ir tai, kad ugnis neplinta tolyn visa tai pavaizduota paveiksle 5.



5 pav. Ugnies plitimas audinio apačioje

Plote kuriame ugnis plinta, viršutinėje audinio pusėje matyti, kad dūmų kiekis mažėja, o audinys aplink liepsną ima anglėti (kietėti), tai pavaizduota paveiksle 6. Labai svarbu, kad audinys nesilydo ir liepsna neplinta. Tokioje stadijoje audinys dar nesukelia didelio pavojaus.

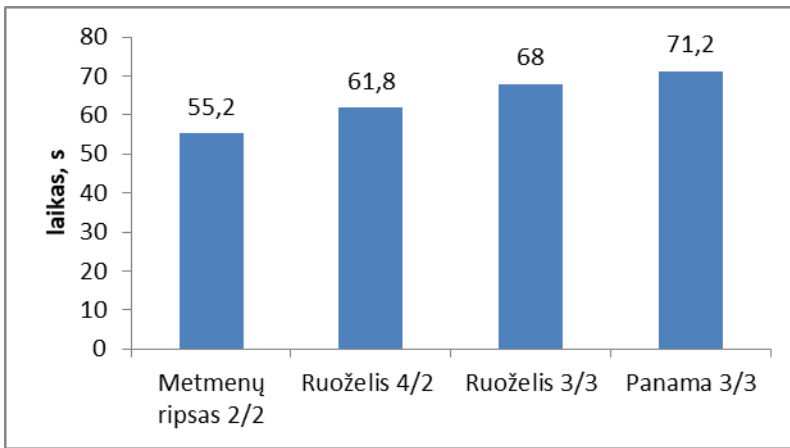


6 pav. Audinio anglėjimas

Kad tyrimas būtų kuo tikslesnis buvo atliktas ir audinio įtrūkimo laiko fiksavimas. Kaitinant audinį staiga pasigirsta garsas ir tuo pat metu audinys įtrūksta būtent tada fiksuojamas įtrūkimo laikas. Tyrimo metu kiekvienam skirtingo pynimo bandiniui buvo fiksuotas įtrūkimo laikas ir kiekvienam pynimui vedamas vidurkis. Gauta: Metmenų ripsas 2/2 įtrūko vidutiniškai po 55,2 s; Ruoželis 4/2 – 62,8 s; Ruoželis 3/3 – 68,0 s; Panama 3/3 – 71,2s. Audinio įtrūkimas pavaizduotas paveiksle 7 o įtrūkimo laiko diagrama - paveiksle 8.



7 pav. Audinio įtrūkimo laiko fiksavimas



8 pav. Įtrūkimo laiko diagrama

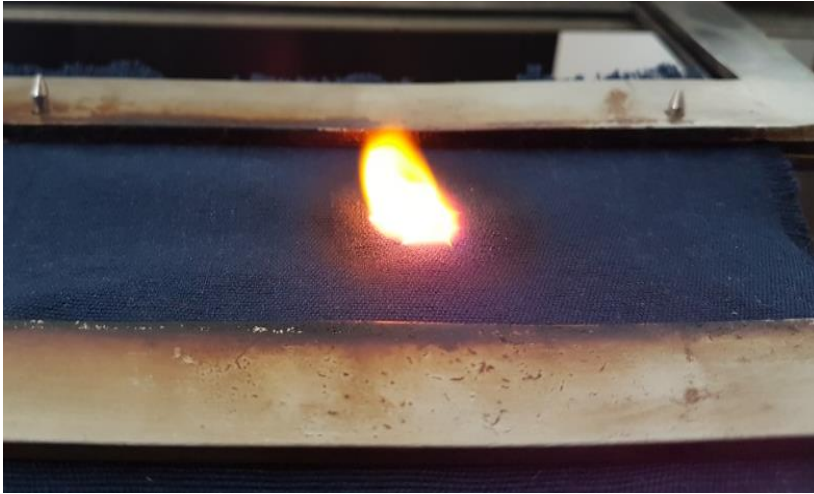
Iš įtrūkimo laiko diagramos aiškiai matyti, kad panamos pynimas ilgiausiai atlaikė liepsnos įtaką ir įtrūko po 71,2 s. o metmenų ripsas audinys įtrūko po 55,2s.

Paveiksle 9 pavaizduota kaip ugnis per įtrūkimo vietas ima skverbti, ir kad ugnis net prasiskverbus neplinta tolyn. Šioje stadijoje (kai audinys jau yra įtrūkęs, bet liepsna dar nepakilus virš audinio) pavojaus rizika nudegti maža.

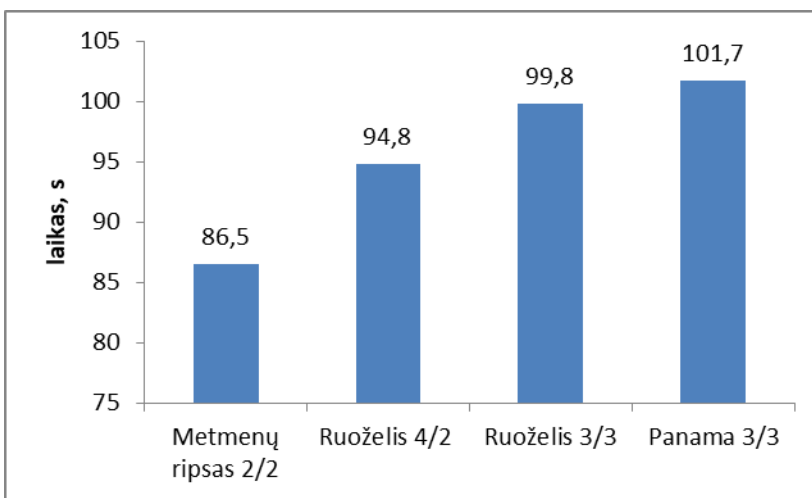


9 pav. Ugnies skverbimasis per įtrūkimo vietas

Kai ugnis prasiskverbia pro audinį iš karto fiksuojamas pradedimo laikas, tai pavaizduota paveiksle 10. Šioje stadijoje audinys jau yra pilnai pažeistas ir gali sukelti pavojų. Kiekvienam bandiniui fiksuotas pradedimo laikas ir apskaičiuojamas pradedimo laiko vidurkis kiekvienam skirtingam pynimui atskirai. Metmenų ripsas 2/2 pradegė po 86,5 s; Ruoželis 4/2 – 94,8 s; Ruoželis 3/3 – 99,8 s; Panama 3/3 – 101,7s. audinio pradedimo laiko diagrama pavaizduota paveiksle 11.



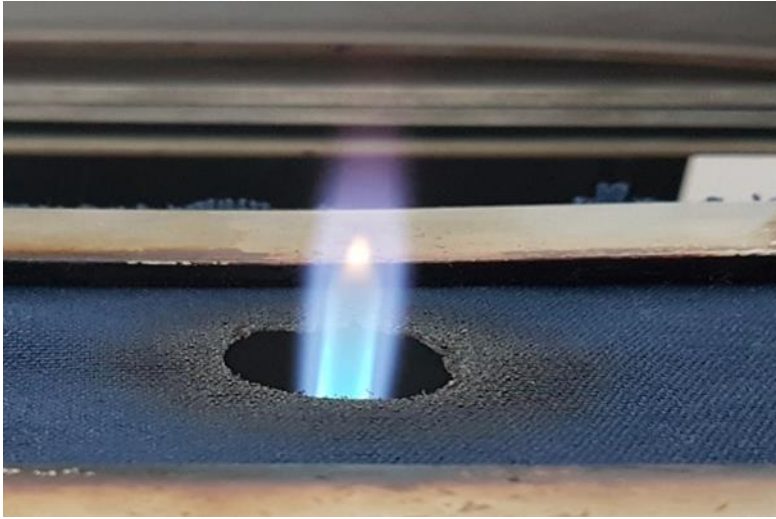
10 pav. Pradegimo laiko fiksavimas



11 pav. Pradegimo laiko diagrama

Iš pradegimo laiko diagramos matyti, kad panamos pynimu austas audinys ilgiausiai atlaikė liepsnos poveikį. Šis pynimas pradegė tik po 101,7 s., o metmenų ripsas pradegė greičiausiai net po 86,5s.

Prasiskverbęs ugnis virš audinio pakyla 2cm. Išdegus skylei, toliau ugnis neplinta, o dega kiaurai audinį, visa tai pavaizduota paveiksle 12. Audinio kiaurymės kraštai lieka apanglėję, audinys išdega bet nesilydo.



12 pav. Liepsnos aukštis pradegus audiniui

Baigus deginimo bandymą pamatuotas pradegusios skylės diametras, išmatuotas išdegusios skylės diametras 1,8 cm \approx 2cm, šis matavimas pavaizduotas paveiksle 13. Tai parodo, kad ugnis neišplito ir kad pradegimo plotas proporcingas daliai liepsnos aukščio.



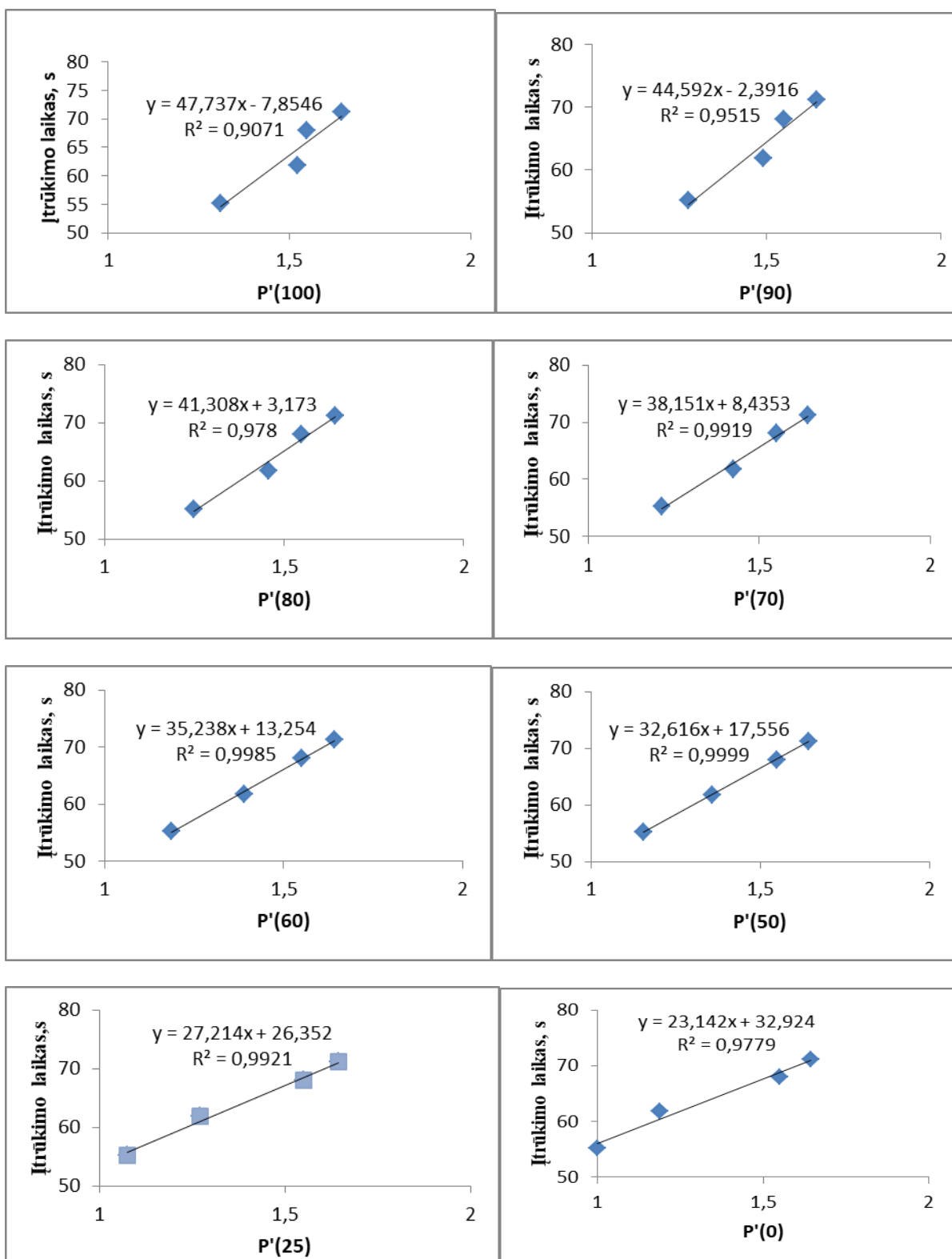
13 pav. pradegusios skylės skersmuo

Atlikus horizontalaus deginimo bandymą ir gavus įtrūkimo laiko bei pradegimo laiko duomenis, buvo apskaičiuotas pynimo koeficientas $P'(x)$. Visi apskaičiuoti $P'(x)$ duomenys surašyti į 4 lentelę.

4 lentelė. Pynimo koeficiento $P'(x)$ apskaičiuotų duomenų rezultatai

Pynimas	P'_{1-100}	P'_{1-90}	P'_{1-80}	P'_{1-75}	P'_{1-70}	P'_{1-65}	P'_{1-50}	P'_{1-25}	P'_{1-0}
Metmenų ripsas 2/2	1,309	1,278	1,247	1,231	1,216	1,200	1,154	1,077	1
Ruoželis 4/2 žingsnis 2	1,524	1,490	1,456	1,44	1,423	1,406	1,356	1,272	1,188
Ruoželis 3/3	1,549	1,549	1,549	1,549	1,549	1,549	1,549	1,549	1,549
Panama 3/3	1,643	1,643	1,643	1,643	1,643	1,643	1,643	1,643	1,643

Apskaičiavus koeficientus $P'_{(x)}$, iš tiesinės lygties gaunamas neapibrėžties koeficientas R^2 . Įtūkimo laiko ir $P'_{(x)}$ priklausomybės tiesinės lygtys pavaizduotos paveiksle 14.



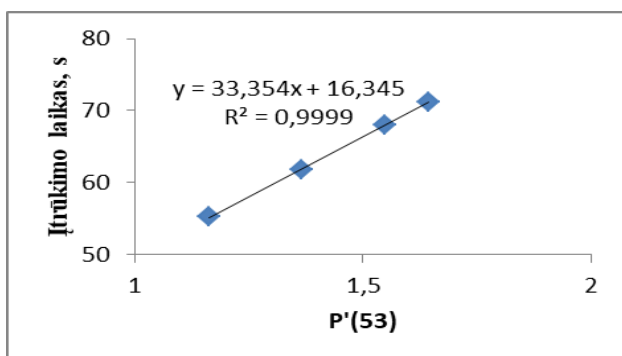
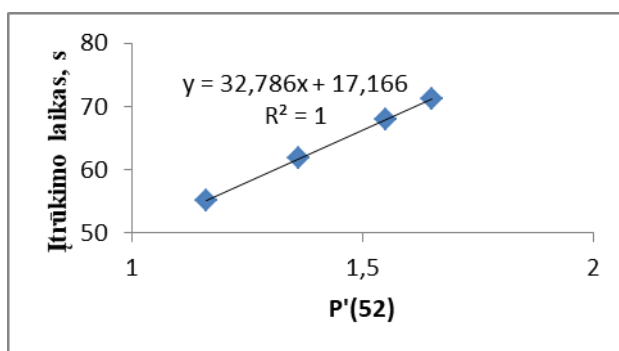
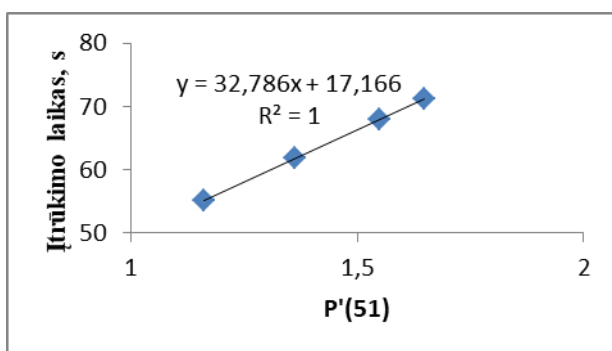
14 pav. Įtūkimo laiko priklausomybės nuo koeficiento $P'_{(x)}$ tiesinės lygtys.

Iš $P'_{(x)}$ ir įtūkimo laiko priklausomybės tiesinių lygčių matoma, kad optimumo taškas gaunamas ties 50%, o koeficientas R^2 optimumo taške lygus 0,9999. Daromas patikslinimas, apskaičiuojami

taškai ties 51%, 52%, 53%. Šiuose taškuose gaunami patikslinti koeficientai $P'_{(x)}$ ir braižomos naujos kreivės. Paveiksle 15 pavaizduotos patikslintos kreivės o $P'_{(x)}$ patikslinti taškai 5 lentelėje.

5 lentelė. Patikslintas koeficientas $P'_{(x)}$ ties optimumo tašku.

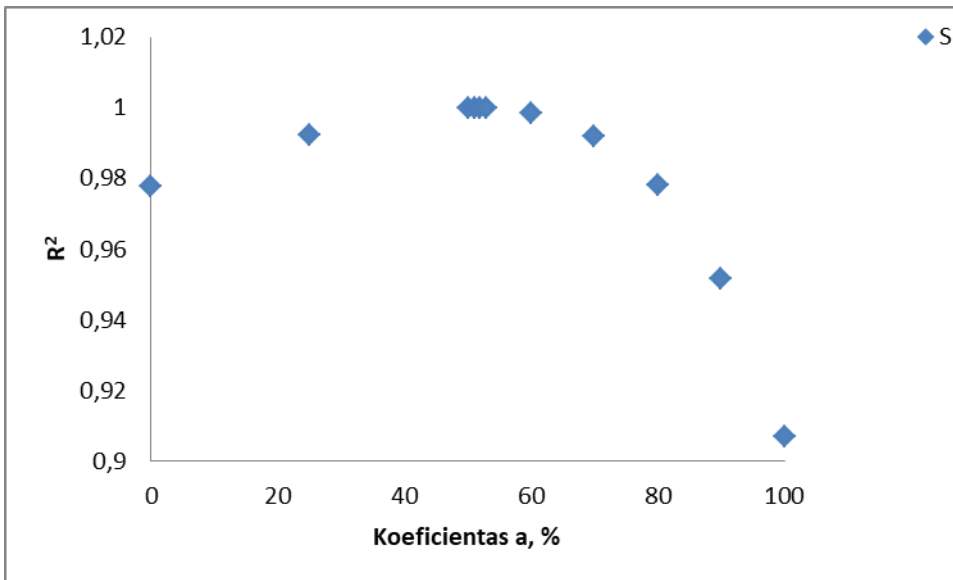
Pynimas	P'_{1-51}	P'_{1-52}	P'_{1-53}
Metmenų ripsas 2/2	1,157	1,160	1,163
Ruoželis 4/2 žingsnis 2	1,359	1,362	1,366
Ruoželis 3/3	1,549	1,549	1,549
Panama 3/3	1,643	1,643	1,643



15 pav. Patikslintas įtrūkimo laiko priklausomybės nuo koeficiento $P'_{(x)}$ optimaliausias taškas.

Iš nubrėžtų kreivių matyti, kad didžiausia R^2 reikšmė lygi 1. Optimaliausi taškai gaunami, kai metmenų skaičius 1cm lygus 51%, 52%.

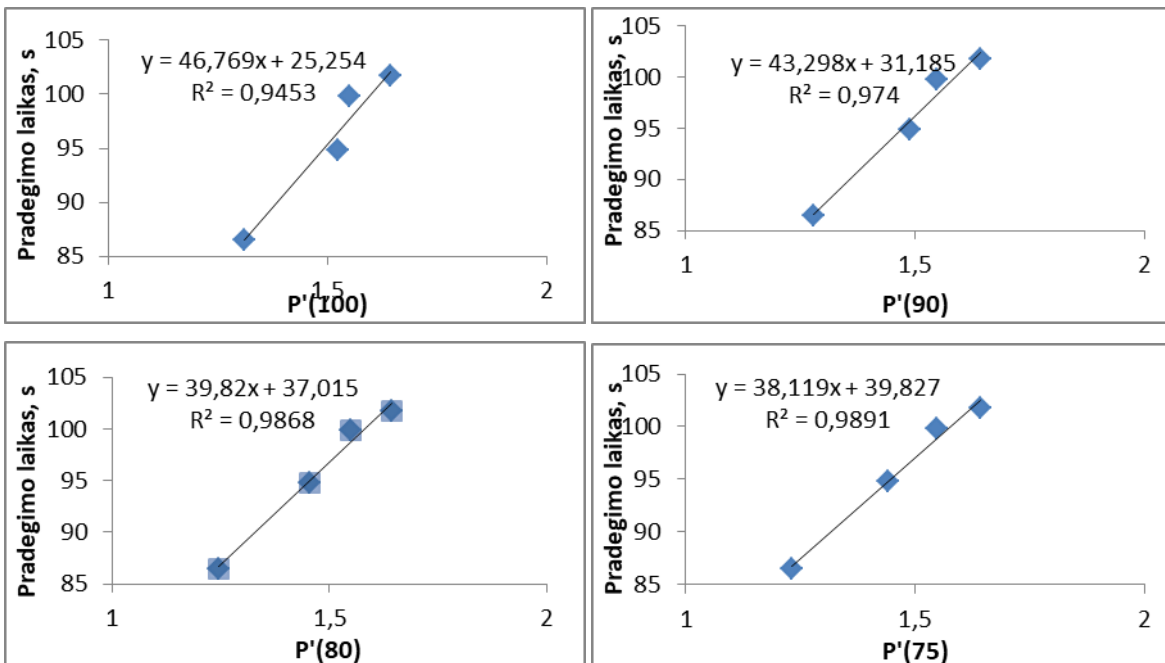
Suskaičiavus visus neapibrėžties koeficientus R^2 , nubraižomas neapibrėžties koeficiento ir pynimo koeficiento $P'_{(x)}$ priklausomybės grafikas. A. Milašius siūlo pynimo koeficiento $P'_{(x)}$ skaičiavimo lygties koeficiento a reikšmę lygią 0,7, o R. Abromavičius savo tyrime siūlo 0,6. Tačiau šio eksperimento tyrimas parodė, kad įtrūkimo laikui optimaliausia a reikšmė lygi 0,51 – 0,52. Esant šioms koeficiento x reikšmėms apskaičiuotas pynimo koeficientas $P'_{(x)}$ geriausiai apibūdinantis audinio pynimo įtaką audinio įtrūkimo laikui. Paveiksle 16 matyti, kad esant šiai a reikšmei gaunama didžiausia neapibrėžties koeficiento R^2 reikšmė.

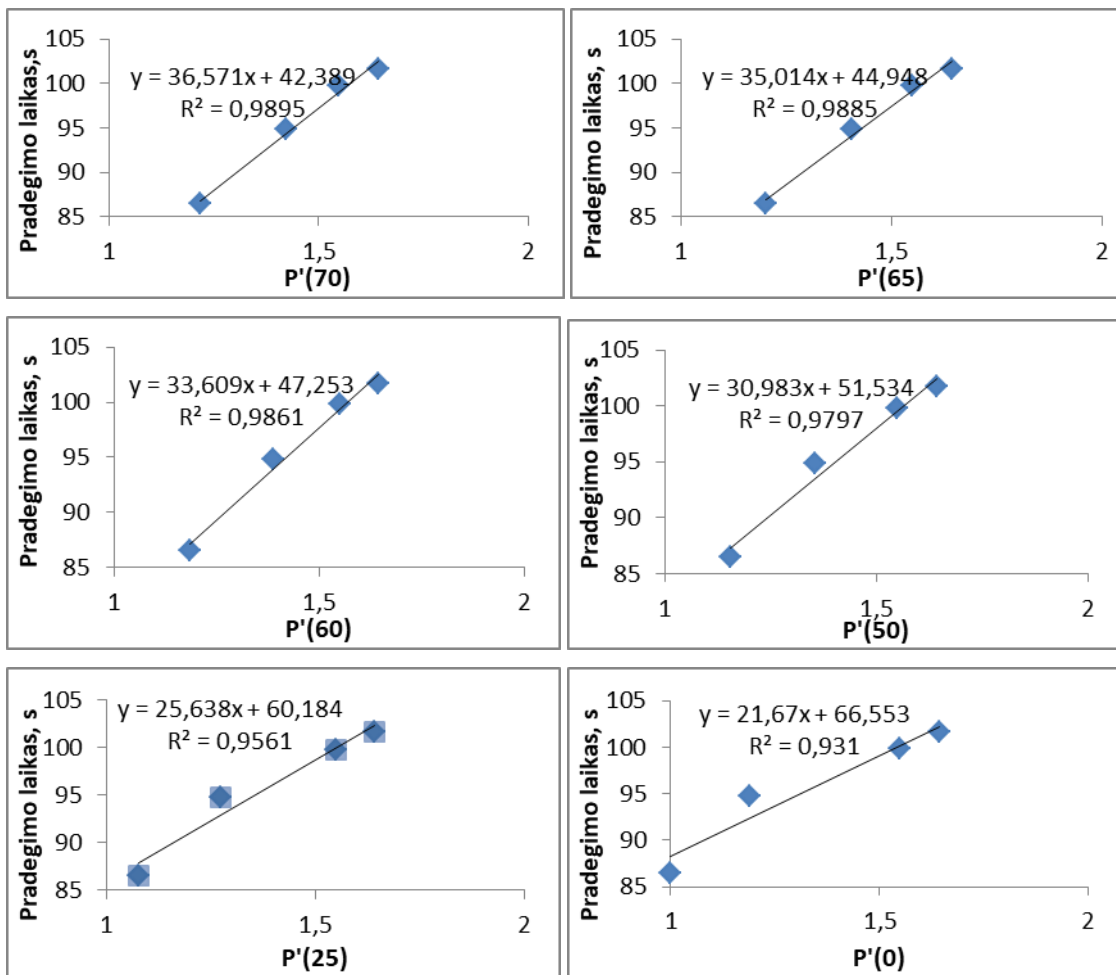


16 pav. Įtrūkimo neapibrėžties koeficiento R^2 priklausomybė nuo koeficiento a.

Šiame grafike aiškiai matoma, kad optimumo taškas geriausias ties 51% - 52%. Išskaičiuojant vidurkį gauname, kad optimaliausias taškas gaunamas ties 51,5 %.

Norint gauti nedegumo, neapibrėžties koeficiento R^2 priklausomybės, nuo koeficiento a grafiką, analogiškai kaip ir buvo daroma su įtrūkimo laiko koeficientu, braižomos neapibrėžties koeficiento kreivės ir iš lygties apskaičiuojamas neapibrėžties koeficientas R^2 . Pradegimo laiko R^2 neapibrėžties koeficiento kreivės. Audinio pradegimo laiko įtakos pynimo koeficientui $P'(x)$ tiesinės lygtys pavaizduotos paveiksle 17.



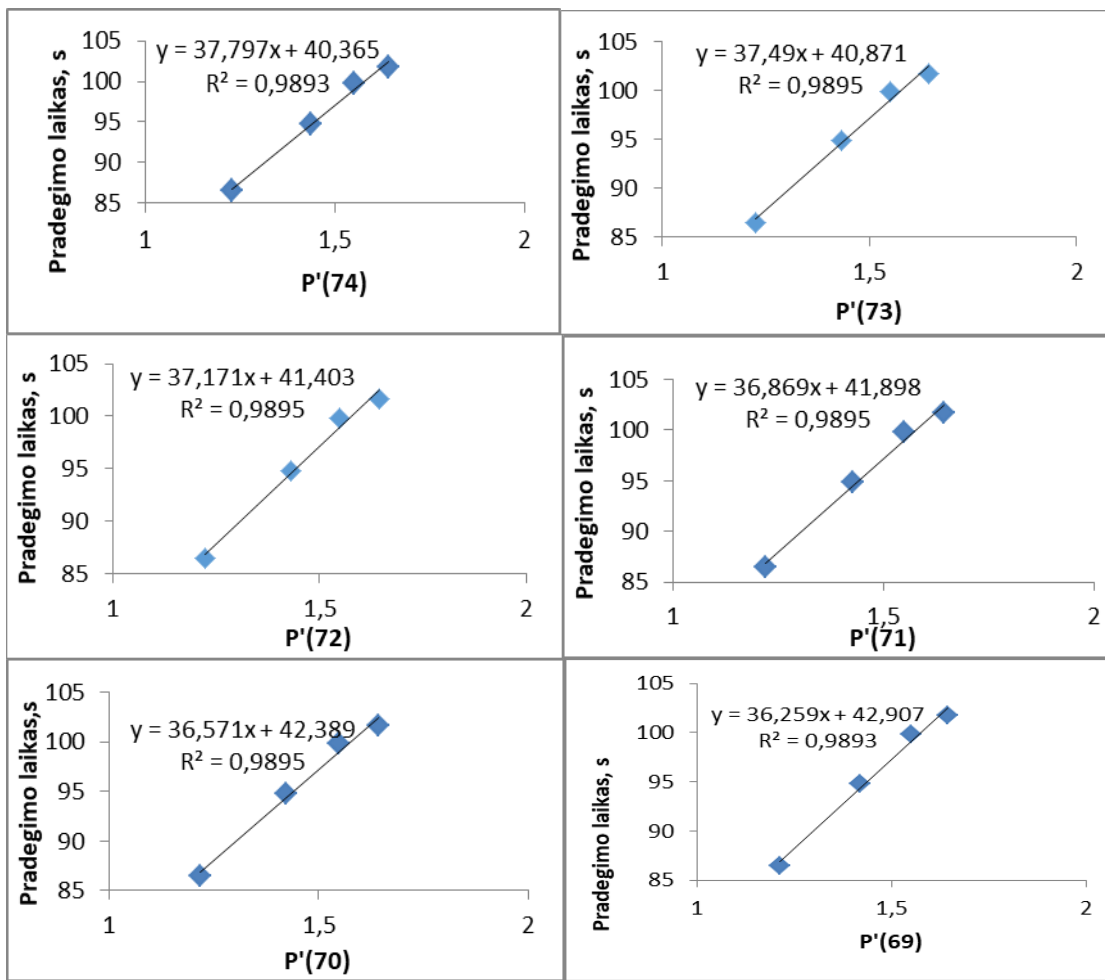


17 pav. Audinio pradegimo laiko įtakos pynimo koeficientui $P'(x)$ tiesinės lygtys.

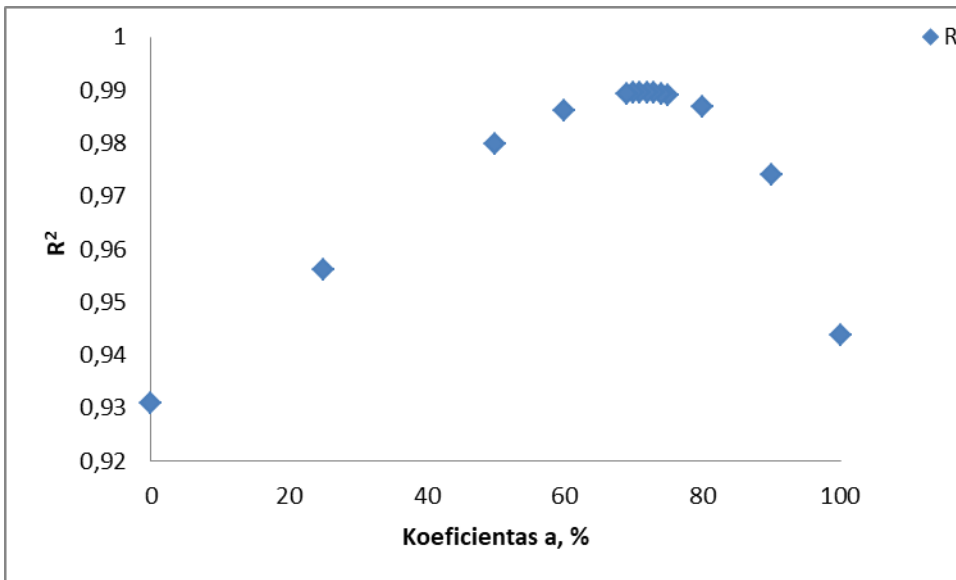
Nustatius, kad geriausias optimumo taškas gaunamas tarp 70% - 75%, neapibrėžties koeficientas R^2 optimumo taške lygus 0,9895. Tuomet daromas patikslinimas, apskaičiuojami šalia esantys taškai. Šiuose taškuose braižomos pynimo koeficiento $P'(x)$ priklausomybės nuo pradegimo laiko kreivės ir ieškoma kuris taškas yra geriausias. Patikslinti taškai pavaizduoti paveiksle 18.

6 lentelė. Patikslintas koeficientas $P'(x)$ ties optimumo tašku.

Pynimas	P'_{1-74}	P'_{1-73}	P'_{1-72}	P'_{1-71}
Metmenų ripsas 2/2	1,228	1,225	1,222	1,219
Ruoželis 4/2 žingsnis 2	1,436	1,433	1,429	1,426
Ruoželis 3/3	1,549	1,549	1,549	1,549
Panama 3/3	1,643	1,643	1,643	1,643



18 pav. Patikslintas pradegimo laiko priklausomybės nuo koeficiento $P'(x)$ optimaliausias taškas. Atlikus patikslinimą gaunama, kad optimumo taškai geriausi tarp 70 - 73%. Iš šio intervalo imamas vidurkis ir gaunama jog optimaliausias taškas yra ties 71,5 %, kuriame neapibrėžties koeficientas R^2 optimumo taške lygus 0,9895. Suskaičiavus visus neapibrėžties koeficientus R^2 ir juos patikslinus, nubraižomas pradegimo laiko neapibrėžties koeficiento R^2 ir pynimo koeficiento $P_{1(a)}$ priklausomybės grafikas, su patikslintais optimumo taškais. Šis grafikas pavaizduotas paveiksle 19.



19 pav. Pradegimo laiko neapibrėžties koeficiento R^2 nuo koeficiento a priklausomybė.

Iš grafiko matyti, kad optimumo taškas geriausias intervale tarp 70% ir 75%. Patikslinime nuspėta, kad geriausias taškas apskaičiuotas iš geriausių taškų vidurkio yra ties 71,5%.

4. Išvados

1. Išanalizavus pynimo parametro P modifikavimo galimybes, nustatyta, kad parametą P galima modifikuoti perskaičiuojant parametą esant skirtingai P_1 ir P_2 santykinės įtakos parametrai P' .
2. Atlikus horizontalaus deginimo bandymus, su 4 skirtingų pynimų audiniais (metmenų ripsas 2/2, ruoželis 4/2 žingsniu 2, ruoželis 3/3 bei panama 3/3), nustatyta, kad audinio įtrūkimo laikas ir audinio pradegimo laikas tiesiškai priklauso nuo pynimo parametro P su gana aukštu neapibrėžties koeficientu (atitinkamai 0,9999 ir 0,9797).
3. Ištyrus nedegumo savybių (įtrūkimo ir pradegimo laikų) priklausomybes nuo modifikuoto pynimo parametro P'_x , (čia x – skirtinga pynimo parametro P_1 santykinė įtaka parametrai P') nustatyta, kad įtrūkimo laiko ir pradegimo laiko priklausomybės nuo modifikuoto parametro skiriasi – įtrūkimo laiko priklausomybę pirminiuose tyrimuose geriausiai aprašo parametras P'_{50} , o pradegimo – P'_{70} (tiesinės lygties neapibrėžties koeficientai atitinkamai 0,9999 ir 0,9895).
4. Atlikus patikslinamuosius parametro P'_x įtakos degumo savybėms tyrimus, nustatyta, kad geriausiai audinio įtrūkimo laiką prognozuoti naudojant pynimo įvertinimo koeficientą $P'_{51,5}$ ($R^2=1$), o pradegimo laiką – $P'_{71,5}$ ($R^2=0,9895$).

5. Literatūros sąrašas

1. M. Neisius, T. Stelzig, S. Liang, S. Gaan; Flame retardant finishes for textiles; Empa–Swiss Federal Laboratories for Material Science and Technology, St Gallen, Switzerland; 2015, Pages 429–461
2. C D Papaspyrides, S Pavlidou, S N Vouyiouka. Development of advanced textile materials: natural fibre composites, anti-microbial, and flame-retardant fabrics Laboratory of Polymer Technology, School of Chemical Engineering, National Technical University of Athens, Zographou ir CLOTEFI, Clothing Textile and Fibre Technological Development, Kallithea, Athens, Greece. 2009. DOI:10.1243/14644207JMDA200
3. D. Mikučionienė, L. Milašiūtė, J. Baltušnikaitė, R. Milašius. Influence of Plain Knits Structure on Flammability and Air Permeability. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 2012, vol. 14, No. 4, p. 226-232. ISSN 1470-9589.
4. Mingliang Du, Baochun Guo, Demin Jia. Thermal stability and flame retardant effects of halloysite nanotubes on poly(propylene). Department of Polymer Materials and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China
5. T. Grover, Asimananda Khandual, Ameersing Luximon. Fire protection: Flammability and textile fibres. The College of Engineering & Technology, Techno campus, Ghatikia, Kalinga Nagar, Bhubaneswar, Odisha-751003. 2014.
6. Richard Horrocks, Ahilan Sitpalan , Chen Zhou, Baljinder K. Kandola; Flame Retardant Polyamide Fibres: The Challenge of Minimising Flame Retardant Additive Contents with Added Nanoclays; Institute for Materials Research and Innovation, University of Bolton, UK; Faculty of Science, Department of Physics, Eastern University Sri Lanka. 2016.
7. Yusaku Mochizuki, Yoshihiro Mizutani, Masayuki Okoshi, Hiroyuki Hamada. The Flame Retardancy Study of the Furniture Made from Corrugated Cardboard., Kyoto Institute of Technology, Matsugasaki, Sakyo-ku.
8. A. Toldy, P. Niedermann, Zs. Rapi, B. Szolnoki; Flame retardancy of glucofuranoside based bioepoxy and carbon fibre reinforced composites made thereof; *Polymer Degradation and Stability*, Volume 142, 2017, Pages 62-68
9. A.A.Younis; Evaluation of the flammability and thermal properties of a new flame retardant coating applied on polyester fabric; Fire and Explosion Protection Lab (FEP), National Institute for Standards (NIS), Tersa St., Alharam, Giza, Egypt; 2016, Pages 161-169
10. G. Rosace, E. Guido, C. Colleoni, and G. Barigozzi; Influence of Textile Structure and Silica Based Finishing on Thermal Insulation Properties of Cotton Fabrics; Department of Engineering

and Applied Sciences, University of Bergamo, Viale Marconi 5, Dalmine, 24044 Bergamo, Italy;
Article ID 1726475, 10 pages

11. Marcia Cristina Silva-Santos, Marcelo Silva Oliveira, Alessandra Maria Giacomini, Mariana Costa Laktim, Julia Baruque-Ramos. Flammability on textile of business uniforms: use of natural fibers. *Procedia Engineering*, Volume 200, 2017, Pages 148-154.
12. Ryszard Kozłowski, Muzyczek Malgorzata, Mieleniak Bożena. Comfortable, flexible upholstery fire barriers on base of bast, wool and thermostable fibres. *Polymer Degradation and Stability*, Volume 96, Issue 3, March 2011, Pages 396-398.
13. Sean T. McKenna, Robert Birtles, Kathryn Dickens, Richard G. Walker, T. Richard Hull. Flame retardants in UK furniture increase smoke toxicity more than they reduce fire growth rate. *Chemosphere*, Volume 196, April 2018, Pages 429-439
14. Gandhi S., & Spivak S. M.. A survey of upholstered furniture fabrics and implications for furniture flammability. *Journal of Fire Sciences*, 12(3), 284-312, 1994 m.
15. Taylor, M. A. (1991). *Technology of Textile Properties* (3rd ed). London: Forbes Publications.
16. Marsden, W. H. Thermal performance of wool and inherently flame-retardant fiber-blend fabrics. *ACS Symposium Series*, 457, 260-269. 1991 m.
17. J. Baltušnikaitė, P. Kerpauskas, R. Milašius, P. A. Sirvydas, S. Stanys. Comparison of the Burning Process of Multilayer Fabric Packet's with the Heat Conduction Process. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 2008, vol. 16, No. 1, p. 68-71. ISSN 1230-3666.
18. D. Mikučionienė, J. Baltušnikaitė, R. Milašius. Influence of the Number of Yarns in a Loop on the Flammability of Knits. *Fibres & Textiles in Eastern Europe* 2011, Vol. 19, No. 6 (89) pp. 71-74.
19. Bajaj Pushpa. Chapter 10: Heat and flame protection. *Handbook of Technical Textiles*; 2000, 223p.
20. Tortora, P. G., & Collier, B. J. (1997). *Understanding Textiles* (5th ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, Inc
21. Collier, B. J., & Epps, H. H. (1999). *Textile Testing and Analysis*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, Inc.
22. Kotresh T. M. (1996). Hazard potential of apparel textiles. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 21(2), 157-160
23. Roguski J, Stegienko K, Kubis D, Błogowski M. Comparison of Requirements and Directions of Development of Methods for Testing Protective Clothing for Firefighting. *Fibres & Textiles in Eastern Europe* 2016; 24, 5(119): 132-136. DOI: 10.5604/12303666.1215538
24. Alexander B. MoRGAn, Ph.D University of Dayton Research Institute. Pinfa – Phosphorus, Inorganic and Nitrogen Flame Retardants Association. Belgium, 2013. Pages 28-31

25. ISO 17492:2003. Clothing for protection against heat and flame. Determination of heat transmission on exposure to both flame and radiant heat.
26. Aleksandra Buczko, Timea Stelzig, Lea Bommer, Daniel Rentsch, Sabyasachi Gaan; Bridged DOPO derivatives as flame retardants for PA6; Polymer Degradation and Stability, Volume 107, 2014, Pages 158-165
27. Nizar Didane, Stéphane Giraud, Eric Devaux, Guillaume Lemort, Guillaume Capon Purchase PDF. Thermal and fire resistance of fibrous materials made by PET containing flame retardant agents. Polymer Degradation and Stability, Volume 97, Issue 12, December 2012, Pages 2545-2551.
28. Internetinis šaltinis: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/consumer-product-safety/reports-publications/industry-professionals/industry-guide-flammability-textile.html#a4>, peržiūra atlikta 2018 12 22
29. Abromavičius, Raimundas; Milašius, Rimvydas. Dependences of polypropylene fabric air permeability and flammability on the yarn structure and air pressure in a texturing jet. Kauno technologijos universitetas. Materials science = Medžiagotyra / Kaunas University of Technology, Academy of Sciences of Lithuania. Kaunas : Technologija 2010, Vol. 16, no. 2 0.299. p. 129-132. ISSN: 1392-1320.
30. J. Alongi, C. Colleoni, G. Rosace, and G. Malucelli, "Thermal and fire stability of cotton fabrics coated with hybrid phosphorus-doped silica films," Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, vol. 110, no. 3, pp. 1207–1216, 2012
31. Kumpikaitė E. Analysis of dependencies of woven fabric's breaking force and elongation at break on its structure parameters. Fibres & Textiles in Eastern Europe, 2007, vol. 15, no. 1 (60), pp. 35-38. ISSN 1230-3666.
32. Julija Baltušnikaitė, Regina Šuminskienė, Rimvydas Milašius. Influence of Woven Fabrics Structure upon Flammability Properties Mater. Sci. (Medžiagotyra) 2006, Vol. 12, No. 2, pp. 167 – 170
33. Kumpikaitė E., Milašius V. Influence of fabric structure on its weavability. Materials Science (Medžiagotyra), 2003, vol. 9 no. 4, pp. 395 – 400. ISSN 1392 – 1320.
34. Kumpikaitė E., Sviderskytė A. The influence of woven fabric structure on the woven fabric strength. Materials Science (Medžiagotyra), 2006, vol. 12, no. 2, pp. 162 –166. ISSN 1392 – 1320.
35. Abromavičius R, Laureckienė G, Milašius R. Influence of Yarn Texturing Technological Parameters and Fabric Structure on Tensile Properties of the Polypropylene Fabric. Materials science = Medžiagotyra / Kaunas University of Technology, Academy of Sciences of Lithuania. Kaunas : Technologija 2011, Vol. 17, no. 2 0.409. p. 174-179. ISSN: 1392-1320.

36. Kumpikaitė E. The fabric weave's influence on the character of fabric break. *Materials Science (Medžiagotyra)*, 2007, vol. 13, no. 3, pp. 245 – 248. ISSN 1392 – 1320.
37. Internetinis šaltinis: <http://www.explainthatstuff.com/nomex.html>; Peržiūra: 2017 12 01
38. Vytautas Milašius, Rimvydas Milašius, Eglė Kumpikaite, Asta Olšauskiene. Influence of Fabric Structure on Some Technological and End-use Properties. Affiliation: Department of Textile Technology, Faculty of Design and Technologies, Kaunas University of Technology, Kaunas, Lithuania. Issue 2 (41) / 2003 , pages 48–51.
39. Algirdas Milašius, Vytautas Milašius. New Representation of the Fabric Weave Factor. Affiliation: Department of Textile Technology, Faculty of Design and Technologies, Kaunas University of Technology, Kaunas, Lithuania. Issue 4 (69) / 2008 , pages 48–51
40. Milašius, V. Milašius. New Representation of the Fabric Weave Factor. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 2008, Vol. 16, No. 4 (69), pp. 48-51.

6. Priedai

1 priedas

Padėka

Dėkoju, gerb. Vadovui prof. Rimvydui Milašiui, kad motyvavo ir konsultavo rengiant baigiamąjį magistro projektą.