



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

MECHANIKOS FAKULTETAS

POLIGRAFINIŲ MAŠINŲ KATEDRA

Asta Ziminskaitė

**POPIERIAUS PAVIRŠIAUS IR MECHANINIŲ SAVYBIŲ KAITOS
SPAUSDINANT OFSETINIAIS DAŽAIS TYRIMAS**

**INVESTIGATION OF THE CHANGES OF THE PAPER SURFACE AND
MECHANICAL PROPERTIES AT PRINTING WITH LITHOGRAPHIC
INKS**

Baigiamasis magistro darbas

Spaudos inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 621H74001

Gamybos inžinerijos studijų kryptis

Vilnius, 2013

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS FAKULTETAS
POLIGRAFINIŲ MAŠINŲ KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)

Vytautas Turla
(Vardas, pavardė)

(Data)

Asta Ziminskaitė

**POPIERIAUS PAVIRŠIAUS IR MECHANINIŲ SAVYBIŲ KAITOS
SPAUSDINANT OFSETINIAIS DAŽAIS TYRIMAS**

**INVESTIGATION OF THE CHANGES OF THE PAPER SURFACE AND
MECHANICAL PROPERTIES AT PRINTING WITH LITHOGRAPHIC
INKS**

Baigiamasis magistro darbas

Spaudos inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 621H74001

Gamybos inžinerijos studijų kryptis

Vadovas

dr. prof. Donatas Jonas Sidaravičius

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Konsultantas

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Konsultantas

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Lietuvių kalbos konsultantas

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Vilnius, 2013

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS FAKULTETAS
POLIGRAFINIŲ MAŠINŲ KATEDRA

Gamybos inžinerijos studijų sritis

Spaudos inžinerijos programa, valstybinis kodas 621H74001

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)

prof. dr. Vytautas Turla

(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

(Data)

**BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO
UŽDUOTIS**

.....Nr.

Vilnius

Studentei **Astai Ziminskaitei**
(Vardas, pavardė)

Baigiamojo darbo tema: Popieriaus paviršiaus ir mechaninių savybių kaitos spausdinant ofsetiniais dažais tyrimas

patvirtinta 2013 m. d. dekanų potvarkiu Nr.

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas 2013 m. gegužės mėn. 31 d.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

Ištirti popierių ir atspaudų, kurie yra dengiami ofsetiniais dažais, šių savybių kaitą spausdinant:

- Popierių ir atspaudų spalva
- Popierių ir atspaudų mechaninis stiprumas tempiant
- Popierių ir atspaudų paviršiaus šiurkštumas
- Trintis tarp popierinio paviršiaus, trintis tarp popieriaus ir atspaudų bei trintis atspaudas į atspaudą
- Popierių ir atspaudų atsparumas lūžimui tiriant dvigubų lenkimų skaičių.

Atlikti tyrimo duomenų analizę ir parašyti baigiamąjį darbą..

Baigiamojo darbo rengimo konsultantai:

mgstr. Simona Grigaliūnienė
(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

Vadovas _____ dr. prof. Donatas Jonas Sidoravičius
(Parašas) (Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

Užduotį gavau

.....
(Parašas)

.....
(Vardas, pavardė)

.....
(Data)

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Mechanikos fakultetas
Poligrafinių mašinų katedra

ISBN ISSN
Egz. sk.
Data-.....-.....

Antrosios pakopos studijų **Spaudos inžinerijos** programos baigiamasis darbas

Pavadinimas **Popieriaus paviršiaus ir mechaninių savybių kaitos spausdinant ofsetiniais dažais tyrimas**
Autorius **Asta Ziminskaitė**
Vadovas **prof. dr. Donatas Jonas Sidaravičius**

Kalba: lietuvių

Anotacija

Baigiamajame magistro darbe ištirtas ofsetinių dažų poveikis skirtingų popierių struktūrinėms, optinėms ir mechaninėms savybėms. Atliktas palyginimas tarp balto popieriaus, nepadengto dažų sluoksniu, su atspaudais, padengtais keturiais skirtingais dažų sluoksniu storiomis. Nustatyta, kurie popieriai esant tam tikram dažų sluoksniu storiui turi mažiausią bei didžiausią atsparumą mechaninėms savybėms, blogiausias ir geriausias optines savybes. Eksperimentiškai ištirtos šešių popierių, ofsetinių atspaudų trinties savybės ir nustatyti statinės ir kinetinės trinties koeficientai. Nustatytos šių koeficientų vertės tarp popieriaus ir popieriaus, tarp popieriaus ir atspaudų ir tarp atspaudų ir atspaudų. Darbo apimtis – 67 teksto be priedų, 45 iliustracijos ir 2 lentelės.

Prasminiai žodžiai

dažai, mechaninės savybės, ofsetiniai atspaudai, popierius, spalva

Vilnius Gediminas Technical University
Faculty of Mechanics
Department of Printing Machines

ISBN ISSN
Copies No.
Date-.....-.....

Master Degree Studies **Printing Engineering** study programme Final Work

Title **Investigation of the changes of the paper surface and mechanical properties at printing with lithographic inks**
Author **Asta Ziminskaitė**
Academic supervisor **Prof Dr Donatas Jonas Sidaravičius**

Thesis language:
Lithuanian

Annotation

The thesis investigated inks effects of the different papers structural, optical and mechanical properties. Performed comparison between the white paper, uncoated inks layer, with printed, coated in four different inks thickness. It was found which papers and with which kind of coated inks thickness have minimum and maximum resistance of mechanical properties, the best and the worst optical properties. Experimentally investigated six different papers and offset prints friction properties and determined the static and kinetic coefficients of friction. These coefficients determined between the paper and the paper, the paper and print, and the print and print. Space of works – 67 pages of text without additions, 45 figures, 2 tables.

Keywords

color, inks, mechanical properties, paper, offset prints

Vilniaus Gedimino technikos universiteto egzaminų
sesijų ir baigiamųjų darbų rengimo bei gynimo
organizavimo tvarkos aprašo 2010–2011 m. m.
6 priedas

(Baigiamojo darbo sąžiningumo deklaracijos forma)

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Asta Ziminskaitė, 20076191

(Studento vardas ir pavardė, studento pažymėjimo Nr.)

Mechanikos

(Fakultetas)

Spaudos inžinerija, SPIfm-11

(Studijų programa, akademinė grupė)

**BAIGIAMOJO DARBO (PROJEKTO)
SĄŽININGUMO DEKLARACIJA**

201.. m. _____ d.
(Data)

Patvirtinu, kad mano baigiamasis darbas (projektas) tema _____
Popieriaus paviršiaus ir mechaninių savybių kaitos spausdinant ofsetiniais dažais tyrimas

patvirtintas 20 ____ m. _____ d. dekanų potvarkiu Nr. _____, yra
savarankiškai parašytas. Šiame darbe (projekte) pateikta medžiaga nėra plagijuota. Tiesiogiai ar
netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos pažymėtos literatūros nuorodose.

Prenkant ir įvertinant medžiagą bei rengiant baigiamąjį darbą (projektą), mane konsultavo
mokslininkai ir specialistai: _____

Mano darbo (projekto) vadovas dr. prof. Donatas Jonas Sidoravičius

Kitų asmenų indėlio į parengtą baigiamąjį darbą (projektą) nėra. Jokių įstatymų nenumatytų
piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs(-usi).

(Parašas)

(Vardas ir pavardė)

TURINYS

Paveikslų sąrašas.....	9
Lentelių sąrašas.....	10
IVADAS.....	11
1. APŽVALGA.....	13
1.1. Popieriai, naudojami plokščiojoje ofsetinėje spaudoje.....	13
1.1.1. Popieriaus struktūra.....	13
1.1.2. Popieriaus savybės.....	13
1.1.3. Naudojimo sritys.....	14
1.2. Popierių struktūrinės savybės	15
1.2.1. Popieriaus liejimo krypties nustatymas.....	15
1.2.2. Popieriaus storis.....	15
1.2.3. Popieriaus paviršiaus purumas ir glotnumas.....	15
1.2.4. Optinės savybės.....	16
1.2.5. Popieriaus spalva.....	17
1.3. Popierių savybių nustatymo metodai.....	17
1.3.1. Popieriaus struktūrinių savybių nustatymo metodai.....	17
1.3.1.1. Popieriaus liejimo krypties nustatymo metodas.....	17
1.3.1.2. Popieriaus gramatūros nustatymo metodas.....	18
1.3.1.3. Popieriaus storio nustatymo metodas.....	18
1.3.2. Popieriaus optinių savybių nustatymo metodai.....	19
1.3.2.1. Popieriaus baltumo nustatymo metodai.....	19
1.3.2.1.1. Popieriaus ISO baltumas.....	19
1.3.2.1.2. Popieriaus CIE baltumas.....	21
1.3.2.2. Popieriaus nepermatomumas.....	21
1.3.2.3. Popieriaus ir atspaudų spalva.....	22
1.3.2.3.1. Matavimai su <i>SpectroDens</i>	24
1.3.2.3.2. CIE $L^*a^*b^*$ spalvinės koordinatės.....	24
1.3.3. Popieriaus mechaninių savybių nustatymo metodai.....	25
1.3.3.1. Popieriaus atsparumo lankstymui nustatymo metodas.....	25
1.3.3.2. Popieriaus savybių tempiant nustatymo metodas.....	27
1.3.3.3. Popieriaus šiurkštumo matavimo metodai.....	28
1.3.3.4. Popieriaus trinties nustatymo metodas.....	30
1.4. Popieriaus ir dažų sąveika.....	31

1.4.1. Popierius ir atspaudai.....	32
1.5. Ofsetiniai dažai popieriui, jų savybės ir ypatumai.....	34
1.5.1. Dažų spalva.....	36
1.6. Plokščiosios ofsetinės spaudos ypatumai.....	39
2. EKSPERIMENTINĖ DALIS.....	41
3. REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS.....	44
3.1. Popieriaus storio matavimai.....	44
3.2. Atspaudų spalvos tyrimas.....	44
3.3. Popierių ir atspaudų šiurkštumo tyrimas.....	48
3.4. Trūkio jėgos tyrimas.....	50
3.5. Pailgėjimo išilgine ir skersine kryptimis tyrimas.....	54
3.6. Atsparumo lankstymui tyrimas.....	56
3.7. Trinties tyrimas.....	58
IŠVADOS.....	63
Literatūra.....	67
PRIEDAI.....	68
1 priedas. Tiriamų popieriaus rūšių ir ofsetinių atspaudų šiurkštumo reikšmės.....	69
2 priedas. Tiriamų popieriaus rūšių ir ofsetinių atspaudų atsparumo lenkimui reikšmės.....	71
3 priedas. Tiriamų popieriaus rūšių ir ofsetinių atspaudų trūkio jėga bei pailgėjimas.....	74
4 priedas. Statinės ir kinetinės trinties koeficientų reikšmės.....	79
5 priedas. Popierių dengimas skirtingais dažų sluoksnių storiais.....	84
6 priedas. Atspaudų spalvos tyrimas spektrofotometru.....	91
7 priedas. MOKSLAS – LIETUVOS ATEITIS.....	100

Paveikslų sąrašas

1 pav. Popieriaus struktūra (skersinis pjūvis)	16
2 pav. Popieriaus liejimo krypties nustatymas.....	17
3 pav. Stormatis.....	19
4 pav. CIE šviesos šaltinių spektrinės charakteristikos.....	20
5 pav. ISO 2470 baltumas – nebalintos, iš dalies balintos ir balintos celiuliozės atspindžio ir matavimo filtro pralaidumo spektrai.....	20
6 pav. Šviesos sąveika su popieriumi.....	22
7 pav. Spektrofotometro sandara ir veikimo principas.....	23
8 pav. Spektrodensitometras „Techkon SpectroDens“	24
9 pav. CIE $L^*a^*b^*$ spalvų erdvė.....	25
10 pav. Dvigubo popieriaus lenkimo schema.....	26
11 pav. Falceris.....	26
12 pav. Tempimo mašinos schema.....	27
13 pav. Popieriaus paviršiaus glotnumo matavimo Beko metodu schema.....	29
14 pav. Popieriaus paviršiaus glotnumo matavimo Bendtseno metodu.....	29
15 pav. <i>Parker Print-Surface</i> (PPS) popieriaus šiurkštumo matavimo galvutė.....	30
16 pav. Trinties koeficientų matavimo įrenginys „Thwining – Albert“ FPDAS 1.0.0.1.....	31
17 pav. Dažų plėvelės susidarymo ant popieriaus būdai.....	32
18 pav. Mikroskopinis popieriaus paviršiaus vaizdas.....	33
19 pav. Mikroskopinis dažų plėvelės ant popieriaus paviršiaus vaizdas.....	34
20 pav. Objektų atspindžio spektro pavyzdžiai.....	36
21 pav. RGB.....	37
22 pav. Spalvų skyrimo slenkstinių dydžių elipsės spalvų diagramoje (elipsės padidintos 10 kartų).	38
23 pav. CIE $L^*a^*b^*$ sistemos spalvų erdvės pjūvis per rutulio pusiaują. Šalia skritulio – šviesio ašis. Grafike pažymėta spalva C, kurios koordinatės: $L^* = 75,3$; $a^* = 41$; $b^* = 41$; $C = 60$; $h = 43,4^\circ$	39
24 pav. Ofsetinės spaudos schema.....	40
25 pav. „IGT Reprotest“	42
26 pav. Ofsetinių atspaudų, dengtų $2,56\ \mu\text{m}$ storio dažų sluoksniu, spalvų CIE $L^*a^*b^*$ koordinačių ir nuokrypų vertės.....	45
27 pav. Ofsetinių atspaudų L^* spalvinės koordinatės esant skirtingam dažų sluoksnio storiui.....	46
28 pav. Ofsetinių atspaudų a^* spalvinės koordinatės esant skirtingam dažų sluoksnio storiui.....	47
29 pav. Ofsetinių atspaudų b^* spalvinės koordinatės esant skirtingam dažų sluoksnio storiui.....	47
30 pav. Balto popieriaus bei ofsetinių atspaudų šiurkštumas.....	48

31 pav. Balto popieriaus bei ofsetinių atspaudų šiurkštumas su nuokrypiais.....	49
32 pav. Balto popieriaus bei ofsetinių atspaudų šiurkštumas su nuokrypiais.....	50
33 pav. Balto popieriaus bei ofsetinių atspaudų trūkio jėga išilgine kryptimi.....	51
34 pav. Balto popieriaus bei ofsetinių atspaudų trūkio jėga skersine kryptimi.....	52
35 pav. Balto popieriaus bei ofsetinių atspaudų trūkio jėga išilgine kryptimi.....	53
36 pav. Balto popieriaus bei ofsetinių atspaudų trūkio jėga skersine kryptimi.....	53
37 pav. Ofsetinių atspaudų bei balto popieriaus pailgėjimas tempiant išilgine kryptimi.....	55
38 pav. Ofsetinių atspaudų bei balto popieriaus pailgėjimas tempiant skersine kryptimi.....	56
39 pav. Ofsetinių atspaudų bei balto popieriaus lenkimų vidurkių skaičius išilgine kryptimi.....	57
40 pav. Ofsetinių atspaudų bei balto popieriaus lenkimų vidurkių skaičius skersine kryptimi.....	58
41 pav. Trintis tarp nekreidinio popieriaus „4CC“ 100 g/m ² paviršių. Statinio ir kinetinio trinties koeficientų priklausomybė nuo PPS šiurkštumo.....	59
42 pav. Statinio trinties koeficiento priklausomybės nuo apkrovos, nekreidinio popieriaus „4CC“ 200 g/m ²	60
43 pav. Kinetinio trinties koeficiento priklausomybės nuo apkrovos, nekreidinio popieriaus „4CC“ 200 g/m ²	61
44 pav. Statinio ir kinetinio trinties koeficientų priklausomybės nuo apkrovos, tarp nekreidinio popieriaus „4CC“ 200 g/m ² dviejų paviršių.....	62
45 pav. Statinio ir kinetinio trinties koeficientų priklausomybės nuo apkrovos, tarp nekreidinio popieriaus „4CC“ 200 g/m ² ir atspaudp su 1,86 μm dažų sluoksnio storiu.....	62

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Popierių naudojimo sritys.....	14
2 lentelė. Popierių storiai.....	44

IVADAS

Prieš pasirenkant baigiamojo magistrinio darbo temą, buvo išsiaiškinta vyraujanti problema bei temos aktualumas. Vis didesnę vietą spaudos pramonėje užima reklaminė produkcija bei pakuotės. Pakuotės yra labai įvairios, skiriasi tiek pagal konstrukciją ir dizainą, tiek pagal keliamus reikalavimus. Keliami reikalavimai gali būti labai įvairūs – mechaninis tvirtumas ir atsparumas įvairiems poveikiams, ilgaamžiškumas, prekinė išvaizda, paviršiaus šiurkštumas, trintis.

Visame pasaulyje, įskaitant ir Lietuvą, labai didelę rinkos dalį užima spauda. Visame pasaulyje spaudos pramonė yra šeštoje vietoje, o, kas svarbiausia, nepastebimas rinkos nuosmukis. Norint išlikti spaudos rinkoje reikia gaminti aukštos kokybės produkciją ir būti konkurencingiems tarp kitų rinkos dalyvių. Tam reikalinga ne tik turėti naujausius įrenginius bei technologijas, bet ir žinoti, kokias medžiagas parinkti atitinkamai produkcijai. Pravartu žinoti popieriaus atsparumo galimybes, popieriaus ir dažų tarpusavio sąveikos reiškinius, koks dažų sluoksnis turi neigiamą įtaką, o koks teigiamą įtaką produkcijos kokybei ir t. t.

Kalbant apie šios temos ištirtumo laipsnį reikia paminėti, kad popieriaus ir kartonų mechaninės, optinės bei paviršiaus savybės ištirtos gana išsamiai. Šių tyrimų pagrindiniai rezultatai pateikiami monografijoje „Paper physics“ (Niskannen 2008: 106–107). Tačiau duomenų, kaip keičiasi popieriaus savybės, kai jis yra padengtas skirtingais ofsetinių dažų sluoksnio storiais, kokią įtaką mechaniniam stiprumui, lankstymui, paviršiaus šiurkštumui, spalvai, trinčiai turi dažų kiekis atspaudė, yra stebėtinai mažai tyrinėta. Dėl didelės spaudos pramonėje spaudinių paklausos, ši tema yra labai aktuali.

Kas susiję su trinties tyrimais, tai dauguma jų atlikti orientuojantis į trinties veikimo tarp popierinių paviršių sąlygas ar tarp popieriaus ir metalo bei atsižvelgiant į popieriaus paviršiaus šiurkštumą (Garoff 2002: 1–3). Kalbant apie trintį rasta duomenų apie trintį tarp popieriaus paviršių (Grigaliūnienė *et al.* 2013: 71–76). Tačiau straipsnyje apie trintį pateikiama fleksografinės ir lazerinės spaudos atspaudų trinties savybės, o šiame darbe atliekami eksperimentai su ofsetine spauda.

Šiame tiriamajame darbe bus tirama popieriaus paviršiaus savybių kaita, kai jie yra padengti skirtingais ofsetinių dažų sluoksnių storiais. Tam buvo pasirinkti šeši skirtingi popieriai „Maxi offset“ nekreidiniai, „Galerie art silk“ kreidiniai, „4CC“ nekreidiniai, turintys skirtingas gramatūras. Iš pradžių bus atliekami tyrimai balto popieriaus, nepadengto jokių dažų sluoksniu, o vėliau visi popieriai bus padengti keturiais skirtingais dažų sluoksnio storiais. Atlikus eksperimentus bus lyginami rezultatai ir pateikiamos išvados, siekiant išsiaiškinti, kokią įtaką dažų sluoksnis turi popieriaus paviršiui ir jo savybėms.

Šio darbo tikslas – išsiaiškinti popieriaus paviršiaus ir mechaninių savybių kaitą spausdinant ofsetiniais dažais. Norint tai pasiekti bus tiriama popierių spalva, popierių mechaninis atsparumas lenkimams ir tempimams, popierių šiurkštumai, trintis tarp dviejų popieriaus paviršių, tarp popieriaus ir atspaudų bei atspaudų ir atspaudų.

Darbo pobūdis yra eksperimentinis. Tyrimams reikalingi visų popierių rūšių bandiniai buvo padengti ofsetiniais dažais specialia įranga. Popierių optinės, mechaninės (atsparumas tempimui, pailgėjimas tempiant, atsparumas lankstymui), paviršiaus šiurkštumas ir trinties savybės buvo matuotos atitinkamai spektrodensitometru, dinamometru, PPS šiurkštumo matuokliu ir statinės bei kinetinės trinties matavimo įrenginiu.

Darbo rezultatai pristatyti ir aptarti tarptautinėje mokslinėje praktinėje konferencijoje „Innovations in publishing, printing and multimedia technologies 2013“ (Kaunas, 2013 m. balandžio 17–16 d.) ir 16-oje jaunųjų mokslininkų konferencijoje „Mokslas – Lietuvos ateitis: mechanika, medžiagų inžinerija, pramonės inžinerija ir vadyba“ (Vilnius, 2013 m. balandžio mėn. 19 d). Darbo rezultatai paskelbti straipsnyje „Investigation of the Friction of Different Print Types“ (kartu su S. Gragaliūniene, D. Abazoriūte ir M. Kulišauskaite).

1. APŽVALGA

1.1. Popieriai, naudojami plokščiojoje ofsetinėje spaudoje

1.1.1. Popieriaus struktūra

Popierius – tai medžiaga iš chaotiškai tarpusavyje susipynusių smulkiai sumaltų augalinių plaušelių. Popierius gali būti gaminamas iš įvairių medžiagų. Jis gaminamas iš įvairios medienos, kaip spygliuočių ar lapuočių, taip pat ir iš kitų plaušinių medžiagų – medvilninių ar lininių skudurų ir pan. Be jau išvardintų sudedamųjų dalių, popieriaus sudėtyje būna ir užpildų, jis dažnai yra įklijinamas. Ploniausio popieriaus storis – 0,04–0,08 mm. Spausdinti naudojamo popieriaus storis – 0,04–0,3 mm. Tačiau popierius dažniausiai apibūdinamas 1 m² mase. Šis parametras vadinamas popieriaus gramatūra. Laikoma, kad popierius gramatūra yra iki 250 g/m². Didesnės gramatūros popierius vadinamas puskartoniu, o dar didesnės – kartonu. Kai kurios popieriaus rūšys yra dengtos kreidiniu sluoksniu.

Pirmiausia popieriaus savybės priklauso nuo pagrindinės medžiagos – plaušienos. Ji gali būti medienos masė (baltoji, rudoji, termocheminė) ar celiuliozė (sulfitinė, sulfatinė) arba jų mišiniai. Mineraliniai užpildai (natūrali ar sintetinė kreida, baltasis molis, bario sulfatas ir kt.) suteikia baltumo, padidina tankį ir neperšviečiamumą, keičia kai kurias mechanines popieriaus savybes. Klijinimo medžiagos (krakmolos, kanifolija ir kt.) padidina popieriaus atsparumą vandeniui, mechaninį atsparumą. Priklausomai nuo gamybos technologijos popieriaus savybės kinta labai plačiai.

Iš viso žinoma per 1000 popieriaus rūšių. Pagal paskirtį yra šios pagrindinės popieriaus rūšys: spausdinimo, rašomasis, techninis ir elektrotechninis, kartografinis, higieninis, papirosinis. Spausdinimo popierius pagal paskirtį skirstomas į šias rūšis: laikraštinis, knyginis, įrišimo, pakuočių, higieninis, dekoratyvinis ir pan. Skirtingas popierius naudojamas taikant skirtingus spausdinimo būdus (Sidaravičius 2012a: 5–6).

1.1.2. Popieriaus savybės

Popieriaus savybės skirstomos į šias grupes: struktūrinės, mechaninės (atsparumas tempimui, atsparumas lankstymui, paviršiaus šiurkštumas arba glotnumas, minkštumas arba spūdumas ir kt.), optinės (baltumas, atspalvis, neperšviečiamumas, fluorescencinės savybės, blizgumas), fizikinės cheminės (drėgnumas, paviršiaus įtemptis, atsparumas išoriniams poveikiams ir pan.).

Struktūrinės (storis, gramatūra, tankis arba purumas, liejimo kryptis, geroji ir tinklinė popieriaus pusė) ir mechaninės popieriaus savybės lemia ne tik popieriaus elgesį spausdinimo, apdailos ir baigiamuosiuose procesuose. Nuo jų priklauso ir spausdintinės produkcijos vartojamosios savybės – masė, storis, patvarumas ir kt. Šių popieriaus savybių matavimo vienetai ir metodai nustatyti ISO standartuose (Sidaravičius 2012a: 6).

1.1.3. Naudojimo sritys

Popierius bei kartonas yra vienos pagrindinių žaliavų, kurias naudoja spaustuvės, leidyklos ir biurai. Popieriuje spausdinama leidybinė (knygos, žurnalai, laikraščiai ir pan.), komercinė (etiketės, blankai, vertybiniai popieriai ir pan.), dažnai vadinama akcidentine, produkcija, pakuotės, reklama ir pan.

Daugiausia popierius naudojamas plonais lakštais, rašyti, spausdinti ir pan. Taip pat jis yra svarbus kaip pakavimo medžiaga, statybinė medžiaga (tapetai), be to – higieninėms reikmėms, įvairioms meno formoms kurti.

1 lentelė. Popierių naudojimo sritys

Pavadinimas	Savybės	Naudojimas
Rašomasis popierius	Lygus paviršius, medienos masės kiekis artimas jos nebuvimui	Laiškų, dokumentų, rašomųjų mašinėlių popierius
Spaudos popierius	Lygus ar šiurkštus paviršius, medienos masės kiekis artimas jos nebuvimui	Laikraščiams, plakatams, katalogams, knygoms
Kopijavimo popierius	Lygus ar šiurkštus paviršius, perregimas	Fotoalbumų įdėklai
Ferzaco popierius	Lygus ar šiurkštus paviršius, baltas ir spalvotas	Knygų, žemėlapių ir dėžių klajavimui
Impregnuotas popierius	Su alyva, parafinu ir t. t. Įmirkytas specialiomis medžiagomis, kad būtų mažiau laidus vandeniui	Padengimui
Braižymo kartonas	Geros kokybės, tvirtas kartonas, atsparus susitrynimui	Anketoms ir braižymui
Plakatinis kartonas	Lygus paviršius, vidutiniškai plonas, akinamai baltas	Kartono modeliams, pasams ir t. t.
Fotografinis kartonas	Dramblio kaulo spalvos, rudas ir juodas	Fotoalbumų įdėklams
Aplankų kartonas	Lygus paviršius, labai tvirtas, elastingas	Aplankams, įdėklams
Pilkasis kartonas	Lygus paviršius, labai tvirtas, elastingas	Visiems darbams kur reikia kartono

1 lentelės pabaiga

Medžio kartonas	Šiurkštus paviršius, nelabai tvirtas, lengvai lūžta	Paveikslų nugarėlėms, tarpinėms
Šiaudinis kartonas	Geltonai rudas, lengvai lūžta; pigiausias	Įpakavimo dėžutėms, paveikslų nugarėlėms

1.2. Popierių struktūrinės savybės

1.2.1. Popieriaus liejimo krypties nustatymas

Popierius gaminamas liejant disperguotą plaušienos mišinį (kietosios medžiagos kiekis – apie 2 %) ant judančio tinklo. Tokioje tekančioje masėje plaušeliai išsidėsto daugiausia masės judėjimo kryptimi. Todėl kai kurios popieriaus savybės (mechaninis stiprumas, deformacija) yra skirtingos išilgine (mašinine) ir skersine kryptimis. Tai lemia popieriaus elgseną spausdinimo ir lankstymo mašinose ir turi tiesioginę įtaką spaudinių kokybei.

Vienas iš svarbiausių popieriaus parametrų yra jo vieno kvadratinio metro svoris (g/m^2), dažniausiai vadinamas gramatūra (Sidaravičius 2012a: 6).

1.2.2. Popieriaus storis

Storis = lyginamasis svoris (gramatūra) × purumas. Popieriaus storis matuojamas mikronais (mikrometrais) – tūkstantoji milimetro dalis. Popieriaus lapo storis labai svarbus spausdinant knygas.

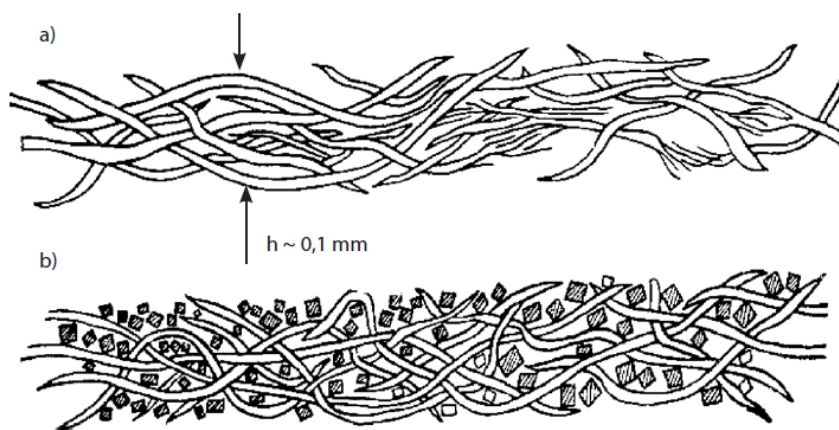
1.2.3. Popieriaus paviršiaus purumas ir glotnumas

Popieriaus savitasis tūris (purumas) yra:

$$v_s = \delta_s / g, \text{ cm}^3/\text{g},$$

čia δ_s – vieno lapo popieriaus storis mikrometrais, μm ; g – popieriaus gramatūra, g. Skaičiuojami du ženklai po kablelio.

Popierius yra plona plaušinė medžiaga iš susipynusių celiuliozės plaušelių ir dažniausiai su smulkiagrūdžiu užpildu (1 pav.) (Berezinas 1989; Johansson *et al.* 2007). Dėl to popieriaus paviršius yra nelygus, o jis pats gali būti plokščias arba daugiau ar mažiau susibangavęs ar išlinkęs.



1 pav. Popieriaus struktūra (skersinis pjūvis): a – be užpildo; b – su užpildu

Popieriaus paviršiaus struktūra įprastai apibūdinama glotnumu arba šiurkštumu. Šie rodikliai yra vienas kito atžvalgiu atvirkštiniai dydžiai, nors naudojami abu. Taip yra todėl, kad yra keletas jų matavimo metodų ir priemonių (Sidaravičius 2012a: 25).

1.2.4. Optinės savybės

Popieriaus ir kartono optinės savybės (Pauler 2002) yra svarbios ne tik spausdinant, bet ir pateikiant spaudinį vartotojui, t. y. Optinės savybės yra kartu spausdinamosios ir vartojamosios savybės. Spausdinant svarbu, kad popierius atitiktų spaudinio pobūdį, tai ypač aktualu spausdinant spalvotus ir aukštos kokybės darbus. Vartotojas (užsakovas) pradeda vertinti spausdinimo kokybę pagal spaudinio išvaizdą, kurią pirmiausia lemia optinės popieriaus savybės – baltumas, spalva (atspalvis), blizgumas, fluorescencinės savybės.

Balto popieriaus kokybė, vertinama vizualiai, visų pirma priklauso nuo suvokiamo baltumo, atspalvio ar spalvos, nes baltumas, kaip ir bet kokia kita spalva, yra pojūtis. Todėl yra sukurta ir standartizuota keletas metodų, kaip tą pojūtį išreikšti fizikiniais dydžiais, kuriuos galima matuoti prietaisais. Reikia pabrėžti, kad baltumas, atspalvis ir spalva, išmatuoti pagal standartus, dažnai ne visai atitinka vizualų vertinimą, nes jis priklauso nuo apšvietimo kokybės, stebėjimo sąlygų, kai kurių psichologinių veiksnių, pvz., baltas popierius, apšviestas raudona šviesa, vis tiek atrodo baltas, nors į akį patenka tik raudonoji spinduliuotė. Todėl išmatuotų baltumo ir atspalvio verčių tiesmukiškas siejimas su vizualiu jų pojūčiu gali duoti klaidingą rezultatą. Tačiau teisingas standartų metodikų taikymas ir supratimas, ką reiškia viena ar kita parametro vertė, yra labai naudingas parenkant tinkamą popierių vienokio ar kitokio pobūdžio spausdinimo darbams.

Popieriaus baltumas bendrąja prasme – tai jo savybė atspindėti šviesą (matomąją spinduliuotę). Popierius nėra idealiai baltas, t. y. atspindintis visą krintančią šviesą, nepaisant

bangos ilgio. Popierius nėra ir idealiai pilkas, t. y. atspindintis ne visą šviesą, bet vienodai visame matomajame spektre. Realiai popierių atspindžio koeficientas priklauso nuo bangos ilgio. Šiuo atveju popieriaus baltumą apibūdina plotas, esantis po atspindžio koeficiento priklausomybės nuo bangos ilgio kreive. Kai kada baltumas išreiškiamas vidutiniu atspindžio koeficientu, dar vadinamu popieriaus šviesumu (Sidaravičius 2012a: 15-21).

1.2.5. Popieriaus spalva

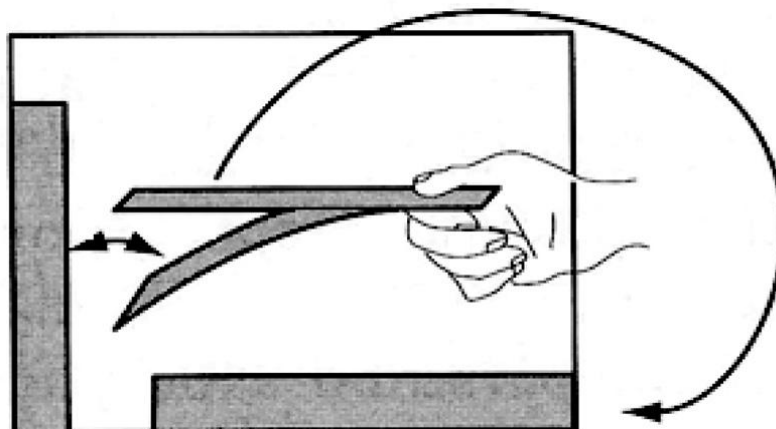
Daugiausia informacijos apie popieriaus šviesos atspindžio savybes teikia popieriaus spalvos charakteristikos CIE $L^*a^*b^*$ erdvėje (Pauler 2002; Sidaravičius, Montrimas 2005). L^* koordinatė – tai popieriaus šviesis, t. y. šio parametro vertė nusako bendrą atspindžio koeficientą, kuris gali būti nuo 0 (juodas popierius) iki 100 %. a^* koordinatės teigiama vertė reiškia, kad popierius atspalvis krypsta į raudonumą, o neigiama – į žalumą. b^* koordinatės teigiama vertė reiškia, kad popieriaus atspalvis krypsta į geltonumą, o neigiama – į mėlynumą. Jeigu a^* ir b^* vertės lygios 0, tai popierius yra idealiai pilkas, be jokio atspalvio (Sidaravičius 2012a: 15–21).

1.3. Popierių savybių nustatymo metodai

1.3.1. Popieriaus struktūrinių savybių nustatymo metodai

1.3.1.1. Popieriaus liejimo krypties nustatymo metodas

Norint nustatyti popieriaus liejimo kryptį iš popieriaus lapo reikia išpjauti dvi 15×200 mm statmenų krypčių juostelės. Jas paimti pirštais už galų ir permesti iš vienos pusės į kitą: išilginės (mašininės) krypties juostelė yra standesnė ir mažiau atsilenkia (2 pav.).



2 pav. Popieriaus liejimo krypties nustatymas

1.3.1.2. Popieriaus gramatūros nustatymo metodas

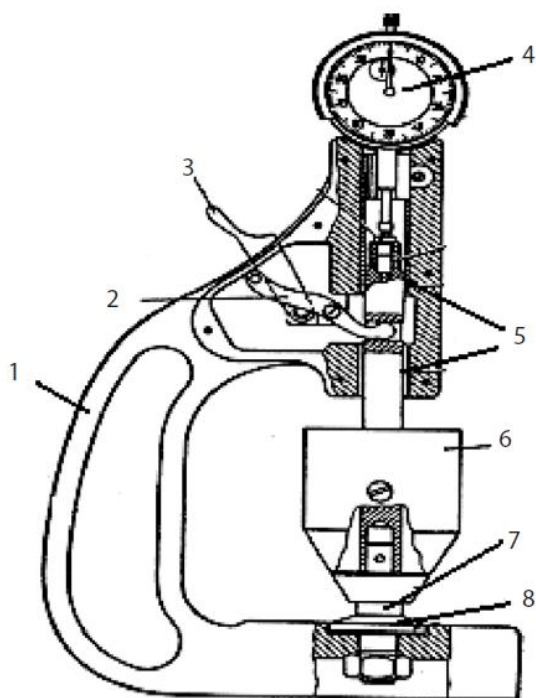
Vienas iš svarbiausių popieriaus parametrų yra jo vieno kvadratinio metro svoris (g/m^2), dažniausiai vadinamas gramatūra.

Popieriaus ar kartono gramatūra (LST EN ISO 536: 2001) – tai 1 m^2 masė g. Norint nustatyti popieriaus gramatūrą reikia iš popieriaus lakšto iškirsti pagal šabloną $100 \times 100 \text{ mm}$ dydžio 10 pavyzdžių ir tuomet juos pasverti. Dėl popieriaus nevienodumų, storių bei tankių atsiradusių popieriaus gamybos procese, reikalingas būtent toks kiekis pavyzdžių. Turint paruoštus bandinius reikia apskaičiuoti aritmetinį masių vidurkį ir jį padauginti iš šimto. Tokiu būdu gautas skaičius yra popieriaus gramatūra g/m^2 (Sidaravičius 2012a: 6–13).

1.3.1.3. Popieriaus storio nustatymo metodas

Popieriaus storio matavimai turi būti atliekami su tais pačiais popieriaus bandiniais, kurie buvo sveriami gramatūrai nustatyti.

Popieriaus storis matuojamas specialiu stormačiu, kuriame užtikrinamas nustatytasis slėgis ($100 \pm 10 \text{ kPa}$ arba $50 \pm 5 \text{ kPa}$) ir plokštumų, tarp kurių dedamas tiriamasis popierius, lygiagretumas. Ant korpuso 1 (3 pav.) yra laikrodinio tipo indikatorius 4, kurio strypas remiasi į traukės atramą. Traukė juda kreipiamosiomis įvorėmis 5 ir 6, užtikrinančiomis matavimo plokštumų 7 ir 8 lygiagretumą. Svoris 6 nustato slėgį. Prieš matuojant nustatoma indikatoriaus skalė taip, kad rodyklė būtų nulinėje padėtyje. Rankenėle 3 per traukę 2 pakeliama matavimo plokštuma 7, į susidariusį tarpą įdedamas popieriaus bandinys ir lėtai nuleidžiama svirtis. Po kelių sekundžių, kai indikatoriaus rodyklė nustoja judėti, fiksuojamas vieno lapo popieriaus storis μm . Atliekama ne mažiau kaip 20 matavimų ir skaičiuojamas aritmetinis vidurkis (Sidaravičius 2012a: 15–21).



3 pav. Stormatis: 1 – korpusas; 2 – trauke; 3 – rankenele; 4 – indikatorius;
5 – kreipiamosios ivores; 6 – svoris; 7, 8 – matavimo plokštumos

1.3.2. Popieriaus optinių savybių nustatymo metodai

1.3.2.1. Popieriaus baltumo nustatymo metodai

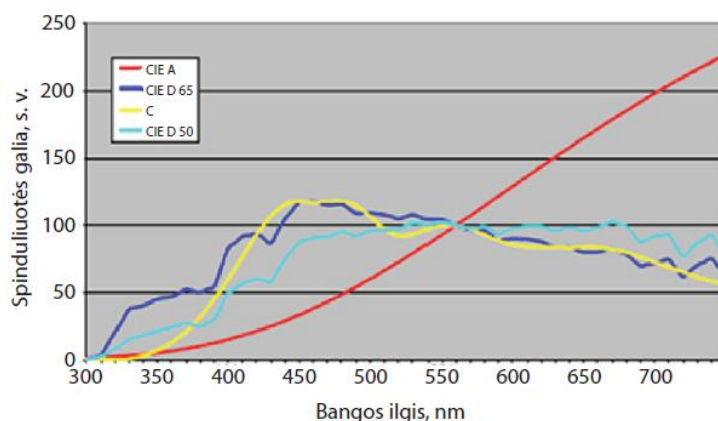
Iki šiol yra žinoma ne vienas ISO standartas, kuriuose pateikiama informacija bei sąvokos apie popieriaus baltumą ir metodiką, taip pat kaip šias savybes matuoti (ISO 2470, ISO 11475, ISO 11476, ISO 2471). Šiuose nurodytuose standartuose pateiktos baltumo vertės yra skirtingos. Kadangi tai skirtingi standartai, o išmatuotos vertės dažnai nebūna sulygintos tarpusavyje, todėl gali kilti nesusipratimų kai lyginamos vertės, o prie jų nenurodyti standartai (Sidaravičius 2012a: 15-21).

1.3.2.1.1. Popieriaus ISO baltumas

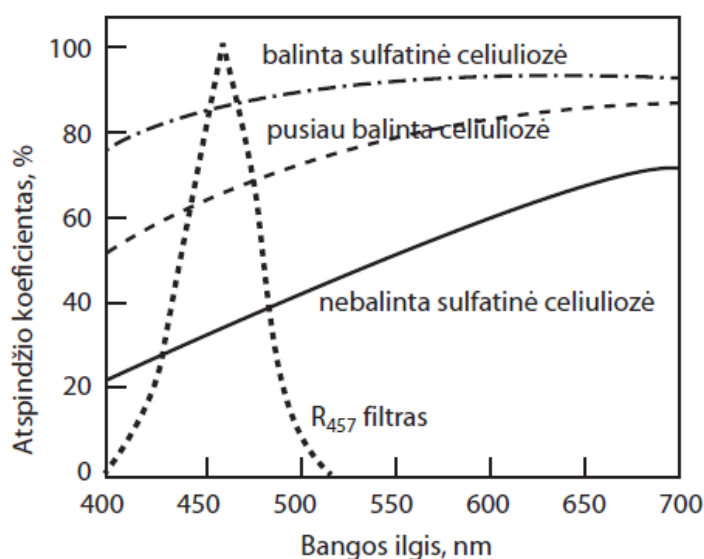
ISO 2470 standarte aprašyta popieriaus ISO baltumo matavimo metodika yra tinkama tik gana baltiems popieriams. Matavimai atliekami apšviečiant popierių visa kambario dienos šviesos šaltinio balta šviesa (ISO šaltinis C) arba lauko dienos šviesos šaltinio balta šviesa (ISO šaltinis D65). Kadangi abiem atvejais šviesos atspindys matuojamas tik siauroje spektro srityje, išskirtoje filtru, praleidžiančiu spinduliuotę, kurios bangos ilgis yra 457 ± 44 nm, todėl taip nustatytas

popieriaus baltumas dar vadinamas mėlynojo atspindžio koeficientu. Matuojant su šviesos šaltiniu C (4 pav.) nustatomas ISO baltumas (angl. ISO brightness), o matuojant su šviesos šaltiniu D65 (4 pav.) – D65 baltumas. Šis standartas buvo sukurtas popieriaus pramonei ir pakankamai gerai apibūdina baltus popierius, kadangi atspindi celiuliozės balinimo efektyvumą (5 pav.). Šioje vietoje susiduriama su tokiu atveju, kad mėlynojo atspindžio koeficientas nevertina žmogaus akies suvokiamo baltumo, kadangi spektrinė akies jautrio charakteristika yra visai kitokia. Tam, kad būtų vertinama spektrinė akies charakteristika yra naudojami kiti dydžiai, kaip Y vertė, kurios nustatymo metodika aprašyta standartuose ISO 11476:2004 ir 2471:2009.

ISO baltumas gali būti matuojamas spektrofotometru, turinčiu atitinkamą filtrą, arba skaičiuojamas iš atspindžio spektrinės kreivės vertinant to filtro charakteristiką (Sidaravičius 2012a: 15–21).



4 pav. CIE šviesos šaltinių spektrinės charakteristikos: CIE A – kaitrinė lempa; CIE C, D50, D65 – įvairios dienos šviesos šaltiniai



5 pav. ISO 2470 baltumas – nebalintos, iš dalies balintos ir balintos celiuliozės atspindžio ir matavimo filtro pralaidumo spektrai

1.3.2.1.2. Popieriaus CIE baltumas

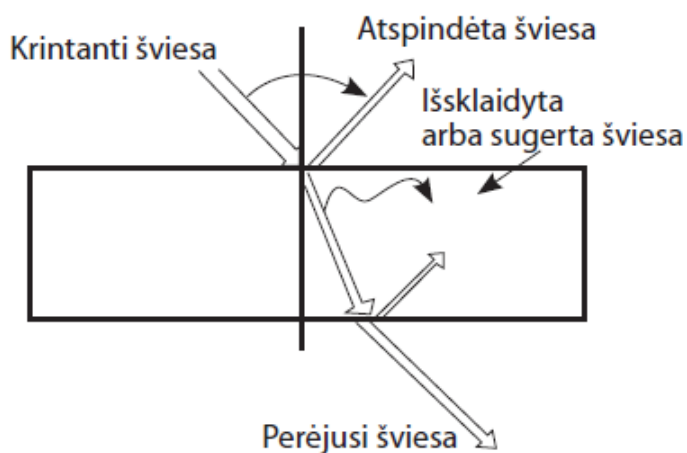
Pagrindinė popieriaus sudedamoji dalis yra celiuliozė, kuri gryna neturi jokio atspalvio. Pramonėje celiuliozė pagaminta iš medienos, kuri visuomet turi geltoną atspalvį. Kas liečia rudą celiuliozę tai nebalinta sulfatinė celiuliozė yra net ruda (5 pav.). Procesai didinantys popieriaus atspalvį bei baltumą ir mažinantys gelsvą atspalvį vadinami balinimu. Tačiau po balinimo procesų vistiek išlieka šio toks popieriaus gelsvumas. Kadangi į popierių yra dedama įvairių priedų, dažiklių bei užpildų tai jis gali turėti ne tik gelsvą, bet taip pat ir melsvą, rausvą ar kitokį atspalvį. Dėl šios priežasties, kad popierius gali turėti bet kokią atspalvį, pagal 11475:2004 ir ISO 11476 standartus matuojant popieriaus baltumą šviesos atspindys yra vertinamas visame matuojamame diapazone. Taip pat šiuose standartuose įskaitomas spektrinis žmogaus akies jautris (Sidaravičius 2012a: 15–21).

1.3.2.2. Popieriaus nepermatomumas

Su šviesos atspindžiu tiesiogiai yra susijęs vienas reiškinys, kuria vadinamas popieriaus nepermatomumu. Šviesa, kuri krenta ant popieriaus paviršiaus iš dalies išsiskalaido ir atspindi. Tai įvyksta kadangi dalis šviesos patenka į popieriaus tūrį, o kita dalis pasiekia užpakalinę popieriaus pusę ir gaunasi, kad atsispindi nuo paviršiaus, ant kurio šiuo metu yra padėtas popierius. Jeigu popierius guli ne ant juodo paviršiaus tada šviesa grįžta atgal, o jei paviršius juodas tuomet šviesa yra sugerama to paviršiaus (6 pav.). Kitu atveju jei atspaudas yra dvipusis tuomet šviesa atsispindi nevienodai priklausomai nuo išspausdinto vaizdo, tai apibūdina popieriaus nepermatomumą. Tai ypač svarbu, kai yra spausdinama aukštos kokybės darbai.

Popieriaus nepermatomumo matavimo metodika nustatyta ISO standarte 2471:2009. Iš pradžių nustatomas popieriaus skaistis R_{∞} , kitaip popieriaus šviesos atspindžio koeficientas. Jis matuojamas pakankamai didelėje šūsnėje. Pradžioje atliekami matavimai, kai popierius padėtas ant balto pagrindo, vėliau kai popieriaus bandinys padėtas ant juodo pagrindo ir vėl nustatomas popieriaus skaistis R_0 . Turint šias reikšmes skaičiuojamas popieriaus nepermatomumas (Sidaravičius 2012a: 15–21).

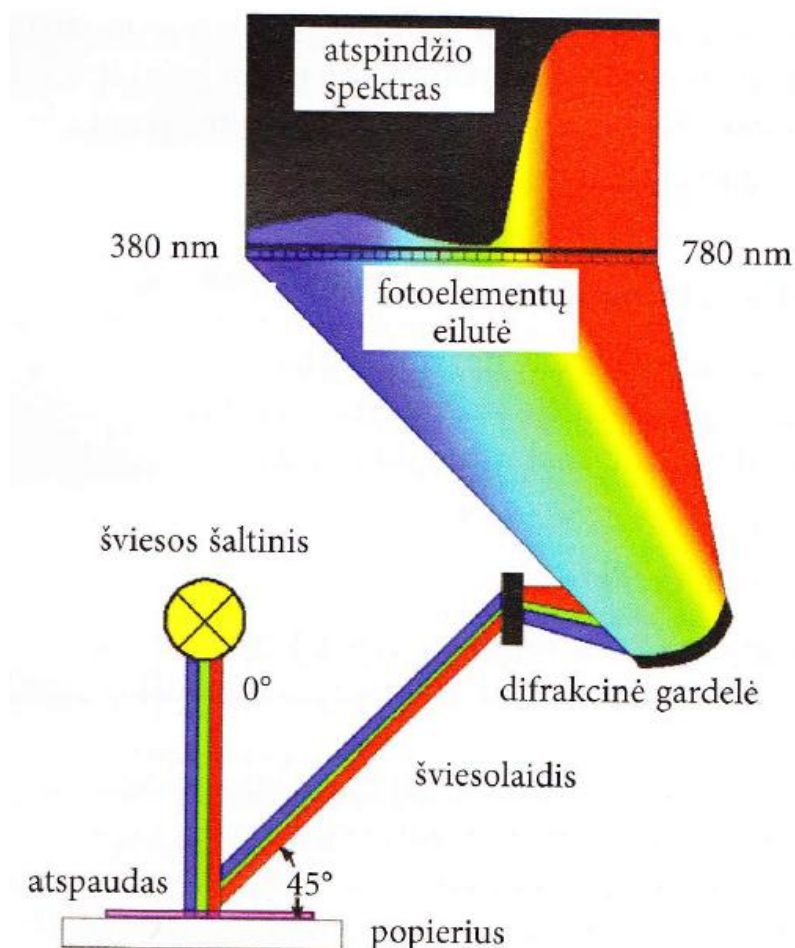
$$Op = \frac{R_0}{R_\infty} 100 \, \%.$$



6 pav. Šviesos sąveika su popieriumi

1.3.2.3. Popieriaus ir atspaudų spalva

Norint nustatyti spalvą yra reikalingi spektriniai matavimai. Šie matavimai atliekami spektrofotometrais, kitaip dar vadinami spektrodensitometrais, kadangi jais taip pat galima atlikti densotometrinius matavimus. Spektrofotometre (7 pav.) šviesos šaltinio spinduliuotė nukreipiama statmenai į tiriamąjį atspaudą, nuo kurio atsispindėjusi 45° kampu išsklaidoma difrakcine gardele ir nukreipiama į fotodetektorių eilutę. Dažniausiai yra matuojama 400–700 nm bangų diapazone ir fotodetektorių yra 30, t. y. atspindys matuojamas kas 10 nm. Fotodetektorių signalai patenka į prietaiso kompiuterį, kuris juos apdoroja ir perskaičiuoja į pasirinktus dydžius – atspindžio koeficientus, optinius tankius, spalvines koordinates ir t. t.



7 pav. Spektrofotometro sandara ir veikimo principas

Eksperimentiniai matavimai buvo atlikti spektrodensitometru „Techkon SpectroDens“. Tai daugiavfunkcis matavimo prietaisas, skirtas tikrinti popieriui, bandomiems ir tiražo atspaudams, naudojamas kolorimetrinėse laboratorijose parenkant ir maišant dažus bei sudarant spalvų valdymo sistemos profilius. Matavimai spektriniai, o matavimo duomenys yra perskaičiuojami ir konvertuojami į atitinkamas optinių tankių vertes, spalvų koordinates, rastrinių taškų išplitimą ir t. t.

Spektrodensitometro „Techkon SpectroDens“ konstrukciją sudaro dvi dalys – pagrindas ir matavimo galvutė (8 pav.). Matavimo galvutėje yra valdymo mygtukai ir ekranas, kuriame matomos funkcijos ir matavimo duomenys (Sidaravičius 2012b: 9–11).



8 pav. Spektrodensitometras „Techkon SpectroDens“

1.3.2.3.1. Matavimai su spektrodensitometru „Techkon SpectroDens“

Spektrodensitometras įjungiamas žaliu mygtuku. Prietaisas išsijungia automatiškai, jei 5 min. nėra paspaudžiamas nei vienas mygtukas.

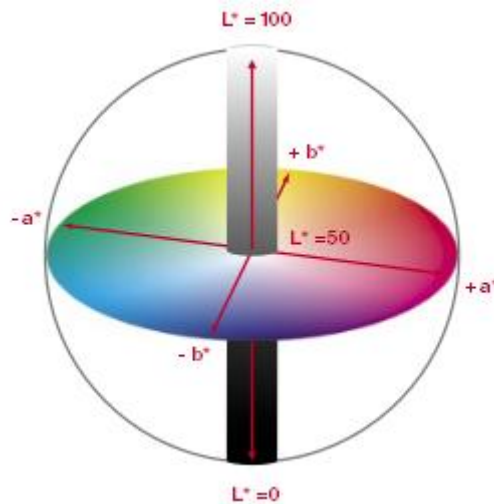
Prietaiso baterija yra įkraunama, kai matavimo galvutė padėta ant pagrindo. Baterijos perkrauti neįmanoma, kai neatliekami matavimai, rekomenduojama matavimo galvutę laikyti ant pagrindo, kuris yra sujungtas su elektros tinklu (220 V). Su visiškai įkrauta baterija galima atlikti iki 10 000 matavimų.

Matavimo galvutės aparatūrą reikia padėti ant matuojamojo paviršiaus ir paspausti žalią mygtuką ir po sekundės ekrane pasirodys ekrane. Matavimo metu svarbu, kad prietaisas būtų stabiliai prispaustas prie matuojamojo paviršiaus ir nebūtų tarpo tarp jo ir galvutės. Kadangi paviršius, ant kurio padėtas matuojamasis objektas, gali daryti įtaką matavimo rezultatams. Matuojant vienpusius spausdinius yra naudojamas baltas pagrindas, o matuojant dvipusius – juodas pagrindas.

1.3.2.3.2. CIE $L^*a^*b^*$ spalvinės koordinatės

Daugiausia informacijos apie popieriaus šviesos atspindžio savybes teikia spalvos charakteristikos CIE $L^*a^*b^*$ erdvėje (Sidaravičius, Montrimas 2005). Kiekviena spalva yra aprašoma trimis dydžiais: L^* – šviesiu, šio parametro vertė nusako bendrą atspindžio koeficientą,

kuris gali būti nuo 0 (juodas popierius) iki 100 %, a^* – koordinate ašyje „žalia-raudona“, teigiama koordinatės vertė reiškia, kad popieriaus atspalvis krypsta į raudonumą, o neigiama – į žalumą, b^* – koordinate ašyje „mėlyna- geltona“, teigiama koordinatės vertė reiškia, kad popieriaus atspalvis krypsta į geltonumą, o neigiama – į mėlynumą (9 pav.). Jeigu a^* ir b^* vertės yra lygios 0, tai popierius yra idealiai pilkas, be jokio atspalvio. Šie dydžiai yra skaičiuojami iš atspindžio spektro per XYZ koordinates ir naudojant kolorimetrines funkcijas bei pasirinkus šviesos šaltinį ir stebėjimo kampą (tai dažniausiai kambario dienos šviesos šaltinis D50 ir stebėjimo kampas 2°) (Sidaravičius 2012a: 37–41).



9 pav. CIE $L^* a^* b^*$ spalvų erdvė

1.3.3. Popieriaus mechanių savybių nustatymo metodai

1.3.3.1. Popieriaus atsparumo lankstymui nustatymo metodas

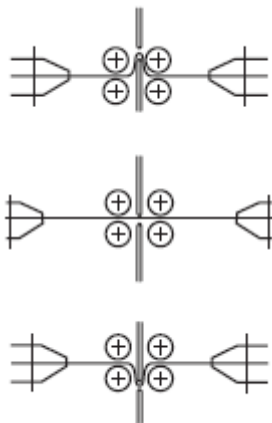
Popieriaus atsparumas lankstymui nustatomas išilginei ir skersinei kryptims. Falceriu (11 pav.) lankstoma įtempta (tempimo jėga – 10 N) 15 mm pločio juostelė tol, kol ji nutrūks – tai dvigubo lenkimo metodas (ISO 5626:1993) (10 pav.).

Priekinėje šio prietaiso dalyje ant padėklo 10 sumontuotas įtaisas, kuris atlieka popieriaus juostelės lankstymą. Šį įtaisą sudaro dvi ritinėlių poros 11, 12, tarp kurių yra plyšys. Jame yra metalinė popieriaus lankstymo plokštelė su vertikalia įpjova, į kurią įdedama popieriaus juostelė 9, iš dviejų pusių įtvirtinta gnybtuose 7.

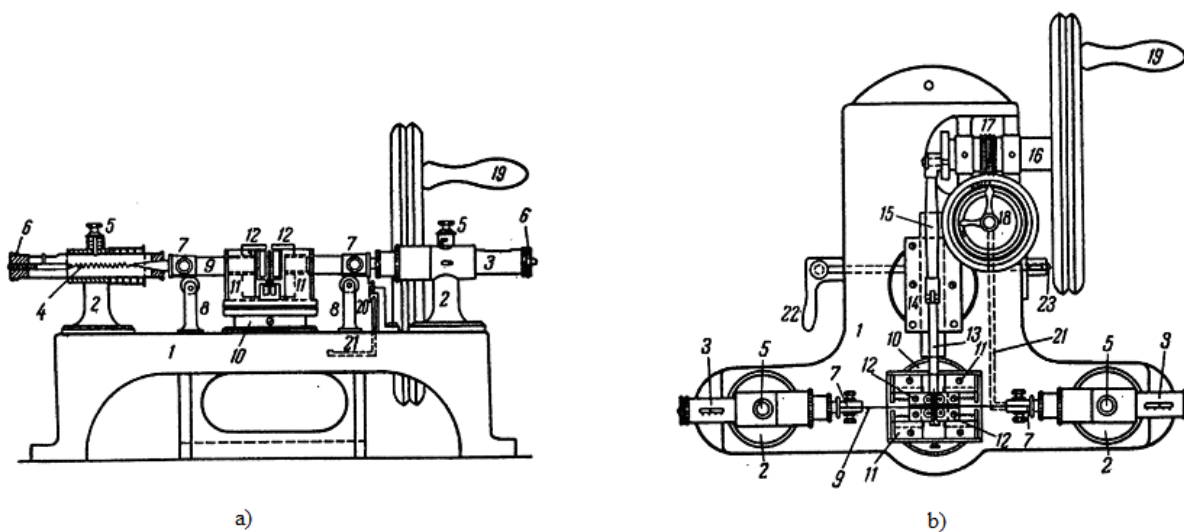
Popierius lankstomas, kai plokštelė atlieka slenkamąjį grįžtamąjį judesį judant alkūniniam mechanizmui, kurį sudaro šliaužiklis 13 ir švaistiklis 15, sujungtas su smagračio velenu 16. Smagračiui pasisukus pusiau, plokštelė popieriaus juostą pratraukia tarp pirmos ritinėlių poros, o

pasisukus smagračiui dar pusę apsisukimo – tarp antros ritinėlių poros. Taip popierius sulenkiamas dukart 180° kampu.

Popieriaus atsparumui lankstymui nustatyti ruošiamos dešimt 10×100 mm popieriaus juostelių. Rankenėle 22 išlaisvinamas smagratis ir įjungiamas prietaisas. Smagratis sukasi, kol popieriaus juostelė nutrūks. Skutiklis automatiškai išsijungia ir rodo dvigubo lenkimo iki nutrūkimo skaičių (Sidaravičius 2012b: 9–13).



10 pav. Dvigubo popieriaus lenkimo schema



11 pav. Falceris a) vaizdas iš šono, b) vaizdas iš viršaus: 1 – korpusas; 2 – statramstis; 3 – tūtelė (gilzė); 4 – spyruoklė; 5 – kaištis; 6 – speciali veržlė; 7 – gnyptas; 8 – stovai; 9 – popieriaus juostelė; 10 – padėklas; 11, 12 – lankstymo įtaisai; 13 – šliaužiklis; 14 – padėklas; 15 – švaistiklis; 16 – smagračio velenas; 17 – sliekinė pavara; 18 – lenkimų skaitiklis; 19 – smagračio rankenėlė; 20 – kabliukas; 21 – svirtis; 22 – jungiklio rankenėlė; 23 – atramos pirštas

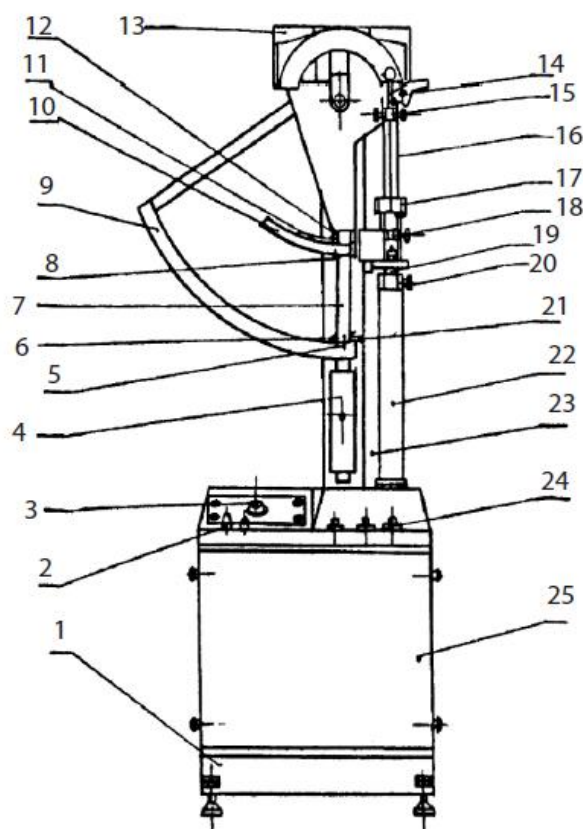
1.3.3.2. Popieriaus savybių tempiant nustatymo metodas

ISO standartas 1924 (LST EN ISO 1924-2:2009) numato šias popieriaus savybes tempiant: atsparumą tempimui – trūkio jėgą, pailgėjimą tempiant ir sugertą energiją.

1. Atsparumas tempimui ir pailgėjimas tempiant matuojamas dinamometru – tempimo mašina.

Tempimo mašiną (12 pav.) sudaro švytuoklinis jėgos matuoklis, pailgėjimo matavimo mechanizmas ir reguliuojamoji elektrinė pavara.

Ant ilgojo švytuoklės 7 peties yra reketai 6, fiksuojantys švytuoklės padėtį nutrūkus popieriaus juostelei, rodyklė 5 – trūkimo jėgai nustatyti, skalė 10 – pailgėjimui nustatyti ir kaištis švytuoklei fiksuoti nedarbinėje padėtyje.



12 pav. Tempimo mašinos schema: 1 – rėmas; 2 – jungiklis; 3 – greičių reguliavimo rankenėlė; 4 – svoris; 5 – rodyklė; 6 – reketai; 7 – jėgos švytuoklė; 8 – rodyklė; 9 – jėgos skalė; 10 – pailgėjimo skalė; 11 – nonijus; 12 – pailgėjimo švytuoklė; 13 ir 25 – gaubtai; 14 – fiksavimo varžtas; 15 ir 18 – gnybtai; 16 – liniuotė; 17 – atrama; 19 – strypas; 20 – kūginis kaištis; 21 – aretyras; 22 – tubusas; 23 – stovas; 24 – valdymo pultas

Nutrūkus popieriaus juostelei, elektros grandinė nutraukiama ir apatinis gnybtas sustoja. Popieriaus pailgėjimui nustatyti naudojama pailgėjimo švytuoklė 12. Ant ilgojo švytuoklės peties pritvirtintas nonijus 11 absoliučiajam pailgėjimo dydžiui nustatyti ir rodyklė 8, kuri parodo santykinį pailgėjimą. Jėga, kuriai esant nutrūksta popierius, parodo dviejų juostų jėgos skalė 9.

Tempimo savybėms nustatyti ruošiamos po dešimt 180×15 mm pločio juostelių iš statmenų krypčių – išilginės ir skersinės. Juostelė, neličiant jos vidurinės dalies pirštais, įdedama į gnybtus, gnybtai suspaudžiami ir juostelė lengvai įtempinama. Svarbu, kad juostelė nebūtų persikreipusi (Sidaravičius 2012b: 9–11).

Bandomos visos juostelės ir rodikliai skaičiuojami kaip aritmetiniai verčių vidurkiai atskirai išilginei ir skersinei kryptims. Trūkio jėga F yra jėga, reikalinga 1 m pločio popieriaus juostai nutraukti:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{10} P_i}{10} \cdot 66,67, \text{ N} \cdot \text{m}$$

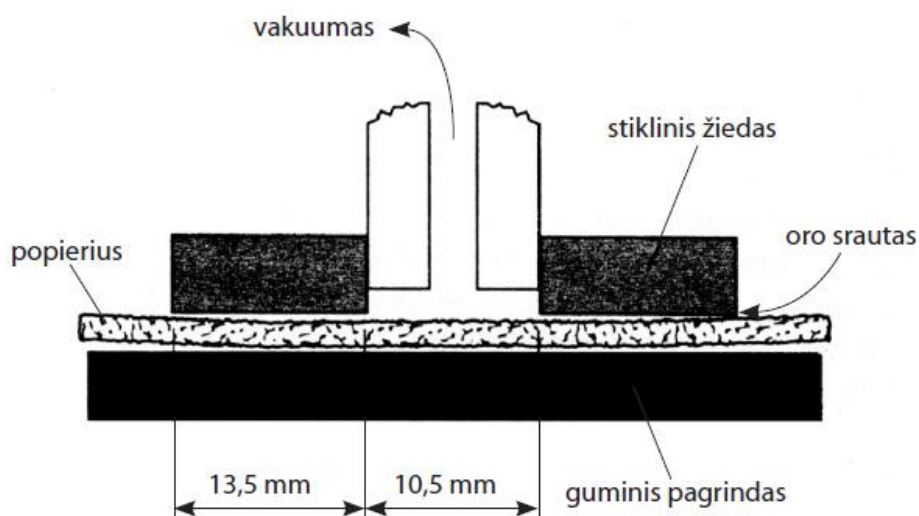
čia: P_i – i -tosios 15 mm pločio juostelės trūkio jėga, N.

1.3.3.3. Popieriaus šiurkštumo matavimo metodai

Popieriaus paviršiaus glotnumo (šiurkštumo) matavimo metodus galima suskirstyti į dvi grupes pagal tai, ar matuojamo dydžio vertė didėja (paviršiaus šiurkštumas auga), ar mažėja (auga paviršiaus glotnumas). Dėl popieriaus paviršiaus glotnumo (šiurkštumo) kartu su jo spūdumu dažai gerai perkeliama nuo spausdinimo formos ar ofseto gumos ant popieriaus. Perkelti ant popieriaus dažai turi padengti visą paviršių – ne tik iškilusias vietas, bet ir slėnius. Tai reiškia, kad dažų sluoksnio storis turi būti didesnis už popieriaus nelygumus. Kadangi dažai yra perkeliama naudojant slėgį, todėl reikia kalbėti apie paviršiaus nelygumus, kai popierius yra spaudžiamas.

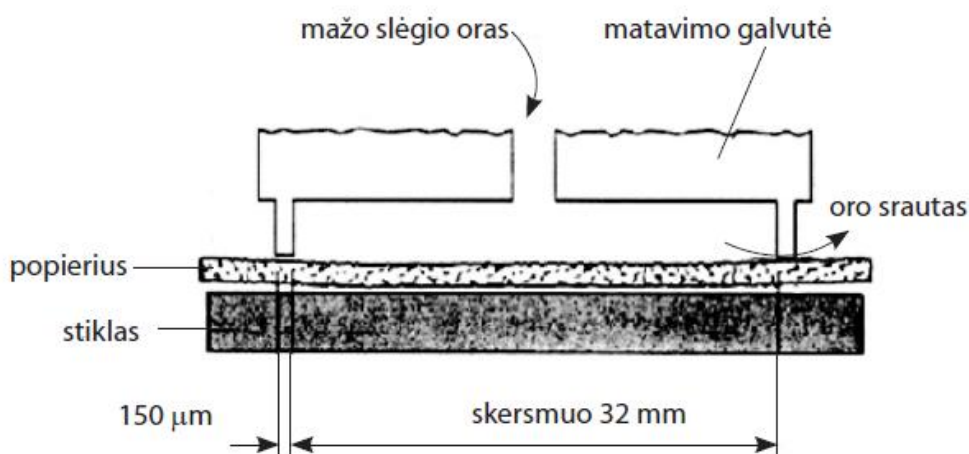
Spausdinimo procese popierius yra stipriau ar silpniau spaudžiamas, ir svarbu turėti informaciją apie popieriaus paviršiaus nelygumą, kai jis spaudžiamas slėgiu, artimu dažų perkėlimo ant popieriaus slėgiui. Todėl yra sukurta keletas popieriaus šiurkštumo (glotnumo) matavimų metodų. Tai optinis metodas (Čepmeno glotnumo matuoklis) (Thomson 1998), bet praktikoje taikomi metodai, kuriuose popieriaus paviršiaus nelygumas vertinamas pagal oro prasiskverbimą tarp popieriaus ir glotnaus kieto paviršių, suspaustų tam tikru slėgiu (ISO 8791/1: 1986). Tai Beko (LST ISO 5627: 1998), Bedtseno (ISO 8791-2: 1990), Šefildo (ISO 8791-3: 2005) ir Parker Print-Surf (PPS) (ISO 8791-4: 2007) metodai.

Beko metodu matuojama, per kiek laiko prasiskverbs tarp popieriaus ir plokštelės su kiauryme viduryje nustatytas oro kiekis (13 pav.). Kuo ilgesnis šis laikas, tuo glotnesnis paviršius, t. y. matuojamas popieriaus glotnumas.

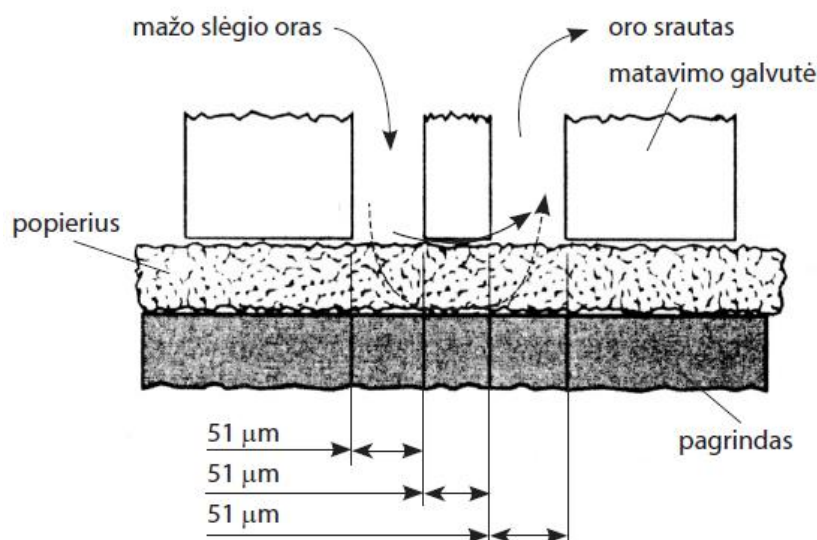


13 pav. Popieriaus paviršiaus glotnumo matavimo Beko metodu schema

Beko metode naudojamas platus (13,5 mm pločio) žiedas, kuriuo spaudžiamas popierius. Tai visai neatitinka spausdinimo sąlygų. Pagal Bendtseno metodą naudojamas siauras ($150\ \mu\text{m}$) metalinis žiedas (14 pav.). Jis prispaudžiamas prie popieriaus, per kiaurymę pučiamas mažo slėgio oras ir matuojamas oro srauto, perėjusio tarp žiedo ir popieriaus, greitis. Kuo didesnis oro srauto greitis, tuo popierius yra šiurkštesnis, t. y. šiuo metodu matuojamas popieriaus šiurkštumas. Šis metodas yra daug artimesnis spausdinimo sąlygoms.



14 pav. Popieriaus paviršiaus glotnumo matavimo Bendtseno metodu schema



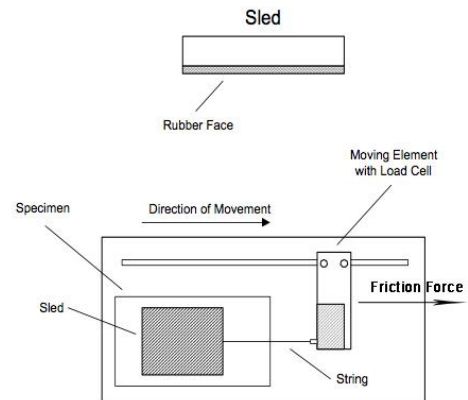
15 pav. *Parker Print-Surface* (PPS) popieriaus šiurkštumo matavimo galvutė

Šefildo metodas yra modifikuotas Bendtseno metodas – matuojamas oro prasiskverbimo greitis tarp popieriaus ir dviejų 0,38 mm storio žiedų. Nustatomas popieriaus šiurkštumas – kuo mažesnis oro prasiskverbimo greitis, tuo popieriaus paviršius yra lygesnis.

Geriausiai atitinka spausdinimo sąlygas *Print-Surface* metodas, dažniausiai žymimas PPS pridedant kūrėjo pavardę – *Parker Print-Surface*. Šiuo metodu taip pat matuojamas oro prasiskverbimas tarp popieriaus ir prispausto siauro žiedo (15 pav.). Nustatomas oro prasiskverbimo greitis cm^3/s , pagal kurį skaičiuojamas popieriaus paviršiaus PPS šiurkštumas μm . PPS metodas yra labai artimas spausdinimo sąlygoms. Matavimo galvutės žiedo plotis yra artimas rastrinių taškelių skersmeniui, o matavimo slėgis yra parenkamas pagal popieriaus rūšį ir spausdinimo būdą, pavyzdžiui, ofsetinį popierių rekomenduojama matuoti esant 1 MPa slėgiui. (Sidaravičius 2012b: 9–11).

1.3.3.4. Popieriaus trinties nustatymo metodai

Trinties tyrimai buvo atlikti „Thwining – Albert“ FPDAS 1.0.0.1 įrenginiu (16 pav.), galinčiu matuoti ne tik statinės bei kinetinės trinties koeficiento reikšmes, bet taip pat ir paviršių adhezinius procesus.



16 pav. Trinties koeficientų matavimo įrenginys „Thwining – Albert“ FPDAS 1.0.0.1

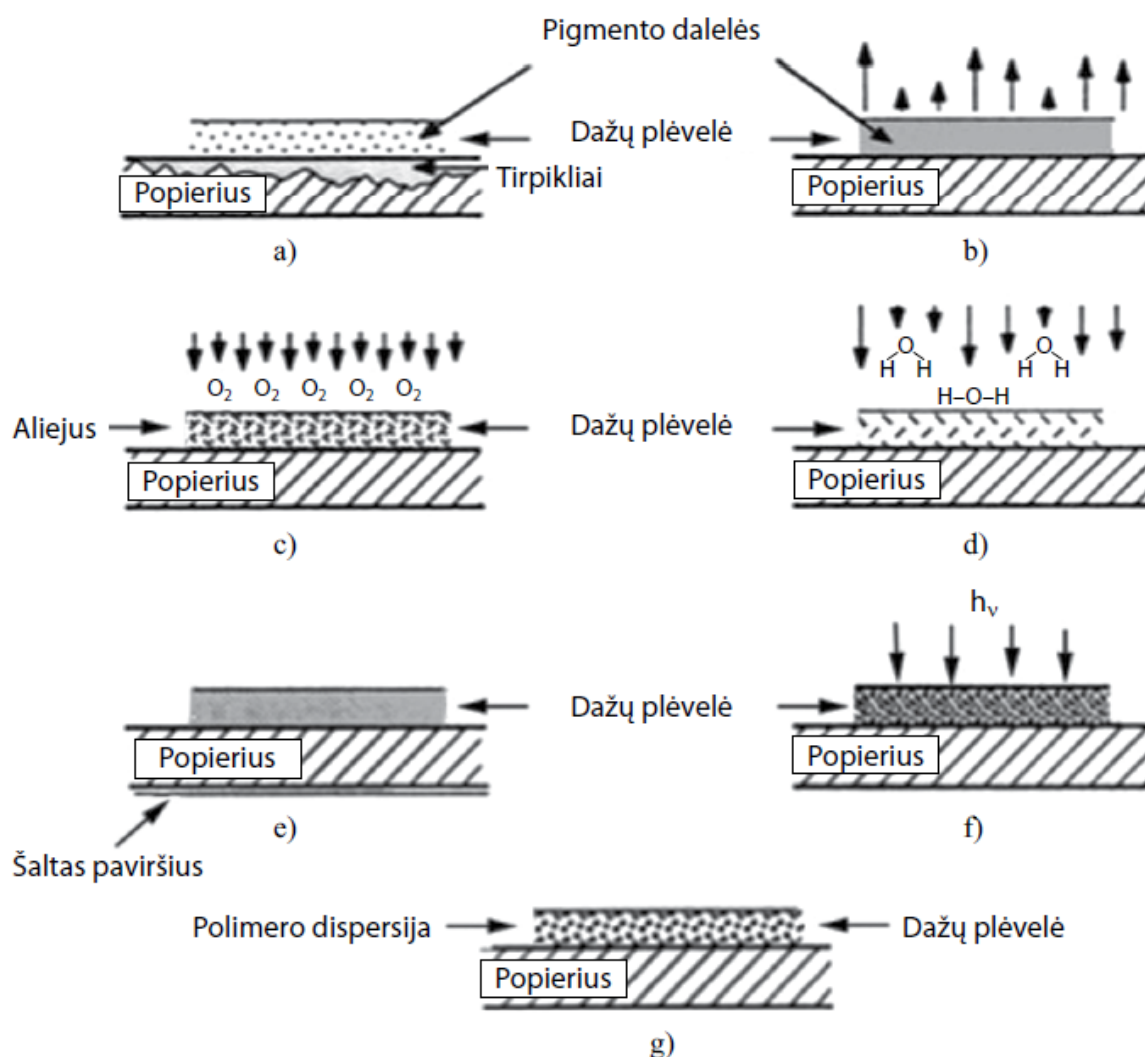
Prieš pradėdant eksperimentinius tyrimus, buvo nustatyti pagrindiniai parametrai įrenginyje. Visų pirma, pasirinktos paviršių veikiančių jėgų vertės, nutarta atlikti tyrimus veikiant penkioms skirtingoms apkrovoms (200, 400, 600, 800 ir 1000 g, kurių vertės išreikštos Niutonais). Vėliau buvo pasirinktas slydimo laikas – 100 mm/min bei eksperimento laikas 20 s, kuomet pirmąsias 5 sekundes yra nustatoma statinio trinties koeficiento reikšmė, o kinetinio trinties koeficiento reikšmė skaičiuojama 10–20 tyrimo sekundę. Laikas tarp 5–10 sekundės nenaudojamas nei vienam iš koeficientų skaičiavimui. Svarbu paminėti, jog anksčiau aprašyti nustatymai taip pat turi būti suvesti su įrenginiu sujuntame kompiuteryje, tik tokiu būdu gaunami, nustatymus atitinkantys rezultatai (Grigaliūnienė *et al.* 2013: 71–76).

Atlikus vieno bandinio matavimą nuimamas bandinys, o įrenginio elementai mygtuko paspaudimų yra grąžinami į pradinę padėtį. Uždėjus kitą bandinį prieš pradėdant matavimą reikia nunulinti įrenginyje esančius duomenis.

1.4. Popieriaus ir dažų sąveika

Atspaudas – tai popierius, kurio paviršiaus dalis (priklausomai nuo spausdinamos informacijos) arba kai kada ir visas paviršius padengiamas dažų sluoksniu. Todėl atspaudas laikytinas kompozicine medžiaga. Jis gaunamas spausdinant, kai dažai prispaudžiami prie popieriaus esant didesniai arba mažesniai slėgiui. Vyksta dažų sąveika su popieriumi – jis prilimpa prie paviršiaus ir iš dalies įsiskverbia į popieriaus tūrį. Dažai tvirtėdami (džiūdami) sudaro stiprią plėvelę. Priklausomai nuo spaudinių paskirties, spausdinimo būdo ir kitų technologinio proceso veiksnų, dažai sutvirtėja vykstant (17 pav.): a) tirpiklių įsigerimui (absorbacijai); b) tirpiklių

išgarinimui; c) oksidacinei polimerizacijai; d) ėsdinimui; e) šaldymui; f) radiacinei polimerizacijai; g) sulydymui (Markulytė, Sidaravičius, Turla 2012: 1–5).



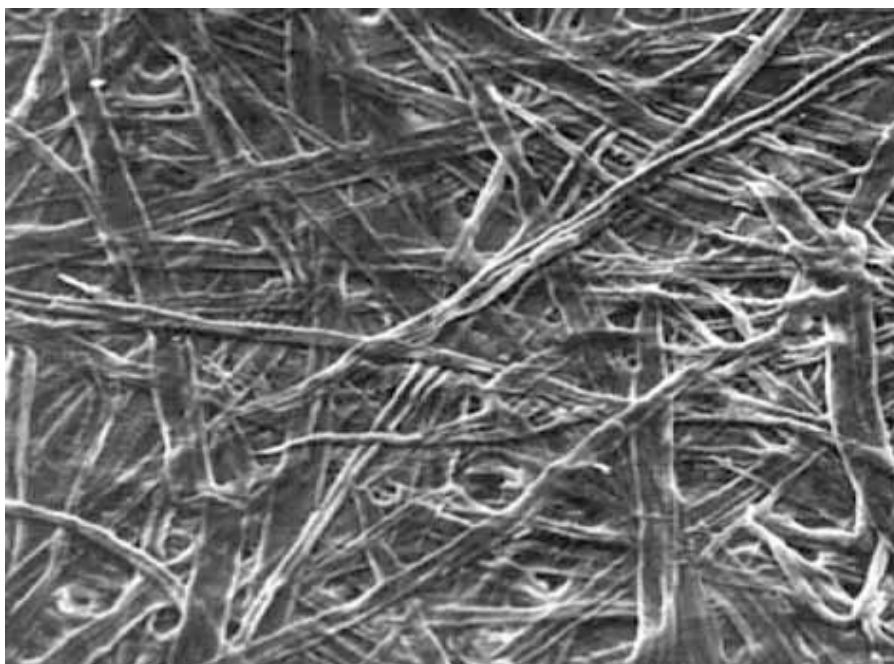
17 pav. Dažų plėvelės susidarymo ant popieriaus būdai

1.4.1. Popierius ir atspaudai

Popierius – plonalakštė medžiaga, sudaryta iš susipynusių augalinių plaušelių, susijusių paviršiaus ryšiais. Tai poringas, turintis daug kapiliarų kūnas, į kurį gali patekti oro, drėgmės ir poligrafinių dažų, arba savotiškas karkasas, sudarytas iš celiuliozės plaušelių, stipriai tarpusavyje sujungtų cheminėmis ir vandenilinėmis jungtimis. Popieriaus matrica – komponentas, kuris yra vientisas per visą kompozicinės medžiagos tūrį, yra plaušiena. Ji suteikia gaminiui formą, suriša užpildo komponentus, tolygiai tūryje paskirsto veikiančias apkrovas. Plaušienos cheminė sudėtis: celiuliozė, ligninas, hemiceliuliozė ir ekstrakcinės masės. Ji suriša į popieriaus sudėtį

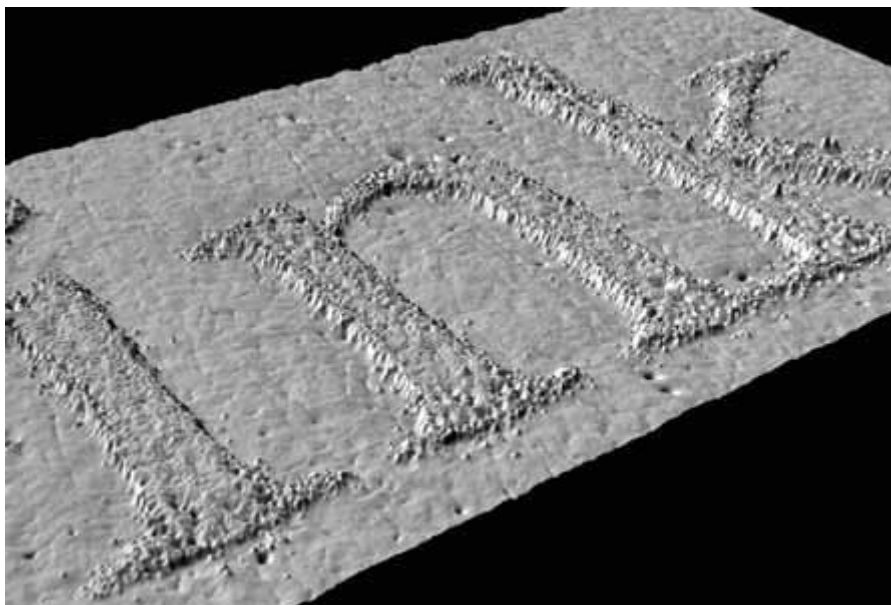
įeinančias medžiagas. Dažnai popieriaus struktūra nėra vienalytė. Pirmiausia skiriasi išoriniai ir vidiniai popieriaus sluoksniai. Priklausomai nuo kalandravimo režimų, išoriniai sluoksniai gali būti puresni (silpnai kalandruotas popierius) arba tankesni (stipriai kalandruotas popierius). Tokie vidinės struktūros skirtumai keičia popieriaus mechanines, fizines ir fizines chemines savybes. Kartu keičiasi ir atitinkamos atspaudų savybės. Dar didesnę įtaką turi popieriaus dengimas kreidiniu sluoksniu, nes šio sluoksnio savybės iš esmės skiriasi nuo pagrindinių popieriaus sluoksnių savybių. Popieriaus sudėtinės dalys ir jų išsidėstymas struktūroje yra labai svarbu, kadangi jos lemia beveik visas fizikines popieriaus savybes. Pavyzdžiui, popieriaus tvirtumas priklauso nuo plaušelių išsidėstymo ir sukibimo tarpusavyje. Paviršiaus šiurkštumas ir tūris priklauso nuo paviršiaus poringumo bei plaušelių ir kitų sudedamųjų dalių masto struktūroje. Plaušelių išsidėstymas tarpusavyje turi įtakos labai svarbioms popieriaus optinėms savybėms (Niskannen 2008), kurios lemia atspauode esančios informacijos suvokimą, atspaudų prekinę išvaizdą ir pan.

Be fizikinių savybių, tiesiogiai nuo plaušelių struktūros priklauso popieriaus morfologija (18 pav.). Erdvinis plaušelių išsidėstymas struktūroje yra stochastinis ir dažnai nepastovus. Tačiau kitos popieriaus sudėtinės dalelės ir cheminiai komponentai yra prisitvirtinę prie plaušelių taip pat tam tikru atsitiktiniu būdu. Visa tai turi įtakos popieriaus ir dažų sąveikai ir naujos struktūros susidarymui. Dažai – tai pagrindinė poligrafijos medžiaga, skirta atvaizdui ant paviršiaus sudaryti. Dažai susideda iš spalvotų medžiagų (pigmentų) – kietos dispersinės fazės ir rišamųjų medžiagų (rišiklių) – skystos dispersinės fazės. Be to, naudojami priedai, reguliuojantys lipnumą, klampumą, sutvirtinimo greitį ir kitas savybes.



18 pav. Mikroskopinis popieriaus paviršiaus vaizdas

Svarbu yra tai, kad dažai keičia popieriaus fizikines ir mechanines savybes, t. y. atspaudos savybės daugiau arba mažiau skiriasi nuo popieriaus savybių. Spausdinant dažų dalelės įsiskverbia tarp popieriaus plaušelių ir prisitvirtina prie jų atsitiktine tvarka. Susidaro papildomas sluoksnis ant popieriaus – dažų plėvelė. Tokiu būdu susidaro nauja kompozicinės medžiagos struktūra. Mikroskopinis dažų plėvelės ant popieriaus vaizdas pateiktas (19 pav.).



19 pav. Mikroskopinis dažų plėvelės ant popieriaus paviršiaus vaizdas

Lyginant su popieriumi atspauduose keičiasi šios svarbios spaudinių fizikinės ir kitos savybės: tvirtumas, paviršiaus šiurkštumas, trintis, poringumas, optinės savybės – spalva, blizgumas ir kt. Tie pokyčiai gali labai skirtis, priklausomai nuo spausdinimo būdo, nes skiriasi ne tik dažų savybės, bet ir dažų sluoksnio storis ir jo sankiba su popieriumi (Markulytė, Sidaravičius, Turla 2012: 1–5).

1.5. Ofsetiniai dažai popieriui, jų savybės ir ypatumai

Viena iš svarbiausių poligrafinių medžiagų yra spaustuviniai dažai. Dažai su popieriumi ar kita spausdinamąja medžiaga labiausiai lemia spausdintinės produkcijos kokybę. Visų pirma tai atspaudų optinis tankis bei spalva. Spaustuviniams dažams keliami kai kurie technologiniai ir kiti reikalavimai.

Pagrindinės spaustuvinių dažų savybės:

1. Spalva, o juodiems dažams – maksimalus optinis tankis.
2. Dažų plėvelės skaidrumas arba neskaidrumas.

3. Klampa ir tiksotropinės savybės.
4. Stabilumas – dažai neturi keistis spausdinant tiražą.
5. Ištrynimo laipsnis (pigmento dalelių dydis).
6. Atitiktis spaudos būdui.
7. Atitiktis džiovinimo (fiksavimo) sąlygoms spausdinimo mašinoje.
8. Dulkėjimas – dažai neturi dulkėti, kai kočiojami dažų aparate.
9. Kvapas.
10. Kenksmingumas.

Dažai – tai koloidinė sistema, kuri susideda iš pigmento (dispersinė fazė) ir rišiklio (dispersinė terpė) bei kai kurių priedų. Pigmentas dažams suteikia reikalingą spalvą, o rišiklis užfiksuoja pigmentą ant užspausdinamo paviršiaus ir suteikia reikalingas spausdinimo savybes. Priedai dedami į dažus gali būti įvairūs, kaip tirpikliai, skiedikliai, džiūvimą greitinančios medžiagos, paviršinio aktyvumo medžiagos, keičiančios dažų paviršiaus įtempį, ir kt. Nuo pigmento ir rišiklio lūžio rodiklių ir pigmento dispersiškumo priklauso dažų skaidrumas.

Svabu pastebėti, kad spaustuviniai dažai yra skirtingi kiekvienam spaudos būdui. Taip pat svarbu ir medžiaga ant kurios bus spausdinama ar tai popierius, kartonas, polimerinės plėvelės ir panašiai.

Priklausomai, kam skirti spaudiniai, atitinkami ir dažai. Kadangi maisto pramonėje yra labai svarbu atitikti kenksmingumo ir kvapo higienos reikalavimus, tuo tarpu vertybiniais popieriams spausdinti reikalingi saugos dažai. Tarkim jeigu atspaudai turi būti blizgūs ar matiniai, atsparūs mechaniniams poveikiams, riebalams ir pan., reikia naudoti skirtingus dažus.

Pagal džiūvimą dažai būna lėtai džiūstantys, kurie atspauode galutinai užsifiksuoja per ilgą laiką dėl oksidacinės rišiklio polimerizacijos. Greitadžiūviai dažai užsifiksuoja dėl greitos terminės polimerizacijos, rišiklio įsigėrimo į popierių arba tirpiklio garavimo veikiant šilumai.

Dažų rišiklį sudaro įvairūs polimerai ir oligomerai – aldehydinės dervos ir jų modifikatai, alkidinės dervos ir jų modifikatai, akrilinės dervos, kanifolijos modifikatai, sėmenų ar sojos aliejus, ciklokaučiukai, bituminiai lakai ir kt. Rišiklis ne tik fiksuoja dažus atspauode, bet ir suteikia reikiamų technologinių (spausdinimo) savybių – klampą, takumą, lipnumą ir kt. Nuo rišiklio priklauso džiovinimo būdas, kvapas ir kitos dažų savybės. Pigmentai lemia dažų spalvą. Spaustuviniams dažams dažniausiai naudojami organiniai pigmentai ar dažikliai. Tai azopigmentai (raudoni, oranžiniai, geltoni), ftalocianino pigmentai (žali, žydri, mėlyni), anilininiai (purpuriniai, angl. magenta), ksanteniniai ir kai kurie kiti pigmentai ar dažikliai. Taip pat naudojami ir neorganiniai pigmentai. Tai baltalai (titano ir cinko oksidai aliuminio hidroksidas) ir suodžiai. Nuo pigmento ir

ypač nuo jo susmulkinimo laipsnio priklauso ne tik spalva, bet ir kai kurios kitos savybės – skaidrumas, stabilumas, spausdinimo mašinos volelių ir spausdinimo formų dėvėjimasis ir pan.

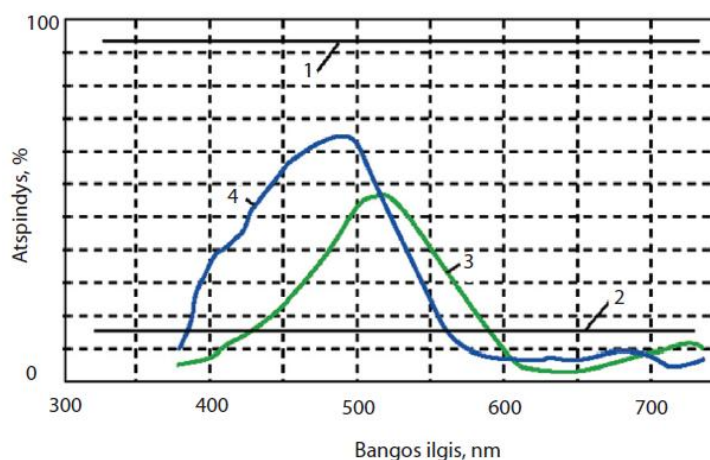
Dažai gaminami maišant visus jų komponentus maišyklėse, kol gaunama vienalytė masė. Paskui ji trinama rutuliniuose malūnuose arba trijų volelių trintuvėse tol, kol gaunama stabili vienalytė masė, kurioje pigmentas susmulkintas iki reikiamo dydžio, o aplink kiekvieną jo dalelę suformuotas rišiklio medžiagos apvalkalas (Johansso, Lundberg, Ryberg 2007; Kipphan 2001; Sidaravičius, Montrimas 2005; Sidaravičius 2012a).

1.5.1. Dažų spalva

Skeneriu ar skaitmeniniu fotoaparatu pervedus informaciją apie vaizdą į skaitmeninę formą, visos skaitmeninio vaizdo spalvos turi atrodyti lygiai taip pat, kaip ir originale. Jei spalvos yra specialiai keičiamos monitoriuje, pagamintos produkcijos spalvos turi būti identiškos ekrane esančioms spalvoms. Duomenys apie spalvas turi būti išvedami į skaitmeninę spalvų spausdinimo sistema taip, kad pakankamai laisvai būtų atkurti bet kuriame spausdinimo gamybos proceso etape.

Dažų spalva yra svarbiausia jų savybė. Nuo dažų spalvos daugiausia priklauso spalvų atgaminimas spaudiniuose spausdinant CMYK (skirtumine spalvų sinteze) ar šešiomis spalvomis, taip pat ir atskiromis spalvomis (Pantone® sistemos dažais). Spalva – tai regėjimo pojūtis, leidžiantis kokybiškai atskirti įvairios spektrinės sudėties spinduliuotes. Žmogus mato tik nedidelę elektromagnetinės spinduliuotės spektro dalį, kurios bangų ilgis yra nuo 400 iki 700 nm.

Atspaudų ar kito objekto spalva priklauso nuo jo atspindėtos šviesos spektrinės sudėties ir intensyvumo (Johansso, Lundberg, Ryberg 2007; Kipphan 2001; Sidaravičius, Montrimas 2005; Sidaravičius 2012a). Jeigu šviesa atspindima tolygiai visame matomajame spektre, tai objektas yra nespaltotas (achromatinis) – baltas, pilkas ar juodas, o jeigu netolygiai – spaltotas (20 pav.).

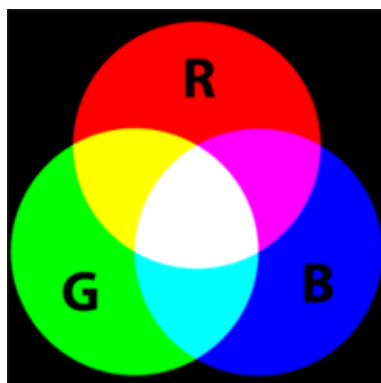


20 pav. Objektų atspindžio spektro pavyzdžiai: 1 – juodas; 2 – baltas; 3 – žalias;
4 – žydras

Vienodo atspindžio spektro objektai visada yra tos pačios spalvos, tačiau skirtingo atspindžio spektras nebūtinai yra skirtingos spalvos. Pavyzdžiui, spalvą galima gauti sudedant labai skirtingo spektro šviesos srautus. Tas yra būdinga ne tik baltai spalvai, bet ir visoms kitoms spalvoms. Nors spalva yra pojūtis, tačiau norint valdyti spalvų atgaminimo procesus, reikia dažų ir atspaudų spalvas matuoti ir išreikšti jas skaičiais. Be to, šie skaičiai turi leisti įvertinti kiekybinius spalvų, pavyzdžiui, dažų partijų, skirtumus.

Kokybiškai spalvos gali būti apibūdinamos žodžiais, pavyzdžiui, mėlyna, žalsvai melsva, dangiška, pastelinė mėlyna ir pan. Tokios apibrėžtys yra vaizdžios, bet nėra kiekybinės. Spalvoms matuoti naudojamos žmogaus spalvinės regos ypatybės. Žmogaus akyje spalvas junta kūgeliai. Jų yra trys rūšys. Vieni jautrūs matomojo spektro mėlynajai daliai, antrieji – žaliajai, tretieji – raudonajai. Jeigu visi trys kūgeliai sužadunami vienodai, žmogus, atsižvelgiant į intensyvumą, mato baltą arba pilką spalvą. Be šviesio, reikia dar turėti ir trečiąją spalvą apibūdinanti dydį – sodrį.

RGB kolorimetrinė sistema (21 pav.) patogi, nes joje naudojamos realios spinduliuotės, lengvai gaunamos laboratorijoje. RGB sistemos pirminės spalvos yra raudona, žalia ir mėlyna (Red, Green, Blue).

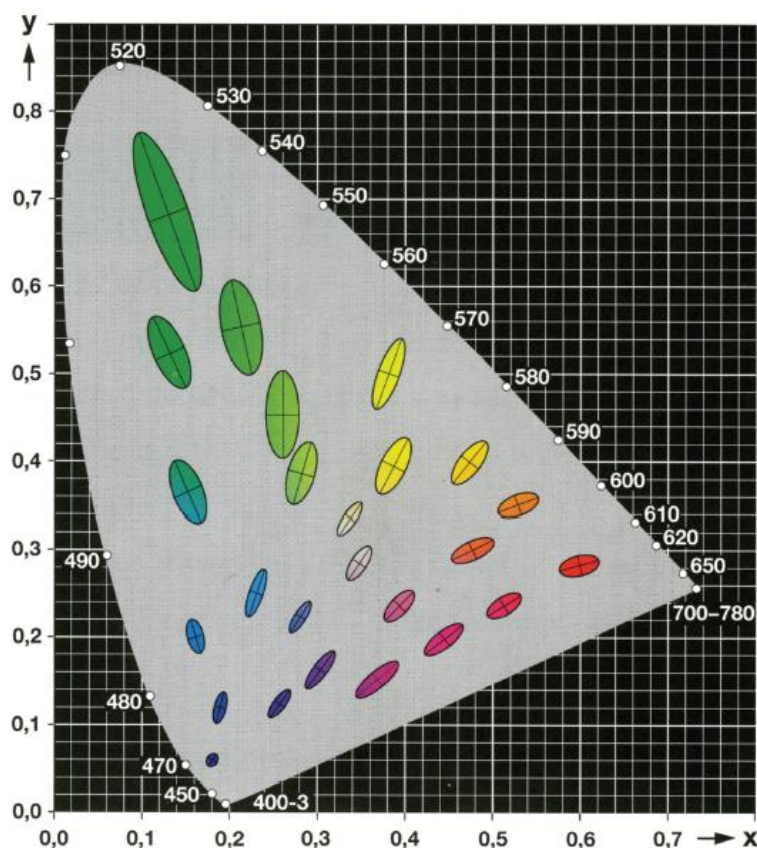


21 pav. RGB

Tačiau ji turi trūkumų – nepavyksta atgaminti labai sodrių spalvų ir reikia naudoti neigiamas spalvos koordinatas. Todėl RGB sistema buvo patobulinta ir buvo sukurta XYZ kolorimetrinė sistema. Jos pagrindą sudaro nerealios, virtualios spalvos, pažymėtos matematiniais simboliais. Jos yra artimos RGB spalvoms, bet yra sodresnės. XYZ spalvos yra susietos su RGB spalvomis matematiškai.

RGB ir XYZ spalvų kolorimetrinės erdvės yra trimatės ir, atvaizduotos plokštumoje, nepatogios suvokti. XYZ sistema suteikia galimybę atvaizduoti spalvas plokštumoje, tiesa netenkant informacijos apie spalvos šviesį.

Slenkstinių elipsių dydis, jų ašių santykis ir kryptis priklauso nuo pradinio taško padėties grafike (22 pav.). Tai rodo, kad vienodas atstumas tarp dviejų taškų xy grafike nereiškia vienodo spalvų skirtumo, ir spalvinių koordinatžių skirtumas XYZ sistemoje beveik negali būti naudojamos spalvų skirtumui išreikšti, nes spalvų skirtumai priklauso nuo taškų padėties. Iš to išeina, kad XYZ erdvė ir xy grafikas nėra vienodo spalvinio kontrasto erdvė. Reikėtų tuos grafikus, nepažeidžiant sistemos metrologinių savybių, deformuoti taip, kad visos slenkstinės elipsės virstų vienodo dydžio apskritimais. Tai galima padaryti taikant afininės geometrijos būdus. Nors išspręsti šio uždavinio idealiai neįmanoma, CIE priėmė dvi kolorimetrines maždaug vienodo spalvų kontrasto sistemas – CIE $L^*a^*b^*$ ir CIE $L^*u^*v^*$ (Sidaravičius 2012a: 15–24)



22 pav. Spalvų skyrimo slenkstinių dydžių elipsės spalvų diagramoje (elipsės padidintos 10 kartų)

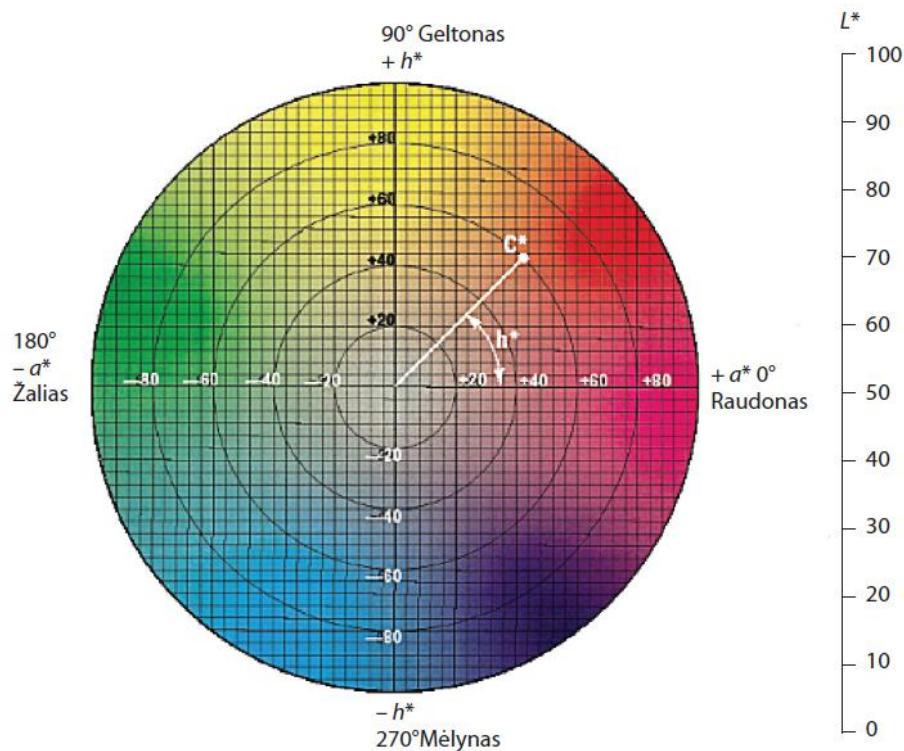
CIE $L^*a^*b^*$ kolorimetrinė sistema tinkamesnė spalvas reprodukuojant skirtuminiu metodu (poligrafija, spalvotoji fotografija), o CIE $L^*u^*v^*$ – sudėtinis (televizija). CIE $L^*a^*b^*$ sistemoje XYZ koordinatės pakeistos kitomis, išvestinėmis $L^*a^*b^*$ koordinatėmis, kurios skaičiuojamos iš XYZ koordinatžių:

$$\begin{aligned} L^* &= 116 (X/X_b - 116) , \\ a^* &= 500 [(X/X_b)^{1/3} - (Y/Y_b)^{1/3}] , \\ b^* &= 200 [(Y/Y_b)^{1/3} - (Z/Z_b)^{1/3}] , \end{aligned}$$

čia: X_b, Y_b, Z_b – baltos spalvos etalono koordinatės.

CIE $L^*a^*b^*$ erdvė yra trimatė, apytiksliai rutulio formos, kurio paviršiuje yra visos sodrios spalvos. Šio rutulio pusiaujo plokštumoje (23 pav.) yra dvi ašys – a^* (raudona – žalia) ir b^* (geltona – mėlyna). Rutulio ašyje žymimas spalvos šviesis L^* . Viršuje („šiaurės ašigalis“) bus 100 % šviesis, arba visiškai balta spalva, apačioje – 0 %, arba visiškai juoda spalva. Kadangi erdvė yra vienodo spalvinio kontrasto, tai spalvų skirtumą galima nustatyti neatsižvelgiant į tai, kurioje erdvės dalyje jos yra. Skaičiuojamas atstumas tarp spalvų šioje erdvėje, kuris ir yra spalvų skirtumo matas:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$



23 pav. CIE $L^*a^*b^*$ sistemos spalvų erdvės pjūvis per rutulio pusiaują. Šalia skritulio – šviesio ašis. Grafike pažymėta spalva C, kurios koordinatės: $L^* =$

$$75,3; a^* = 41; b^* = 41; C = 60; h = 43,4^\circ$$

1.6. Plokščiosios ofsetinės spaudos ypatumai

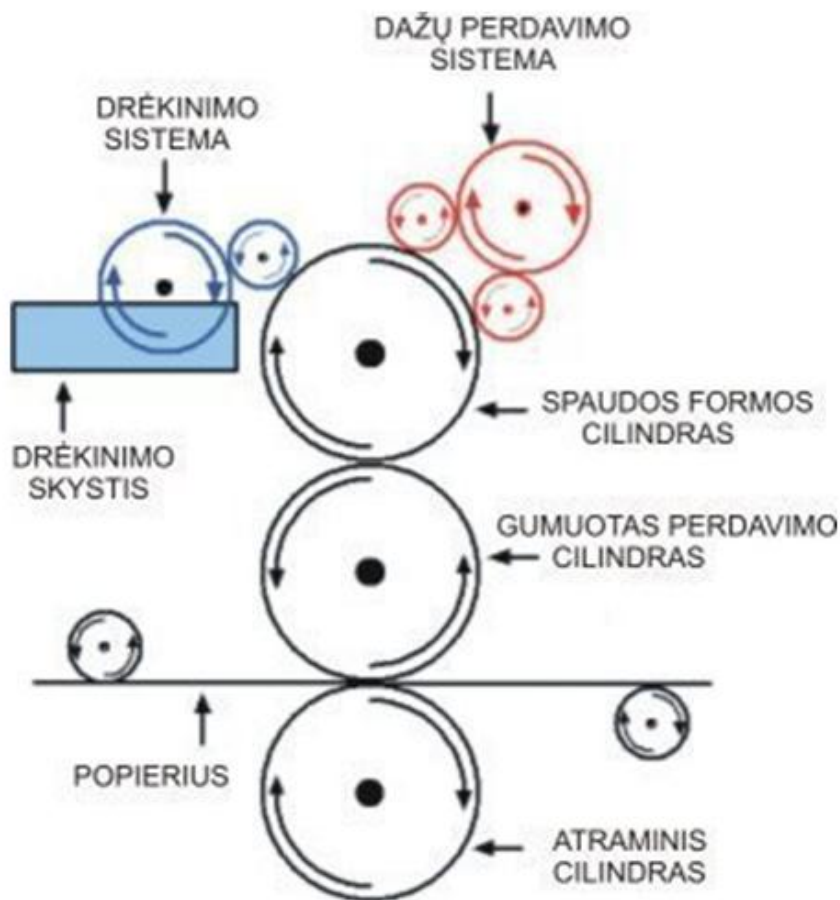
Ofsetinė spauda (litografija) – šiuo metu viena iš populiariausių poligrafijos pramonėje naudojamų technologijų. Ofsetinėje spaudoje spaudos formą sudarantys spausdinamieji ir tarpiniai

elementai yra vienoje plokštumoje, todėl ji dar vadinama plokščiaspaude. Spausdinamieji elementai yra hidrofobiški (nepriima vandens), tačiau oliofiliniai (priima aliejų). Tarpiniai elementai atvirkščiai – hidrofiliniai.

Spaudos proceso metu prie spaudinimo cilindro pritaisyta spaudos forma praeina pro drėkinimo sekciją kur nespausdinančios vietos (24 pav.) t.y. tarpiniai elementai absorbuoja specialų vandens tirpalą. Tuomet spausdinimo cilindras praeina pro dažymo sekciją kur spausdinamieji elementai pasidengia tolygiu dažų sluoksniu. Spausdinimo metu labai svarbu reguliuoti dažų ir drėkinimo skysčio balansą. Esant drėkinimo skysčio trūkumui tarpiniai elementai gali teptis dažais, o esant pertekliui - atvirkščiai, ko pasekoje nukenčia atspaudo kokybė.

Dažai, nuo spaudos formos ant spausdinamosios medžiagos (popieriaus) patenka netiesiogiai, bet yra pernešami (offset) tarpinio gumuoto cilindro pagalba. Tai suteikia bent keletą privalumų:

1. Spaudos forma gali atlaikyti didesnę atspaudų skaičių, kadangi kontaktuodama su minkštesniu paviršiumi mažiau dėvisi.
2. Gumuotas tarpinio cilindro paviršius kompensuoja mikro ir makro nelygumus esančius spausdinamos medžiagos paviršiuje.



24 pav. Ofsetinės spaudos schema

2. EKSPERIMENTINĖ DALIS

Šio tiriamojo darbo popieriaus paviršiaus ir mechaninių savybių kaitos spausdinant ofsetiniais dažais tyrimo eksperimentinė dalis buvo pradėta nuo bandinių paruošimo tolesniems eksperimentams. Bandymai buvo atlikti su šešiais skirtingais popieriais. Iš pradžių visi popieriai buvo sukarpyti atitinkamu kiekiu, reikalingu kiekvienam matavimui atlikti.

Eksperimentui naudotos tokios popieriaus rūšys:

„Maxi offset“ nekreidinis, „Galerie art silk“ kreidinis ir „4CC“ nekreidinis popieriai su skirtingomis gramatūromis.

Vieno balto popieriaus matavimams reikalingi bandinių kiekiai:

- 2 išilginės krypties 15×200 mm statmenų krypčių juostelės – liejimo krypčiai nustatyti;
- 10 bandinių 100×100 mm dydžio – popieriaus gramatūros nustatymui, tie patys bandiniai naudoti popieriaus storio matavimams;
- 10 išilginės krypties 10×100 mm pločio juostelių – atsparumo lankstymui išilgine kryptimi matavimams;
- 10 skersinės krypties 10×100 mm pločio juostelių – atsparumo lankstymui skersine kryptimi matavimams;
- 10 išilginės krypties 180×15 mm pločio juostelių – trūkio jėgos matavimams išilgine kryptimi;
- 10 skersinės krypties 180×15 mm pločio juostelių – trūkio jėgos matavimams skersine kryptimi;
- 10 100×100 mm pločio bandinių – šiurkštumo matavimams;
- 5 70×210 mm pločio bandinių – trinties matavimams.

Šešioms popieriams, kurie buvo dengiami keturiais skirtingais dažų storiais, reikalingi bandinių kiekiai:

Iš pradžių visi bandiniai buvo padengti 4 skirtingais dažų sluoksnių storiais (žr. 5 priedas). Popieriaus padengimas dažais buvo atliktas įrenginiu „IGT Reprotest“ UAB „Spaudos dažai“. Šis aparatas atlieka 3,3 mm pločio ir 220 mm ilgio atspaudus. Buvo paruošta 350 išilginės krypties 40×297 mm pločio juostelių ir 350 skersinės krypties 40×210 mm pločio juostelių.

Vienam popieriui, padengtam vienu dažų sluoksniu, reikalingi bandinių kiekiai:

- 10 išilginės krypties 10×100 mm pločio juostelių – atsparumo lankstymui išilgine kryptimi matavimams;

- 10 skersinės krypties 10×100 mm pločio juostelių – atsparumo lankstymui skersine kryptimi matavimams;
- 10 išilginės krypties 180×15 mm pločio juostelių – trūkio jėgos matavimams išilgine kryptimi;
- 10 skersinės krypties 180×15 mm pločio juostelių trūkio jėgos matavimams skersine kryptimi;
- 10 40×210 mm arba 40×297 mm pločio bandinių – šiurkštumo matavimams;
- 10 40×210 mm arba 40×297 mm pločio bandinių – spalvos matavimams
- 11 33×210 mm pločio bandinių – trinties matavimams.

Turint paruoštus visus bandinius iš pat pradžių buvo nustatyta popieriaus liejimo kryptis, kadangi mechaninės savybės skiriasi atitinkamai tai išilginė ar skersinė kryptis. Turint popieriaus liejimo kryptį, buvo matuojama popieriaus gramatūra. Tai reikalinga, kadangi gali būti abu kreidiniai popieriai, tačiau esant skirtingai popieriaus gramatūrai, labai skiriasi popieriaus atsparumas mechaninėms savybėms. Kitas svarbus parametras – tai popieriaus storis buvo surastas matuojant stormatį (3 pav.).

Suradus skirtingų popierių struktūrines savybes kitas žingsnis – popieriaus mechanės savybės. Popieriaus atsparumas lankstymui (žr. 2 priedas) buvo surastas naudojant falcerį (11 pav.), o savybės tempiant (žr. 3 priedas) – tempimo mašina (12 pav.).

Pagrindinis šio tiriamojo darbo tikslas – ištirti popieriaus savybių kaitą, kai jie yra padengti skirtingais ofsetinių dažų sluoksniais, tat visi reikiamo kiekio popieriai buvo dažomi „IGT Reprotest“ įrenginiu (25 pav.) UAB „Spaudos dažai“.



25 pav. „IGT Reprotest“

Atlikus popieriaus struktūrinių bei mechaninių savybių eksperimentus, kitas žingsnis – popieriaus optinių savybių paieška (žr. 6 priedas). Popieriaus spalva ir optinės savybės buvo tirtos spektrodensitometru „Techkon SpectroDens“ (8 pav.).

Labai svarbus žingsnis, prieš pradedant matuoti trintį tarp skirtingų popierių paviršių, tai surasti popieriaus šiurkštumą (žr. 1 priedas). Popieriaus šiurkštumas atliktas naudojant „Parker Print-Surface“ (PPS) popieriaus šiurkštumo matavimo galvutę (15 pav.). Trinties tyrimai buvo atlikti „Thwining – Albert“ FPDAS 1.0.0.1 įrenginiu (16 pav.), galinčiu matuoti ne tik statinės bei kinetinės trinties koeficiento reikšmes (žr. 4 priedas), bet taip pat ir paviršių adhezinius procesus.

Atlikus visus eksperimentus su skirtingais popieriais, padengtais skirtingais dažų sluoksnių storiais, bei popieriais, nepadengtais dažais visi duomenys buvo suvesti į kompiuterį ir apdoroti naudojant programą „Origin Pro“. Dažų sluoksnių storio vertės vidurkiai:

- 1–0,91 μm ;
- 2–1,86 μm ;
- 3–2,56 μm ;
- 4–3,47 μm .

3. REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

3.1. Popieriaus storio matavimai

Tirtų popierių storio matavimų rezultatai pateikiami 2 lentelėje.

Iš rezultatų matyti, kad popierių „4CC“ storiai lyginant su gramatūra vienodi, „Galerie art silk“ mažesni, o „Maxi offset“ didesni.

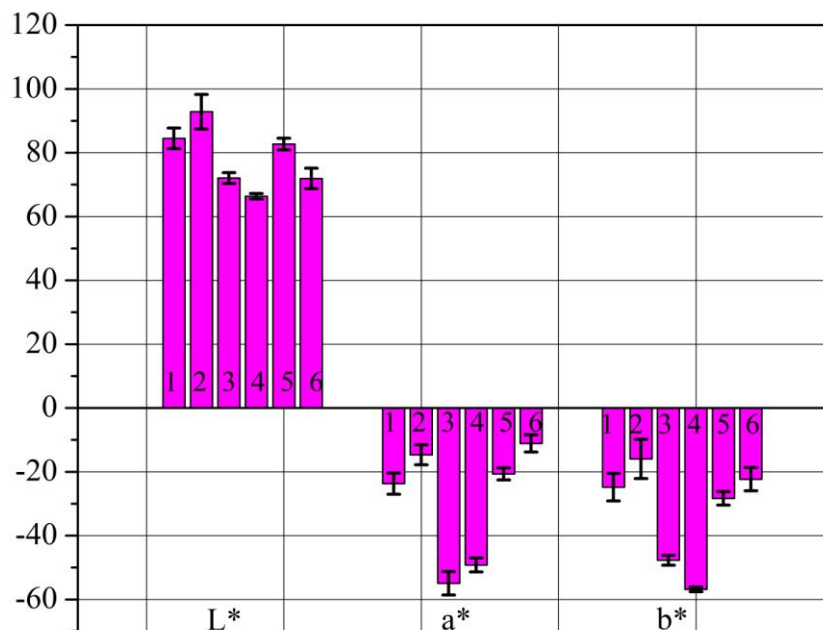
2 lentelė. Popierių storiai

Popieriaus pavadinimas	Popieriaus rūšis	Popieriaus gramatūra, g/m ²	Popieriaus storis, μm	Popieriaus šiurkštumas PPS, μm
„Maxi offset“	Nekreidinis	80	100	5,83
		150	180	5,17
„Galerie art silk“	Kreidinis	150	130	1,16
		300	190	1,43
„4CC“	Nekreidinis	100	100	3,09
		200	200	3,11

3.2. Atspaudų spalvos tyrimas

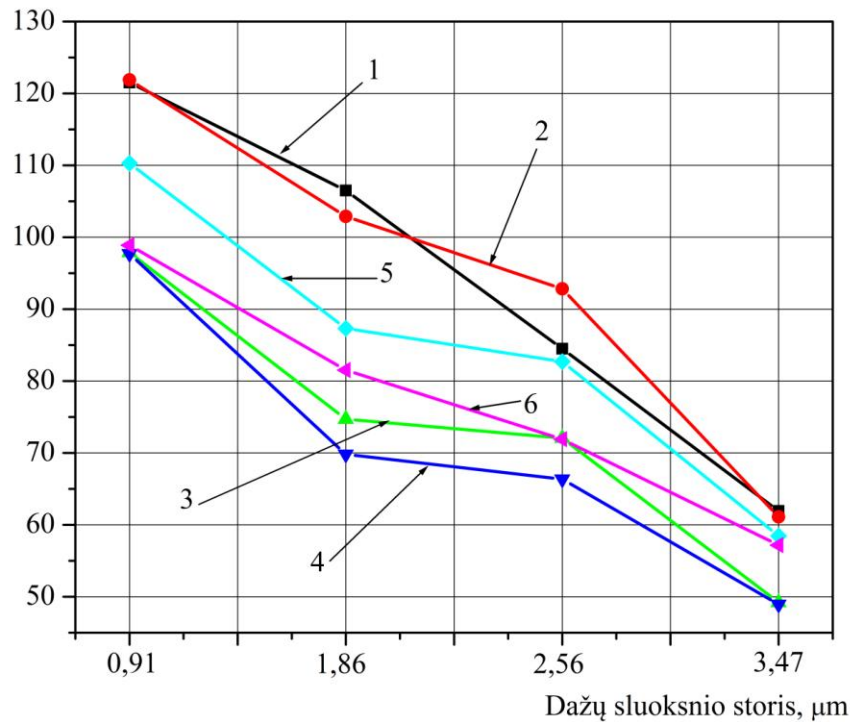
Popierių, dengtų ofsetiniais žydrais dažais „Oxy – Tempo elite“ Process Cyan 60-116165-6.1200, spalvinės charakteristikos pateiktos 26–29 pav.

Spalvinės CIE $L^*a^*b^*$ visų tirtų popierių charakteristikos esant vienam dažų sluoksniui, kuris yra 2,56 μm, pateiktos 26 pav.. Popierių spalvos šviesis L^* skiriasi labai žymiai – nuo 66,35 iki 92,83. Perskaičiavus į spalvų ΔE skirtumą toks šviesio skirtumo indėlis yra labai didelis – 26. Šis skirtumas yra nulemtas popieriaus optinių savybių. Šviesio verčių nuokrypiai (t. y. to paties popieriaus skirtingų bandinių šviesio verčių sklaida) beveik visiems popieriams yra labai nedideli, tai rodo, kad popieriai yra aukštos kokybės. Tačiau nekreidinių popierių „Maxi offset“ 80 g/m² ir „Maxi offset“ 150 g/m² šviesių verčių sklaida yra didelė palyginti su kitų popierių. Esant tokiam reiškiniui šiuos du popierius galima priskirti prie žemos kokybės.



26 pav. Ofsetinių atspaudų, dengtų 2,56 μm storio dažų sluoksniu, spalvų CIE $L^* a^* b^*$ koordinatų ir nuokrypų vertės: 1 – „Maxi offset“ 80 g/m², 2 – „Maxi offset“ 150 g/m², 3 – „Galerie art silk“ 150 g/m², 4 – „Galerie art silk“ 300 g/m², 5 – „4CC“ 100 g/m², 6 – „4CC“ 200 g/m²

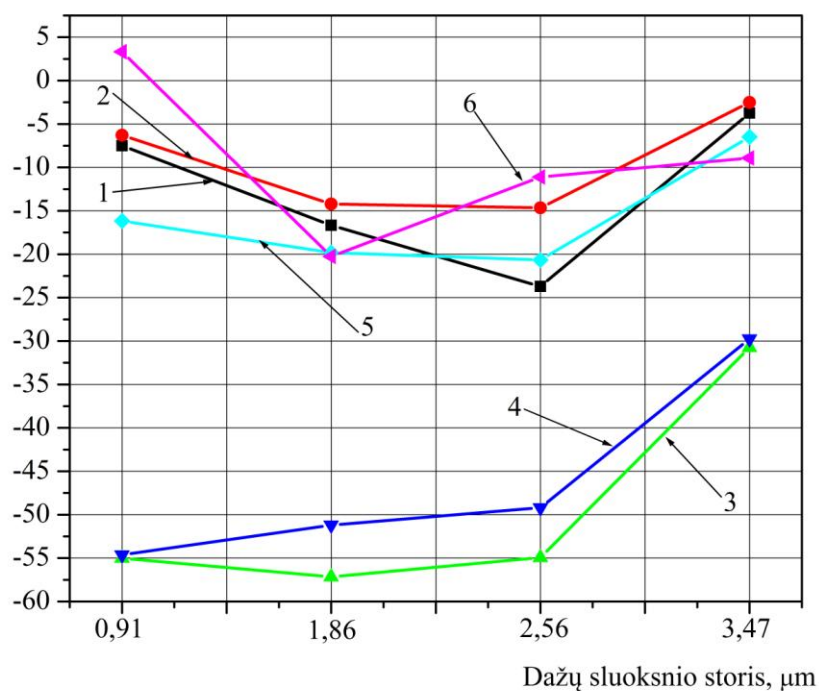
Analizuojant atskirai atspaudų šviesį L^* esant keturiems dažų sluoksnio storiams (27 pav.) akivaizdu, kad šviesis esant didesniai dažų sluoksnio storii yra daug mažesnis – sumažėja apie du kartus. Tai yra todėl, kad storesnis dažų sluoksnis sugeria daugiau spinduliuotės.



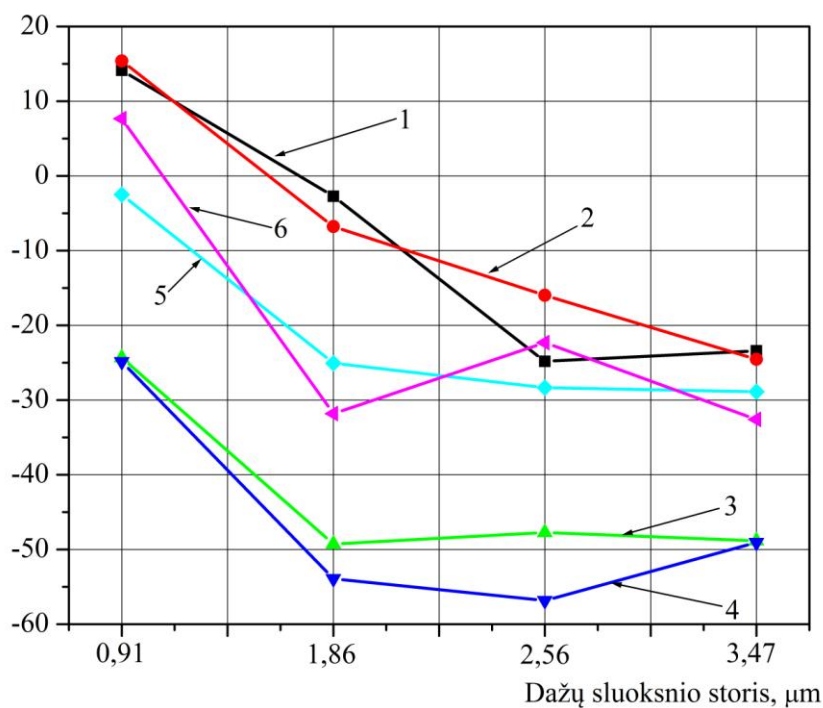
27 pav. Ofsetinių atspaudų L^* spalvinės koordinatės esant skirtingam dažų sluoksnio storiui: 1 – „Maxi offset“ 80 g/m², 2 – „Maxi offset“ 150 g/m², 3 – „Galerie art silk“ 150 g/m², 4 – „Galerie art silk“ 300 g/m², 5 – „4CC“ 100 g/m², 6 – „4CC“ 200 g/m²

Spalvinės koordinatės a^* kaitoje išvelgiamos tendencijos didėti didėjant dažų sluoksnio storiui, tačiau priklausomybės eiga priklauso nuo popieriaus rūšies. Abiejų gamatūrų kreidiniams popieriams „Galerie art silk“ pastebėtas ryškus poslinkis į raudonąją pusę – a^* vertė pastebimai didėja. Nekreidinių popierių a^* koordinatės kaitos tendencija neaiški, nors galima išvelgti šios koordinatės vertės mažėjimą, t.y. spalvos poslinkį į geltonąją pusę.

Stebėti $CIE L^* a^* b^*$ spalvinių koordinačių pokyčiai sietini ne tik su popierių spalva, bet ir su dažų spalvinių charakteristikų priklausomybe nuo dažų sluoksnio storio.



28 pav. Ofsetinių atspaudų a^* spalvinės koordinatės esant skirtingam dažų sluoksnio storiui: 1 – „Maxi offset“ 80 g/m², 2 – „Maxi offset“ 150 g/m², 3 – „Galerie art silk“ 150 g/m², 4 – „Galerie art silk“ 300 g/m², 5 – „4CC“ 100 g/m², 6 – „4CC“ 200 g/m²



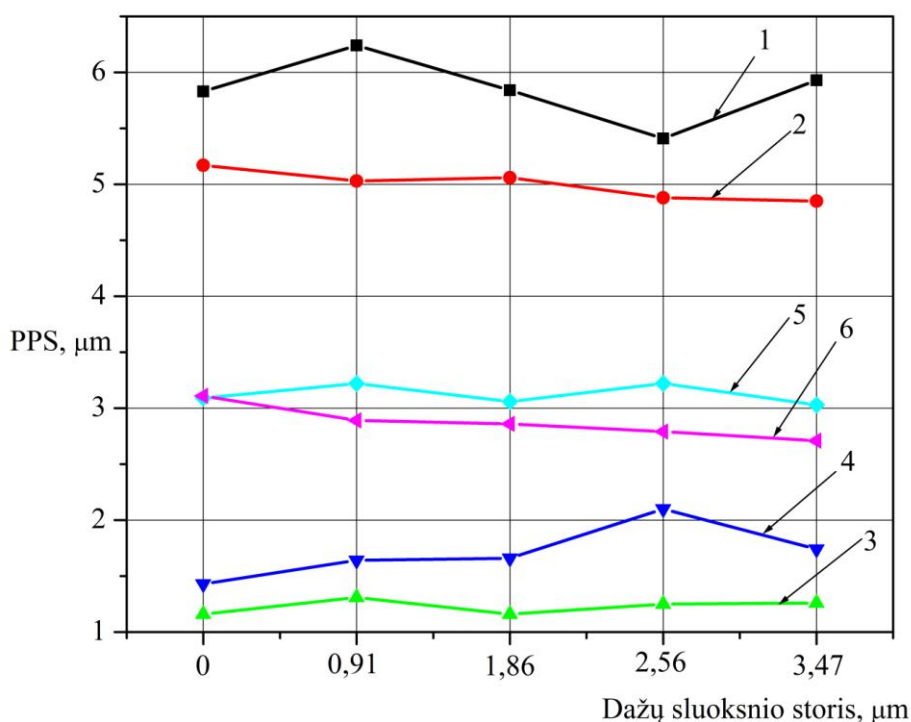
29 pav. Ofsetinių atspaudų b^* spalvinės koordinatės esant skirtingam dažų sluoksnio storiui: 1 – „Maxi offset“ 80 g/m², 2 – „Maxi offset“ 150 g/m², 3 – „Galerie art silk“ 150 g/m², 4 – „Galerie art silk“ 300 g/m², 5 – „4CC“ 100 g/m², 6 – „4CC“ 200 g/m²

Kalbant apie spalvinės koordinatės b^* reikšmių kaita, lyginant su a^* koordinatės kaita, akivaizdus reikšmių mažėjimas. Esant skirtingam dažų sluoksnio storiui koordinatė b^* kai kuriems popieriams pakeitė ženklą, tai reiškia, kad spalva pasikeitė akivaizdžiai.

3.3. Popierių ir atspaudų šiurkštumo tyrimas

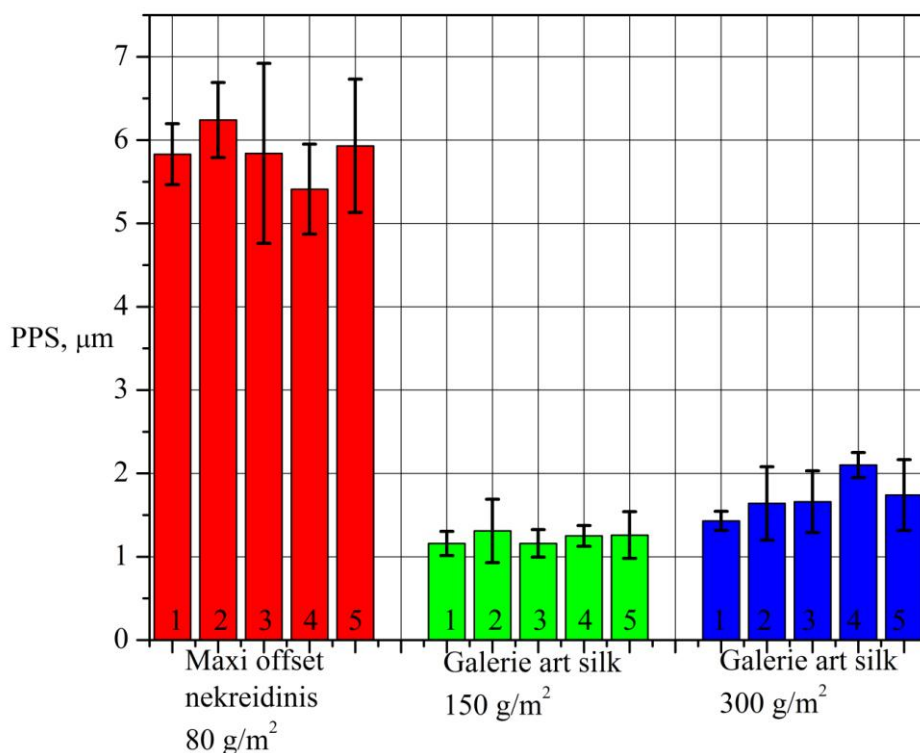
Popieriaus ir ofsetinių atspaudų su keturiais skirtingais dažų sluoksnio storiais PPS šiurkštumo matavimo rezultatai pateikiami 30–32 pav. Pateikiami popieriaus gerosios pusės šiurkštumo rezultatai.

Didžiausias šiurkštumas iš tirtų šešių popierių yra „Maxi offset“ nekreidinis 80 g/m² popieriaus, o mažiausias - „Galerie art silk“ kreidinis 150 g/m². Iš gautų rezultatų matyti, kad kreidinio popieriaus PPS šiurkštumas yra mažiausias lyginant su nekreidiniais popieriais. Reikia atkreipti dėmesį į popierius „4CC“, kurie yra nekreidiniai, tačiau jų PPS šiurkštumas yra maždaug du kartus mažesnis už kitų tirtų nekreidinių popierių PPS šiurkštumą. Tai rodo gerą šių popierių kokybę. Taip pat reikia pažymėti, kad tos pačios rūšies, tik skirtingų gramatūrų popieriai pagal PPS šiurkštumą yra praktiškai vienodi.

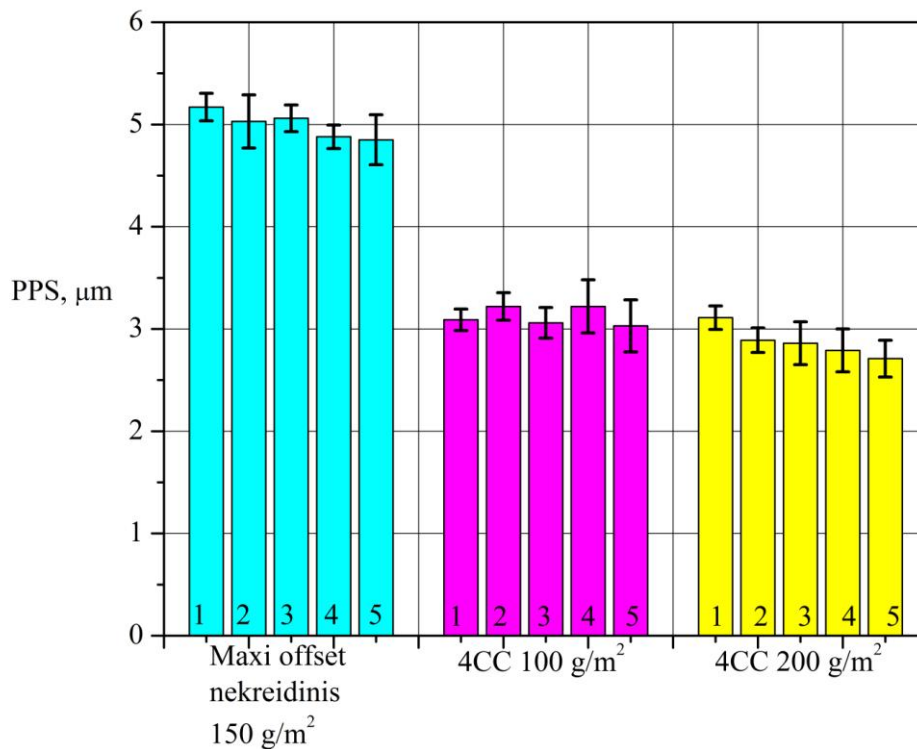


30 pav. Balto popieriaus bei ofsetinių atspaudų šiurkštumas. Popieriai: 1 – „Maxi offset“ 80 g/m², 2 – „Maxi offset“ 150 g/m², 3 – „Galerie art silk“ 150 g/m², 4 – „Galerie art silk“ 300 g/m², 5 – „4CC“ 100 g/m², 6 – „4CC“ 200 g/m²

Dengiant popierius ofsetiniais dažais (tai yra jau atspaudas) jų PPS šiurkštumas keičiasi. Tie pokyčiai nėra dideli, tačiau nepaisant duomenų sklaidos galima atsekti tam tikrus dėsningumus. Kaip matyti (30 pav.) kai kurių popierių didėjant dažų sluoksnio storiui PPS šiurkštumas didėja, o kitų mažėja. Analizė rodo, kad kreidinių popierių „Galerie art silk“ 150 g/m², „Galerie art silk“ 300 g/m², PPS šiurkštumas didėja didėjant dažų sluoksnio storiui. Tai stebima net esant labai plonam dažų sluoksnio storiui 0,91 μm. Tai reiškia, kad išdžiūvęs dažų sluoksnis yra pastebimai nelygesnis už kreidinį popierių. Nekreidiniai popieriai „Maxi offset“ ir „4CC“ elgiasi priešingai – dažų sluoksnis mažina PPS šiurkštumą net ir gana lygių „4CC“ popierių. Tai reiškia, kad dažų sluoksnio nelygumai yra pastebimai mažesni už popieriaus nelygumus. Netiesiogiai tai patvirtina tai, kad dažai kreidinio popieriaus PPS šiurkštumą padidina ne daugiau kaip 0,5–1 μm, o lygiausio nekreidinio popieriaus „4CC“ PPS šiurkštumas yra daugiau 3 μm.



31 pav. Balto popieriaus bei ofsetinių atspaudų šiurkštumas su nuokrypiais. Dažų sluoksnio storiai: 1–0 μm, 2–0,91 μm, 3–1,86 μm, 4–2,56 μm, 5–3,47 μm



32 pav. Balto popieriaus bei ofsetinių atspaudų šiurkštumas su nuokrypiais. Dažų sluoksnio storiai: 1–0 μm , 2–0,91 μm , 3–1,86 μm , 4–2,56 μm , 5–3,47 μm

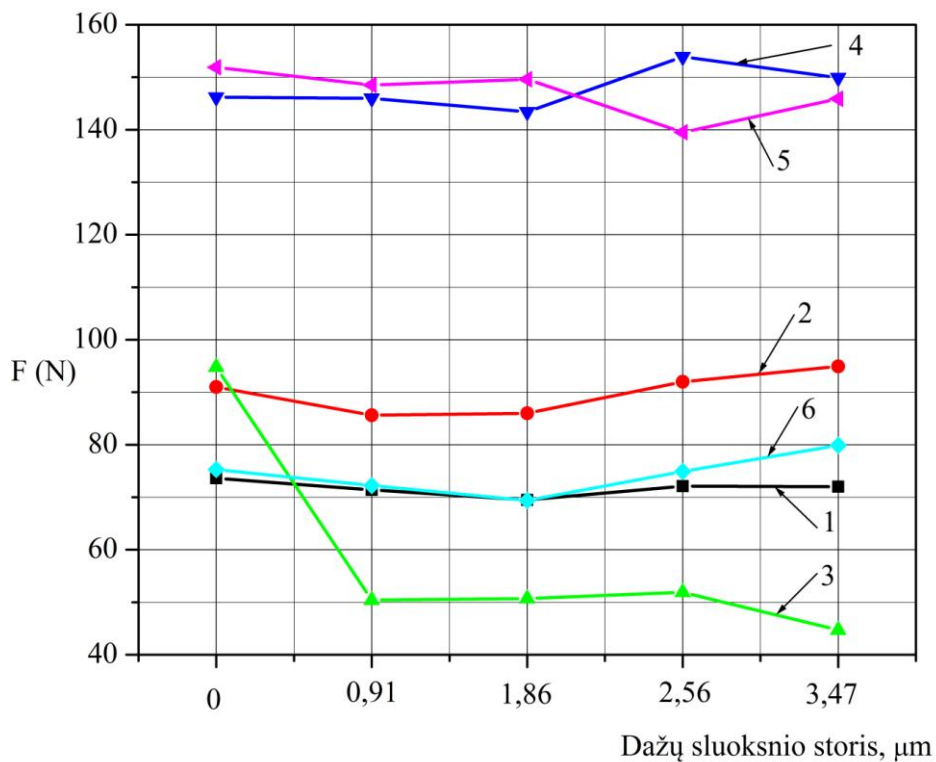
„Maxi offset“ nekreidinio 80 g/m^2 popieriaus šiurkštumo nuokrypiai visiems storiams dideli, tačiau matosi tendencija, kad šiurkštumo reikšmės turi tendenciją mažėti didėjant dažų storiui. Didžiausia šiurkštumo rezultatų nuokrypiai gavosi „Galerie art silk“ 150 g/m^2 , „Galerie art silk“ 150 g/m^2 ir „Maxi offset“ 80 g/m^2 popieriams, o mažiausi „Maxi offset“ 150 g/m^2 , „4CC“ 100 g/m^2 ir „4CC“ 100 g/m^2 popieriams.

3.4. Trūkio jėgos tyrimas

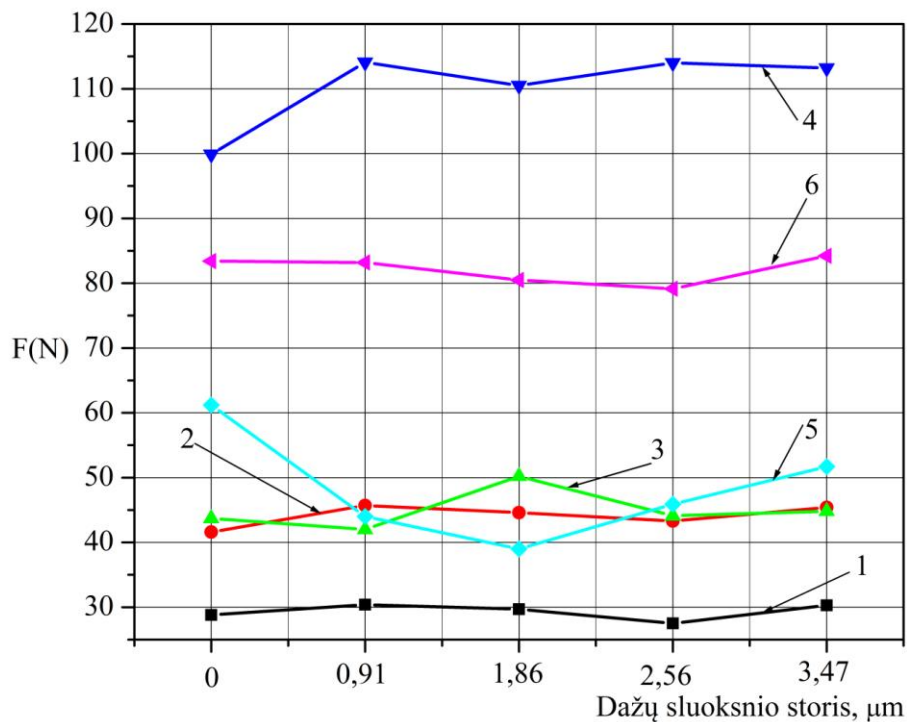
Popieriaus ir ofsetinių atspaudų su keturiais skirtingais dažų sluoksnio storiais trūkio jėgos išilgine ir skersine kryptimis matavimo rezultatai pateikiami 33–34 pav.

Analizuojant atsparumo tempimui rezultatus pastebėta, kad kai kurių popierių „4CC“ 200 g/m^2 , „Galerie art silk“ 150 g/m^2 trūkio jėga išilgine (mašinine) ir skersine kryptimi skiriasi nedaug (33 ir 34 pav.), kas rodo, kad šių popierių gamybos technologija neleidžia celiuliozės plaušeliams judėti išilgai liejimo kryptimi. Kitiems popieriams charakteringas dideli anizotropiškumas – trūkio jėga skiriasi 1,5–2 kartus. Atkreipia dėmesį ir tai, kad tos pačios rūšies bet skirtingų gramatūrų popieriai pagal šį rodiklį skiriasi ženkliai: popierius „4CC“ 200 g/m^2 praktiškai izotropiškas, o popieriaus „4CC“ 100 g/m^2 atsparumas tempimui išilgine kryptimi yra dvigubai didesnis.

Analizuojant ofsetinių dažų sluoksnio įtaką atspaudų atsparumui galima teigti, kad dažų sluoksnis mažai keičia atsparumą tempimui, nors galima stebėti nedidelį atsparumo didėjimą. Ši tendencija kiek ryškesnė tiriant atsparumą tempimui skersine kryptimi (34 pav., kreivės 2 ir 4).

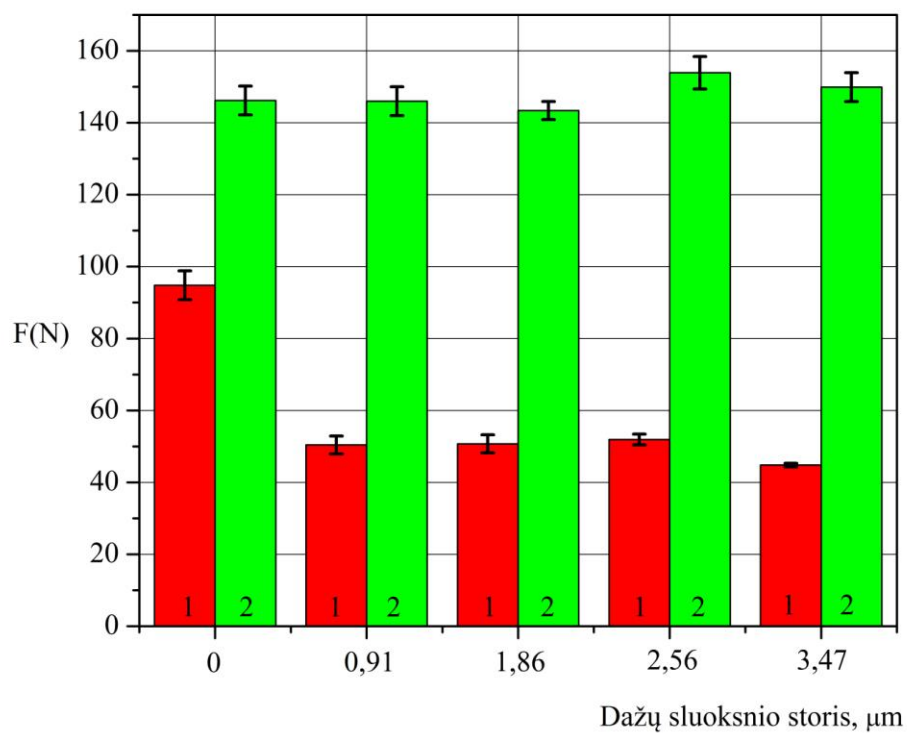


33 pav. Balto popieriaus bei ofsetinių atspaudų trūkio jėga išilgine kryptimi. Popieriai: 1 – „Maxi offset“ 80 g/m², 2 – „Maxi offset“ 150 g/m², 3 – „Galerie art silk“ 150 g/m², 4 – „Galerie art silk“ 300 g/m², 5 – „4CC“ 100 g/m², 6 – „4CC“ 200 g/m²

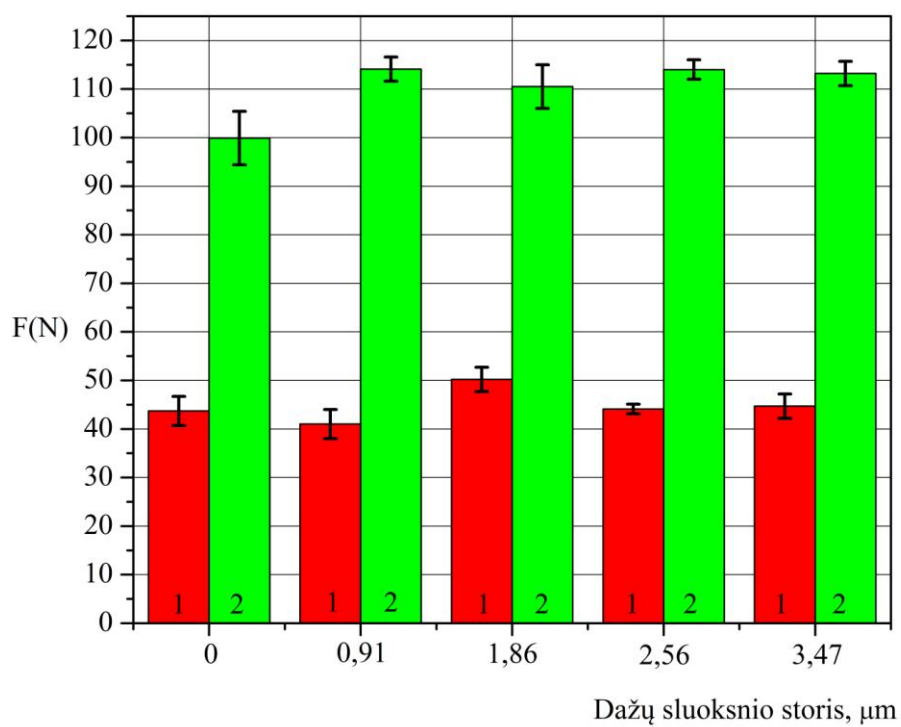


34 pav. Balto popieriaus bei ofsetinių atspaudų trūkio jėga skersine kryptimi. Popieriai: 1 – „Maxi offset“ 80 g/m², 2 – „Maxi offset“ 150 g/m², 3 – „Galerie art silk“ 150 g/m², 4 – „Galerie art silk“ 300 g/m², 5 – „4CC“ 100 g/m², 6 – „4CC“ 200 g/m²

Atkreipia dėmesį kreidinis popierius „Galerie art silk“ 150 g/m² popieriaus: nepadengto dažais trūkio jėga išilgine kryptimi dvigubai didesnė nei popieriaus padengto dažais ir mažėja didėjant dažų sluoksnio storiui. Popierių „Galerie art silk“ 150 g/m² ir „Galerie art silk“ 300 g/m² ir jų ofsetinių atspaudų su keturiais skirtingais dažų sluoksnio storiais trūkio jėgos išilgine ir skersine kryptimis matavimo rezultatai su nuokrypiais pateikiami 35–36 pav.. Šis efektas nepastebėtas tiriant šio popieriaus atsparumą tempimui skersine kryptimi. Be to, reikia pažymėti, kad atspaudų, t.y. popieriaus su dažų sluoksniu, atsparumas tempimui praktiškai toks pat abiem kryptimi. Taip pat šis efektas nenustatytas ir tos pačios rūšies tik didesnės gramatūros popieriui „Galerie art silk“ 300 g/m². Taip pat rastas skirtumas tarp popierių „Galerie art silk“ 150 g/m² ir „Galerie art silk“ 300 g/m² tiriant ofsetinių dažų sluoksnio įtaką atspaudų atsparumui tempiant. Jei „Galerie art silk“ 300 g/m² atsparumas tempiant skersine kryptimi didėja didėjant dažų sluoksnio storiui, tai „Galerie art silk“ 150 g/m² praktiškai nesikeičia. Stebėti popieriuose „Galerie art silk“ efektai gali būti siejami su šių popierių gamybos technologijos ypatybėmis. Jos yra nežinomos, bet popierių parametų skirtumai duoda pagrindą sieti stebėtus efektus su gamybos technologijos ypatumais.



35 pav. Balto popieriaus bei ofsetinių atspaudų trūkio jėga išilgine kryptimi. Popieriai: 1 – „Galerie art silk“ 150 g/m², 2 – „Galerie art silk“ 300 g/m²



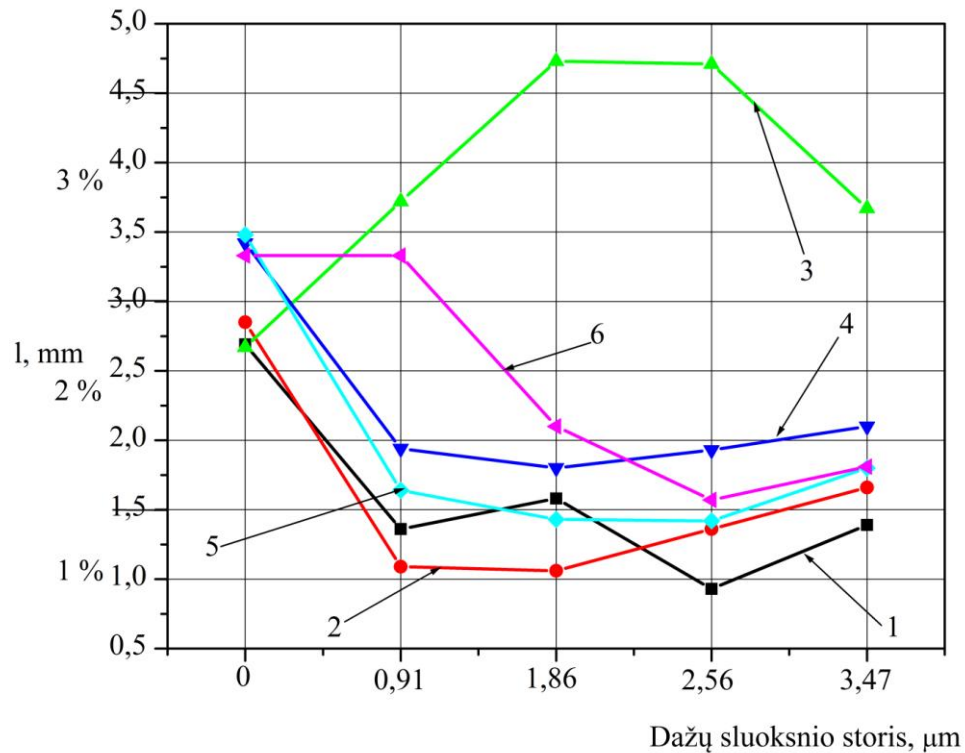
36 pav. Balto popieriaus bei ofsetinių atspaudų trūkio jėga skersine kryptimi. Popieriai: 1 – „Galerie art silk“ 150 g/m², 2 – „Galerie art silk“ 300 g/m²

Apibendrinant visus gautus atsparumo tempimui rezultatus galima teigti, kad daugumos popierių tiek išilginės, tiek skersinės krypties atsparumas tempimui didėja didėjant dažų sluoksnio storiui, tačiau tas didėjimas yra nedidelis. Tai būtų galima paaiškinti tuo, kad ofsetiniai dažai yra aliejiniai. Aliejiniai dažai nekeičia popieriaus savybių, nes gali įsigerti tik į popieriaus poras ir kapiliarus ir nekeičia celiuliozės plaušelių sąveikos. Ši sąveika daugiausia ir lemia atsparumą tempimui. Be to, dėl nedidelio dažų sluoksnio storio lyginant su popieriaus storiu, jie gali labai nežymiai pakeisti atsparumą tempimui.

3.5. Pailgėjimo išilgine ir skersine kryptimis tyrimas

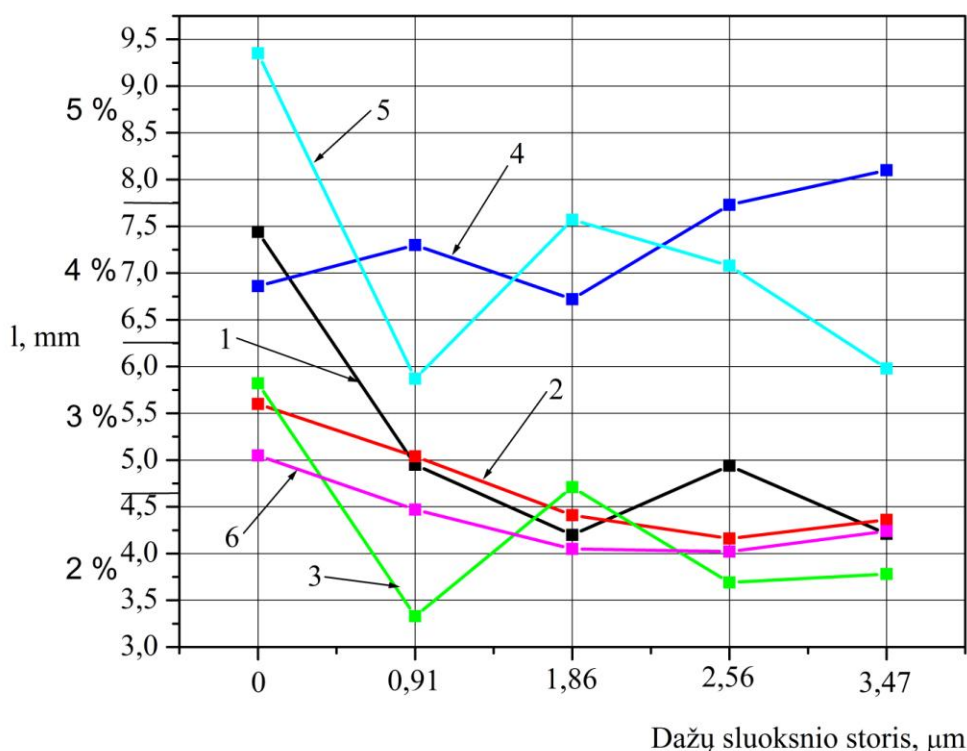
Eksperimentų metu buvo išmatuota ne tik trūkio jėga, bet ir pailgėjimas tempiant. Tai svarbu spausdinant mašinose. Tuomet, kai susidaro dideli įtempiai, nutrūksta kai kuri popieriaus plaušų sąveika, dėl to atsiranda liekamosios deformacijos. Ši deformacija pasireiškia popieriaus pailgėjimu. Popieriaus pailgėjimas iki nutrūkstant – labai svarbus, nes jis tam tikru laipsniu nusako popieriaus elastingumą, jo atsparumą trūkimui tuomet, kai rotacinėse mašinose atsiranda dideli momentiniai popieriaus juostos įtempiai dėl atsitiktinių mašinos smūgių ar vibracijų. Jeigu tas pailgėjimas yra skirtingas pradedant spausdinti pirmąją spalvą ir spausdinant kitas spalvas, tai sukelia spalvų sutapdinimo problemų.

Popieriaus ir ofsetinių atspaudų su keturiais skirtingais dažų sluoksnio storiais pailgėjimo išilgine ir skersine kryptimis matavimo rezultatai pateikiami 37–38 pav.



37 pav. Ofsetinių atspaudų bei balto popieriaus pailgėjimas tempiant išilgine kryptimi. Popieriai: 1 – „Maxi offset“ 80 g/m², 2 – „Maxi offset“ 150 g/m², 3 – „Galerie art silk“ 150 g/m², 4 – „Galerie art silk“ 300 g/m², 5 – „4CC“ 100 g/m², 6 – „4CC“ 200 g/m²

Ofsetinių atspaudų lyginant su balto popieriaus pailgėjimu išilgine kryptimi (37 pav.) yra akivaizdžiai mažesnis. Net esant labai plonam dažų sluoksniui (0,91 μm) pailgėjimas sumažėja du ir daugiau kartų. Didėjant dažų sluoksnio storiui stebimas nedidelis pailgėjimo didėjimas, tačiau dėl duomenų sklaidos šis faktas reikalauja detalesnio tyrimo.



38 pav. Ofsetinių atspaudų bei balto popieriaus pailgėjimas tempiant skersine kryptimi. Popieriai: 1 – „Maxi offset“ 80 g/m², 2 – „Maxi offset“ 150 g/m², 3 – „Galerie art silk“ 150 g/m², 4 – „Galerie art silk“ 300 g/m², 5 – „4CC“ 100 g/m², 6 – „4CC“ 200 g/m²

Popierių ir atspaudų pailgėjimas tempiant skersine kryptimi pateiktas 38 pav. Šiuo atveju pailgėjimas yra didesnis lyginant su pailgėjimu išilgine kryptimi, tačiau ir duomenų sklaida yra didesnė. Nepaisant to galima matyti tą pačią tendenciją, t. y. pailgėjimas mažėja didėjant dažų sluoksnio storiui. Išimtis yra popierius „Galerie art silk“ 300 g/m², kurio pailgėjimas šiek tiek didėja, tačiau įskaitant duomenų sklaidą reikėtų laikyti, kad nesikeičia.

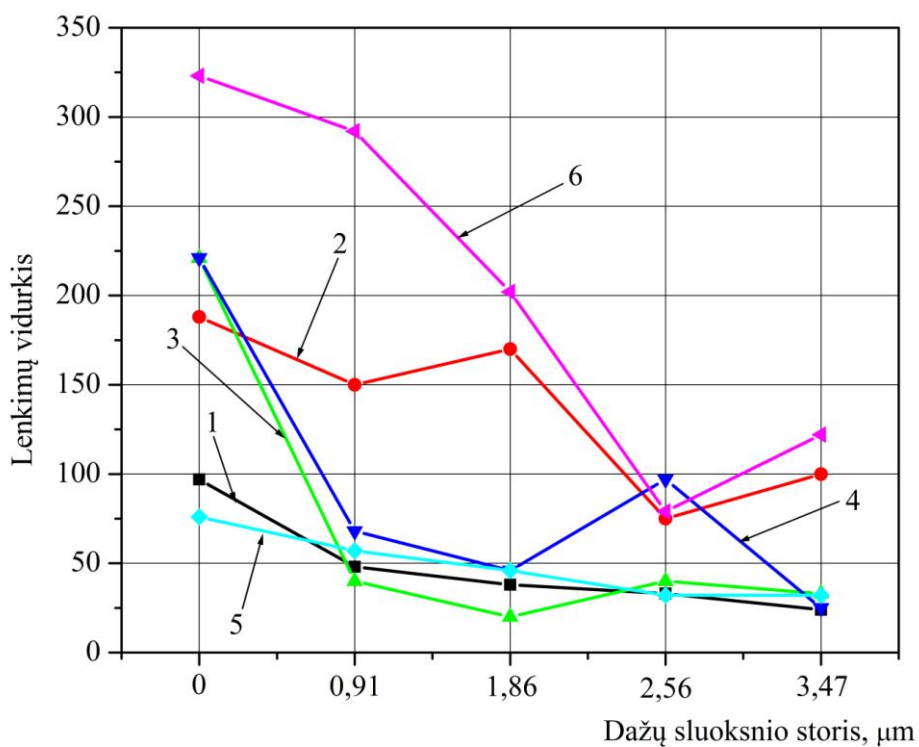
Atspaudų pailgėjimo tempiant mažėjimo priežastis nėra aiški, bet galima daryti prielaidą, kad dažų tamprusis savybės yra blogesnės už popieriaus. Tai iš dalies patvirtina trūkio jėgos didėjimas didėjant dažų sluoksnio storiui.

3.6. Atsparumo lankstymui tyrimas

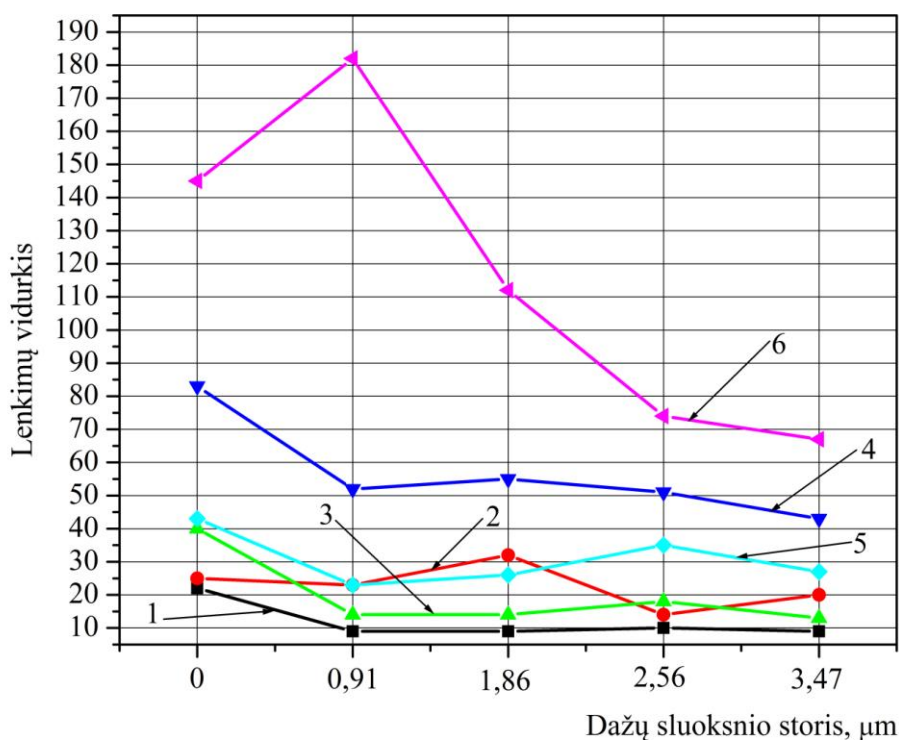
Popieriaus ir ofsetinių atspaudų su skirtingais dažų sluoksnio storiais atsparumo lankstymui išilgine ir skersine kryptimis matavimo rezultatai pateikiami 39–40 pav.

Nepaisant gana didelės matavimų duomenų sklaidos pakankamai aiškiai yra matoma atsparumo lankstymui kaita priklausomai nuo ofsetinių dažų sluoksnio storio. Iš gautų eksperimentų metu duomenų, matyti, kad balto popieriaus atsparumas lankstymui išilgine kryptimi

ženkliai didesnis, nei ofsetinių atspaudų padengtų net ir nedidelio storio dažų sluoksniu. Didėjant dažų sluoksnio storiui atspaudo atsparumas lankstymui mažėja. Kur kas mažesnė dažų sluoksnio įtaka atspaudų atsparumui lankstymui skersine kryptimi, tačiau taip pat balto popieriaus atsparumas lenkimams didesnis nei, kad padengto.



39 pav. Ofsetinių atspaudų bei balto popieriaus lenkimų vidurkių skaičius išilgine kryptimi. Popieriai: 1 – „Maxi offset“ 80 g/m², 2 – „Maxi offset“ 150 g/m², 3 – „Galerie art silk“ 150 g/m², 4 – „Galerie art silk“ 300 g/m², 5 – „4CC“ 100 g/m², 6 – „4CC“ 200 g/m²



40 pav. Ofsetinių atspaudų bei balto popieriaus lenkimų vidurkių skaičius skersine kryptimi. Popieriai: 1 – „Maxi offset“ 80 g/m², 2 – „Maxi offset“ 150 g/m², 3 – „Galerie art silk“ 150 g/m², 4 – „Galerie art silk“ 300 g/m², 5 – „4CC“ 100 g/m², 6 – „4CC“ 200 g/m²

Net keturių popierių „Maxi offset“ 80 g/m², „Maxi offset“ 150 g/m², „Galerie art silk“ 150 g/m², „4CC“ 100 g/m² padengtų storiausiu dažų sluoksniu atsparumas lankstymui išilgine kryptimi labai panašus, nors pačių popierių atsparumas lankstymui skiriasi ženkliai. „Galerie art silk“ 300 g/m² ir „4CC“ 200 g/m² popierių atsparumas lankstymui esant didžiausiam dažų sluoksnio storiui yra didesnis už minėtų keturių. Tačiau turint duomenų esant mažesniems dažų sluoksnio storiams leidžia manyti, kad tai yra duomenų sklaidos pasekmė. Tada galima teigti, kad atspaudų atsparumo mažėjimą didėjant dažų sluoksnio storiui lemia dažai, o popieriaus vaidmuo yra mažesnis.

Apibendrinant visų tirtų popierių atsparumo lenkimui rezultatus ir išilgine, ir skersine kryptimis didžiausią atsparumą turi popierius „4CC“ nekreidinis 200 g/m², o mažiausią „Maxi offset“ 80 g/m² ir „Galerie art silk“ 150 g/m².

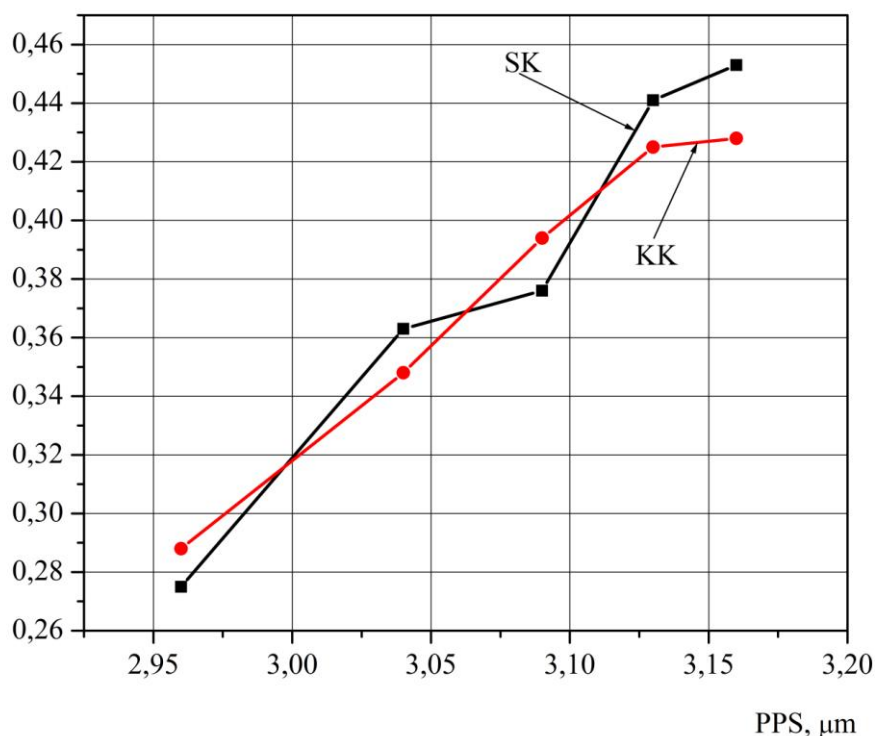
3.7. Trinties tyrimas

Eksperimentiškai ištirtos šešių popierių, ofsetinių atspaudų trinties savybės ir nustatyti statinės (SK) ir kinetinės (KK) trinties koeficientai. Nustatytos šių koeficientų vertės tarp popieriaus ir popieriaus, tarp popieriaus ir atspaudų ir tarp atspaudų ir atspaudų.

Dviejų paviršių trintį lemia du pagrindiniai veiksniai: popieriaus paviršiaus pasipriešinimas deformacijai ir sukibimo (adhezijos) jėgos.

Popieriaus nelygumų dydis ir realaus kontakto plotas priklauso nuo paviršiaus šiurkštumo. Turint to paties popieriaus skirtingo šiurkštumo bandinių buvo ištirta statinio ir kinetinio trinties koeficientų priklausomybės nuo šiurkštumo tarp dviejų nekreidinio popieriaus „4CC“ 100 g/m² paviršių (41 pav.).

Pagal gautus rezultatus rasta, kad statinis trinties koeficientas (SK) ir kinetinis trinties koeficientai padidėja net esant mažam šiurkštumo padidėjimui. Tai reiškia, kad trintį lemia paviršiaus nelygumų pasipriešinimas deformacijai: kuo didesni nelygumai, tuo reikia didesnių pastangų juos nulenkti. Adhezijos indėlis yra nedidelis, nes didėjant šiurkštumui realaus kontakto plotas mažėja, dėl to adhezijos jėgos turėtų būti mažesnės ir trinties koeficientai turėtų mažėti. Šis rezultatas ne visai sutampa su skelbtais (Grigaliūnienė *et al.* 2013) trinties priklausomybės nuo šiurkštumo rezultatais – kartonui „Arktika“ SK didėja didėjant PPS šiurkštumui, o KK praktiškai nepriklauso nuo jo. Galima manyti, kad KK priklausomybę nuo šiurkštumo lemia ir popieriaus kitos savybės.



41 pav. Trintis tarp nekreidinio popieriaus „4CC“ 100 g/m² paviršių. Statinio ir kinetinio trinties koeficientų priklausomybė nuo PPS šiurkštumo

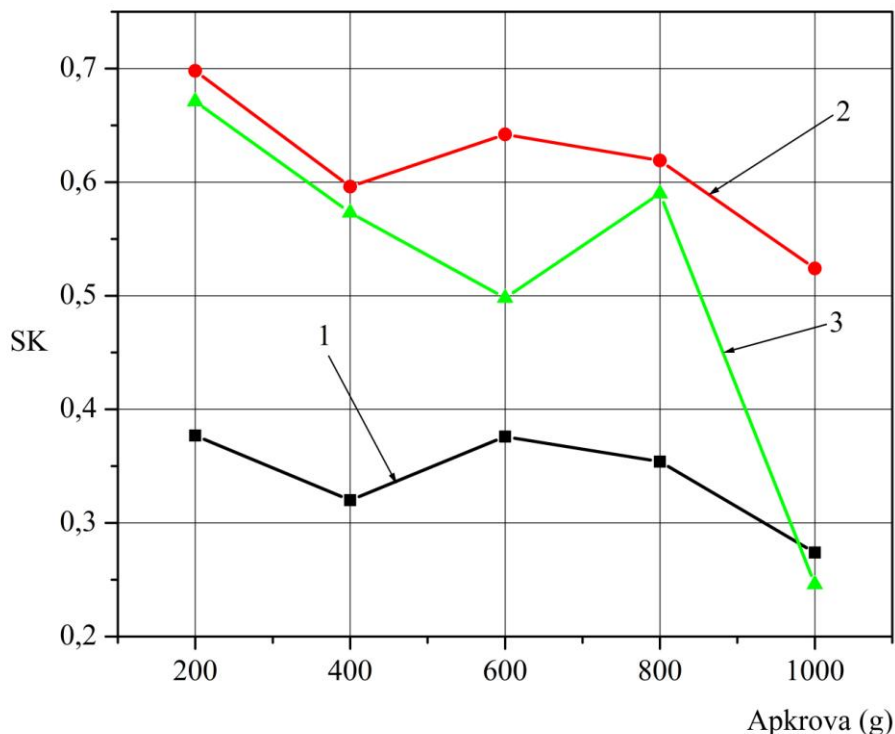
Statinio ir kinetinio trinties koeficientų priklausomybės nuo apkrovos, matuotos tarp dviejų popieriaus „4CC“ 100 g/m² paviršių, popieriaus ir atspaudų, bei tarp atspaudų ir atspaudų

pateikiamos 42 pav. Šiuose grafikuose pateikiamos priklausomybės su $1,86 \mu\text{m}$ dažų sluoksniu, kurį galima laikyti tipiniu storiu realiuose atspauduose..

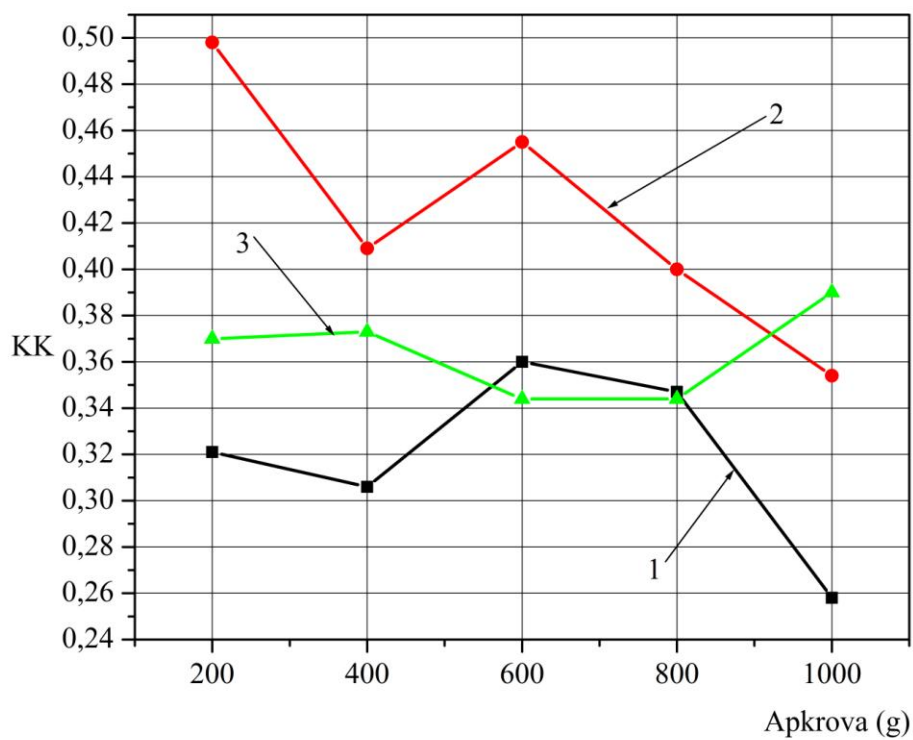
Eksperimentai buvo atlikti visiems šešiems skirtingiems popieriams su skirtingais paviršiais, tačiau nepavyko nustatyti visų šių popierių priklausomybės nuo apkrovos, dėl didelės verčių sklaidos. Tokios sklaidos priežastys nėra aiškios. Viena iš priežasčių yra ta, kad prietaisas ne visada patempia „rogutes“ galimai dėl popieriaus susispaudimo ir tai kai kuriais atvejais, ypač esant didesnėms apkrovoms iškreipia matavimo rezultatus. Tačiau nepaisant nemažos duomenų sklaidos pagrindines priklausomybės pavyko išryškinti.

Gauti rezultatai parodė, kad didžiausia trintis yra tarp popieriaus ir atspaudų, mažiausia – tarp dviejų popieriaus paviršių (42 ir 43 pav.). Šis rezultatas rodo, kad trintį lemia abu veiksniai – popieriaus paviršiaus deformacinės savybės ir adhezinės jėgos, kurių indėlis kiekvienam atvejui reikalauja atskiro detalaus tyrimo.

Statinės ir kinetinės trinties koeficientai priklauso nuo apkrovos (42 ir 43 pav.) – abu trinties koeficientai mažėja, bet kinetinės trinties koeficientas mažiau priklauso nuo apkrovos (kai kurie eksperimentiniai taškai, iš dalies prieštaraujantys šiam teiginiui, priskirtini matavimo paklaidoms).

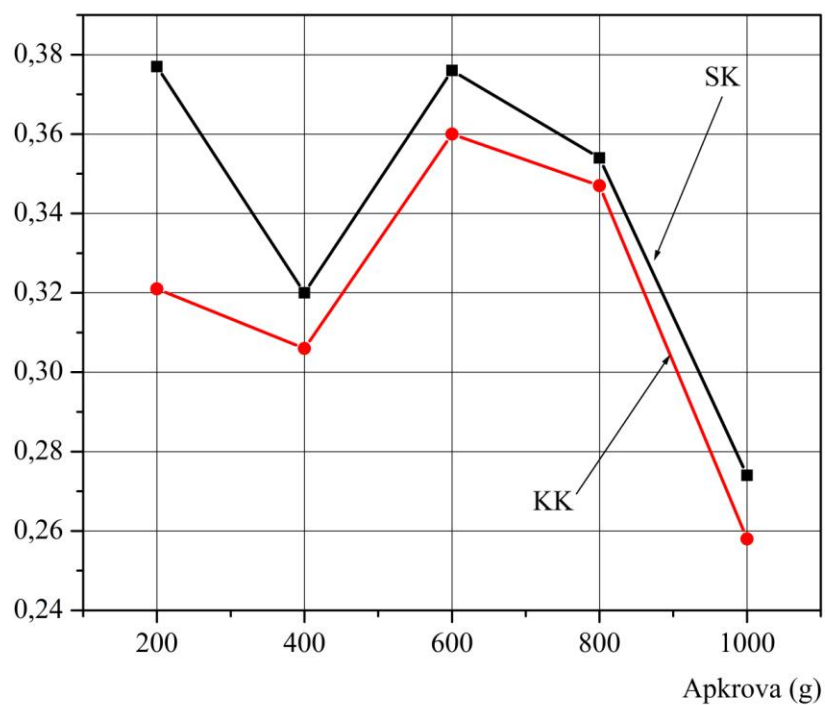


42 pav. Statinio trinties koeficiento priklausomybės nuo apkrovos, nekredinio popieriaus „4CC“ 200 g/m^2 : 1 – trintis tarp popieriaus paviršių, 2 – trintis tarp popieriaus ir atspaudų, 3 – trintis atspaudų ir atspaudų

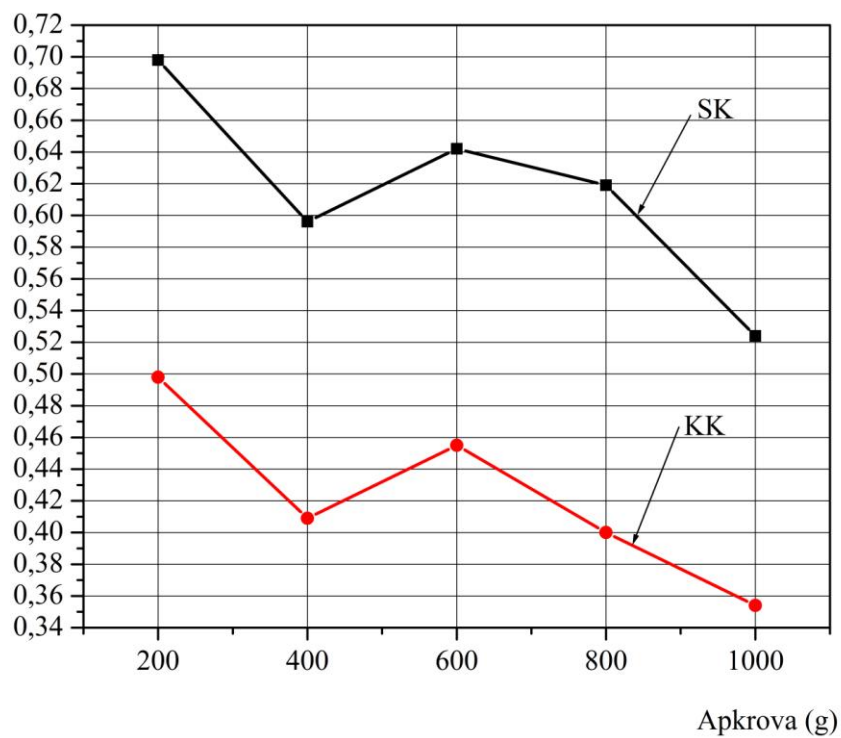


43 pav. Kinetinio trinties koeficiento priklausomybės nuo apkrovos, nekreidinio popieriaus „4CC“ 200 g/m²:
 1 – trintis tarp popieriaus paviršių, 2 – trintis tarp popieriaus ir atspaudos, 3 – trintis tarp atspaudos ir atspaudos

Popierių statinės trinties koeficientas, kaip taisyklė (Niskannen 2008: 106–107) , yra didesnis už kinetinės trinties koeficientą. Tas pat yra nustatyta ir tirtiems popieriams ir atspaudams (44 ir 45 pav.).



44 pav. Statinio ir kinetinio trinties koeficientų priklausomybės nuo apkrovos, tarp nekreidinio popieriaus „4CC“ 200 g/m² dviejų paviršių



45 pav. Statinio ir kinetinio trinties koeficientų priklausomybės nuo apkrovos, tarp nekreidinio popieriaus „4CC“ 200 g/m² ir atspaudp su 1,86 μm dažų sluoksnio storio

IŠVADOS

Trūkio jėgos apibendrinamosios išvados ir pasiūlymai:

Ofsetinių dažų sluoksnio įtaka popieriaus atsparumo tempimui nėra didelė, įžvelgiamas atsparumo padidėjimas.

Popierių „4CC“ 200 g/m² ir „Galerie art silk“ 150 g/m² trūkio jėga išilgine (mašinine) ir skersine kryptimi skiriasi nedaug, kas rodo, kad šių popierių gamybos technologija neleidžia celiuliozės plaušeliams judėti išilgai liejimo kryptimi. Kitiems popieriams charakteringas didelis anizotropiškumas – trūkio jėga skiriasi 1,5–2 kartus. Tos pačios rūšies tik skirtingų gramatūrų popieriai skiriasi ženkliai: popierius „4CC“ 200 g/m² praktiškai izotropiškas, o popieriaus „4CC“ 100 g/m² atsparumas tempimui išilgine kryptimi yra dvigubai didesnis.

„Galerie art silk“ 300 g/m² atsparumas tempiant skersine kryptimi didėja didėjant dažų sluoksnio storiui, o „Galerie art silk“ 150 g/m² praktiškai nesikeičia. Šie efektai popieriuose „Galerie art silk“ gali būti siejami su šių popierių gamybos technologijos ypatybėmis. Jos yra nežinomos, tačiau popierių parametrų skirtumai duoda pagrindą sieti stebėtus efektus su gamybos technologijos ypatumais.

Ofsetinės spaudos pramonėje reikėtų atkreipti dėmesį prieš parenkant popierius atitinkamai produkcijai, kad daugumos popierių tiek išilginės, tiek skersinės krypties atsparumas tempimui didėja didėjant dažų sluoksnio storiui, tačiau tas didėjimas yra nedidelis. Tai paaiškinama tuo, kad ofsetiniai dažai yra aliejiniai. Aliejiniai dažai nekeičia popieriaus savybių, nes gali įsigeriti tik į popieriaus poras ir kapiliarus ir nekeičia celiuliozės plaušelių sąveikos. Ši sąveika daugiausiai ir lemia atsparumą tempimui.

Pailgėjimo tempiant apibendrinamosios išvados ir pasiūlymai:

Ofsetinių atspaudų lyginant su balto popieriaus pailgėjimu išilgine kryptimi yra akivaizdžiai mažesnis. Net esant labai plonam dažų sluoksniui (0,91 μm) pailgėjimas sumažėja du ir daugiau kartų. Didėjant dažų sluoksnio storiui stebimas nedidelis pailgėjimo didėjimas. Reikia atkreipti dėmesį, kuria popieriaus liejimo kryptimi dedamas popierius į spaudinimo mašiną, kadangi dažų sluoksnio storis turi įtakos popieriaus pailgėjimui. Jei balto popieriaus pailgėjimas išilgine kryptimi yra didesnis už ofsetinių atspaudų, tuomet reikia būti tidiems, kad spausdinant mašinoje nesigautų spaulvų nesutapimų.

Popierių ir atspaudų pailgėjimas tempiant skersine kryptimi yra didesnis lyginant su pailgėjimu išilgine kryptimi, tačiau ir duomenų sklaida yra didesnė. Matoma ta pati tendencija, kad pailgėjimas mažėja didėjant dažų sluoksnio storiui. Išimtis yra popierius „Galerie art silk“ 300 g/m², kurio pailgėjimas šiek tiek didėja, tačiau įskaitant duomenų sklaidą laikoma, kad nesikeičia.

Atspaudų pailgėjimo tempiant mažėjimo priežastis nėra aiški, bet galima daryti prielaidą, kad dažų tampraus tūsumo savybės yra blogesnės už popieriaus. Tai iš dalies patvirtina trūkio jėgos didėjimas didėjant dažų sluoksnio storiui.

Šiurkštumo matavimų apibendrinamosios išvados ir pasiūlymai:

Didžiausias šiurkštumas iš tirtų šešių popierių yra „Maxi offset“ 80 g/m² nekreidinio popieriaus, o mažiausias – „Galerie art silk“ 150 g/m² kreidinio popieriaus. Gauti rezultatai parodė, kad kreidinio popieriaus PPS šiurkštumo reikšmės yra mažiausios lyginant su nekreidiniais popieriais. Tai rodo labai gerą šių popierių kokybę.

Nekreidinių popierių „4CC“ PPS šiurkštumas yra maždaug du kartus mažesnis už kitų tirtų nekreidinių popierių PPS šiurkštumą. Tai rodo gerą šių popierių kokybę.

Tos pačios rūšies tik skirtingų gramatūrų popieriai pagal PPS šiurkštumą yra praktiškai vienodi. Dengiant popierius ofsetiniais dažais (tai yra jau atspaudas) jų PPS šiurkštumas keičiasi. Kai kurių popierių didėjant dažų sluoksnio storiui PPS šiurkštumas didėja, o kitų mažėja.

Kreidinių popierių „Galerie art silk“ PPS šiurkštumas didėja didėjant dažų sluoksnio storiui. Tai stebima net esant labai plonam dažų sluoksnio storiui 0,91 μm. Tai reiškia, kad išdžiūvęs dažų sluoksnis yra pastebimai nelygesnis už kreidinių popierių. Naudojant spaudoje kreidinius popierius, reikia būti atidiems ir pasirinkti atitinkamo storio dažų sluoksnius, kadangi išdžiūvę dažai didina popierių šiurkštumą.

Nekreidinių popierių „Maxi offset“ ir „4CC“ dažų sluoksnis mažina PPS šiurkštumą. Tai reiškia, kad dažų sluoksnio nelygumai yra pastebimai mažesni už popieriaus nelygumus. Netiesiogiai tai patvirtina tai, kad dažai kreidinio popieriaus PPS šiurkštumą padidina ne daugiau kaip 0,5–1 μm, o lygiausio nekreidinio popieriaus „4CC“ PPS šiurkštumas yra daugiau 3 μm. Dėl šios priežasties produkcijai reikia atsakingai parinkti popieriaus rūšį.

Lankstymo matavimų apibendrinamosios išvados ir pasiūlymai:

Balto popieriaus atsparumas lankstymui išilgine kryptimi ženkliai didesnis, nei ofsetinių atspaudų padengtų net ir plonu dažų sluoksnio storiu.

Didelė dalis produkcijos spaudos pramonėje dažnai ir daug kur yra lankstoma, todėl reikia atkreipti dėmesį, kad didėjant dažų sluoksnio storiui atspaudo atsparumas lankstymui mažėja. Kur kas mažesnė dažų sluoksnio įtaka atspaudų atsparumui lankstymui skersine kryptimi, tačiau taip pat balto popieriaus atsparumas lenkimams didesnis nei, kad padengto.

Net keturių popierių „Maxi offset“ 80 g/m², „Maxi offset“ 150 g/m², „Galerie art silk“ 150 g/m², „4CC“ 100 g/m² padengtų storiausiu dažų sluoksniu atsparumas lankstymui išilgine kryptimi labai panašus, nors pačių popierių atsparumas lankstymui skiriasi ženkliai. Galima teigti, kad

atspaudų atsparumo mažėjimą didėjant dažų sluoksnio storiui lemia dažai, o popieriaus vaidmuo yra mažesnis.

Iš visų tirtų popierių ir išilgine, ir skesine kryptimis didžiausią atsparumą lenkimui turi popierius „4CC“ nekreidinis 200 g/m^2 , o mažiausią „Maxi offset“ nekreidinis 80 g/m^2 ir „Galerie art silk“ 150 g/m^2 .

Trinties matavimų apibendrinamosios išvados ir pasiūlymai:

Statinis ir kinetinis trinties koeficientai padidėja net esant mažam šiurkštumo padidėjimui. Tai reiškia, kad trintį lemia paviršiaus nelygumų pasipriešinimas deformacijai: kuo didesni nelygumai, tuo reikia didesnių pastangų juos nulenkti.

Didžiausia trintis yra tarp popieriaus ir atspaudų, mažiausia – tarp dviejų popieriaus paviršių. Šis rezultatas rodo, kad trintį lemia abu veiksniai – popieriaus paviršiaus deformacinės savybės ir adhezinės jėgos, kurių indėlis kiekvienam atvejui reikalauja atskiro detalaus tyrimo.

Statinės ir kinetinės trinties koeficientai priklauso nuo apkrovos. Abu trinties koeficientai mažėja, bet kinetinės trinties koeficientas mažiau priklauso nuo apkrovos.

Popierių statinės trinties koeficientas yra didesnis už kinetinės trinties koeficientą. Tas pat yra nustatyta ir tirtiems popieriams ir atspaudams.

Spalvos matavimų apibendrinamosios išvados ir pasiūlymai:

„Galerie ar silk“ kreidinių ir „4CC“ nekreidinių popierių šviesio verčių nuokrypiai labai nedideli, o tai rodo, kad popieriai yra aukštos kokybės. „Maxi offset“ nekreidinių popierių šviesio verčių sklaida ir nuokrypiai labai dideli, palyginus su kitais tirtais popieriais, tai rodo, kad popieriai yra prastos kokybės.

Spausdinant produkciją ir parenkant dažų sluoksnio storį, būtina atkreipti dėmesį, kad šviesis L^* esant didesniam dažų sluoksnio storiui yra daug mažesnis – sumažėja apie du kartus. Tai yra todėl, kad storesnis dažų sluoksnis sugeria daugiau spinduliuotės.

Spalvinės koordinatės a^* kaitoje įžvelgiamos tendencijos didėti didėjant dažų sluoksnio storiui, tačiau priklausomybės eiga priklauso nuo popieriaus rūšies.

Spalvinės koordinatės b^* reikšmių kaitą lyginant su a^* koordinatės kaita, akivaizdus reikšmių mažėjimas. Esant skirtingam dažų sluoksnio storiui koordinatė b^* kai kuriems popieriams pakeitė ženklą, tai reiškia, kad spalva pasikeitė akivaizdžiai.

Galutinės išvados:

Trūkio jėga: Daugumos popierių tiek išilginės, tiek skersinės krypties atsparumas tempimui didėja didėjant dažų sluoksnio storiui, tačiau tas didėjimas yra nedidelis.

Pailgėjimas tempiant: Dažų sluoksnio storis turi įtakos popieriaus pailgėjimui. Pailgėjimas mažėja didėjant dažų sluoksnio storiui.

Šiurkštumas: Tos pačios rūšies tik skirtingų gramatūrų popieriai pagal PPS šiurkštumą yra praktiškai vienodi. Kreidinių popierių „Galerie art silk“ PPS šiurkštumas didėja didėjant dažų sluoksnio storiui, nekreidinių popierių „Maxi offset“ ir „4CC“ dažų sluoksnis mažina PPS šiurkštumą.

Lankstymas: Didėjant dažų sluoksnio storiui atspaudos atsparumas lankstymui mažėja.

Trintis: Statinis ir kinetinis trinties koeficientai padidėja net esant mažam šiurkštumo padidėjimui. Statinės ir kinetinės trinties koeficientai priklauso nuo apkrovos. Abu trinties koeficientai mažėja, bet kinetinės trinties koeficientas mažiau priklauso nuo apkrovos.

Didžiausia trintis yra tarp popieriaus ir atspaudos, mažiausia – tarp dviejų popieriaus paviršių.

Spalva: Šviesis L^* esant didesniai dažų sluoksnio storiui yra daug mažesnis – sumažėja apie du kartus, storesnis dažų sluoksnis sugeria daugiau spinduliuotės, o tai reiškia, kad keičiasi spalva.

LITERATŪRA

1. Berezinas, B. 1989. *Poligrafijos medžiagos*. Vilnius: Mokslas.
2. Grigaliūnienė, S.; Sidaravičius, J.; Turla, V.; Vaitasius, K.; Ragauskas, P. 2013. Investigation of the Friction of Different Papers and Prints. Proc. 18th International conference „Mechanika“, p.71-76, ISSN 1822-2951.
3. Markulytė, S., Sidaravičius, J., Turla, V. 2012 *Popierius ir atspaudai – kompozicinės medžiagos*. 5 p.
4. Sidaravičius, D. J.; Montrimas, E. 2005. *Fizikiniai teoriniai informacijos registravimo ir spausdinimo procesų pagrindai*. Vilnius: Technika.
5. Sidaravičius, D. J. 2012a. *Spausdinimo medžiagos: laboratorinių darbų metodikos nurodymai*. Vilnius: Technika, 59 p.
6. Sidaravičius, J. 2012b. *Densitometrinė ir kolorimetrinė spausdinimo medžiagų ir atspaudų kontrolė*. Vilnius: Technika.
7. Johansson, K.; Lundberg, P.; Ryberg, R. 2007. *A Guide to Graphic Print Production*. John Wiley & Sons.
8. Kipphan, H. 2001. *Handbook of Print Media*. Heidelberg: Springer.
9. Niskannen, K. *Paper physics*. Finnish Paper Engineers' Association/Paperi ja Puu Oy. 2008, p. 106-107.
10. Pauler, N. 2002. *Paper Optics*. Lorenzen & Wettre. Kisat, Sweden. ISBN 91-971 765-6-7.
11. Thomson, B. 1998. *Printing Materials. Science and Technology*. Pira International.
12. [žiūrėta 2013 m. gegužės 16 d.] Prieiga per internetą: <<http://lt.wikipedia.org/wiki/Popierius>>
13. [žiūrėta 2013 m. gegužės 20 d.] Prieiga per internetą: <<http://www.spaudosdepartamentas.lt/lt/ofsetas-silkografija-fleksografija/spaudos-technologijos-ofsetas-skaitmena-fleksografija-silkografija/ofsetine-spauda.html>>

PRIEDAI

1 priedas. Tiriamų popieriaus rūšių ir ofsetinių atspaudų šiurkštumo reikšmės

Balto popieriaus nepadengto dažais šiurkštumo reikšmės											
	Bandiniai										
Popierius	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Vidurkis
Maxi offset nekreidinis 80 g/m ²	5.94	5.59	5.60	5.49	6.05	5.79	5.87	5.71	6.22	6.06	5.83
Maxi offset nekreidinis 150 g/m ²	5.16	5.25	5.07	5.11	5.29	5.29	5.08	5.02	5.22	5.2	5.17
Galerie art silk kreidinis 150 g/m ²	1.26	1.20	1.10	1.11	1.28	1.12	1.26	1.10	0.99	1.17	1.16
Galeris art silk kreidinis 300 g/m ²	1.43	1.49	1.54	1.39	1.50	1.43	1.39	1.31	1.39	1.40	1.43
4cc nekreidinis 100 g/m ²	3.16	3.17	3.09	3.13	3.04	2.96	3.10	3.09	3.02	3.16	3.09
4cc nekreidinis 200 g/m ²	3.19	3.14	3.08	3.12	2.96	3.18	3.07	3.08	3.17	3.08	3.11
Popierių padengtų 0,91 µm dažų sluoksnio storiu šiurkštumo reikšmės											
	Bandiniai										
Popierius	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Vidurkis
Maxi offset nekreidinis 80 g/m ²	6.33	6.29	6.35	6.67	5.98	6.73	5.99	6.19	5.83	6.08	6.24
Maxi offset nekreidinis 150 g/m ²	4.75	4.95	5.04	5.27	5	5.1	5.01	5.17	4.95	5.04	5.03
Galerie art silk kreidinis 150 g/m ²	1.86	1.23	1.16	1.13	1.1	1.18	1.37	1.39	1.35	1.31	1.31
Galeris art silk kreidinis 300 g/m ²	1.46	1.43	1.41	1.36	1.49	1.39	1.93	2.24	1.93	1.75	1.64
4cc nekreidinis 100 g/m ²	3.31	3.18	3.21	3.09	3.3	3.17	3.36	3.24	3.23	3.17	3.22
4cc nekreidinis 200 g/m ²	2.87	2.73	2.91	2.75	2.97	2.97	2.91	2.97	2.91	2.86	2.89
Popierių padengtų 1,86 µm dažų sluoksnio storiu šiurkštumo reikšmės											
	Bandiniai										
Popierius	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Vidurkis
Maxi offset nekreidinis 80 g/m ²	6.18	6.5	6.47	6.24	5.95	5.77	4.95	5.85	4.34	6.11	5.84
Maxi offset nekreidinis 150 g/m ²	4.92	5.07	5.05	5.09	5.1	5.14	5.18	4.99	5.06	5.01	5.06
Galerie art silk kreidinis 150 g/m ²	1.03	1.03	1.09	1.07	1.09	1.09	1.36	1.29	1.26	1.32	1.16
Galeris art silk kreidinis 300 g/m ²	1.67	1.37	1.43	1.45	1.47	1.36	1.83	2.1	2.05	1.89	1.66
4cc nekreidinis 100 g/m ²	2.91	3.02	2.94	3.17	3.21	2.98	3.11	3.15	2.92	3.18	3.06
4cc nekreidinis 200 g/m ²	2.78	2.72	2.78	2.62	2.77	2.86	2.95	3.04	3.03	3.08	2.86

Popierių padengtų 2,56 µm dažų sluoksnio storiu šiurkštumo reikšmės											
	Bandiniai										
Popierius	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Vidurkis
Maxi offset nekreidinis 80 g/m ²	4.91	5.95	5.07	5.63	4.87	5.89	5.12	5.68	5.11	5.91	5.41
Maxi offset nekreidinis 150 g/m ²	5.04	4.83	4.81	4.99	4.81	4.89	4.9	4.9	4.83	4.93	4.88
Galerie art silk kreidinis 150 g/m ²	1.3	1.15	1.09	1.12	1.16	1.33	1.34	1.32	1.33	1.25	1.25
Galeris art silk kreidinis 300 g/m ²	1.97	2.12	1.97	2	2.14	2.21	2.09	2.15	2.27	2.11	2.10
4cc nekreidinis 100 g/m ²	3.14	3.13	2.99	2.98	3.08	3.47	3.29	3.27	3.32	3.5	3.22
4cc nekreidinis 200 g/m ²	2.93	2.89	2.91	2.71	2.77	2.81	2.76	2.94	2.52	2.64	2.79
Popierių padengtų 3,47 µm dažų sluoksnio storiu šiurkštumo reikšmės											
	Bandiniai										
Popierius	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Vidurkis
Maxi offset nekreidinis 80 g/m ²	5.12	4.97	5.75	5.83	6.37	6.3	6.57	6	6.43	5.92	5.93
Maxi offset nekreidinis 150 g/m ²	4.75	4.87	5.05	4.56	4.84	4.93	4.81	4.83	4.97	4.85	4.85
Galerie art silk kreidinis 150 g/m ²	1.21	1.23	1.23	1.16	1.25	1.58	1.44	1.02	1.19	1.25	1.26
Galeris art silk kreidinis 300 g/m ²	2.17	2.08	2.06	1.88	1.98	1.41	1.49	1.32	1.65	1.37	1.74
4cc nekreidinis 100 g/m ²	2.97	3.17	3.31	2.96	2.93	3.01	3.2	2.96	2.98	2.8	3.03
4cc nekreidinis 200 g/m ²	2.58	2.5	2.61	2.79	2.8	2.86	2.85	2.77	2.74	2.64	2.71

2 priedas. Tiriamų popieriaus rūšių ir ofsetinių atspaudų atsparumo lenkimui reikšmės

Balto popieriaus nepadengto dažais atsparumo lenkimui reikšmės												
		Bandiniai										
Popierius	Kryptis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Vidurkis
Maxi offset nekreidinis 80 g/m ²	I	100	93	97	101	89	95	101	94	99	98	96.7
	S	25	19	25	20	22	10	21	24	25	24	21.5
Maxi offset nekreidinis 150 g/m ²	I	147	188	142	215	247	191	245	139	146	218	187.8
	S	30	26	19	24	28	29	23	27	20	28	25.4
Galerie art silk kreidinis 150 g/m ²	I	233	193	189	187	477	203	187	305	185	230	238.9
	S	18	27	66	43	40	57	28	47	23	48	39.7
Galeris art silk kreidinis 300 g/m ²	I	416	132	203	87	198	217	275	227	197	258	221
	S	40	76	143	57	52	85	90	114	97	74	82.8
4cc nekreidinis 100 g/m ²	I	59	81	35	67	45	149	103	101	54	63	75.7
	S	43	44	53	34	51	37	39	40	39	47	42.7
4cc nekreidinis 200 g/m ²	I	367	432	271	454	243	196	270	237	254	363	308.7
	S	143	127	139	134	170	126	139	140	148	147	141.3
Popierių padengtų 0,91 µm dažų sluoksniu atsparumo lenkimui reikšmės												
		Bandiniai										
Popierius	Kryptis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Vidurkis
Maxi offset nekreidinis 80 g/m ²	I	78	32	42	30	43	72	27	47	54	50	48
	S	10	7	7	9	11	9	10	10	11	9	9
Maxi offset nekreidinis 150 g/m ²	I	87	84	191	227	82	196	212	217	115	93	150
	S	26	13	23	16	27	16	32	27	18	30	23
Galerie art silk kreidinis 150 g/m ²	I	41	47	25	23	68	26	29	63	40	39	40
	S	18	24	15	9	11	15	13	12	14	10	14
Galeris art silk kreidinis 300 g/m ²	I	49	87	62	85	87	78	49	52	72	56	68
	S	31	41	53	36	87	73	36	58	55	48	52
4cc nekreidinis 100 g/m ²	I	79	44	52	57	45	72	53	68	40	55	57
	S	16	13	27	35	21	33	27	19	21	17	23
4cc nekreidinis 200 g/m ²	I	363	328	513	329	120	98	374	157	337	298	292
	S	205	144	195	280	160	110	215	155	183	180	182
Popierių padengtų 1,86 µm dažų sluoksniu atsparumo lenkimui reikšmės												
		Bandiniai										
Popierius	Kryptis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Vidurkis

Maxi offset nekreidinis 80 g/m ²	I	22	45	20	23	47	38	44	57	38	41	38
	S	9	7	13	6	7	10	12	11	10	9	9
Maxi offset nekreidinis 150 g/m ²	I	168	128	170	158	168	170	194	223	167	156	170
	S	37	22	22	35	36	40	28	34	39	29	32
Galerie art silk kreidinis 150 g/m ²	I	12	14	13	24	18	15	24	37	25	19	20
	S	5	11	17	11	9	9	10	17	28	27	14
Galeris art silk kreidinis 300 g/m ²	I	57	45	42	54	50	44	37	56	40	35	46
	S	71	64	43	46	64	95	68	39	28	36	55
4cc nekreidinis 100 g/m ²	I	53	35	26	43	34	70	44	52	42	65	46
	S	30	26	18	23	39	14	23	26	35	25	26
4cc nekreidinis 200 g/m ²	I	227	292	243	174	155	123	257	207	193	145	202
	S	133	111	100	85	133	108	97	125	117	109	112
Popierių padengtų 2,56 µm dažų sluoksnio storiu atsparumo lenkimui reikšmės												
		Bandiniai										
Popierius	Kryptis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Vidurkis
Maxi offset nekreidinis 80 g/m ²	I	24	50	19	67	38	27	15	33	35	22	33
	S	13	8	10	11	11	8	7	11	10	8	10
Maxi offset nekreidinis 150 g/m ²	I	72	42	63	33	35	112	103	80	123	85	75
	S	11	12	20	18	9	10	12	15	20	10	14
Galerie art silk kreidinis 150 g/m ²	I	22	40	23	55	47	33	37	55	40	45	40
	S	13	34	13	14	12	17	10	19	30	15	18
Galeris art silk kreidinis 300 g/m ²	I	86	120	82	80	93	93	98	104	115	100	97
	S	63	50	47	30	52	67	46	32	72	48	51
4cc nekreidinis 100 g/m ²	I	14	56	34	23	40	56	31	17	19	26	32
	S	53	43	33	20	20	24	52	25	34	44	35
4cc nekreidinis 200 g/m ²	I	54	62	76	83	66	78	132	76	106	60	79
	S	60	101	65	35	97	70	69	102	94	42	74
Popierių padengtų 3,47 µm dažų sluoksnio storiu atsparumo lenkimui reikšmės												
		Bandiniai										
Popierius	Kryptis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Vidurkis
Maxi offset	I	16	27	17	32	18	34	19	22	27	28	24

nekreidinis 80 g/m ²	S	9	10	7	11	7	7	8	7	11	9	9
Maxi offset nekreidinis 150 g/m ²	I	80	114	72	97	135	107	118	97	83	95	100
	S	23	18	31	13	21	12	19	21	15	23	20
Galerie art silk kreidinis 150 g/m ²	I	29	25	26	35	36	49	29	33	45	27	33
	S	7	15	7	23	16	7	14	9	17	18	13
Galeris art silk kreidinis 300 g/m ²	I	40	16	27	21	21	22	19	25	33	27	25
	S	35	42	50	51	40	37	42	37	47	45	43
4cc nekreidinis 100 g/m ²	I	23	43	34	35	20	34	27	35	33	37	32
	S	15	52	18	21	37	20	23	32	35	19	27
4cc nekreidinis 200 g/m ²	I	153	93	146	103	98	140	112	135	99	137	122
	S	75	78	73	49	56	70	72	61	57	77	67

3 priedas. Tiriamų popieriaus rūšių ir ofsetinių atspaudų trūkio jėga bei pailgėjimas

Maxi offset nekreidinis 80 g/m ²					Maxi offset nekreidinis 150 g/m ²				
Balto popieriaus nepadengto dažais atsparumo tempimui reikšmės					Balto popieriaus nepadengto dažais atsparumo tempimui reikšmės				
Nr.	I		S		Nr.	I		S	
	Δ l, mm	F, N	Δ l, mm	F, N		Δ l, mm	F, N	Δ l, mm	F, N
1	2.75	73	8.35	30	1	3.20	94	4.75	40
2	2.75	75	7.50	29	2	2.65	90	5.25	42
3	2.80	72	7.25	29	3	3.00	89	6.25	42
4	2.75	73	7.65	28	4	2.90	94	6.20	43
5	2.65	77	6.75	27	5	2.65	92	5.45	42
6	2.95	75	7.25	29	6	2.85	92	6.75	42
7	2.30	71	6.95	28	7	2.65	88	4.85	40
8	2.45	70	8.20	30	8	2.85	90	4.55	41
9	2.60	78	7.75	27	9	3.00	92	5.85	42
10	2.85	72	6.70	31	10	2.70	89	6.10	42
Vidurkis	2.69	73.6	7.44	28.8	Vidurkis	2.85	91	5.60	41.6
Maxi offset nekreidinis 80 g/m ²					Maxi offset nekreidinis 150 g/m ²				
Popierių padengtų 0,91 μm dažų sluoksnio storiu atsparumo tempimui reikšmės					Popierių padengtų 0,91 μm dažų sluoksnio storiu atsparumo tempimui reikšmės				
Nr.	I		S		Nr.	I		S	
	Δ l, mm	F, N	Δ l, mm	F, N		Δ l, mm	F, N	Δ l, mm	F, N
1	1.15	75	6.35	32	1	1.15	86	4.65	46
2	2.40	69	5.55	31	2	1.10	82	5.50	46
3	0.90	69	4.60	31	3	1.60	89	5.10	46
4	1.20	72	3.50	29	4	0.85	87	5.20	45
5	1.60	70	4.15	29	5	1.00	86	4.90	46
6	1.65	75	5.00	31	6	1.05	84	4.70	45
7	1.40	73	4.85	29	7	0.90	86	5.40	46
8	1.15	70	4.95	30	8	1.00	85	4.85	45
9	0.95	69	5.40	32	9	1.15	86	5.00	46
10	1.20	72	5.15	30	10	1.05	85	5.10	46
Vidurkis	1.36	71.4	4.95	30.4	Vidurkis	1.09	85.6	5.04	45.7
Maxi offset nekreidinis 80 g/m ²					Maxi offset nekreidinis 150 g/m ²				
Popierių padengtų 1,86 μm dažų sluoksnio storiu atsparumo tempimui reikšmės					Popierių padengtų 1,86 μm dažų sluoksnio storiu atsparumo tempimui reikšmės				
Nr.	I		S		Nr.	I		S	
	Δ l, mm	F, N	Δ l, mm	F, N		Δ l, mm	F, N	Δ l, mm	F, N
1	1.10	71	5.50	30	1	1.15	79	4.50	45
2	1.75	68	4.30	30	2	0.90	88	3.80	44
3	1.55	66	4.00	29	3	1.15	87	4.60	44
4	2.55	76	3.65	30	4	1.05	88	4.90	45
5	1.20	70	4.40	30	5	1.15	89	4.60	45
6	1.65	68	3.65	29	6	0.70	79	3.85	45
7	1.35	67	4.25	30	7	1.05	86	4.50	45
8	2.20	74	3.70	30	8	1.15	88	4.30	44
9	1.25	65	4.20	29	9	1.10	89	4.90	45
10	1.20	70	4.30	30	10	1.15	87	4.15	44
Vidurkis	1.58	69.5	4.20	29.7	Vidurkis	1.06	86	4.41	44.6
Maxi offset nekreidinis 80 g/m ²					Maxi offset nekreidinis 150 g/m ²				
Popierių padengtų 2,56 μm dažų sluoksnio storiu atsparumo tempimui reikšmės					Popierių padengtų 2,56 μm dažų sluoksnio storiu atsparumo tempimui reikšmės				
Nr.	I		S		Nr.	I		S	
	Δ l, mm	F, N	Δ l, mm	F, N		Δ l, mm	F, N	Δ l, mm	F, N
1	1.15	75	4.55	27	1	1.60	92	3.90	44
2	0.80	70	4.20	27	2	1.15	91	4.30	44

3	1.05	72	5.70	28	3	1.55	96	4.60	45
4	0.75	71	5.50	28	4	1.55	92	4.30	44
5	0.70	73	4.10	28	5	1.60	94	3.75	43
6	0.95	71	5.90	29	6	1.10	90	3.80	41
7	0.80	71	4.65	26	7	0.90	90	4.15	42
8	1.05	72	5.15	28	8	1.45	91	4.35	44
9	0.95	72	5.00	27	9	1.50	92	4.50	45
10	1.10	74	4.65	27	10	1.20	92	3.95	41
Vidurkis	0.93	72.1	4.94	27.5	Vidurkis	1.36	92	4.16	43.3
Maxi offset nekreidinis 80 g/m²					Maxi offset nekreidinis 150 g/m²				
Popierių padengtų 3,47 µm dažų sluoksnio storiu atsparumo tempimui reikšmės					Popierių padengtų 3,47 µm dažų sluoksnio storiu atsparumo tempimui reikšmės				
Nr.	I		S		Nr.	I		S	
	Δ l, mm	F, N	Δ l, mm	F, N		Δ l, mm	F, N	Δ l, mm	F, N
1	1.15	71	3.85	30	1	1.75	96	4.95	46
2	1.15	69	4.70	31	2	1.50	96	4.60	46
3	1.05	67	4.30	30	3	1.60	92	3.85	44
4	1.80	75	3.85	30	4	1.80	96	4.00	45
5	2.00	76	4.30	30	5	1.75	95	4.50	46
6	1.05	73	4.50	30	6	1.55	94	4.90	45
7	1.50	73	3.85	30	7	1.60	95	4.35	45
8	1.85	75	4.60	31	8	1.70	95	4.40	46
9	1.15	70	4.25	31	9	1.80	96	3.95	45
10	1.15	71	3.90	30	10	1.50	94	4.05	46
Vidurkis	1.39	72	4.21	30.3	Vidurkis	1.66	94.9	4.36	45.4
Galerie art silk kreidinis 150 g/m²					Galerie art silk kreidinis 300 g/m²				
Balto popieriaus nepadengto dažais atsparumo tempimui reikšmės					Balto popieriaus nepadengto dažais atsparumo tempimui reikšmės				
Nr.	I		S		Nr.	I		S	
	Δ l, mm	F, N	Δ l, mm	F, N		Δ l, mm	F, N	Δ l, mm	F, N
1	1.75	95	5.25	43	1	3.25	146	5.05	98
2	1.75	97	5.00	42	2	3.50	142	7.00	97
3	2.85	97	6.50	44	3	3.75	149	7.30	101
4	3.75	90	5.00	42	4	3.00	149	7.25	99
5	2.75	94	7.00	44	5	3.65	146	7.30	97
6	2.95	96	5.45	47	6	3.50	148	6.95	100
7	3.15	98	5.65	42	7	3.85	143	6.55	96
8	1.95	90	6.15	47	8	3.25	145	7.45	103
9	2.95	95	5.95	41	9	3.10	150	7.50	107
10	2.80	96	6.25	45	10	3.35	144	6.25	101
Vidurkis	2.67	94.8	5.82	43.7	Vidurkis	3.42	146.2	6.86	99.9
Galerie art silk kreidinis 150 g/m²					Galerie art silk kreidinis 300 g/m²				
Popierių padengtų 0,91 µm dažų sluoksnio storiu atsparumo tempimui reikšmės					Popierių padengtų 0,91 µm dažų sluoksnio storiu atsparumo tempimui reikšmės				
Nr.	I		S		Nr.	I		S	
	Δ l, mm	F, N	Δ l, mm	F, N		Δ l, mm	F, N	Δ l, mm	F, N
1	4.50	52	3.90	41	1	1.45	145	8.00	115
2	3.75	51	3.40	41	2	1.80	145	7.40	115
3	2.75	47	2.50	40	3	1.90	149	7.50	114
4	4.10	50	3.10	41	4	1.70	141	7.35	111
5	3.70	52	3.10	41	5	2.65	147	5.50	113
6	4.50	52	2.90	43	6	2.65	149	7.50	116
7	3.60	50	4.35	46	7	1.95	148	7.35	114
8	3.75	51	2.60	40	8	1.70	142	8.00	115
9	2.85	48	3.40	42	9	1.80	145	7.40	115
10	3.65	51	4.00	45	10	1.75	149	7.00	113
Vidurkis	3.72	50.4	3.33	42	Vidurkis	1.94	146	7.30	114.1

Galerie art silk kreidinis 150 g/m² Popierių padengtų 1,86 µm dažų sluoksnio storiu atsparumo tempimui reikšmės					Galerie art silk kreidinis 300 g/m² Popierių padengtų 1,86 µm dažų sluoksnio storiu atsparumo tempimui reikšmės				
Nr.	I		S		Nr.	I		S	
	Δ l, mm	F, N	Δ l, mm	F, N		Δ l, mm	F, N	Δ l, mm	F, N
1	3.70	49	3.70	49	1	1.65	142	7.80	113
2	3.65	48	3.65	48	2	1.95	147	5.65	104
3	5.55	53	5.55	53	3	1.70	142	6.40	112
4	4.95	52	4.95	52	4	1.80	143	7.50	111
5	5.45	50	5.45	50	5	1.60	144	6.60	111
6	3.70	49	3.70	49	6	2.15	144	7.10	113
7	5.00	50	5.40	51	7	1.80	142	6.55	111
8	4.85	51	5.45	50	8	1.95	145	5.75	106
9	5.50	53	4.85	51	9	1.75	143	7.45	112
10	4.95	52	4.35	49	10	1.60	142	6.40	112
Vidurkis	4.73	50.7	4.71	50.2	Vidurkis	1.80	143.4	6.72	110.5
Galerie art silk kreidinis 150 g/m² Popierių padengtų 2,56 µm dažų sluoksnio storiu atsparumo tempimui reikšmės					Galerie art silk kreidinis 300 g/m² Popierių padengtų 2,56 µm dažų sluoksnio storiu atsparumo tempimui reikšmės				
Nr.	I		S		Nr.	I		S	
	Δ l, mm	F, N	Δ l, mm	F, N		Δ l, mm	F, N	Δ l, mm	F, N
1	4.75	53	3.45	44	1	1.70	149	7.60	114
2	4.15	51	4.45	45	2	1.75	151	7.15	112
3	4.60	52	3.60	45	3	2.15	156	8.30	115
4	5.10	53	4.00	45	4	2.15	152	7.60	114
5	4.40	51	3.60	44	5	1.90	158	8.25	113
6	4.65	52	3.60	44	6	1.85	157	7.65	115
7	4.85	50	3.80	43	7	1.75	152	7.55	114
8	4.65	52	3.55	44	8	1.90	153	7.80	115
9	4.90	53	3.35	44	9	2.05	155	7.35	112
10	5.05	52	3.45	43	10	2.10	156	8.05	116
Vidurkis	4.71	51.9	3.69	44.1	Vidurkis	1.93	153.9	7.73	114
Galerie art silk kreidinis 150 g/m² Popierių padengtų 3,47 µm dažų sluoksnio storiu atsparumo tempimui reikšmės					Galerie art silk kreidinis 300 g/m² Popierių padengtų 3,47 µm dažų sluoksnio storiu atsparumo tempimui reikšmės				
Nr.	I		S		Nr.	I		S	
	Δ l, mm	F, N	Δ l, mm	F, N		Δ l, mm	F, N	Δ l, mm	F, N
1	3.65	45	3.65	44	1	2.05	152	7.45	110
2	4.10	45	3.25	42	2	2.00	145	8.25	115
3	3.50	45	3.65	45	3	2.40	153	8.80	114
4	4.30	45	3.65	47	4	1.90	146	7.65	111
5	3.25	44	4.10	46	5	2.00	148	7.75	113
6	3.70	45	3.60	44	6	2.05	150	8.30	114
7	4.00	45	3.70	45	7	2.30	153	8.55	115
8	3.45	44	3.65	44	8	1.90	147	8.05	112
9	3.75	45	3.30	43	9	2.30	153	7.90	113
10	4.10	45	4.15	47	10	2.05	152	8.25	115
Vidurkis	3.78	44.8	3.67	44.7	Vidurkis	2.10	149.9	8.10	113.2
4CC nekreidinis 100 g/m² Balto popieriaus nepadengto dažais atsparumo tempimui reikšmės					4CC nekreidinis 200 g/m² Balto popieriaus nepadengto dažais atsparumo tempimui reikšmės				
Nr.	I		S		Nr.	I		S	
	Δ l, mm	F, N	Δ l, mm	F, N		Δ l, mm	F, N	Δ l, mm	F, N
1	3.45	77	8.35	62	1	3.70	149	4.75	80
2	3.20	70	9.50	58	2	3.75	156	5.25	86
3	3.60	77	9.55	64	3	2.50	150	4.80	85

4	3.65	79	8.00	58	4	3.75	150	5.15	85
5	3.25	74	10.75	65	5	3.25	154	5.00	84
6	3.40	73	9.25	63	6	3.45	151	5.25	87
7	3.65	78	8.95	59	7	2.90	156	4.95	76
8	3.25	76	9.65	64	8	3.10	151	5.10	84
9	3.65	75	9.70	57	9	3.25	150	5.35	82
10	3.70	74	9.80	62	10	3.60	152	4.85	85
Vidurkis	3.48	75.3	9.35	61.2	Vidurkis	3.33	151.9	5.05	83.4
4CC nekreidinis 100 g/m²					4CC nekreidinis 200 g/m²				
Popierių padengtų 0,91 µm dažų sluoksnio storiu atsparumo tempimui reikšmės					Popierių padengtų 0,91 µm dažų sluoksnio storiu atsparumo tempimui reikšmės				
Nr.	I		S		Nr.	I		S	
	Δ l, mm	F, N	Δ l, mm	F, N		Δ l, mm	F, N	Δ l, mm	F, N
1	1.60	70	5.95	40	1	3.60	150	4.00	80
2	1.45	72	5.65	45	2	3.45	149	4.40	83
3	2.30	73	6.00	44	3	3.40	147	5.20	89
4	1.65	73	4.90	41	4	3.25	146	4.80	84
5	1.05	73	5.60	47	5	3.10	148	4.10	82
6	1.90	71	7.00	42	6	3.50	151	4.40	83
7	1.50	72	5.85	46	7	3.25	149	4.35	83
8	1.65	73	6.15	46	8	3.00	147	4.80	84
9	1.45	72	5.95	44	9	3.55	150	4.40	83
10	1.80	73	5.65	45	10	3.20	148	4.20	81
Vidurkis	1.64	72.2	5.87	44	Vidurkis	3.33	148.5	4.47	83.2
4CC nekreidinis 100 g/m²					4CC nekreidinis 200 g/m²				
Popierių padengtų 1,86 µm dažų sluoksnio storiu atsparumo tempimui reikšmės					Popierių padengtų 1,86 µm dažų sluoksnio storiu atsparumo tempimui reikšmės				
Nr.	I		S		Nr.	I		S	
	Δ l, mm	F, N	Δ l, mm	F, N		Δ l, mm	F, N	Δ l, mm	F, N
1	1.15	73	6.50	42	1	2.30	149	3.15	75
2	0.95	69	6.45	37	2	1.80	150	4.10	79
3	1.25	62	7.90	39	3	1.75	148	4.25	82
4	1.60	65	8.30	39	4	2.40	151	4.20	79
5	2.15	74	7.95	39	5	1.80	149	4.60	85
6	1.00	70	8.20	39	6	1.85	150	3.80	80
7	1.95	74	7.85	38	7	2.20	152	3.50	78
8	0.95	69	7.90	39	8	2.30	149	4.05	80
9	1.25	65	6.90	40	9	1.80	148	4.25	82
10	2.00	73	7.70	38	10	1.85	150	4.60	85
Vidurkis	1.43	69.4	7.57	39	Vidurkis	2.01	149.6	4.05	80.5
4CC nekreidinis 100 g/m²					4CC nekreidinis 200 g/m²				
Popierių padengtų 2,56 µm dažų sluoksnio storiu atsparumo tempimui reikšmės					Popierių padengtų 2,56 µm dažų sluoksnio storiu atsparumo tempimui reikšmės				
Nr.	I		S		Nr.	I		S	
	Δ l, mm	F, N	Δ l, mm	F, N		Δ l, mm	F, N	Δ l, mm	F, N
1	1.50	76	6.55	44	1	1.75	142	4.45	83
2	1.60	75	7.40	51	2	1.45	138	3.15	74
3	0.80	70	6.20	46	3	1.75	142	4.60	77
4	1.55	77	7.65	39	4	1.60	140	4.60	81.5
5	1.65	77	7.30	39	5	1.60	143	3.60	80
6	0.95	75	7.85	53	6	1.50	140	4.30	80
7	1.55	74	6.70	48	7	1.45	135	4.15	78
8	1.40	73	7.10	50	8	1.50	135	3.55	78
9	1.65	77	7.45	44	9	1.45	138	3.60	80
10	1.50	75	6.55	45	10	1.65	142	4.15	80
Vidurkis	1.42	74.9	7.08	45.9	Vidurkis	1.57	139.5	4.02	79.15

4CC nekreidinis 100 g/m ²					4CC nekreidinis 200 g/m ²				
Popierių padengtų 3,47 µm dažų sluoksnio storiu atsparumo tempimui reikšmės					Popierių padengtų 3,47 µm dažų sluoksnio storiu atsparumo tempimui reikšmės				
Nr.	I		S		Nr.	I		S	
	Δ l, mm	F, N	Δ l, mm	F, N		Δ l, mm	F, N	Δ l, mm	F, N
1	1.70	82	5.90	58	1	1.80	151	4.60	86
2	1.70	83	6.35	49	2	1.65	144	4.60	86
3	2.15	84	5.60	48	3	1.80	145	3.80	82
4	1.60	75	5.70	56	4	2.00	146	4.45	85
5	1.75	77	6.25	54	5	1.75	144	4.40	85
6	1.70	81	6.20	51	6	1.65	143	3.95	83
7	1.65	76	6.35	50	7	1.75	145	3.85	82
8	2.00	82	5.75	52	8	1.80	145	4.60	87
9	1.95	80	6.00	49	9	2.05	146	4.25	84
10	1.80	79	5.70	50	10	1.85	150	3.85	82
Vidurkis	1.80	79.9	5.98	51.7	Vidurkis	1.81	145.9	4.24	84.2

4 priedas. Statinės ir kinetinės trinties koeficientų reikšmės

Popieriaus pavadinimas	Popieriaus rūšis	Popieriaus gramatūra g/m ²	Trintis tarp:	Apkrova (N)	Statinės trinties koeficientas (N)	Kinetinės trinties koeficientas (N)
„Maxi offset“	Nekreidinis	80	Dviejų popieriaus paviršių	200	0,426	0,387
				400	0,461	0,388
				600	0,426	0,460
				800	0,479	0,444
				1000	0,430	0,396
			Popieriaus ir atspaudų padengto 0,91 µm dažų storių	200	0,160	0,583
				400	0,612	0,445
				600	0,504	0,406
				800	0,013	0,383
				1000	0,426	0,406
			Popieriaus ir atspaudų padengto 1,86 µm dažų storių	200	0,619	0,432
				400	0,609	0,383
				600	0,347	0,347
				800	0,013	0,347
				1000	0,242	0,334
			Popieriaus ir atspaudų padengto 2,56 µm dažų storių	200	0,717	0,495
				400	0,596	0,436
				600	0,498	0,422
				800	0,046	0,409
				1000	0,501	0,409
			Popieriaus ir atspaudų padengto 3,47 µm dažų storių	200	0,671	0,495
				400	0,652	0,517
				600	0,557	0,390
				800	0,416	0,367
				1000	0,157	0,092
			Dviejų atspaudų padengtų 0,91 µm dažų storių	200	0,599	0,350
				400	0,468	0,305
				600	0,468	0,298
				800	0,501	0,308
				1000	0,547	0,288
			Dviejų atspaudų padengtų 1,86 µm dažų storių	200	0,517	0,285
				400	0,550	0,357
				600	0,354	0,206
				800	0,603	0,331
				1000	0,367	0,314
			Dviejų atspaudų padengtų 2,56 µm dažų storių	200	0,553	0,370
				400	0,409	0,291
				600	0,488	0,314
				800	0,544	0,295
				1000	0,432	0,314
„Maxi offset“	Nekreidinis	150	Dviejų popieriaus paviršių	200	0,235	0,213
				400	0,325	0,295
				600	0,043	0,260
				800	0,222	0,289
				1000	0,258	0,314
			Popieriaus ir atspaudų padengto 2,56 µm dažų storių	200	1,254	0,871
				400	0,233	0,838
				600	0,124	0,750
				800	0,255	0,704
				1000	0,760	0,648
			Popieriaus ir atspaudų padengto 3,47 µm dažų storių	200	0,714	0,386
				400	0,665	0,416
				600	0,573	0,396

			µm dažų storiu	800	0,590	0,393
				1000	0,560	0,347
			Dviejų atspaudų padengtų 0,91 µm dažų storiu	200	0,459	0,318
				400	0,406	0,367
				600	0,413	0,334
				800	0,531	0,354
				1000	0,334	0,318
			Dviejų atspaudų padengtų 1,86 µm dažų storiu	200	0,396	0,311
				400	0,573	0,360
				600	0,383	0,344
				800	0,219	0,334
				1000	0,573	0,344
			Dviejų atspaudų padengtų 2,56 µm dažų storiu	200	0,629	0,439
				400	0,079	0,383
				600	0,095	0,370
				800	0,282	0,337
				1000	0,419	0,337
			Dviejų atspaudų padengtų 3,47 µm dažų storiu	200	0,743	0,465
				400	0,291	0,383
				600	0,593	0,347
				800	0,029	0,347
				1000	0,200	0,350
„Galerie art silk“	Kreidinis	150	Dviejų popieriaus paviršių	200	0,474	0,349
				400	0,244	0,346
				600	0,424	0,394
				800	0,351	0,355
				1000	0,338	0,332
			Popieriaus ir atspaudo padengto 0,91 µm dažų storiu	200	0,789	0,495
				400	0,878	0,567
				600	0,681	0,406
				800	0,590	0,393
				1000	0,478	0,383
			Popieriaus ir atspaudo padengto 1,86 µm dažų storiu	200	0,812	0,671
				400	0,750	0,364
				600	0,468	0,409
				800	0,567	0,380
				1000	0,599	0,383
			Popieriaus ir atspaudo padengto 2,56 µm dažų storiu	200	0,786	0,524
				400	1,005	0,704
				600	0,668	0,475
				800	0,727	0,445
				1000	0,645	0,472
			Dviejų atspaudų padengtų 0,91 µm dažų storiu	200	1,457	0,871
				400	1,467	0,819
				600	0,013	0,809
				800	0,013	0,707
				1000	0,193	0,763
			Dviejų atspaudų padengtų 1,86 µm dažų storiu	200	1,624	0,819
				400	1,696	0,904
				600	0,026	0,884
				800	1,339	0,914
				1000	0,098	0,835
			Dviejų atspaudų padengtų 2,56 µm dažų storiu	200	0,239	0,937
				400	0,039	0,861
				600	1,136	0,871
				800	0,013	0,884
				1000	0,111	0,914
			Dviejų	200	0,495	0,383

				400	0,567	0,380
				600	0,013	0,383
				800	0,517	0,396
				1000	0,488	0,403
„Galerie art silk“	Kreidinis	300	Dviejų popieriaus paviršių	200	0,384	0,358
				400	0,397	0,318
				600	0,417	0,292
				800	0,401	0,313
				1000	0,410	0,288
			Popieriaus ir atspaudų padengto 0,91 μm dažų storių	200	0,678	0,488
				400	1,068	0,658
				600	0,750	0,573
				800	0,907	0,586
				1000	0,131	0,622
			Popieriaus ir atspaudų padengto 1,86 μm dažų storių	200	0,960	0,648
				400	0,835	0,495
				600	1,025	0,639
				800	0,868	0,553
				1000	0,193	0,452
			Popieriaus ir atspaudų padengto 2,56 μm dažų storių	200	0,655	0,727
				400	0,668	0,455
				600	0,933	0,590
				800	0,983	0,567
				1000	0,072	0,422
			Popieriaus ir atspaudų padengto 3,47 μm dažų storių	200	0,914	0,527
				400	0,966	0,537
				600	0,429	0,501
				800	0,891	0,511
				1000	0,108	0,314
			Dviejų atspaudų padengtų 0,91 μm dažų storių	200	0,475	0,305
				400	0,727	0,337
				600	0,652	0,331
				800	0,678	0,328
				1000	0,648	0,386
			Dviejų atspaudų padengtų 1,86 μm dažų storių	200	0,563	0,265
				400	0,622	0,236
				600	0,721	0,364
				800	0,586	0,328
				1000	0,626	0,344
			Dviejų atspaudų padengtų 2,56 μm dažų storių	200	0,563	0,295
				400	0,766	0,334
				600	0,678	0,337
				800	0,668	0,350
				1000	0,717	0,328
„4CC“	Nekreidinis	100	Dviejų popieriaus paviršių	200	0,275	0,288
				400	0,328	0,329
				600	0,328	0,397
				800	0,199	0,250
				1000	0,188	0,240
			Dviejų popieriaus paviršių	200	0,704	0,525
				200	0,453	0,428
				200	0,376	0,394
				200	0,441	0,348
				200	0,363	0,425
			Dviejų popieriaus paviršių	1000	0,162	0,468
				1000	0,023	0,333
				1000	0,466	0,408
				1000	0,132	0,442

				1000	0,050	0,411
			Popieriaus ir atspaudo padengto 0,91 µm dažų storiu	200	0,596	0,393
				400	0,567	0,347
				600	0,576	0,367
				800	0,498	0,311
				1000	0,386	0,328
			Popieriaus ir atspaudo padengto 1,86 µm dažų storiu	200	0,707	0,462
				400	0,616	0,419
				600	0,416	0,308
				800	0,537	0,318
				1000	0,314	0,324
			Popieriaus ir atspaudo padengto 2,56 µm dažų storiu	200	0,603	0,360
				400	0,406	0,311
				600	0,422	0,334
				800	0,524	0,311
				1000	0,439	0,301
			Dviejų atspaudų padengtų 0,91 µm dažų storiu	200	0,210	0,691
				400	0,033	0,642
				600	0,763	0,590
				800	0,007	0,560
				1000	0,020	0,452
			Dviejų atspaudų padengtų 1,86 µm dažų storiu	200	1,480	0,714
				400	0,115	0,671
				600	0,010	0,629
				800	0,049	0,590
				1000	0,049	0,540
			Dviejų atspaudų padengtų 2,56 µm dažų storiu	200	0,953	0,665
				400	0,318	0,678
				600	0,016	0,236
				800	1,015	0,612
				1000	0,013	0,629
			Dviejų atspaudų padengtų 3,47 µm dažų storiu	200	1,153	0,783
				400	1,294	0,727
				600	0,010	0,691
				800	1,202	0,675
				1000	0,013	0,632
„4CC“	Nekreidinis	200	Dviejų popieriaus paviršių	200	0,377	0,321
				400	0,320	0,306
				600	0,376	0,360
				800	0,354	0,347
				1000	0,274	0,258
			Popieriaus ir atspaudo padengto 0,91 µm dažų storiu	200	0,593	0,416
				400	0,229	0,452
				600	0,380	0,436
				800	0,337	0,380
				1000	0,102	0,373
			Popieriaus ir atspaudo padengto 1,86 µm dažų storiu	200	0,698	0,498
				400	0,596	0,409
				600	0,642	0,455
				800	0,619	0,400
				1000	0,524	0,354
			Popieriaus ir atspaudo padengto 2,56 µm dažų storiu	200	0,455	0,275
				400	0,635	0,478
				600	0,583	0,436
				800	0,626	0,380
				1000	0,226	0,403
			Popieriaus ir	200	0,344	0,671

				400	0,691	0,386
				600	0,737	0,419
				800	0,354	0,416
				1000	0,347	0,357
			Dviejų atspaudų padengtų 0,91 µm dažų storiu	200	0,455	0,213
				400	0,488	0,259
				600	0,386	0,298
				800	0,462	0,314
				1000	0,517	0,262
			Dviejų atspaudų padengtų 1,86 µm dažų storiu	200	0,671	0,370
				400	0,573	0,373
				600	0,498	0,344
				800	0,590	0,344
				1000	0,246	0,390
			Dviejų atspaudų padengtų 2,56 µm dažų storiu	200	0,616	0,255
				400	0,573	0,350
				600	0,596	0,380
				800	0,622	0,370
				1000	0,622	0,367
			Dviejų atspaudų padengtų 3,47 µm dažų storiu	200	0,069	0,452
				400	0,291	0,377
				600	0,354	0,354
				800	0,059	0,390
				1000	0,223	0,364

5 priedas. Popierių dengimas skirtingais dažų sluoksnių storiais

Maxi offset nekreidinis 80 g/m ²						
Popierių padengimas 0,91 µm dažų sluoksnio storiu						
Nr.	I			S		
		Δ velenėlio	Dažų svoris, g		Δ velenėlio	Dažų svoris, g
1.	118,15	142,78	1,57	118,15	142,78	1,71
2.	118,15	142,78	1,42	118,15	142,78	1,42
3.	118,15	142,78	1,71	118,15	142,78	1,57
4.	118,15	142,78	1,57	118,15	142,78	1,71
5.	118,15	142,78	1,42	118,15	142,78	1,42
6.	118,15	142,78	1,42	118,15	142,78	1,71
7.	118,15	142,78	1,57	118,15	142,78	1,42
8.	118,15	142,78	1,42	118,15	142,78	1,42
9.	118,15	142,78	1,42	118,15	142,78	1,57
10.	118,15	142,78	1,42	118,15	142,78	1,42
Maxi offset nekreidinis 80 g/m ²						
Popierių padengimas 1,86 µm dažų sluoksnio storiu						
Nr.	I			S		
		Δ velenėlio	Dažų svoris, g		Δ velenėlio	Dažų svoris, g
1.	118,15	142,78	2,71	118,15	142,78	2,99
2.	118,15	142,78	2,99	118,15	142,78	2,14
3.	118,15	142,78	2,57	118,15	142,78	2,28
4.	118,16	142,78	2,28	118,15	142,78	1,99
5.	118,16	142,78	2,57	118,15	142,78	2,14
6.	118,15	142,78	2,14	118,15	142,78	2,14
7.	118,15	142,78	2,85	118,15	142,78	2,28
8.	118,15	142,78	2,28	118,15	142,78	2,14
9.	118,15	142,78	2,71	118,15	142,78	2,14
10.	118,15	142,78	2,57	118,15	142,78	2,28
Maxi offset nekreidinis 80 g/m ²						
Popierių padengimas 2,56 µm dažų sluoksnio storiu						
Nr.	I			S		
		Δ velenėlio	Dažų svoris, g		Δ velenėlio	Dažų svoris, g
1.	118,14	142,78	0,71	118,14	142,78	0,85
2.	118,14	142,78	0,85	118,14	142,78	0,85
3.	118,14	142,78	0,71	118,14	142,78	0,85
4.	118,14	142,78	0,71	118,14	142,78	0,71
5.	118,14	142,78	0,85	118,14	142,78	0,71
6.	118,14	142,78	0,85	118,14	142,78	0,85
7.	118,14	142,78	0,85	118,14	142,78	0,85
8.	118,14	142,78	0,71	118,14	142,78	0,71
9.	118,14	142,78	0,71	118,14	142,78	0,85
10.	118,14	142,78	0,85	118,14	142,78	0,99
Maxi offset nekreidinis 80 g/m ²						
Popierių padengimas 3,47 µm dažų sluoksnio storiu						
Nr.	I			S		
		Δ velenėlio	Dažų svoris, g		Δ velenėlio	Dažų svoris, g
1.	118,18	142,78	4,28	118,17	142,78	4,28

2.	118,18	142,78	4,28	118,17	142,78	3,85
3.	118,17	142,78	4,28	118,17	142,78	3,56
4.	118,17	142,78	3,85	118,17	142,78	3,71
5.	118,17	142,78	4,14	118,17	142,78	3,42
6.	118,18	142,78	4,14	118,17	142,78	3,56
7.	118,17	142,78	3,56	118,17	142,78	3,85
8.	118,17	142,78	3,85	118,17	142,78	3,56
9.	118,18	142,78	4,28	118,17	142,78	3,56
10.	118,17	142,78	3,85	118,17	142,78	3,71
Maxi offset nekreidinis 150 g/m ²						
Popierių padengimas 0,91 µm dažų sluoksnio storio						
Nr.	I			S		
		Δ velenėlio	Dažų svoris, g		Δ velenėlio	Dažų svoris, g
1.	118,15	142,78	1,99	118,15	142,78	1,71
2.	118,15	142,78	1,57	118,16	142,78	1,99
3.	118,15	142,78	1,71	118,15	142,78	1,99
4.	118,15	142,78	1,99	118,15	142,78	1,57
5.	118,15	142,78	1,99	118,16	142,78	1,85
6.	118,15	142,78	1,71	118,16	142,78	1,99
7.	118,15	142,78	1,99	118,15	142,78	1,57
8.	118,15	142,78	1,42	118,15	142,78	1,85
9.	118,15	142,78	1,71	118,16	142,78	1,99
10.	118,15	142,78	1,57	118,15	142,78	1,28
Maxi offset nekreidinis 150 g/m ²						
Popierių padengimas 1,86 µm dažų sluoksnio storio						
Nr.	I			S		
		Δ velenėlio	Dažų svoris, g		Δ velenėlio	Dažų svoris, g
1.	118,15	142,78	3,14	118,15	142,78	2,42
2.	118,15	142,78	2,28	118,16	142,78	2,71
3.	118,16	142,78	3,14	118,15	142,78	1,99
4.	118,16	142,78	2,71	118,16	142,78	2,57
5.	118,15	142,78	2,42	118,15	142,78	1,85
6.	118,15	142,78	2,57	118,16	142,78	2,42
7.	118,15	142,78	2,85	118,15	142,78	2,42
8.	118,15	142,78	2,14	118,15	142,78	2,57
9.	118,16	142,78	3,14	118,15	142,78	2,28
10.	118,16	142,78	3,28	118,16	142,78	2,85
Maxi offset nekreidinis 150 g/m ²						
Popierių padengimas 2,56 µm dažų sluoksnio storio						
Nr.	I			S		
		Δ velenėlio	Dažų svoris, g		Δ velenėlio	Dažų svoris, g
1.	118,14	142,78	1,14	118,14	142,78	1,42
2.	118,14	142,78	0,85	118,14	142,78	1,14
3.	118,14	142,78	0,85	118,14	142,78	0,85
4.	118,15	142,78	1,14	118,14	142,78	0,85
5.	118,14	142,78	0,99	118,14	142,78	0,85
6.	118,14	142,78	0,85	118,14	142,78	1,28
7.	118,14	142,78	0,85	118,14	142,78	0,99
8.	118,14	142,78	0,85	118,14	142,78	1,28
9.	118,14	142,78	0,99	118,14	142,78	1,14
10.	118,15	142,78	0,85	118,14	142,78	0,85

Maxi offset nekreidinis 150 g/m ²						
Popierių padengimas 3,47 µm dažų sluoksnio storio						
Nr.	I			S		
		Δ velenėlio	Dažų svoris, g		Δ velenėlio	Dažų svoris, g
1.	118,16	142,78	3,99	118,16	142,78	3,85
2.	118,16	142,78	3,85	118,16	142,78	3,56
3.	118,16	142,78	3,71	118,16	142,78	3,56
4.	118,16	142,78	3,42	118,16	142,78	3,42
5.	118,16	142,78	3,71	118,16	142,78	3,71
6.	118,16	142,78	3,71	118,16	142,78	3,71
7.	118,16	142,78	3,71	118,16	142,78	3,42
8.	118,16	142,78	3,56	118,16	142,78	3,56
9.	118,16	142,78	3,71	118,16	142,78	3,71
10.	118,16	142,78	3,71	118,16	142,78	3,56
Galerie art silk kreidinis 150 g/m ²						
Popierių padengimas 0,91 µm dažų sluoksnio storio						
Nr.	I			S		
		Δ velenėlio	Dažų svoris, g		Δ velenėlio	Dažų svoris, g
1.	118,16	142,78	1,99	118,16	142,78	2,28
2.	118,16	142,78	1,99	118,16	142,78	1,42
3.	118,16	142,78	2,42	118,16	142,78	1,85
4.	118,16	142,78	2,28	118,15	142,78	1,57
5.	118,16	142,78	2,28	118,16	142,78	1,57
6.	118,16	142,78	1,85	118,16	142,78	1,57
7.	118,16	142,78	1,99	118,16	142,78	1,71
8.	118,16	142,78	1,85	118,16	142,78	2,28
9.	118,16	142,78	1,85	118,16	142,78	2,28
10.	118,16	142,78	1,85	118,16	142,78	1,71
Galerie art silk kreidinis 150 g/m ²						
Popierių padengimas 1,86 µm dažų sluoksnio storio						
Nr.	I			S		
		Δ velenėlio	Dažų svoris, g		Δ velenėlio	Dažų svoris, g
1.	118,15	142,78	1,85	118,15	142,78	2,14
2.	118,16	142,78	2,57	118,15	142,78	2,14
3.	118,16	142,78	1,85	118,16	142,78	2,42
4.	118,16	142,78	2,42	118,16	142,78	2,14
5.	118,16	142,78	2,57	118,15	142,78	1,85
6.	118,16	142,78	2,14	118,16	142,78	1,85
7.	118,16	142,78	2,14	118,16	142,78	2,14
8.	118,16	142,78	2,28	118,16	142,78	2,28
9.	118,17	142,78	2,42	118,16	142,78	2,14
10.	118,16	142,78	2,99	118,16	142,78	2,42
Galerie art silk kreidinis 150 g/m ²						
Popierių padengimas 2,56 µm dažų sluoksnio storio						
Nr.	I			S		
		Δ velenėlio	Dažų svoris, g		Δ velenėlio	Dažų svoris, g
1.	118,14	142,78	1,28	118,14	142,78	0,85
2.	118,14	142,78	0,99	118,14	142,78	0,99
3.	118,14	142,78	0,99	118,14	142,78	0,99
4.	118,14	142,78	1,14	118,14	142,78	0,85

5.	118,14	142,78	0,99	118,14	142,78	0,99
6.	118,14	142,78	1,28	118,14	142,78	0,99
7.	118,14	142,78	0,85	118,14	142,78	0,85
8.	118,14	142,78	0,99	118,14	142,78	1,28
9.	118,14	142,78	0,85	118,14	142,78	0,85
10.	118,14	142,78	1,28	118,14	142,78	0,99
Galerie art silk kreidinis 150 g/m ²						
Popierių padengimas 3,47 µm dažų sluoksnio storiu						
Nr.	I			S		
		Δ velenėlio	Dažų svoris, g		Δ velenėlio	Dažų svoris, g
1.	118,18	142,78	3,28	118,18	142,78	2,99
2.	118,17	142,78	2,85	118,18	142,78	2,85
3.	118,17	142,78	2,85	118,18	142,78	2,85
4.	118,17	142,78	2,99	118,18	142,78	2,71
5.	118,17	142,78	2,99	118,18	142,78	3,14
6.	118,18	142,78	3,14	118,18	142,78	2,99
7.	118,17	142,78	2,99	118,18	142,78	2,99
8.	118,18	142,78	2,99	118,18	142,78	3,14
9.	118,17	142,78	2,99	118,18	142,78	2,99
10.	118,18	142,78	2,99	118,18	142,78	2,99
Galerie art silk kreidinis 300 g/m ²						
Popierių padengimas 0,91 µm dažų sluoksnio storiu						
Nr.	I			S		
		Δ velenėlio	Dažų svoris, g		Δ velenėlio	Dažų svoris, g
1.	118,15	142,78	1,14	118,16	142,78	1,85
2.	118,14	142,78	1,42	118,16	142,78	1,99
3.	118,15	142,78	1,42	118,16	142,78	1,85
4.	118,15	142,78	1,42	118,16	142,78	2,14
5.	118,15	142,78	1,42	118,16	142,78	1,99
6.	118,14	142,78	1,28	118,16	142,78	1,99
7.	118,14	142,78	1,85	118,16	142,78	1,99
8.	118,15	142,78	1,85	118,16	142,78	1,99
9.	118,15	142,78	1,57	118,16	142,78	1,85
10.	118,16	142,78	1,57	118,16	142,78	1,99
Galerie art silk kreidinis 300 g/m ²						
Popierių padengimas 1,86 µm dažų sluoksnio storiu						
Nr.	I			S		
		Δ velenėlio	Dažų svoris, g		Δ velenėlio	Dažų svoris, g
1.	118,17	142,78	2,99	118,16	142,78	1,85
2.	118,16	142,78	2,85	118,16	142,78	2,57
3.	118,17	142,78	2,85	118,16	142,78	1,99
4.	118,16	142,78	2,85	118,16	142,78	2,14
5.	118,16	142,78	2,71	118,16	142,78	2,14
6.	118,16	142,78	2,71	118,16	142,78	2,28
7.	118,17	142,78	2,85	118,16	142,78	2,28
8.	118,17	142,78	2,71	118,16	142,78	2,28
9.	118,17	142,78	2,57	118,16	142,78	2,57
10.	118,17	142,78	2,57	118,17	142,78	2,57
Galerie art silk kreidinis 300 g/m ²						
Popierių padengimas 2,56 µm dažų sluoksnio storiu						

Nr.	I			S		
		Δ velenėlio	Dažų svoris, g		Δ velenėlio	Dažų svoris, g
1.	118,14	142,78	0,71	118,13	142,78	0,71
2.	118,14	142,78	0,71	118,13	142,78	0,71
3.	118,14	142,78	0,71	118,13	142,78	0,57
4.	118,14	142,78	0,85	118,13	142,78	0,71
5.	118,14	142,78	0,71	118,13	142,78	0,57
6.	118,14	142,78	0,85	118,13	142,78	0,57
7.	118,14	142,78	0,71	118,13	142,78	0,85
8.	118,14	142,78	0,85	118,13	142,78	0,85
9.	118,14	142,78	0,99	118,13	142,78	0,57
10.	118,14	142,78	0,71	118,13	142,78	0,57
Galerie art silk kreidinis 300 g/m ²						
Popierių padengimas 3,47 μ m dažų sluoksnio storiu						
Nr.	I			S		
		Δ velenėlio	Dažų svoris, g		Δ velenėlio	Dažų svoris, g
1.	118,18	142,78	2,99	118,18	142,78	3,14
2.	118,18	142,78	3,14	118,18	142,78	2,99
3.	118,18	142,78	3,99	118,18	142,78	2,99
4.	118,18	142,78	2,99	118,17	142,78	2,85
5.	118,18	142,78	2,99	118,17	142,78	2,85
6.	118,17	142,78	2,85	118,17	142,78	2,85
7.	118,18	142,78	2,99	118,17	142,78	2,85
8.	118,18	142,78	2,99	118,17	142,78	2,71
9.	118,18	142,78	3,14	118,17	142,78	2,85
10.	118,18	142,78	3,14	118,17	142,78	2,85
4CC nekreidinis 100 g/m ²						
Popierių padengimas 0,91 μ m dažų sluoksnio storiu						
Nr.	I			S		
		Δ velenėlio	Dažų svoris, g		Δ velenėlio	Dažų svoris, g
1.	118,15	142,78	2,71	118,15	142,78	2,42
2.	118,15	142,78	2,71	118,15	142,78	2,14
3.	118,15	142,78	2,57	118,15	142,78	1,85
4.	118,15	142,78	2,28	118,15	142,78	1,85
5.	118,16	142,78	2,71	118,15	142,78	2,42
6.	118,16	142,78	2,71	118,15	142,78	2,28
7.	118,15	142,78	2,42	118,15	142,78	1,71
8.	118,15	142,78	2,42	118,15	142,78	1,71
9.	118,15	142,78	2,71	118,15	142,78	1,85
10.	118,15	142,78	2,57	118,15	142,78	1,71
4CC nekreidinis 100 g/m ²						
Popierių padengimas 1,86 μ m dažų sluoksnio storiu						
Nr.	I			S		
		Δ velenėlio	Dažų svoris, g		Δ velenėlio	Dažų svoris, g
1.	118,15	142,78	2,71	118,15	142,78	2,71
2.	118,15	142,78	2,42	118,15	142,78	2,99
3.	118,15	142,78	2,42	118,15	142,78	2,71
4.	118,15	142,78	2,71	118,15	142,78	2,57
5.	118,15	142,78	2,85	118,15	142,78	2,85
6.	118,15	142,78	2,99	118,15	142,78	2,14

7.	118,15	142,78	2,28	118,15	142,78	2,42
8.	118,15	142,78	2,57	118,15	142,78	2,57
9.	118,15	142,78	2,57	118,15	142,78	2,71
10.	118,15	142,78	2,71	118,15	142,78	1,99
4CC nekreidinis 100 g/m ²						
Popierių padengimas 2,56 µm dažų sluoksnio storio						
Nr.	I			S		
		Δ velenėlio	Dažų svoris, g		Δ velenėlio	Dažų svoris, g
1.	118,14	142,78	0,99	118,14	142,78	0,99
2.	118,14	142,78	0,85	118,14	142,78	0,85
3.	118,14	142,78	1,28	118,14	142,78	0,99
4.	118,14	142,78	1,28	118,14	142,78	1,14
5.	118,14	142,78	0,85	118,14	142,78	0,85
6.	118,14	142,78	0,99	118,14	142,78	0,85
7.	118,14	142,78	0,85	118,14	142,78	0,99
8.	118,14	142,78	0,99	118,14	142,78	0,99
9.	118,14	142,78	1,28	118,14	142,78	1,28
10.	118,14	142,78	0,99	118,14	142,78	0,85
4CC nekreidinis 100 g/m ²						
Popierių padengimas 3,47 µm dažų sluoksnio storio						
Nr.	I			S		
		Δ velenėlio	Dažų svoris, g		Δ velenėlio	Dažų svoris, g
1.	118,17	142,78	3,85	118,16	142,78	3,42
2.	118,17	142,78	3,85	118,16	142,78	3,56
3.	118,17	142,78	4,14	118,16	142,78	3,56
4.	118,17	142,78	4,14	118,16	142,78	3,42
5.	118,17	142,78	3,85	118,17	142,78	3,56
6.	118,17	142,78	3,71	118,17	142,78	3,42
7.	118,17	142,78	3,71	118,17	142,78	3,85
8.	118,17	142,78	3,85	118,17	142,78	3,42
9.	118,17	142,78	3,71	118,17	142,78	3,71
10.	118,17	142,78	3,42	118,17	142,78	3,56
4CC nekreidinis 200 g/m ²						
Popierių padengimas 0,91 µm dažų sluoksnio storio						
Nr.	I			S		
		Δ velenėlio	Dažų svoris, g		Δ velenėlio	Dažų svoris, g
1.	118,15	142,78	1,85	118,15	142,78	1,71
2.	118,15	142,78	1,85	118,15	142,78	2,14
3.	118,15	142,78	1,99	118,15	142,78	2,14
4.	118,15	142,78	1,99	118,15	142,78	2,14
5.	118,15	142,78	1,57	118,15	142,78	2,28
6.	118,15	142,78	1,71	118,15	142,78	2,14
7.	118,15	142,78	1,57	118,15	142,78	1,99
8.	118,15	142,78	1,85	118,15	142,78	1,99
9.	118,15	142,78	1,71	118,15	142,78	2,14
10.	118,15	142,78	1,71	118,15	142,78	1,85
4CC nekreidinis 200 g/m ²						
Popierių padengimas 1,86 µm dažų sluoksnio storio						
Nr.	I			S		
		Δ	Dažų		Δ	Dažų

		velenėlio	svoris, g		velenėlio	svoris, g
1.	118,16	142,78	3,56	118,14	142,78	2,61
2.	118,16	142,78	3,85	118,15	142,78	2,61
3.	118,16	142,78	3,28	118,16	142,78	2,84
4.	118,16	142,78	3,56	118,16	142,78	2,99
5.	118,16	142,78	3,56	118,16	142,78	3,28
6.	118,16	142,78	2,85	118,16	142,78	3,28
7.	118,16	142,78	2,85	118,16	142,78	3,28
8.	118,15	142,78	2,71	118,16	142,78	2,99
9.	118,15	142,78	2,42	118,16	142,78	2,57
10.	118,15	142,78	2,42	118,16	142,78	3,28
4CC nekreidinis 200 g/m²						
Popierių padengimas 2,56 µm dažų sluoksnio storio						
Nr.	I			S		
		Δ velenėlio	Dažų svoris, g		Δ velenėlio	Dažų svoris, g
1.	118,14	142,78	0,85	118,14	142,78	0,85
2.	118,14	142,78	0,71	118,14	142,78	0,99
3.	118,14	142,78	0,85	118,14	142,78	0,99
4.	118,14	142,78	0,71	118,14	142,78	0,85
5.	118,14	142,78	0,85	118,14	142,78	0,99
6.	118,14	142,78	0,85	118,14	142,78	1,14
7.	118,14	142,78	0,85	118,14	142,78	1,14
8.	118,14	142,78	0,85	118,14	142,78	0,99
9.	118,14	142,78	1,14	118,14	142,78	0,99
10.	118,14	142,78	0,99	118,14	142,78	1,14
4CC nekreidinis 200 g/m²						
Popierių padengimas 3,47 µm dažų sluoksnio storio						
Nr.	I			S		
		Δ velenėlio	Dažų svoris, g		Δ velenėlio	Dažų svoris, g
1.	118,17	142,78	4,14	118,17	142,78	3,56
2.	118,17	142,78	3,56	118,17	142,78	2,99
3.	118,17	142,78	3,99	118,17	142,78	3,28
4.	118,17	142,78	4,14	118,17	142,78	3,85
5.	118,17	142,78	4,14	118,17	142,78	3,56
6.	118,17	142,78	3,71	118,17	142,78	3,56
7.	118,17	142,78	3,42	118,17	142,78	3,85
8.	118,17	142,78	3,99	118,17	142,78	3,56
9.	118,17	142,78	3,99	118,17	142,78	3,85
10.	118,17	142,78	3,56	118,17	142,78	3,56

6 priedas. Atspaudų spalvos tyrimas spektrofotometru

Eil. Nr.	Popieriaus rūšis	0,91 μm dažų sluoksnis			1,86 μm dažų sluoksnis		
		L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
1.1	„Maxi offset“ 80 g/m ²	118,33	-9,60	10,61	107,82	-12,91	-1,20
1.2		121,68	-6,39	14,66	107,55	-12,30	-0,63
1.3		121,92	-6,30	15,07	105,98	-13,34	-2,57
Vidurkis:		120,64	-7,43	13,45	107,12	-12,85	-1,47
2.1		121,21	-6,22	14,43	106,06	-15,64	-3,86
2.2		121,90	-5,75	15,47	106,10	-14,49	-3,20
2.3		120,43	-7,00	13,67	104,60	-16,09	-5,34
Vidurkis:		121,56	-6,32	14,52	105,59	-15,41	-4,13
3.1		120,92	-7,45	13,75	105,77	-15,44	-3,41
3.2		121,80	-6,86	-14,64	107,82	-15,41	-2,84
3.3		121,24	-6,82	14,51	108,14	-13,71	-1,37
Vidurkis:		121,32	-7,04	4,54	107,24	-14,85	-2,54
4.1		120,17	-7,60	12,94	108,95	-12,81	-0,35
4.2		120,80	-5,72	14,41	108,07	-13,03	-1,13
4.3		120,08	-7,06	12,74	107,23	-12,46	-0,97
Vidurkis:		120,35	-6,79	13,36	108,08	-12,77	-0,82
5.1		124,48	-7,05	19,01	106,11	-19,12	4,00
5.2		125,55	-6,47	20,55	108,06	-16,97	-1,42
5.3		119,58	-11,40	12,76	107,78	-16,00	-1,04
Vidurkis:		123,20	-8,31	17,44	107,32	-17,36	0,51
6.1		123,18	-8,31	17,49	105,22	-18,47	-4,45
6.2		118,66	-11,19	11,83	103,55	-20,13	-6,65
6.3		121,62	-9,24	15,44	106,05	-17,74	-2,91
Vidurkis:		121,15	-9,58	14,92	104,94	-18,78	-4,67
7.1		121,75	-9,51	15,45	107,98	-17,98	-1,44
7.2		125,87	-5,14	21,71	104,53	-20,11	-5,61
7.3		122,78	-7,62	17,36	107,09	-18,00	-1,93
Vidurkis:		123,47	-7,42	18,17	106,53	-18,70	-2,99
8.1		119,18	-10,88	12,23	106,92	-16,42	-2,14
8.2		120,37	-10,03	13,40	105,48	-18,48	-3,93
8.3		120,37	-10,38	13,43	105,31	-19,74	-4,57
Vidurkis:		119,97	-10,43	13,02	105,90	-18,21	-3,55
9.1		119,41	-11,06	12,75	107,33	-17,11	-1,66
9.2		122,40	-8,06	17,19	106,73	-17,43	-2,93
9.3		122,59	7,60	16,85	104,01	-20,26	-5,83
Vidurkis:		121,47	-3,84	15,60	106,02	-18,27	-3,47
10.1		121,44	-8,25	15,59	107,31	-18,36	-2,58
10.2		122,49	-7,33	17,13	104,68	-21,12	-6,42
10.3		122,13	-7,90	16,51	106,81	-18,77	-3,14
Vidurkis:		122,02	-7,83	16,41	106,27	-19,42	-4,05
1.1	„Maxi offset“ 150 g/m ²	122,24	-5,19	16,40	99,61	-12,13	-9,86
1.2		122,82	-5,53	15,93	101,94	-12,51	-7,43
1.3		120,94	-6,01	14,80	99,16	-13,24	-10,44
Vidurkis:		122,00	-5,58	15,71	100,24	-12,63	-9,24
2.1		122,52	-5,49	16,02	98,60	-14,54	-11,93
2.2		121,59	-6,36	14,52	99,27	-12,84	-10,08
2.3		122,71	-5,91	15,80	101,65	-12,74	-8,26
Vidurkis:		122,27	-5,92	15,45	99,84	-13,37	-10,09
3.1		119,56	-6,65	12,40	106,95	-12,79	-2,70
3.2		118,03	-8,01	10,63	104,47	-14,98	-5,79
3.3		123,90	-4,31	17,58	106,17	-13,57	-3,89
Vidurkis:		120,50	-6,32	13,54	105,86	-13,78	-4,13
4.1		118,77	-7,54	11,73	105,22	-13,03	-4,25
4.2		119,28	-7,07	12,44	100,76	-15,96	-9,99
4.3		119,53	-7,20	12,62	101,07	-15,55	9,30

Vidurkis:		119,19	-7,27	12,26	102,35	-14,85	-1,65
5.1		122,98	-4,75	17,03	103,68	-14,29	-6,46
5.2		122,79	-5,84	15,84	104,85	-13,58	-4,96
5.3		121,02	-7,03	14,60	103,84	-13,60	-5,74
Vidurkis:		122,26	-5,87	15,82	104,12	-13,82	-5,72
6.1		120,76	-7,68	13,50	102,66	-15,71	-7,60
6.2		122,87	-6,17	17,19	102,78	-14,89	-7,57
6.3		122,28	-7,03	15,80	101,39	-14,75	-8,84
Vidurkis:		121,97	-6,96	15,50	102,28	-15,12	-8,00
7.1		121,66	-7,25	14,81	104,14	-15,04	-6,02
7.2		122,77	-6,66	15,92	103,99	-14,23	-6,27
7.3		122,16	-6,75	15,66	102,42	-16,47	-8,42
Vidurkis:		122,20	-6,89	15,46	103,52	-15,25	-6,90
8.1		122,34	-7,51	15,45	102,14	-16,07	-8,68
8.2		120,02	-6,51	14,76	104,74	-14,64	-5,72
8.3		122,87	-6,81	16,30	101,29	-16,28	-9,80
Vidurkis:		121,74	-6,94	15,50	102,72	-15,66	-8,07
9.1		119,47	-8,59	12,02	102,05	-13,99	-8,76
9.2		123,11	-7,14	16,79	101,41	-15,08	-9,65
9.3		122,78	-6,01	16,84	103,30	-13,84	-7,12
Vidurkis:		121,79	-7,25	15,22	102,25	-14,30	-8,51
10.1		123,72	-6,17	17,60	104,67	-12,69	-5,15
10.2		122,84	-6,96	16,26	104,17	-13,18	-6,12
10.3		121,65	-8,03	14,54	103,75	-13,87	-6,77
Vidurkis:		122,74	-7,05	16,13	104,20	-13,25	-6,01
1.1	„Galerie art silk“ 150 g/m ²	98,33	-55,13	-24,20	74,66	-56,80	-48,92
1.2		98,32	-53,35	-23,02	74,36	-58,75	-49,63
1.3		98,09	-54,73	-24,12	74,27	-58,31	-49,55
Vidurkis:		98,25	-54,40	-23,78	74,43	-57,95	-49,37
2.1		98,49	-54,49	-24,30	73,97	-57,30	-50,53
2.2		98,40	-54,63	-23,50	74,40	-55,86	-49,43
2.3		98,58	-54,19	-23,64	74,55	-57,47	-49,82
Vidurkis:		98,49	-54,44	-23,81	74,31	-56,88	-49,93
3.1		98,41	-53,46	-23,32	74,82	-58,39	-49,44
3.2		98,26	-54,17	-23,56	74,32	-57,23	-49,58
3.3		97,88	-54,41	-24,21	74,73	-57,26	-49,19
Vidurkis:		98,18	-54,01	-23,70	74,62	-57,63	-49,40
4.1		97,41	-54,26	-25,04	72,80	-55,95	-50,92
4.2		98,05	-52,51	-23,77	73,14	-53,72	-50,66
4.3		98,66	-51,88	-22,64	73,35	-55,10	-50,61
Vidurkis:		98,04	-52,88	-23,82	73,10	-54,92	-50,73
5.1		97,99	-55,44	-24,58	74,27	-57,96	-49,82
5.2		97,86	-55,60	-24,41	74,34	-56,97	-49,79
5.3		98,17	-54,15	-23,52	74,03	-55,76	-49,65
Vidurkis:		98,01	-55,06	-24,17	74,21	-55,76	-49,75
6.1		97,85	-55,84	-24,64	74,89	-56,55	-48,95
6.2		97,35	-56,72	-25,15	74,89	-58,58	-49,61
6.3		97,03	-56,29	-25,83	74,53	-58,70	-49,70
Vidurkis:		97,41	-56,28	-25,21	74,77	-57,94	-49,42
7.1		97,03	-56,53	-25,83	74,21	-56,27	-49,55
7.2		97,15	-56,27	-25,46	75,55	-57,92	-48,56
7.3		96,54	-56,27	-25,91	75,01	-58,77	-49,14
Vidurkis:		96,91	-56,36	-25,73	74,92	-57,65	-49,08
8.1		97,65	-57,05	-25,16	75,91	-58,03	-48,02
8.2		96,93	-56,77	-25,51	75,94	-58,60	-48,33
8.3		97,33	-55,85	-24,62	75,96	-57,51	-48,19
Vidurkis:		97,30	-56,56	-25,10	75,94	-58,05	-48,18
9.1		99,08	-53,06	-22,92	76,46	-58,44	-47,77
9.2		98,57	-54,74	-23,54	76,52	-57,91	-47,59
9.3		97,30	-56,01	-24,70	76,64	-57,61	-47,46

Vidurkis:		98,32	-54,60	-23,72	76,54	-57,99	-47,61
10.1		97,95	-55,48	-24,40	74,41	-57,63	-49,65
10.2		98,23	-55,59	-24,21	74,09	-55,32	-48,68
10.3		97,65	-55,70	-24,49	73,91	-57,73	-49,74
Vidurkis:		97,94	-55,59	-24,37	74,14	-56,89	-49,36
1.1	„Galerie art silk“ 300 g/m ²	96,18	-60,10	-28,62	70,61	-49,19	-52,54
1.2		95,65	-58,59	-29,00	69,76	-49,50	-53,42
1.3		97,14	-57,62	-27,24	69,28	-50,88	-54,51
Vidurkis:		96,32	-58,77	-28,29	69,88	-49,86	-53,49
2.1		96,28	-59,72	-28,64	67,86	-48,71	-55,06
2.2		95,92	-59,96	-28,99	67,89	-49,27	-55,43
2.3		96,09	-60,42	-28,92	67,48	-49,41	-55,66
Vidurkis:		96,10	-60,03	-28,85	67,74	-49,13	-55,38
3.1		97,67	-58,78	-26,66	69,71	-50,51	-54,27
3.2		97,84	-59,11	-26,60	69,33	-51,43	-54,52
3.3		98,24	-58,51	-26,17	68,37	-49,86	-54,73
Vidurkis:		97,92	-58,80	-26,48	69,14	-50,60	-54,51
4.1		99,92	-57,33	-24,06	70,71	-52,83	-53,36
4.2		100,07	-56,95	-24,05	70,87	-52,76	-53,39
4.3		99,45	-57,72	-24,64	70,30	-53,15	-53,84
Vidurkis:		99,81	-57,33	-24,25	70,63	-52,91	-53,53
5.1		96,51	57,65	-27,49	70,96	-52,30	-52,95
5.2		97,27	-57,49	26,99	70,69	-53,45	-53,86
5.3		96,65	-58,94	-27,81	70,30	-53,13	-53,83
Vidurkis:		96,81	-19,59	-9,44	70,65	-52,96	-53,55
6.1		94,94	-59,87	-29,91	69,67	-50,79	-53,97
6.2		95,80	-59,87	-29,06	69,12	-51,56	-54,76
6.3		95,41	-60,40	-29,66	69,68	-49,49	-53,02
Vidurkis:		95,38	-60,05	-29,54	69,49	-50,61	-53,92
7.1		98,70	-57,64	-25,48	70,03	-49,05	-53,23
7.2		98,85	-57,60	-25,30	69,24	-51,11	-54,30
7.3		98,55	-58,27	-25,69	69,53	-50,38	-54,20
Vidurkis:		98,70	-57,84	-25,49	69,60	-50,18	-53,91
8.1		101,53	-55,98	-21,91	71,49	-54,52	-53,15
8.2		101,85	-55,07	-21,49	71,42	-53,14	-52,72
8.3		101,69	-55,93	-21,80	71,59	-51,82	-52,20
Vidurkis:		101,69	-55,66	-21,73	71,50	-53,16	-52,69
9.1		96,26	-59,59	-28,20	70,12	-52,26	-54,16
9.2		97,01	-58,11	-27,41	70,01	-51,04	-53,53
9.3		96,34	-59,66	-28,41	70,30	-50,40	-53,19
Vidurkis:		96,54	-59,12	-28,01	70,14	-51,23	-53,63
10.1		97,98	-58,52	-26,40	69,46	-51,39	-54,44
10.2		97,97	-59,23	-26,62	69,46	-50,94	-54,16
10.3		97,51	-59,20	-26,94	69,10	-51,62	-54,72
Vidurkis:		97,82	-58,98	-26,65	69,34	-51,32	-54,44
1.1	„4CC 100“ g/m ²	106,88	-16,51	-6,25	87,78	-17,89	-24,34
1.2		112,34	-14,36	-1,53	86,99	-18,53	-25,33
1.3		111,27	-13,36	-0,74	87,11	-19,45	-25,09
Vidurkis:		110,16	-14,74	-2,84	87,29	-18,62	-24,92
2.1		107,22	-16,59	-5,94	89,06	-17,43	-22,87
2.2		110,69	-15,47	-2,26	87,39	-20,46	-25,86
2.3		110,17	-15,52	-2,46	87,49	-21,02	-25,68
Vidurkis:		109,36	-15,86	-3,55	87,98	-19,64	-24,80
3.1		110,83	-14,89	-1,82	87,89	-18,29	-24,34
3.2		111,78	-13,40	-0,38	89,27	-18,79	-23,20
3.3		108,24	-16,80	-5,02	89,26	-18,06	-23,24
Vidurkis:		110,28	-15,03	-2,41	88,81	-18,38	-23,59
4.1		111,88	-15,27	-0,69	89,22	-19,11	-23,13
4.2		110,09	-15,82	-2,54	88,50	-19,65	-23,49
4.3		113,18	-14,54	-0,37	88,49	-18,93	-23,97

Vidurkis:		111,72	-15,21	-1,20	88,74	-19,23	-23,53
5.1		111,96	-14,94	-0,84	90,14	-17,58	-21,30
5.2		112,77	-13,76	-0,46	91,67	-18,88	-21,21
5.3		109,55	-16,12	-3,30	90,58	-18,65	-21,95
Vidurkis:		111,43	-14,94	-1,53	90,80	-18,37	-21,49
6.1		109,39	-18,10	-3,51	89,67	-17,90	-22,54
6.2		109,83	-16,81	-2,81	89,84	-19,63	-22,59
6.3		108,30	-18,05	-4,62	91,26	-19,34	-21,42
Vidurkis:		109,17	-17,65	-3,65	90,26	-18,96	-22,18
7.1		111,01	-17,58	-1,74	84,12	-21,95	-27,95
7.2		111,37	-16,37	-0,93	84,76	-21,32	-28,01
7.3		109,80	-16,93	-2,62	85,93	-19,91	-26,07
Vidurkis:		110,73	-16,96	-1,76	84,94	-21,06	-27,34
8.1		111,24	-16,63	-1,19	85,47	-20,91	-26,88
8.2		109,96	-18,32	-4,22	85,94	-19,81	-25,95
8.3		110,37	-18,16	-2,59	85,22	-20,35	-27,06
Vidurkis:		110,52	-17,70	-2,67	85,54	-20,36	-26,63
9.1		110,41	-16,26	-2,06	84,34	-22,05	-28,05
9.2		110,55	-15,94	-1,32	84,38	-22,73	-28,32
9.3		111,25	-15,38	-0,79	84,35	-21,60	-27,77
Vidurkis:		110,74	-15,86	-1,39	84,36	-22,13	-28,05
10.1		109,33	-18,05	-3,50	84,20	-21,24	-28,13
10.2		108,69	-17,50	-4,18	84,49	-21,04	-27,90
10.3		108,27	-17,74	-4,48	84,78	-22,12	-28,08
Vidurkis:		108,76	-17,76	-4,05	84,49	-21,47	-28,04
1.1	„4CC“ 200 g/m ²	98,21	2,50	6,60	77,89	-20,92	-35,00
1.2		98,10	2,35	6,56	77,90	-20,85	-35,12
1.3		99,19	3,01	7,58	79,03	-23,09	-34,74
Vidurkis:		98,50	2,62	6,91	78,27	-21,62	-34,95
2.1		98,90	3,82	7,65	78,77	-21,02	-34,73
2.2		98,35	2,62	6,96	79,00	-21,16	-34,39
2.3		98,69	2,97	7,26	78,09	-22,39	-35,54
Vidurkis:		98,65	3,14	7,29	78,62	-21,52	-34,88
3.1		100,45	4,31	9,40	78,76	-18,31	-33,16
3.2		98,01	1,93	6,28	77,83	-19,59	-34,46
3.3		98,18	2,42	6,47	77,56	-18,12	-33,95
Vidurkis:		98,88	2,89	7,38	78,05	-18,67	-33,85
4.1		98,58	3,06	7,44	79,89	-18,31	-32,61
4.2		99,61	4,17	8,53	80,38	-19,53	-32,46
4.3		98,38	3,01	7,07	80,71	-20,63	-32,90
Vidurkis:		98,86	3,41	7,68	80,32	-19,49	-32,65
5.1		98,89	3,21	7,77	80,39	-19,29	-32,15
5.2		99,21	2,99	7,92	80,05	-19,06	-32,59
5.3		101,11	4,80	10,28	80,11	-20,32	-32,67
Vidurkis:		99,74	3,67	8,66	80,18	-19,55	-32,47
6.1		99,65	3,63	8,37	81,39	-21,16	-32,51
6.2		97,71	2,17	6,04	81,42	-21,57	-32,36
6.3		99,52	4,29	8,67	81,52	-20,41	-31,77
Vidurkis:		98,96	3,36	7,69	81,44	-21,04	-32,21
7.1		96,49	1,84	4,94	81,96	-18,85	-30,93
7.2		97,04	2,35	5,55	82,60	-18,36	-30,31
7.3		97,41	2,43	5,99	82,83	-20,26	-30,56
Vidurkis:		96,98	2,21	5,49	82,46	-19,15	-30,60
8.1		100,62	5,23	10,38	85,30	-18,62	-28,08
8.2		99,69	3,41	8,42	84,69	-19,00	-28,87
8.3		99,73	3,62	8,73	85,30	-20,73	-28,99
Vidurkis:		100,01	4,09	9,18	85,09	-19,45	-28,64
9.1		99,10	4,06	8,13	86,28	-18,16	-27,29
9.2		98,82	3,11	7,55	84,21	-22,42	-30,37
9.3		99,68	5,14	9,22	84,59	-22,67	-30,21

Vidurkis:		99,20	4,10	8,30	85,02	-21,08	-29,29
10.1		98,41	2,97	6,99	85,55	-20,62	-28,64
10.2		99,02	3,89	8,19	86,19	-21,20	-28,28
10.3		99,71	4,41	8,74	85,69	-21,13	-28,95
Vidurkis:		99,05	3,76	7,97	85,81	-20,98	-28,62
Eil. Nr.	Popieriaus rūšis	2,56 µm dažų sluoksnis			3,47 µm dažų sluoksnis		
		L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
1.1	„Maxi offset“ 80 g/m ²	86,17	-22,78	-22,78	61,75	-3,47	-24,04
1.2		85,63	-21,60	-22,71	61,95	-2,56	-22,98
1.3		83,60	-23,11	-25,35	62,41	-2,96	-22,70
Vidurkis:		85,13	-22,50	-23,61	62,04	-3,00	-23,24
2.1		85,32	-21,78	-22,27	62,61	-4,60	-23,28
2.2		83,26	-23,85	-25,61	61,23	-3,55	-24,49
2.3		84,18	-22,67	-23,92	61,84	-4,18	-23,66
Vidurkis:		84,25	-22,77	-23,93	61,89	-4,11	-23,81
3.1		82,14	-25,60	-27,25	61,38	-0,18	-20,53
3.2		82,66	-25,69	-26,76	61,66	-4,19	-23,44
3.3		82,26	-26,89	-28,14	61,89	-3,69	-23,41
Vidurkis:		82,35	-26,06	-27,38	61,64	-2,69	-22,46
4.1		85,10	-24,42	-24,78	61,57	-3,12	-23,93
4.2		87,01	-21,54	-21,27	62,84	-3,25	-22,31
4.3		86,95	-21,30	-21,34	62,03	-5,22	-24,15
Vidurkis:		86,35	-22,42	-22,46	62,15	-3,86	-23,46
5.1		82,75	-24,76	-26,62	61,92	-7,26	-24,91
5.2		86,60	-23,73	-23,34	62,97	-6,17	-24,04
5.3		86,44	-22,99	-23,19	62,42	-2,04	-23,19
Vidurkis:		85,26	-23,83	-24,38	62,44	-5,16	-24,05
6.1		84,78	-23,23	-24,87	61,03	-4,81	-23,96
6.2		85,36	-23,30	-24,23	62,73	-6,16	-24,56
-6.3		83,36	-22,60	-24,99	62,30	-6,16	-24,20
Vidurkis:		84,50	-23,04	-24,70	62,02	-5,71	-24,24
7.1		83,14	-25,85	-26,96	60,91	-2,22	-23,73
7.2		84,77	-23,44	-24,61	61,78	-1,93	-22,28
7.3		84,41	-23,68	-25,53	61,94	-3,09	-23,19
Vidurkis:		84,11	-24,32	-25,70	61,54	-2,41	-23,07
8.1		86,13	-21,92	-24,41	62,94	-4,32	-22,92
8.2		85,89	-22,92	-22,79	61,34	-3,39	-23,55
8.3		86,62	-21,77	-21,62	62,44	-2,93	-22,57
Vidurkis:		86,21	-22,20	-22,94	62,24	-3,55	-23,01
9.1		81,35	-26,18	-28,70	62,32	-4,03	-23,39
9.2		80,52	-27,94	-29,92	62,16	-3,31	-23,05
9.3		82,51	-27,40	-28,01	61,54	-2,73	-23,13
Vidurkis:		81,46	-27,17	-28,88	62,01	-3,36	-23,19
10.1		84,27	-22,58	-24,63	61,40	-3,30	-23,55
10.2		86,41	-23,04	-23,00	61,34	-3,77	-23,75
10.3		85,04	-22,46	-24,61	61,12	-3,55	-23,71
Vidurkis:		85,24	-22,69	-24,08	61,29	-3,54	-23,67
1.1	„Maxi offset“ 150 g/m ²	94,37	-14,22	-14,69	60,40	-3,00	-25,35
1.2		97,50	-12,93	-11,08	61,70	-2,68	-23,95
1.3		96,06	-12,74	-12,49	60,74	-2,43	-24,81
Vidurkis:		95,98	-13,30	-12,75	60,95	-2,70	-24,70
2.1		93,54	-14,15	-15,30	60,28	-2,57	-25,41
2.2		96,10	-13,87	-12,81	60,40	-1,75	-24,83
2.3		97,92	-12,29	-10,03	60,44	-3,25	-25,84
Vidurkis:		95,85	-13,44	-12,71	60,37	-2,52	-25,36
3.1		95,35	-14,55	-13,89	61,23	-1,76	-24,29
3.2		91,98	-15,33	-17,16	61,48	-1,94	-23,97
3.3		93,62	-14,17	-14,95	61,58	-0,28	-23,36

Vidurkis:		93,65	-14,68	-15,33	61,43	-1,33	-23,87
4.1		93,61	-14,97	-15,38	60,92	-2,52	-25,18
4.2		92,65	-15,21	-16,49	60,55	-3,40	-25,48
4.3		92,17	-16,08	-17,15	61,32	-2,30	-24,64
Vidurkis:		92,81	-15,42	-16,34	60,93	-2,74	-25,10
5.1		94,02	-13,98	-14,85	61,37	-2,01	-24,38
5.2		91,73	-14,06	-16,61	60,67	-1,67	-24,35
5.3		97,61	-11,65	-10,22	61,35	-2,02	-24,25
Vidurkis:		94,45	-13,23	-13,89	61,13	-1,90	-24,33
6.1		91,33	-16,03	-17,85	61,25	-3,29	-24,97
6.2		92,39	-14,63	-16,13	61,54	-3,15	-24,44
6.3		89,61	-16,85	-19,52	61,72	-2,92	-23,99
Vidurkis:		91,11	-15,84	-17,83	61,50	-3,12	-24,47
7.1		95,17	-13,98	-13,55	61,68	-1,98	-23,64
7.2		93,62	-14,17	-14,95	61,45	-2,87	-24,81
7.3		94,36	-14,48	-14,32	60,98	-2,81	-24,59
Vidurkis:		94,38	-14,21	-14,27	61,37	-2,55	-24,35
8.1		92,06	-15,22	-16,98	61,98	-1,20	-22,44
8.2		92,38	-14,21	-16,16	60,31	-2,03	-24,96
8.3		89,40	-15,18	-19,41	61,46	-1,30	-23,71
Vidurkis:		91,28	-14,87	-17,52	61,25	-1,51	-23,70
9.1		88,74	-15,99	-20,37	60,37	-2,92	-25,05
9.2		87,06	-17,89	-22,34	61,44	-3,31	-24,51
9.3		88,97	-15,46	-19,84	61,15	-3,29	-24,88
Vidurkis:		88,26	-16,94	-20,85	60,99	-3,17	-24,81
10.1		87,51	-15,85	-21,55	61,24	-2,95	-24,63
10.2		91,53	-15,02	-17,47	60,75	-4,71	-25,62
10.3		92,48	-13,28	-15,57	61,60	-2,92	-24,06
Vidurkis:		90,51	-14,72	-18,20	61,20	-3,53	-24,77
1.1	„Galerie art silk“ 150 g/m ²	72,36	-56,04	-51,73	48,52	-29,93	-49,34
1.2		72,14	-55,46	-51,91	48,34	-29,53	-49,94
1.3		71,81	-54,84	-52,07	48,45	-26,88	-47,73
Vidurkis:		72,10	-55,45	-51,90	48,44	-28,78	-49,00
2.1		72,76	-57,63	-50,68	48,69	-29,93	-49,27
2.2		73,45	-56,56	-49,73	48,55	-26,48	-47,69
2.3		73,28	-56,32	-49,84	48,13	-28,72	-49,11
Vidurkis:		73,16	-56,84	-50,08	48,46	-28,38	-48,69
3.1		72,97	-53,01	-50,15	48,28	-29,64	-49,90
3.2		72,76	-56,74	-51,40	48,12	-28,92	-49,27
3.3		72,47	-54,72	-50,82	48,23	-29,24	-49,40
Vidurkis:		72,73	-54,82	-50,79	48,21	-29,27	-49,52
4.1		73,63	-52,99	-49,43	48,93	-29,03	-48,91
4.2		72,80	-56,94	-51,05	48,58	-27,44	-48,64
4.3		73,29	-57,07	-50,58	48,32	-28,80	-49,23
Vidurkis:		73,24	-55,67	-50,35	48,61	-28,42	-48,93
5.1		72,87	-56,33	-50,67	48,61	-28,37	-48,96
5.2		72,41	-56,67	-51,18	48,68	-29,61	-49,39
5.3		72,73	-54,09	-49,94	48,30	-28,40	-48,84
Vidurkis:		72,67	-55,70	-50,60	48,53	-28,79	-49,06
6.1		72,50	-53,05	-50,21	50,23	-32,55	-48,62
6.2		71,49	-55,59	-51,70	50,11	-33,61	-48,64
6.3		70,22	-53,07	-52,35	50,29	-31,81	-48,15
Vidurkis:		71,40	-53,90	-51,42	50,21	-32,66	-48,47
7.1		71,93	-55,10	-51,35	49,93	-32,64	-49,00
7.2		72,24	-55,18	-50,77	49,93	-33,09	-48,40
7.3		72,04	-54,73	-51,26	49,78	-31,21	-48,19
Vidurkis:		72,07	-55,00	-51,13	49,88	-32,31	-48,53
8.1		71,77	-50,33	-49,83	50,62	-33,97	-48,44
8.2		71,65	-54,43	-51,10	50,46	-34,48	-48,52
8.3		71,10	-55,10	51,95	50,79	-34,73	-48,45

Vidurkis:		71,51	-53,29	-16,33	50,62	-34,39	-48,47
9.1		71,32	-54,60	-52,17	49,68	-32,07	-48,90
9.2		71,02	-55,18	-52,40	49,64	-32,44	-48,71
9.3		71,09	-54,21	-52,04	49,44	-32,22	-49,14
Vidurkis:		71,14	-54,66	-52,20	49,59	-32,24	-48,92
10.1		70,86	-55,13	-52,45	49,26	-31,72	-48,75
10.2		70,38	-54,18	-52,54	49,62	-32,88	-48,75
10.3		70,42	-52,94	-52,29	49,64	-32,18	-48,90
Vidurkis:		70,55	-54,08	-52,43	49,51	-32,26	-48,80
1.1	„Galerie art silk“ 300 g/m ²	66,86	-50,34	-56,60	47,84	-28,37	-49,55
1.2		66,91	-50,55	-56,53	48,76	-26,34	-48,57
1.3		67,12	-50,97	-56,50	47,40	-28,96	-50,08
Vidurkis:		66,93	-50,62	-56,54	48,00	-27,89	-49,40
2.1		66,69	-50,34	-56,69	48,39	-29,25	-49,28
2.2		66,74	-49,96	-56,65	48,93	-27,62	-48,70
2.3		66,96	-50,29	-56,51	48,00	-29,38	-49,57
Vidurkis:		66,79	-50,19	-56,61	48,44	-28,75	-49,18
3.1		66,54	-50,10	-56,71	48,78	-29,40	-49,36
3.2		66,63	-50,37	-56,77	48,26	-30,13	-49,94
3.3		66,50	-49,77	-56,67	48,41	-28,22	-48,83
Vidurkis:		66,55	-50,08	-56,71	48,48	-29,25	-49,38
4.1		66,99	-50,03	-56,53	49,15	-29,94	-49,03
4.2		67,07	-49,69	-56,25	48,29	-31,10	-49,98
4.3		67,19	-50,64	-56,44	48,95	-29,87	-48,86
Vidurkis:		67,08	-50,12	-56,40	48,80	-30,30	-49,29
5.1		66,47	-49,67	-56,89	49,05	-30,15	-48,86
5.2		66,07	-48,67	-56,97	49,56	-27,49	-47,63
5.3		66,39	-48,60	-56,63	49,00	-30,38	-49,34
Vidurkis:		66,31	-48,98	-56,83	49,20	-29,34	-48,61
6.1		66,04	-48,89	-57,05	48,14	-28,32	-49,22
6.2		66,90	-47,40	-56,54	48,03	-29,04	-49,65
6.3		66,17	-49,29	-57,10	48,14	-27,97	-49,09
Vidurkis:		66,37	-48,52	-56,89	48,10	-28,44	-49,32
7.1		65,92	-49,11	-57,24	48,00	-27,94	-49,30
7.2		66,19	-49,11	-56,88	48,02	-26,65	-48,49
7.3		66,09	-49,01	-57,07	48,15	-26,39	-48,26
Vidurkis:		66,06	-49,07	-57,06	48,06	-26,99	-48,68
8.1		65,92	-48,77	-57,28	49,64	-32,25	-49,33
8.2		66,41	-46,63	-56,01	49,80	-32,23	-49,19
8.3		66,10	-49,02	-57,24	50,13	-31,88	-48,80
Vidurkis:		66,14	-48,14	-56,84	49,86	-32,12	-49,11
9.1		65,59	-48,21	-57,33	50,22	-32,85	-49,10
9.2		65,62	-48,51	-57,33	50,31	-32,01	-48,75
9.3		65,87	-48,33	-57,23	49,93	-32,57	-49,31
Vidurkis:		65,69	-48,35	-57,29	50,15	-32,48	-49,05
10.1		65,57	-48,58	-57,18	50,16	-32,01	-48,98
10.2		65,67	-48,41	-57,45	50,56	-31,28	-48,09
10.3		65,49	-46,76	-57,05	50,12	-32,68	-49,10
Vidurkis:		65,57	-47,91	-57,22	50,28	-31,99	-48,72
1.1	„4CC“ 100 g/m ²	81,64	-20,78	-29,25	58,88	-7,91	-29,11
1.2		82,48	-19,56	-27,80	58,91	-5,83	-28,34
1.3		81,60	-19,87	-29,05	58,83	-9,85	-30,04
Vidurkis:		81,91	-20,07	-28,70	58,87	-7,86	-29,16
2.1		82,77	-20,25	28-29	59,09	-8,39	-29,47
2.2		82,52	-22,67	-29,44	58,40	-6,19	-28,89
2.3		81,13	-21,49	-30,07	58,32	-7,39	-29,63
Vidurkis:		82,14	-21,47	-29,76	58,60	-7,32	-29,33
3.1		82,60	-20,59	-28,02	58,85	-6,16	-28,32
3.2		83,15	-21,94	-28,00	58,70	-8,51	-29,60
3.3		82,06	-22,29	-29,29	58,68	-7,60	-29,38

Vidurkis:		82,60	-21,61	-28,44	58,74	-7,42	-29,10
4.1		81,87	-20,66	-28,97	58,04	-8,76	-30,12
4.2		82,24	-20,37	-28,52	58,18	-7,08	-29,29
4.3		84,34	-19,17	-26,11	58,28	-6,91	-29,20
Vidurkis:		82,82	-20,07	-27,87	58,17	-7,58	-29,54
5.1		84,80	-19,28	-25,89	57,93	-6,91	-29,76
5.2		84,26	-21,22	-27,00	57,72	-7,94	-30,36
5.3		83,14	-20,34	-27,69	57,49	-8,18	-30,42
Vidurkis:		84,07	-20,28	-26,86	57,71	-7,68	-30,18
6.1		83,23	-20,91	-27,91	57,59	-8,77	-30,68
6.2		82,54	-19,66	-28,20	57,33	-8,24	-30,48
6.3		82,63	-22,78	-29,30	57,64	-6,75	-29,74
Vidurkis:		82,80	-21,12	-28,47	57,52	-7,92	-30,30
7.1		83,11	-21,20	-28,33	58,39	-2,39	-26,53
7.2		82,89	-21,41	-28,19	58,56	-4,42	-27,87
7.3		81,77	-20,57	-29,26	58,12	-4,99	-28,25
Vidurkis:		82,59	-21,06	-28,59	58,36	-3,93	-27,55
8.1		81,91	-19,66	-28,66	59,19	-4,29	-27,46
8.2		82,49	-20,38	-28,31	59,94	-5,06	-27,10
8.3		82,18	-22,06	-29,33	59,39	-4,06	-27,01
Vidurkis:		82,19	-20,70	-28,77	59,51	-4,47	-27,19
9.1		82,83	-20,23	-28,11	58,49	-3,71	-27,31
9.2		81,73	-20,57	-28,60	59,53	-5,18	-27,59
9.3		82,65	-20,02	-28,02	59,43	-3,30	-26,78
Vidurkis:		82,40	-20,27	-28,24	59,15	-4,06	-27,23
10.1		82,95	-20,57	-28,25	58,19	-7,69	-29,70
10.2		83,82	-20,20	-27,11	58,00	-6,17	-28,84
10.3		83,53	-19,00	-27,35	57,59	-6,06	-29,32
Vidurkis:		83,43	-19,92	-27,57	57,93	-6,64	-29,29
1.1	„4CC“ 200 g/m ²	68,75	-12,75	-25,87	56,88	-8,60	-32,56
1.2		68,88	-12,50	-25,50	56,32	-7,33	-32,33
1.3		69,01	-12,70	-25,70	57,26	-7,71	-32,27
Vidurkis:		68,88	-12,65	-25,69	56,82	-7,88	-32,39
2.1		68,40	-13,09	-26,24	56,10	-9,06	-33,60
2.2		68,85	-12,92	-25,71	56,44	-8,99	-33,38
2.3		70,00	-11,26	-24,60	57,14	-9,17	-32,89
Vidurkis:		69,08	-12,42	-25,52	56,56	-9,07	-33,29
3.1		69,96	-12,67	-24,53	56,49	-9,38	-33,25
3.2		70,11	-13,29	-24,92	56,71	-8,67	-32,78
3.3		70,19	-12,97	-24,63	56,71	-10,29	-33,50
Vidurkis:		70,09	-12,98	-24,69	56,64	-9,45	-33,18
4.1		71,41	-11,99	-23,28	57,29	-9,04	-32,48
4.2		71,45	-12,17	-23,34	57,21	-8,46	-32,44
4.3		71,97	-12,49	-22,94	56,72	-7,64	-32,35
Vidurkis:		71,61	-12,22	-23,19	57,07	-8,38	-32,42
5.1		72,73	-11,73	-21,46	57,66	-7,27	-31,79
5.2		73,16	-11,35	-20,94	57,74	-8,21	-31,94
5.3		72,58	-11,46	-21,54	56,69	-10,39	-33,65
Vidurkis:		72,82	-11,51	-21,31	57,36	-8,62	-32,46
6.1		73,30	-10,31	-20,68	57,38	-8,69	-32,34
6.2		73,54	-8,45	-19,98	57,89	-8,75	-32,02
6.3		72,89	-7,87	-20,16	57,67	-10,29	-32,98
Vidurkis:		73,24	-8,88	-20,27	57,65	-9,24	-32,45
7.1		72,86	-8,64	-20,52	56,79	-9,75	-32,93
7.2		73,91	-9,59	-19,91	57,90	-9,29	-32,33
7.3		73,67	-9,58	-20,48	57,17	-7,07	-31,59
Vidurkis:		73,48	-9,27	-20,30	57,29	-8,70	-32,28
8.1		73,75	-9,44	-20,46	57,38	-9,87	-32,86
8.2		73,42	-11,19	-21,32	57,41	-9,09	-32,38

8.3		73,54	-9,75	-20,59	56,97	-9,80	-32,84
Vidurkis:		73,57	-10,13	-20,79	57,25	-9,59	-32,69
9.1		74,85	-9,79	-19,19	57,33	-8,74	-32,14
9.2		74,75	-10,58	-19,63	57,53	-8,81	-32,29
9.3		74,27	-7,90	-18,97	57,14	-8,19	-31,87
Vidurkis:		74,62	-9,42	-19,26	57,33	-8,58	-32,10
10.1		71,25	-11,63	-22,42	57,72	-8,73	-31,94
10.2		72,26	-11,74	-21,94	57,95	-9,91	-32,65
10.3		71,81	-11,49	-22,04	57,74	-10,48	-33,09
Vidurkis:		71,77	-11,62	-22,13	57,80	-9,71	-32,56

Investigation of the Friction of Different Print Types

S. Grigaliūnienė, D. Abazoriūtė, M. Kulišauskaitė, A. Ziminskaitė

Abstract

Friction between different papers, flexographic, offset and inkjet prints was investigated experimentally and static (SCOF) and kinetic (KCOF) friction coefficients between prints and prints were determined. The dependence of the SCOF and KCOF values on the paper type and different ink content on prints was investigated. It was showed that highest friction is between flexographic prints and lowest friction is between offset prints. It was found that SCOF and KCOF increase with the amount of ink on prints.

KEY WORDS: *static friction coefficient, kinetic friction coefficient, flexographic prints, offset prints, inkjet prints*

1. Introduction

The main factor determining the printing industry growth is the demand for printed products. If production of some printed products decreases in the case of others it increases, even new ones appear in the market [1]. Promotional and packaging printed products take even bigger place in the market. The packaging materials stand out with the variety of construction, design and the required specifications. Among them becomes more prominent friction between paper and prints characteristics. Friction parameters are also important for the run ability of printers in which paper and/or prints are delivered with friction mechanisms. Friction is important during the converting and end – use of every paper product [2, 3]. For example, high friction is essential for sacks and package board boxes during their packing into corrugated containers and transportation [4]. The operation of printing machines depends on a friction of the paper sheets and prints, especially during sheet feeding and prints delivery. One of the main problems in sheet feeding section is feed of two paper sheets instead of one especially in the case of coated glossy paper. This becomes more important because coated paper is used more and more in printing for its high prints quality [5, 6].

The friction between paper and paper or paper and metal was studied in many works. Most of them were reviewed [7]. For the comprehensive paper friction properties should be investigated static and kinetic coefficients of friction [7-10]. However mainly were investigated the dependences of the paper static coefficient of friction on paper composition and structure, paper surface processing its roughness etc. The values of paper static coefficient of friction reported vary between 0.25 and 0.70 depending on paper composition and surface properties. Paper static coefficient of friction is as for most materials always bigger than kinetic coefficient of friction. Exception is reported for some types of coated paper that exhibit bigger kinetic coefficient of friction as compared with the static coefficient of friction [7]. The values of the coefficient of friction depend on two factors – adhesion between two surfaces and the interface deformation during sliding. The role of these factors was investigated in works reviewed in [7] but which factor dominates is not determined. For example, in some works is reported that the friction of smooth papers is higher as compared with rough papers and in other publications was found that paper roughness has almost no influence on the friction characteristics [11, 7]. Adhesive properties and paper surfaces roughness are changing during printing and in this case friction properties should change too. Unfortunately, there was not found any references about the friction between two prints.

The aim of this work is to compare the friction characteristics of prints made with mostly used printing technologies - offset, flexographic and inkjet printing.

2. Experimental

For the investigation was used coated paper “Galerie art silk” (150 gsm) and uncoated paper 4CC. Inkjet prints were made with an inkjet printer “Epson L800” and full coverage background was printed with black ink. Flexographic single colour prints were made with different anilox rollers having different volume: 16.6, 10.2 and 4.3 cm³/cm². Offset prints were made with “IGT C1” printability tester for offset inks. This machine makes colour strips with offset inks with a known ink amount on the unit area.

Static and kinetic coefficients of friction between prints and prints were measured with “Thwining – Albert” FPDAS 1.0.0.1 horizontal plane friction measurement device (schema in Fig. 1). Specimen is placed on the table and other one is wrapped on the sled. The coefficients of friction are determined from the change of sled pulling force (further friction force) as is shown in Fig. 2: static coefficient of friction (SCOF) is calculated by the computer of device from the friction force maximum value, and the kinetic coefficient of friction (KCOF) is calculated from the friction force relatively stable value. Sliding speed 100 mm/min was set for measurements and the different loads were used to change the pressure between sliding surfaces. As the real contact area between surfaces is unknown, the results are mainly presented referring only to the load. It must be noted that friction between surfaces depends on the environment condition and therefore can be compared only results obtained during one experiment series.

Surface PPS roughness was measured using „L&W SE 165 PPS Tester.

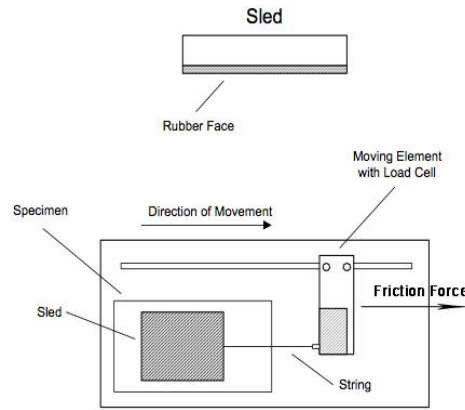


Fig. 1. The scheme of horizontal plane friction measurement device [2]

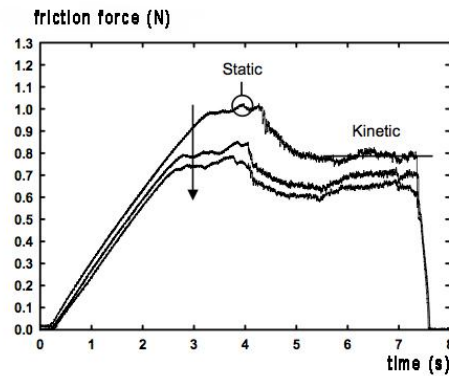


Fig. 2. The change of sled pulling force (friction force) during sliding and the determination of static and kinetic coefficients of friction [2]

3. Results and discussion

Some results of the investigation of static (SCOF) and kinetic (KCOF) coefficients calculated from friction force kinetics are shown in Fig. 3-5. The comparison of the static friction coefficients between offset, ink jet and flexographic prints is shown on Fig. 3. The highest static and kinetic friction is between flexographic prints and the lowest friction is between offset prints. It must be noted that all prints show smaller friction as compared with the friction paper–paper (0.57-0.60). It can be assumed that observed friction differences are caused by two factors – ink layer properties, surface roughness and ink layer thickness. The roughness of flexographic prints is lower than the paper roughness. Therefore it can be concluded that adhesive friction component of flexographic prints on coated paper essential. This assumption is additionally confirmed by the dependence of the SCOF on the ink amount: SCOF increases with the amount of ink on prints (Fig. 4).

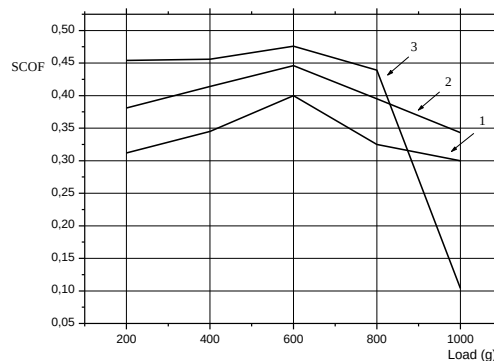


Fig. 4. Dependence of paper, flexographic, offset and inkjet prints static coefficient of friction on pressure: 1 – offset prints, 2 – inkjet prints (K), 3 – flexographic prints. Paper “Galerie art silk” (150 gsm)

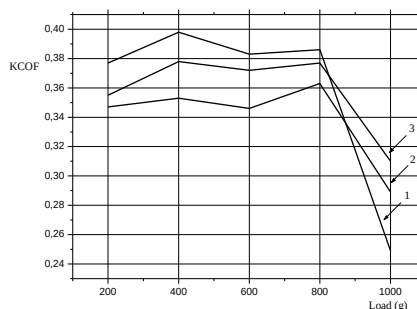


Fig. 4. Dependence of different flexographic prints kinetic coefficient of friction on pressure: 1 – anilox roller 16.6 cm³/cm², 2 – anilox roller 4.3 cm³/cm², 3 – anilox roller 10.2 cm³/cm². Paper “Galerie art silk”

The influence of the paper roughness is seen comparing the SCOF of flexographic prints on coated papers and uncoated papers (Fig. 5). Prints on uncoated paper show essentially lower SCOF than prints on coated papers. This means that in the case of uncoated paper dominates the interface deformation during sliding and adhesion plays a minor role. This assumption is confirmed by the roughness data. Coated paper PPS roughness is 1.1 µm and decreases a little when coated with thin layer of flexographic ink. PPS roughness of uncoated paper is 3.1 µm and increases to 3.6 µm when coated with flexographic ink.

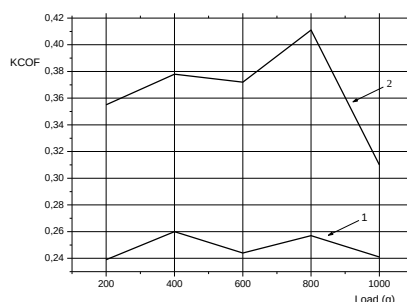


Fig. 5. Dependence of flexographic prints kinetic coefficient of friction on pressure: 1 – flexographic prints on paper “4CC” (100 gsm), 2 -flexographic prints on “Galerie art silk”

4. Conclusions

It was determined that coefficients of friction are quite different for prints made using mostly used offset, flexographic and inkjet printing technologies. Different inks on paper surfaces change not only surface roughness and other surface characteristics, but cause the difference in friction properties. Static and kinetic coefficient of friction between offset prints and ink jet prints has lower values than ones between flexographic prints. It was determined that static and kinetic coefficient of friction increases significantly with the amount of ink on flexographic prints.

Authors acknowledged prof. J. Sidaravicius for the valuable advices and discussions.

References

1. Romano, F. *The Future of Print in the 21st Century*. Eastman Kodak Company, 2001
2. Garoff, N. *The Friction between Paper surfaces*. – Stockholm, Doctoral thesis, 2002, p. 1-3.
3. Back, E. Paper-to-paper and paper-to-metal friction. – Kona, TAPPI, 1991, p. 49-65.
4. Singleton, M.C., Allan, R.J. Factors influencing paper friction and its reproducibility: is third test best? - Appita, 1997, 50:6, p. 481-485.
5. Enomae, T., Yamaguchi, N., Onabe, F. Influence of coating properties on paper-to-paper friction of coated paper. - Journal of Wood Science, 2006, Volume 52, Issue 6, p. 509-513.
6. Borch, J. Surface characterization of communication papers, in: Products of Papermaking. - Oxford, UK, Tenth Fundamental Research Symposium, 1993, p. 209-236.
7. Niskannen, K. Paper physics. Finnish Paper Engineers' Association/Paperi ja Puu Oy. 2008, p. 106-107.
8. T 549 om-01, Coefficients of static and kinetic friction of uncoated writing and printing paper by use of the horizontal plane method. p. 1-9
9. LST ISO 8295, Lithuanian Standard. Plastics – Films and sheeting – Determination of the coefficient of friction. 1 p.
10. ASTM D-1894-75, Test for Static and Kinetic Coefficients of Friction of Plastic Film and Sheeting. p. 1-15
11. Johansson, A., Fellers, C., Gundersson, D., Haugen, U. Paper Friction-influence of measurement conditions. - Tappi Journal, 1998, 81:5, p. 175-183.