



Tekstiilikuitujen tunnistaminen

Markus Ahvensalmi

OPINNÄYTETYÖ
Marraskuu 2021

Biotuote- ja prosessitekniikka tutkinto-ohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Biotuote- ja prosessitekniikka

Ahvensalmi Markus
Tekstiilikuitujen tunnistaminen

Opinnäytetyö 116 sivua, joista liitteitä 56 sivua
Marraskuu 2021

Opinnäytetyö tehtiin Tampereen ammattikorkeakoululle, ja työn tarkoituksena oli muodostaa tekstiilikuiduista kuitukirjasto, joka sisältää kuiduista mikroskoopilla otettuja kuvia. Kuiduista otetaan poikkileikkauskuvat sekä pituussuuntaiset kuvat. Työ suoritettiin Tampereen ammattikorkeakoulun paperilaboratorion tiloissa ja laitteistolla.

Työhön valikoituneet tekstiilikuidut ovat puuvilla, silkki, villa, pellava, viskoosi, modaalikuitu, lyocell, Kuura, arkryyli, polyamidi ja polyesteri. Työhön valittiin tekstiilikuituja, joita käytetään yleisimmin. Lisäksi mukaan tuli uusi kehitteillä oleva selluloosamuuntokuitu Kuura, jonka näytteitä Metsä Spring Oy lahjoitti opinnäytetyön tekemiseen.

Tekstiilikuidut ovat raaka-aineita, joista valmistetaan tekstiilituotteita. Tekstiilikuidut voidaan jaotella luonnonkuituihin ja tekokuituihin. Luonnonkuidut ovat kuituja, jotka esiintyvät luonnossa ja jotka ihminen jatkojalostaa tekstiileiksi. Luonnonkuidut jaotellaan niiden alkuperän mukaan kasvi-, eläin- ja mineraalikuituihin. Tekokuidut ovat ihmisten valmistamia kuituraaka-aineita, jotka jalostetaan tekstiilikuiduiksi kemiallisilla ja fysikaalisilla prosesseilla. Tekokuidut lajitellaan kolmeen ryhmään niiden lähtöraaka-aineen mukaan. Nämä ryhmät ovat muuntokuidut, synteettiset kuidut ja epäorgaaniset kuidut. Tekstiilikuitujen tunnistamiseen voidaan käyttää eri menetelmiä, joita ovat muun muassa mikroskopointi, värjäystesti, FTIR, polttokoe ja liuotuskoe. Tämä opinnäytetyö keskittyi mikroskopointiin.

Opinnäytetyön toiminnallisessa osuudessa kuiduista valmistettiin preparaatteja pituussuunnan kuvia ja poikkileikkauskuvia varten ja kuiduista otettiin kuvia Tampereen ammattikorkeakoulun paperilaboratorion mikroskoopilla. Kuidusta otettiin kuvia lähinnä 200- ja 400-kertaisilla suurennoksilla.

Kuvat saatiin otettua onnistuneesti, ja niitä voidaan käyttää hyödyksi kuitujen tunnistamisessa. Tärkein seikka onnistuneiden kuvien saamiseksi on preparaattien valmistelu. Jatkossa pituussuunnan preparaattien valmistukseen voitaisiin käyttää hieman parempaa menetelmää kuin tässä opinnäytetyössä käytetty menetelmä.

Asiasanat: luonnonkuidut, tekokuidut

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Bioproduct and Process Engineering

Ahvensalmi Markus
Identification of Textile Fibers

Bachelor's thesis 116 pages, appendices 56 pages
November 2021

This thesis was commissioned by Tampere University of Applied Sciences and the purpose of this work was to create a Fiber Library which contains pictures of textile fibers taken with microscope. Cross-sectional images as well as longitudinal images were taken of the fibers. The work was carried out performed in the premises of Tampere University of Applied Science paper laboratory and with the laboratory's equipment.

The textile fibers selected for the work were cotton, silk, wool, linen, viscose, modal fiber, lyocell, Kuura, acrylic, polyamide and polyester. The textile fibers that are the most commonly used were selected for the work, and a new cellulose conversion fiber under development, Kuura, was also added, whose samples were donated by Metsä Spring Oy.

Textile fibers are raw materials used to manufacture textile products. Textile fibers can be divided into natural fibers and man-made fibers. Natural fibers are fibers that occur in nature and are further processed into textiles by man. Natural fibers are subdivided according to their origin into vegetable fibers, animal fibers and mineral fibers. Synthetic fibers are man-made fiber raw materials that are processed into textile fibers by chemical and physical processes. Synthetic fibers are sorted into three groups according to their starting material. These groups are modified fibers, synthetic fibers and inorganic fibers. Various methods can be used to identify textile fibers, including microscopy, staining test, FTIR, burning test, and chemical test. This thesis focuses on the microscopy.

In the practical part of the thesis, preparations were made from the fibers for longitudinal images and cross-sectional images, and images were taken from the fibers with a microscope from the paper laboratory of Tampere University of Applied Sciences. The fiber was mainly photographed at 200 and 400x magnification.

The images were taken successfully and can be used for identification. The most important factor in obtaining successful images is the preparation of the samples, and in the future a slightly better method could be used for the preparation of the longitudinal samples than the method used in this thesis.

Key words: natural fibers, synthetic fibers

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	Tekstiilikuidut ja niiden ominaisuuksia	7
2.1	Pituus	8
2.2	Kuituhienous ja tiheys	8
2.3	Kiharuus	9
2.4	Poikkileikkaus ja pintarakenne	9
2.5	Väri ja kiilto	10
2.6	Mekaaniset ominaisuudet	10
2.7	Kemialliset ominaisuudet	11
2.8	Kosteuskäyttäytyminen	12
2.9	Termiset ominaisuudet	13
2.10	Valon- ja säänkesto	13
3	Luonnonkuidut	14
3.1	Puuvilla	15
3.2	Silkki	16
3.3	Villa	18
3.4	Pellava	19
4	Tekokuidut	21
4.1	Tekokuitujen valmistusmenetelmät	22
4.2	Viskoosi	23
4.3	Modaalikuitu	24
4.4	Lyocell	25
4.5	Kuura	26
4.6	Akryyli	26
4.7	Polyamidi	27
4.8	Polyesteri	28
5	Tunnistusmenetelmät	29
5.1	Mikroskopointi	29
5.2	Värjäystesti	30
5.3	FTIR	30
5.4	Polttokoe	31
5.5	Liutuskoe	31

6	MikroskoPONointi	32
6.1	Laitteisto ja kuitujen valmistelu	32
6.2	Puuvillan kuvat	35
6.3	Silkin kuvat	36
6.4	Villan kuvat	38
6.5	Pellavan kuvat	40
6.6	Viskoosin kuvat	42
6.7	Modaalikuitu	44
6.8	Lyocell kuvat	46
6.9	Kuuran kuvat	48
6.10	Akryylin kuvat	51
6.11	Polyamidin kuvat	53
6.12	Polyesterin kuvat	55
7	POHDINTA	58
	LÄHTEET	60
	LIITTEET	61
	Liite 1. Puuvillan kuvat	61
	Liite 2. Silkin kuvat	66
	Liite 3. Villan kuvat	70
	Liite 4. Pellavan kuvat	76
	Liite 5. Viskoosin kuvat	84
	Liite 6. Modaalikuidun kuvat	91
	Liite 7. Lyocell kuvat	95
	Liite 8. Kuuran kuvat	100
	Liite 9. Akryylin kuvat	106
	Liite 10. Polyamidin kuvat	110
	Liite 11. Polyesterin kuvat	113

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehdään Tampereen ammattikorkeakoululle, ja työn tarkoituksena on muodostaa tietyistä tekstiilikuiduista kuitukirjasto, joka sisältää kuiduista mikroskoopilla otettuja kuvia pituussuunnassa sekä poikkileikkauksuvia. Kuitukirjaston tarkoituksena on olla tukena kuitujen tunnistamisessa mikroskoopilla.

Opinnäytetyöhön valikoituneet kuidut olivat luonnonkuiduista puuvilla, silkki, villa ja pellava. Tekokuiduista työhön valittiin viskoosi, modaalikuitu, lyocell, Kuura, arkryyli, polyamidi ja polyesteri. Kuidut valikoituivat sen mukaan, joita yleisimmin käytetään tekstiilien valmistuksessa ja mitä näytteitä Tampereen ammattikorkeakoululta löytyy. Lisäksi tarkoituksena oli saada opinnäytetyöhön luonnonkuiduista, tekokuiduista ja selluloosamuuntokuiduista kuvia. Toiveena oli myös saada mukaan uusia kehitteillä olevia selluloosamuuntokuituja ja mukaan saatiin Kuura -kuituja, joita Metsä Spring Oy lahjoitti.

Kuitujen kuvaaminen suoritettiin Tampereen Ammattikorkeakoulun paperilaboratorion tiloissa ja kyseisen laboratorion laitteistolla. Opinnäytetyössä käydään yleisesti läpi tekstiilikuiduilta vaadittavia ominaisuuksia, valmistusmenetelmiä, työhön valikoituneiden kuitujen ominaisuuksia, kuitujen eri testausmenetelmiä ja varsinaiset kuvat.

2 Tekstiilikuidut ja niiden ominaisuuksia

Tekstiilikuidut ovat raaka-aineita tekstiilituotteille, joilta vaaditaan tiettyjä ominaisuuksia, jotta niistä on mahdollista valmistaa tekstiilituotteita. Tekstiilikuidut ovat ohuita, taipuisia ja pitkänomaisia (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 8), ja kuitujen pituuden ja paksuuden suhteen täytyy olla vähintään 1000:1, jotta kuituja on mahdollista jatkojalostaa tekstiileiksi. (Boncamper, 2004, 30)

Pituus ja paksuus suhteen lisäksi tekstiilikuidun täytyy olla vähintään 10 mm pitkä, jotta siitä voidaan kehrätä lankaa. Kuitujen täytyy myös pysyä muuttumattomina kaikissa lämpötiloissa valmistusprosessin, käytön ja huollon aikana. Tämä tarkoittaa sitä, että kuidun pitää kestää - 40 °C - 200 °C välinen lämpötila. Kuidulta vaaditaan myös riittävää lujuutta, jota yleisemmin kuvataan vetomurtolujuutena. Kuitujen täytyy olla joustavia, mutta ne eivät saa venyä liikaa, joustavuutta mitataan murtovenymällä, jonka tulisi olla 10–35 % välillä, lisäksi kuitujen täytyy palautua täydellisesti samaan pituuteen venytyksen jälkeen. (Boncamper, 2004, 30)

Kuidulta vaaditaan myös kimmoisuutta, kosteudenimukykyä, niiden tulee kestää hankausta, niitä täytyy voida värjätä, kuitujen pitää olla helposti puhdistettavissa ja ne eivät saa muuttua puhdistuksen aikana. Kuitujen ominaisuuksien täytyisi pysyä melkein samanlaisina, oli kuitu kuivaa tai kosteaa. Kuitujen pitää kestää kemikaalirasituksia, eli lieviä happoja, orgaanisia liuottimia ja lieviä alkaaleja, ilman että niiden ominaisuudet muuttuisivat. Kuitujen tuntuominaisuuksien täytyy pysyä samanlaisena prosessoinnissa, käytössä ja huollossa sekä niiden täytyy tuntua miellyttäviltä. (Boncamper, 2004, 31)

Tekstiilikuidut voidaan jakaa kahteen eri ryhmään niiden alkuperän mukaan. Nämä ryhmät ovat luonnonkuidut ja tekokuidut. Luonnonkuidut ovat kuituja, jotka esiintyvät luonnossa ja tekokuidut on valmistettu teollisessa prosessissa, molemmat ryhmät käsitellään tarkemmin tässä opinnäytetyössä. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 8)

2.1 Pituus

Kuidut on mahdollista jaotella pituuden mukaan filamenttikuituihin ja katkokuituihin. Filamenttikuiduissa pituus on ääretön ja katkokuiduissa pituus taas äärellinen. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 9)

Luonnonkuidut ovat katkokuituja, lukuun ottamatta silkkiä, joka on filamenttikuitu. Tekokuidut taas voivat olla molempia, eli katko- tai filamenttikuituja ja tekokuitujen kuitupituus määritellään valmistusvaiheen aikana, jolloin kuidut leikataan haluttuun pituuteen. Tekokuitujen halutun pituuden määrittää käyttötarkoitus ja kuidun pituus vaikuttaa loppukäyttötuotteen ominaisuuksiin. Pitkistä kuiduista valmistetut tuotteet ovat sileämpiä, laskeutuvampia ja kestävät paremmin kulutusta kuin lyhyemmästä kuidusta valmistetut tuotteet. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 8) Kuitupituutta voidaan käyttää hyödyksi kuidun tunnistamisessa. (Boncamper, 2004, 76)

2.2 Kuituhienous ja tiheys

Kuituhienous voidaan ilmaista tex-arvolla, eli kymmenjärjestelmän mukaisella numerolla, jossa $1 \text{ tex} = 1 \text{ g}/1000 \text{ m}$ ja $1 \text{ dtex} = 1 \text{ g}/10\,000 \text{ m}$, tai sitten kuidun halkaisijalla, jonka yksikkönä käytetään mikrometriä eli μm . Tekokuitujen kuituhienous on tasainen ja luonnonkuitujen kuituhienous vaihtelee tiettyjen rajojen sisällä. Tekokuiduista voidaan myös valmistaa mikrokuituja ja nanokuituja. Nämä kuidut ovat ohuempia kuin normaalit kuidut, kaupalliseen valmistukseen tehdyt mikrokuidut ovat halkaisijaltaan $8\text{--}10 \mu\text{m}$ ja nanokuitujen halkaisija on 700 nm . (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 11). Tekokuitujen halkaisija voidaan määrittää valmistusvaiheessa sen mukaan mitä valmistaja haluaa tuottaa ja kuidun halkaisija pysyy samana, ellei tarkoituksella tehdä halkaisijasta epätasaista. Luonnonkuiduissa kuidun halkaisija taas yleensä vaihtelee kuidun eri kohdissa, johtuen kuitukoon epäsäännöllisyyksistä. Vaatteissa käytettävät kuidut ovat yleensä halkaisijaltaan suhteellisen pieniä ja kotitalouksissa sekä teollisuudessa käytettävien tekstiilien kuituhalkaisijat ovat suuria. (Collier, Bide & Tortora, 2009, 44)

Ohuet luonnonkuidut ovat arvokkaampia kuin paksummat saman kuitutyypin kuidut. Ohuista kuidusta saadaan valmistettua tasaisia ja lujia lankoja. Ohuista kuidusta valmistetut tuotteet ovat taipuisimpia, pehmeämpiä ja miellyttävämmän tuntuisia kuin karkeista kuidusta valmistetut tuotteet. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 8)

Kuidulla on tietty tiheys, joka muodostuu kuituraaka-aineesta ja kuidussa olevista epäpuhtauksista, kosteudesta ja ilmasta. Tiheydellä on merkitystä valmiin tuotteen painoon ja paksuuteen ja mitä matalampi tiheys, sitä kevyempi tuote on. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 13). Tekstiilikuiduissa tiheyden yksikkönä käytetään g/cm^3 . (Collier, Bide & Tortora, 2009, 44)

2.3 Kiharuus

Kuitujen kiharuus on kaksi- tai kolmiulotteista aaltomuotoa, villan sekä bikomponenttikuitujen kiharuus on kolmiulotteista ja loppujen kuitujen kiharuus taas kaksiulotteista. Luonnonkuitujen tapauksessa kiharuus syntyy kuidun kasvuvaiheessa ja tekokuidussa kiharuus saadaan kiharruksella eli teksturoinnilla. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 12)

Kuidun kiharuus parantaa kuidun elastisuutta sekä venymää, ja kuidun kiharuus lisää tekstiilissä lämmöneristyskykyä, kuitujen väliin jäävän ilman vuoksi. Lisäksi kiharuus tekee tekstiilistä mukavamman tuntuisen ja parantaa ulkonäköä. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 8) Lisäksi kiharuutta voidaan käyttää apuna kuidun tunnistamiseen. (Boncamper, 2004, 68)

2.4 Poikkileikkaus ja pintarakenne

Jokaisella luonnonkuidulla on tunnusomaiset pintarakenteet ja poikkileikkausmuodot, joiden ansiosta luonnonkuidut on helppo tunnistaa mikroskoopilla. Tekokuidut ovat taas hyvin samankaltaisia ja mikroskoopilla niiden erottaminen toistaan on hankalampaa. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 12)

Luonnonkuitujen pintarakenne on epätasainen, mikä parantaa kuidun kehräämistä langaksi. Tekokuitujen pintarakenne on taas tasaisempaa, joka heikentää kehräytyvyyttä. Lisäksi tasaisemmalla kuidulla on alhaisempi kitka ja niistä valmistetuilla tuotteilla on huonompi lämmöneristys. Muokkaamalla tekokuitujen poikkileikkausta voidaan vaikuttaa optisiin ominaisuuksiin, tuntumaan ja elastisuuteen. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 12)

2.5 Väri ja kiilto

Tekokuiduista poistetaan jo valmistusvaiheessa mahdolliset värilliset epäpuhtaudet, joten tekokuidut ovat yleensä valkoisia. Luonnonkuidut ovat taas väriltään joko harmaita, luonnonvalkoisia, kellertäviä tai ruskeita. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 13). Jos luonnonkuidun väri häiritsee värjäämistä tai tekstiiliin painamista, kuidun oma väri voidaan poistaa valkaisemalla se. (Collier, Bide & Tortora, 2009, 40)

Yleensä tekokuidut ovat kiiltäviä, johtuen niiden tasaisesta pintarakenteesta ja kiiltoa on mahdollista vähentää muokkaamalla kuidun poikkileikkausta tai lisäämällä himmenninainetta. Silkki ja pellava ovat luonnonkuiduista kiiltävimpiä. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 13)

2.6 Mekaaniset ominaisuudet

Kuidusta voidaan mitata lujuus-venymäkäyrä, jonka avulla voidaan määrittää kuidun murtovenymä, murtolujuus, vetolujuus, alkumoduli ja murtotyö. Kuidusta voidaan myös mitata kimmoisuus ja elastisuus. Kuiduilla on myös taivutuslujuus ja tekstiilillä hankauslujuus. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 13)

Kuidun murtovenymä on murtohetken venymäarvo. Venymä on kuidun pituuden lisäystä, joka saadaan vetokuormituksella ja venymä ilmoitetaan prosentteina, joka on suhteutettu kuidun alkuperäiseen pituuteen. Kuidun kosteus lisää kuidun

venyvyyttä, sillä kosteus heikentää molekyylien välisiä voimia. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 15)

Vetolujuus tarkoittaa kuidun kuormitusta kullakin hetkellä vastaavaa voimaa venyttämättömän kuidun hienouden yksikköä kohti ja kuidun murtolujuus on hienoutta kohti murtumahetkellä. Kuidun kosteus voi joko heikentää tai vahvistaa kuidun lujuutta, joten lujuusmittaukset täytyisi suorittaa standardiolosuhteissa. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 14)

Alkumoduli kuvastaa voimaa, joka vaaditaan, että kuidussa tapahtuu pieni venymä. Alkumoduli määritetään lujuus-venymäkäyrästä ja sen arvo vaikuttaa kuitujen käyttöön. Jos tuotteelta halutaan venyvyyttä, täytyy kuidun alkumoduli olla alhainen. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 14)

Kuidun murtotyö kuvastaa kuidun sitkeyttä, eli kuinka hyvin kuitu kestää siihen äkillistä kohdistuvaa voimaa, ja se määritetään lujuus-venymäkäyrän pinta-alasta. Laskuvarjoissa täytyy esimerkiksi olla suuri murtotyö ja kuiduilla, joilla on korkea murtotyö, on myös korkea murtolujuus ja murtovenymä. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 15)

Kimmoisuus kuvastaa kuidun muodonmuutoksessa palautuvan ja absorboituvan energian suhdetta. Kiharat kuidut ovat kimmoisempia kuin suorat kuidut. Kuidun elastisuus kuvastaa kuinka hyvin kuitu palautuu alkuperäisen mittaan venytyksen jälkeen. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 15). Kuidun taivutuslujuus kuvastaa kuidun jäykkyyttä. Helpoiten taittavat kuidut ovat ohuita. Hankauslujuus taas kuvastaa kuinka hyvin tekstiilin pinta kestää hankausta ja hankauslujuutta ei voida mitata yksittäisestä kuidusta. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 15)

2.7 Kemiaalliset ominaisuudet

Tekstiilin valmistuksessa, huollossa ja käytössä kuidut joutuvat tekemisiin happojen, emäksien ja liuottimien kanssa. Tekokuidut kestävät yleensä hyvin happoja ja emäksiä, mutta huonosti orgaanisia liuottimia. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 17). Selluloosakuidut kestävät hyvin emäksiä

mutta huonosti happoja, proteiinikuidut taas kestävät hyvin happoja mutta huonosti emäksiä. Luonnonkuidut kestävät hyvin orgaanisia liuottimia. Kemikaaleja käytetään hyväksi kuitujen tunnistamisessa. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 17). Hapot ja emäkset voivat rikkoa joidenkin kuitujen polymeerimolekyyliä lyhentäen molekyyliketjua. Tämä heikentää kuitujen vetolujuutta ja se voi liuota, jos kuitu on tarpeeksi kauan kosketuksessa hapon tai emäksen kanssa. Liuottimet taas liuottavat kuidun ilman, että ne rikkovat molekyyliketjua, mutta ne pilaavat kuidun tai tekstiilin. (Collier, Bide & Tortora, 2009, 52)

2.8 Kosteuskäyttäytyminen

Kosteuspitoisuus kuitujen tapauksessa tarkoittaa kuinka paljon kuitu sisältää kosteutta tietyissä olosuhteissa. Kosteudensitomiskyky kertoo kuinka paljon kosteutta kuitu voi sitoa. Nesteidenpidätyskyky kertoo, kuinka hyvin kuitu pystyy sitomaan ja pidättämään tilapäisesti nestettä. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 16)

Kuidut ovat joko hydrofiilisiä tai hydrofobisia. Kuidut, joilla on korkea palautuskyky ovat hydrofiilisiä eli nämä kyseiset kuidut absorboivat vettä. Hydrofiilisiä kuituja voidaan värjätä vesiliukoisilla väreillä, mutta ne kuivuvat hitaasti ja niillä on taipumusta kutistua. Hydrofobiset kuidut taas hylkivät vettä. Kuitujen kosteuskäyttäytyminen vaikuttaa käyttömukavuuteen. Esimerkiksi puuvilla, joka on hydrofiilinen, on miellyttävänä tuntuinen kuumalla ilmalla, sillä se imee kosteuden ihosta ja pitää käyttäjän kuivan oloisena. (Collier, Bide & Tortora, 2009, 48). Muuntokuiduilla ja luonnonkuiduilla on hyvä nesteidenpidätyskyky ja kosteudensitomiskyky ja ne ovat hydrofiilisiä. Synteettiset kuidut ovat joko heikosti hydrofiilisiä tai hydrofobisia ja hylkivät vettä. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 16)

2.9 Termiset ominaisuudet

Termiset ominaisuudet kuvaavat miten kuidut käyttäytyvät kosteassa tai kuivassa lämmössä. Kuidulla on termisiä arvoja, jotka ovat lämmönkesto, missä lämpötilassa kuitu pehmenee, sulamispiste, missä lämpötilassa kuitu hajoaa, itsesyttymispiste ja LOI-arvo. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 18)

LOI-arvo kertoo pienimmän tarvittavan happimäärän, jonka kuitu tarvitsee syttymiseen ja palamiseen. Mitä matalampi LOI-arvo, sitä helpommin kuitu syttyy ja palaa ja mitä korkeampi LOI-arvo, sitä huonommin kuitu syttyy ja palaa. Synteettiset kuidut pehmenevät ja sulavat, mutta eivät hiilly ja luonnonkuidut eivät pehmene tai sula. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 18). Se miten kuitu käyttäytyy lämmössä vaikuttaa siihen, miten kuituja tulee käsitellä valmistusvaiheessa ja varsinaisessa käytössä. (Collier, Bide & Tortora, 2009, 50)

2.10 Valon- ja säänkesto

Kuituihin osuvasta valosta osa imeytyy kuituun ja osa heijastuu. UV-valo on voimakasta ja aiheuttaa kuitujen rakenteissa muutoksia, joten se on haitallista kuiduille. UV-valo voi katkaista värimolekyylin sidoksia ja voi myös katkaista kuitupolymeerin, joka aiheuttaa kuidun lujuuden alentumista ja värin haalistumista. Luonnonkuitujen valon- ja säänkesto on heikkoa, pois lukien puuvilla, jonka valon- ja säänkesto on keskinkertaista. Synteettisiin kuituihin lisätään valmistusvaiheessa UV-suoja-aineita ja antioksidantteja, jotka parantavat kuitujen valon- ja säänkestoa. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 19)

3 Luonnonkuidut

Luonnonkuidut ovat kuituja, jotka esiintyvät luonnossa ja jotka ihminen jatkojalostaa tekstiiliksi. Luonnonkuidut jaotellaan niiden alkuperän mukaan joko kasvi-, eläin- tai mineraalikuituihin. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 8)

Tuotantomäärältään merkityksellisin kuituryhmä luonnonkuidusta on kasvikuidut, kasvikuituja saadaan kasvien eri osista ja kasvikuidut voidaan jakaa vielä neljään eri ryhmään, jotka ovat siemen-, runko-, lehti- ja hedelmäkuidut. Siemenkuituja ovat puuvilla ja kapokki, runkokuituja ovat pellava, juutti, hamppu ja rami. Lehtikuituja ovat sisal ja manilla ja hedelmäkuitu on kookos. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 8). Kasvikuitujen tiheydet ovat yleensä suuria, joten näistä valmistetut tekstiilit tuntuvat raskailta, niiden elastisuus ja kimmoisuus ovat huonoja, joten ne rypistyvät helposti eivätkä palaudu siitä kovin hyvin. Ne imevät kosteutta ja nestettä hyvin, joten ne kuivuvat hitaasti, ne on helppo värjätä ja niitä on miellyttävä käyttää. (Collier, Bide & Tortora, 2009, 60)

Eläinkuidut voidaan jaotella kahteen eri ryhmään, jotka ovat eläinten karvatuppien muodostamat kuidut ja hyönteisten sekä nilviäisten kehruurauhasten muodostamat kuidut. Karvatuppien muodostamiin kuituihin kuuluvat villa, alpakka, angora, kashmir, kameli, quanako, laama, mohair ja vikunja. Hyönteisten ja nilviäisten muodostamiin kuituihin kuuluvat silkki ja villisilkki. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 8)

Mineraalikuidut ovat kuitumaisia kiteitä, joita saadaan eri mineraaleista. Ainoa luonnon mineraalikuitu on asbesti, jonka käyttö on Suomessa kiellettyä terveyshaittojensa vuoksi. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 8). Seuraavaksi esitellään kuvattavia kuituja tarkemmin läpi.

3.1 Puuvilla

Puuvilla on siemenkuitu, joka koostuu pääosin selluloosasta ja kuuluu malvakasvien heimoon. Puuvilla on tärkein kasvikuuti tekstiilivalmistuksessa ja puuvillaa tuotetaan ylivoimaisesti eniten kaikista luonnonkuiduista. Se on lisäksi toiseksi eniten tuotettu tekstiilikuitu, polyesterin ollessa eniten tuotettu. Puuvillasta on valmistettu tekstiilejä jo 3500 vuotta sitten Intiassa ja Intiaa pidetäänkin puuvillateollisuuden syntymaana. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 26)

Puuvillaa tuotetaan useassa eri maassa, Kiinan ollessa suurin tuotantomaa, jonka jälkeen on Intia. Tällä hetkellä tunnetaan 33 eri puuvillalajia, joista neljää viljellään kaupalliseen käyttöön, nämä lajit ovat *Gossypium hirsutum*, *Gossypium barbadense*, *Gossypium aboreum* ja *Gossypium herbaceum*. *Gossypium hirsutum* lajiin kuuluvaa Upland-lajikkeita viljellään eniten, sen ollessa 90 % kokonaistuotannosta. Seuraavaksi käytetyin laji on *Gossypium barbadense*, 8 prosentilla. Sen tunnetuimpia lajikkeita ovat egyptiläiset puuvillat, amerikkalais-egyptiläiset puuvillat sekä Sea Island -puuvillat. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 27)

Puuvillaa viljellään yksivuotisena kasvina ja varsinainen puuvillakuuti on siemenkuuti. Kukkiin kehittyy pölytyksen jälkeen siemeniä, ja näiden siemenien pinnalle kasvaa lyhyttä nukkaa ja siemenkuituja, jotka ovat puuvillakuituja. Siemenkodassa on 3–5 lohkoa, joissa jokaisessa lohossa on 7–9 siementä ja yhdessä siemenessä on noin 20 000 kuitua. Puuvilla käyttökohteita ovat pääosin erilaiset vaatteet. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 28)

Puuvillan kuitupituus on 9–65 mm, hienous on 1,1–2,9 dtex eli 10–22 μm ja väri on kermanvalkoinen. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 31). Puuvillakuidut kiertyvät spiraaliksi, joka tekee kuidun tunnistamisesta mikroskoopilla helppoa, koska muilla kuiduilla ei ole samanlaista ominaisuutta. (The Textile Institute, 1985, 137). Puuvillan rakenne voidaan jakaa viiteen kerrokseen, jotka ovat cuticula, joka on kuidun uloin kerros, primääriseinä, kierrekerros, sekundääriseinä sekä lumen. (Räisänen, Rissanen, Parviainen

& Suonsilta, 2017, 28). Puuvillakuidun poikkileikkaus on litteä ja kuidun keskellä näkyy lumen. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 23)

Muita tapoja tunnistaa puuvilla on polttokoe. Palaessaan puuvillan liekin väri on joko keltainen tai oranssi ja liekki on tasainen. Haju muistuttaa palavaa paperia tai lehteä. Siitä tulee hitaasti palavaa hiiltä ja muodostunut tuhka on kevyttä ja väriltään harmahtavaa. (Hu, 2008, 58). Se syttyy ja palaa helposti. Liuotuskokeessa puuvilla liukenee 75 % rikkihappoon 20 minuutissa. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 23)

Muita puuvillan ominaisuuksia ovat keskinkertainen veto- ja hankauslujuus. 5–10 % murtovenymä, erittäin huono elastisuus ja kimmoisuus. Kestää hyvin emäksiä, mutta huonosti happoja, keskinkertainen valon- ja säänkesto sekä hapettavien aineiden kesto. Lämmönkesto on 120–150 °C sekä kuitu syttyy ja palaa herkästi. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 31)

3.2 Silkki

Silkki on jatkuva proteiinikuitu, joka on mulperiperhosen toukan kehräämää. Tekstiilikuiduksi käytetty silkki saadaan lähes kokonaan mulperiperhosen kokongeista eli kotelokopeista. Silkki on arvostettu tekstiilimateriaali ja sitä käytetään tekstiilituotteissa. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 62)

Kun mulperiperhoset ovat kuoriutuneet, ne elävät vain lisääntymistä varten. Uros kuolee heti parittelun jälkeen ja naaras elää noin kolme vuorokautta, jonka aikana naaras munii 300–700 munaa. Kuoriutumisen jälkeen, toukat syövät 30–35 vuorokautta, jonka jälkeen ne lopettavat syömisen ja niiden kehruurauhasiin on muodostunut valkaisuainetta, fibroiinia. Toukalla on suun vieressä kaksi aukkoa, jonka läpi se kehrää kehruuliuosta kahtena eri säikeenä ja alahuulellaan toukkaa puristaa sen langaksi. Samaan aikaan toukasta erittyy serisiiniä eli silkkiliimaa, joka kuivuu ja sitoo fibroiinisäikeet langaksi. Toukka kehrää, kunnes on kokonaan peittynyt ja tällöin kotelokoppa on valmis. Toukka muodostuu kahdessa viikoksi

perhoseksi, jonka jälkeen se rikkoo kotelokopan ja alkaa heti parittelemaan. (Boncamper, 2004, 198)

Kiinassa silkkiä on viljelty jo 4500 vuotta sitten. Nykyään silkin tuotanto on hyvin vähäistä verrattuna tekstiilikuitujen kokonaistuotantoon, silkkiä tuotetaan noin 170 000 tonnia vuodessa. Kiina tuottaa tällä hetkellä 75 % kaikesta silkistä. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 62)

Yhdestä kokongista on mahdollista saada yhtenäistä silkkisäiettä jopa 400 metriä. Silkkikuidun rakenne koostuu kahdesta fibroiinisäikeestä ja serisiinikerroksesta, joka ympäröi fibroiinisäikeitä. Fibroiiniä on kuidussa noin 70 % ja serisiiniä noin 30 %. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 64)

Silkki on kuitupituudeltaan filamentti, hienous on 0,5–3 dtex, väri on valkoinen ja kiiltävä, keskinkertainen veto- ja hankauslujuus, murtovenymä on 20–25 % ja keskinkertainen elastisuus ja kimmoisuus. Huono emästen kesto, mutta hyvä happojen kesto sekä erittäin huono hapettavien aineiden kesto. Lämmönkesto on 140 °C, kuitu syttyy helposti, mutta sammuu itsestään sekä huono valon- ja säänkesto. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 64)

Mikroskoopilla tarkastellessa silkkiä, se on pituussuunnassa ohut, tekokuitumainen ja sileäpintainen. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 23). Silkin poikkileikkaus on kolmikulmainen ja molemmat fibroiinisäikeet erottuvat. (Boncamper, 2004, 201)

Polttokokeessa silkki palaa hitaasti ja sammuu itsestään, jos se poistetaan liekistä. Hajultaan se muistuttaa palavaa hiusta ja siitä muodostunut tuhka on harmahtavaa ja murenevaa. (Hu, 2008, 58). Liutuskokeessa silkki liukenee 35 % suolahappoon 15 minuutissa. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 22)

3.3 Villa

Villa on lampaasta saatavaa kuitua, joka kuuluu eläinkuituihin ja on niistä tärkein ja tuotetuin. Vuonna 2014 villan kokonaistuotanto oli noin 1,1 miljoonaa tonnia ja kuitujen kokonaistuotannosta sen osuus oli 1 %. Villan suurimmat tuotantommaat ovat Kiina, Australia ja Uusi-Seelanti. Lampaiden villa koostuu joko peitin villasta, alus villasta tai välivillasta, joka on peitin villan ja alus villan välissä olevaa tasalaatuista villaa. Lammasrotujen villat voidaan erottaa toisistaan hienouden, pituuden, kiillon, lujuuden, kiharuuden ja kutistusominaisuuksien mukaan. Villan käyttötarkoitus määräytyy hienouden, pituuden, pehmeiden ja värin mukaan. Hienoa villaa, jonka halkaisija on 14–23 μm , saadaan merinolampaista. Merinovillasta valmistetaan ohuita neuletuotteita, flanelleja sekä pukukankaita. Keskihienoa villaa, jonka halkaisija on 24–34 μm , saadaan down-roduista. Peitin villaa, jonka halkaisija on yli 40 μm , käytetään karkeisiin pukukankaisiin, verhoihin ja takkikankaisiin. Lisäksi on vielä sekavilla, jota käytetään mattoihin (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 47)

Villakuituun muodostuu ulko- ja sisäosa ja näillä on erilainen solurakenne. Pintakerroksen nimi on cuticula ja sisäkerroksen nimi on cortex. Villan kuitupituus on 25–400 mm, hienous on 1–8 dtex, väri on valkoinen, murtovenymä on 25–30 % sekä keskinkertainen elastisuus ja kimmoisuus. Villalla on huono hankauslujuus sekä huono valon- ja säänkesto, erittäin huono emästen ja hapettavien aineiden kesto, mutta hyvä happojen kesto. Lämmönkesto on 130 °C, se syttyy helposti, palaa hitaasti ja sammuu itsestään. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 52)

Villalle ulkoisia tunnusmerkkejä ovat sen muoto, joka on suippeneva kärkeä kohti. Kuidun pituus, kiharuus ja pinnan suomumaisuus ovat myös tunnistusta auttavia tekijöitä. (Boncamper, 2004, 170). Mikroskoopilla villakuituja tarkastellessa kuidulla on pituussuunnassa suomurakenne ja poikkileikkauksessa se on pyöreä tai ovaali. Villan poikkileikkauksessa voi myös näkyä villan kolme eri kerrosta. Sisimmäisin rakenne eli medula voi näkyä, mutta kaikilla villakuiduilla sitä ei ole. Seuraava kerros on cortex, joka muodostaa suurimman osan villakuidun rakenteesta. Viimeisen kerroksen muodostavat villan suomut, jotka näkyvät, kun kuitua tarkastellaan pituussuunnassa. (Collier, Bide & Tortora, 2009, 98).

Polttokokeessa villasta syntyvä liekki on väriltään oranssi, haju muistuttaa palavaa hiusta, muodostunut tuhka on mustaa ja se murenee, kun sitä murskaa. Villasta ei synny savua ja se sammuu itsestään, jos se otetaan pois liekistä. (Hu, 2008, 58). Liutuskokeessa villa liukenee sata asteiseen 5 % natriumhydroksidiin 18 minuutissa. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 22)

3.4 Pellava

Pellava kuuluu runkokuituihin, ja sitä saadaan pellavakasvin varresta. Pellavan tuotanto on vähäistä, suunnilleen 0,3 miljoonaa tonnia vuodessa. Alun perin pellavakasvi oli pensasmainen matala kasvi, mutta siitä on jalostettu kuitupellava, joka on noin 70–170 cm korkea sekä öljypellava, joka noin 50–80 cm korkea. Pellava nyhdetään korjuuvaiheessa maasta, sillä kuidut jatkuvat juuriosaan saakka, jonka jälkeen pellava liutetaan, jolloin kuitukimput irtoavat. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 35)

Pellavaa on kallista valmistaa, jonka vuoksi sen käyttö on vähentynyt. Pellavaa kuitenkin käytetään paljon puuvillan, viskoosin ja polyesterin kanssa sekoitteina, sillä pienikin määrä pellavaa sekoitteessa, saa sen tuntumaan ja näyttämään pellavaiselta ja hinta pysyy näin kilpailukykyisenä. Pellavaa käytetään kesävaatteissa, vuodevaatteissa, pyyhkeissä ja sisustustekstiileissä. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 41)

Pellavan kuidut ovat kuitukimpussa, pellavakasvi kuoren ja puumaisen sisuksen välissä. Kuitukimppuja on varressa noin 15–40 ja ne kiertävät rungon ympäri pituussuunnassa. Kuitukimppu taas koostuu 10–40 peruskuidusta, jotka ovat yhteenpunoutuneet. Vällilamelli, joka on muodostunut kasviliimasta, pitää peruskuituja yhdessä. Tekstiileissä pellavakuidulla tarkoitetaan yleensä kuitukimppua, ei peruskuitua. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 37). Pellavan väri vaihtelee melkein valkoisesta ruskeaan. (Collier, Bide & Tortora, 2009, 75)

Pellavan kuitupituus kuitukimppuna on 30–60 cm ja peruskuidun kuitupituus on 6–65 mm. Hienous on 1–5 dtex, väri on kellertävä tai ruskeahko, korkea vetolujuus, murtovenymä on 1,5–2 % ja erittäin huono elastisuus ja kimmoisuus. Hankauslujuus sekä emästen kesto on keskinkertainen, ja happojen kesto sekä valon- ja säänkesto on huono. Hapettavien aineiden kesto on erittäin huono, lämmönkesto on 120–150 °C ja se syttyy ja palaa herkästi. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 39)

Mikroskoopilla pellavaa tarkastellessa, kuitukimppu on pituussuunnassa pitkittäisjuovainen. Peruskuidut taas pituussuunnassa suippenevat molemmista päistä ja pituussuunnassa on myös solukkeita. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 23). Poikkileikkauksen keskellä on lumen, kuten puuvillalla, mutta se on pienempi ja huonommin erottuva ja poikkileikkaus on monikulmio. (Collier, Bide & Tortora, 2009, 76). Polttokokeessa pellava käyttäytyy samoin kuin puuvilla eli syttyy ja palaa helposti, erona se, että syttymisessä kestää kauemmin kuin puuvillalla. Pellavasta syntyvä liekki on väriltään keltainen tai oranssi. Tuoksuu palavalta lehdeltä tai paperilta ja siitä syntyy kevyttä ja harmaata tuhkaa. (Hu, 2008, 58). Liuotuskokeessa pellava, kuten puuvilla, liukenee 75 % rikkihappoon 20 minuutissa. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 22)

4 Tekokuidut

Tekokuidut ovat ihmisten valmistamia kuituraaka-aineita, jotka ihminen tekee kuitumuotoon kemiallisilla ja fysikaalisilla prosesseilla. (Boncamper, 2004, 14). Tekokuidut lajitellaan kolmeen eri ryhmään, niiden lähtöraaka-aineen alkuperän mukaan. Nämä ryhmät ovat muuntokuidut, synteettiset kuidut ja epäorgaaniset kuidut. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 8)

Muuntokuitujen perusrakenne on luonnostaan sopiva kuituraaka-aineeksi, mutta ne eivät ole vaan kuitumaisessa muodossa, joten ne täytyy jalostaa kuitumaiseen muotoon. (Boncamper, 2004, 16). Muuntokuitujen raaka-ainepolymeeri koostuu joko selluloosasta tai proteiinista. Muuntokuidut ovat kemiallisesti orgaanisia kuituja ja ne voidaan jaotella kolmeen alaryhmään, jotka ovat selluloosamuuntokuidut, selluloosaesterikuidut ja proteiinimuuntokuidut. Selluloosamuuntokuituihin kuuluvat viskoosi, modaali, lyocell ja kupro. Lisäksi uusia selluloosamuuntokuituja on koko ajan kehitteillä lisää. Selluloosaesterikuituihin kuuluu asetaatti ja proteiinimuuntokuituihin kuuluvat eläinkunnasta saatavat kuidut kuten kaseiini ja fibroiini sekä kasvikunnasta saatavat kuidut kuten maapähkinä, soija ja maissi. Muita muuntokuituja ovat alginaatti, luonnonkumi ja paperilangat. (Boncamper, 2004, 16)

Synteettisten kuitujen raaka-aineet saadaan yleensä raakaöljyn jalostustuotteista ja niiden raaka-aineina toimivat monomeerit, eli pienimolekyyliset yhdisteet, jotka teollisessa prosessissa polymeroidaan polymeereiksi eli pitkäketjuiseiksi yhdisteiksi. Synteettiset kuidut ovat muuntokuitujen tapaan kemiallisesti orgaanisia kuituja. Synteettisiä kuituja ovat polyesteri, polyamidi, akryyli, modakryyli, polypropeeni, polylaktidi ja elastaani. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 9)

Epäorgaaniset kuidut ovat kuituja, joiden raaka-aineena ovat epäorgaaniset materiaalit. Epäorgaanisiin kuituihin kuuluvat lasi, metalli ja hiili. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 9)

4.1 Tekokuitujen valmistusmenetelmät

Tekokuituja valmistetaan eri kehrumenetelmillä, joista yleisimmät ovat märkäkehruu, sulakekehruu ja kuivakehruu. Lisäksi on myös olemassa ilmarakokehruu ja geelikehruu, mutta ne eivät ole niin yleisiä. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 68)

Päävaiheet tekokuitujen kehruussa ovat nestemäisen massan puristaminen kehrusuulakkeiden läpi, jolloin massa muuttuu säiemuotoon. Tämän jälkeen kuitusäikeet kiinteytetään, jota seuraa kehruuavivointi, kuitusäikeiden venytys ja jälkikäsitteily. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 68)

Märkäkehruuta käytetään polymeereille, jotka eivät ole riittävän termostabiileja ja jotka eivät sula eivätkä liukene haihtuvaan liuottimeen. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 69). Kuituja, joita valmistetaan märkäkehrulla ovat muun muassa selluloosamuuntokuidut kuten modaali, lyocell ja viskoosi. Sekä synteettiset kuidut akryyli ja modakryyli. (Boncamper, 2004, 257). Märkäkehruussa polymeereistä valmistetaan liuos, joka on vahvuudeltaan 3–30 %, tämä liuos työnnetään kehrusuulakkeiden läpi kehruukylpyyn, jossa säikeet vähitellen muuttuvat kiinteään olomuotoon. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 69)

Sulakekehruuta käytetään polymeereille, jotka ovat termostabiileja ja sulavat, mutta eivät hajoa sulamisesta. Polymeerimassa työnnetään sulana kehrupumpun ja suodattimien läpi kehrusuulakkeisiin, jonka jälkeen kylmää ilmavirtaa käytetään säikeiden jäähdyttämiseen. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 69). Kuidut, joita valmistetaan sulakekehrulla ovat polyamidi, polypropeeni, polyesteri ja polyeteeni. (Boncamper, 2004, 257)

Kuivakehrumenetelmää käytetään polymeereille, jotka eivät sula tai niiden sulamislämpötila on liian lähellä hajoamislämpötilaa. Tässä menetelmässä polymeeri liuotetaan 10–45 % vahvuiseksi liuokseksi liuottimella, joka on helposti haihtuvaa. Liuos menee suulakkeen läpi säikeinä haihdutuskanaaliin, jossa liuotin haihtuu lämmön avulla. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta,

2017, 69). Tällä menetelmällä valmistetaan muun muassa aramidia, asetaattia, akryyliä ja modakryyliä. (Boncamper, 2004, 257)

Avivointi tehdään kaikissa kehrumenetelmissä. Avivoinilla säikeisiin säädetään sopiva pintakitka ja estetään staattisen sähköön muodostuminen seuraaviin prosessinvaiheisiin. Avivointiaineseokset sisältävät muun muassa mineraaliöljyä, emulgaattoreita, synteettisiä voiteluaineita ja lisäaineita. Lopullisessa tekstiilituotteessa ei ole avivointiaineita, sillä ne peseytyvät pois. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 70)

Kuidun venytyksessä kuidun rakenne yhdensuuntaistetaan, joka lisää kuidun lujuutta. Venytys voi tapahtua joko omana prosessina tai osittain tai kokonaan kehruun ja kelauksen aikana. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 70)

4.2 Viskoosi

Viskoosi on puuselluloosakuitu, joka on valmistettu viskoosiprosessilla. Viskoosin valmistaminen on pitkä prosessi ja se voi kestää useista tunneista vuorokausiin. Ensimmäinen vaihe viskoosin valmistuksessa on selluloosan käsittely ensin natriumhydroksilla, jonka jälkeen se käsitellään rikkihiilellä. Selluloosa muuttuu natriumhydroksin ja rikkihiilen jälkeen liukoiseksi selluloosajohdannaiseksi. Seuraavaksi selluloosa liuotetaan laimeassa natriumhydroksidiliuoksessa ja siihen voidaan samalla lisätä haluttuja lisäaineita. Tämän jälkeen liuos työnnetään kehruukylpyyn kehrusuulakkeen reikien läpi, jossa liuos muuttuu takaisin kiinteään olomuotoon. Kehruukylvyssä on vettä, sinkkisulfaattia, natriumsulfaattia ja rikkihappoa. Kehruukylvyn jälkeen kuitu pestään kemikaalijäämistä, valkaistaan ja viimeistellään. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 92). Viskoosikatkokuitua voidaan käyttää esimerkiksi sellofaanien, tekstiilien ja pesusienien valmistukseen. Viskoosista pystytään myös valmistamaan hygieniapyyhkeitä, palosuojakuituja sekä siitä pystytään myös valmistamaan kuituja autonrenkaisiin ja vanuteollisuuteen. (Knowpulp. Liukosellu. N.D.)

Rakenteeltaan viskoosilla on ydin-kuorirakenne, mikä johtuu siitä, kun viskoosi työnnetään kehruukylpyyn, kuidun pinta muuttuu heti kiinteään olomuotoon ja ydin muuttuu hitaammin. Lisäksi viskoosin ydin on huokoisempaa kuin kuori. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 9). Viskoosin pituus ja hienous voidaan määritellä käyttötarkoituksen mukaan. Yleensä vaatetuskuiduilla, jotka ovat puuvillantyyppisiä, hienous on 0,9–3,1 dtex ja pituus on 40–60 mm. Villatyyppiset vaatetuskuidut ovat taas hienoudeltaan 0,9–5 dtex ja pituudeltaan 100–135 mm. Viskoosilla on huono elastisuus, että kimmoisuus ja huono hankauslujuus sekä valon- ja säänkesto. Se on vetolujuudeltaan keskinkertainen ja murtovenymä on 15–40 %. Sillä on hyvä emästen kesto, mutta erittäin huono happojen kesto, lämmönkesto on 150 °C ja se syttyy ja palaa helposti. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 92). Viskoosin hyviä ominaisuuksia ovat sen pehmeä tuntuma, biohajoavuus, absorptiokyky ja kosteudensäilytyskyky. (Knowpulp. Liukosellu. N.D.)

Mikroskoopilla tarkastellessa viskoosia, se on pituussuunnassa juovainen ja poikkileikkaus on pyöreä, jossa on sahalaitainen reuna. (Collier, Bide & Tortora, 2009, 131). Polttokokeessa viskoosi syttyy ja palaa helposti, tuoksuu palaessaan palavalta paperilta tai puulta ja muodostaa kevyen ja harmaan tuhkan. Liuotuskokeessa viskoosi liukenee 60 % rikkihappoon 7 minuutissa. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 22). Viskoosi on hankala erottaa mikroskoopilla muista selluloosakuiduista. (Boncamper, 2004, 227)

4.3 Modaalikuitu

Modaalikuitu on myös selluloosakuitu, jota voidaan valmistaa eri tavoilla, mutta yleisin tapa on viskoosimenetelmä. Modaalikuiduilla on korkeampi murtolujuus ja alkumoduli kuin viskoosilla märkänä. Viskoosin ja modaalin erona on se, että modaalissa lähtöraaka-aineen selluloosapitoisuus on suurempi, kuin viskoosissa ja modaalin kehruukylpyyn lisättävät apuaineet hidastavat kuidun muuttumista kiinteään olomuotoon, jolloin kuituja voidaan venyttää enemmän, kuin viskoosin valmistuksessa. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 95)

Modaali voidaan erottaa viskoosista niiden erilaisen kuiturakenteen vuoksi. Modaalin kuorikerros on paksumpi kuin viskoosin tai modaalin kuitu koostuu kokonaan kuorikerroksesta. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 95). Modaaliin muodostuu myös valmistusvaiheen aikana mikrofibrillirakenne, jota viskoosiin ei muodostu. Poikkileikkauksessa modaali on pyöreähkö ja pinta on tasainen. Lisäksi valmistetaan myös modaalikuituja, joiden poikkileikkaus on kolmiomainen. (Boncamper, 2004, 231)

4.4 Lyocell

Lyocell on muuntokuitua, joka on yleisemmin valmistettu puuselluloosasta ja nykyisestä tuotannosta vastaa lähinnä Lenzing. Lyocell valmistetaan kehrumenetelmällä, jossa käytetään orgaanisia liuottimia. Lyocellin valmistusprosessi on lyhyempi ja yksinkertaisempi, kuin viskoosin, sen kestäessä noin kahdeksan tuntia ja viskoosin kestäessä noin 40 tuntia. Lisäksi Lyoncellin valmistuksessa ei käytetä myrkyllisiä kemikaaleja ja sen yleisin liuotinkemikaali on N-metyylimorfoliinioksidi eli NMMO, joka on mahdollista kierrättää prosessissa uudelleen 99,5 % ja se on biologisesti hajoavaa. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 95)

Valmistusprosessissa liuos, joka sisältää selluloosaa, NMMO:ta ja vettä, kehrätään ilmarakokehruulla. Liuos pumpataan aluksi suulakkeiden reikien läpi, jonka jälkeen kuitusäikeet menevät kehruukylvpyyn, joka sisältää vettä ja NMMO:ta. Kehruukylvyssä se muuttuu kiinteään olomuotoon, jonka jälkeen kuidut pestään, viimeistellään ja kuivataan. Lyocellilla on hyvät lujuusominaisuudet ja sen poikkileikkaus on pyöreä. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 95). Lyocellilla ei ole samanlaista sahalaitaa poikkileikkauksessa kuten viskoosilla. (Collier, Bide & Tortora, 2009, 135). Lyocell on tuntumaltaan pehmeä ja silkkinen ja on yleisiltä ominaisuuksiltaan kuten muutkin selluloosamuuntokuidut. (Boncamper, 2004, 236). Lyocellissa yhdistyvät myös puuvillan ja viskoosin hyvät ominaisuudet, jotka ovat hengittävyys, lujuus ja laskeutuvuus. (Knowpulp. Liukosellu. N.D.)

4.5 Kuura

Kuura on uusi Metsä Springin ja japanilaisen ITOCHU:n kehittämä sellupohjainen tekstiilikuitu, jonka raaka-aineena on kuusesta ja männystä saatava selluloosa. Valmistusprosessi on suora liuotusmenetelmä, jota kehittelemässä on ollut mukana eri yliopistoja ja tutkimuslaitoksia. Aineet, jota käytetään kuidun valmistukseen ovat turvallisempia ja ympäristöystävällisempiä, kuin aiemmin käytetyt. (Kuura. Homepage. N.D.). Tätä opinnäytetyötä tehdessä, tätä tuotetta ei ole vielä kaupallisessa käytössä, joten kyseisestä kuidusta ei löydy tarkempaa julkista tietoa.

4.6 Akryyli

Akryyli on synteettinen kuitu, jota voidaan valmistaa märkäkehrulla, joka on yleisin tapa, tai kuivakehrulla. Akryyli koostuu makromolekyyleistä, jotka ovat suoraketjuisia ja ketjussa on vähintään 85 painoprosenttia polyakryylinitriliä ja loput ovat eri monomeereja. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 81)

Akryylin kuidun rakenteeseen vaikuttaa kehrumenetelmä, jos kuitu on märkäkehrätty, rakenne on huokoisempi ja avoimempi. Akryyliä käytetään vaatteissa sekä sisustustekstiileissä. Akryylin hienous vaatekuiduissa on 0,9–3,3 dtex ja tekstiilikuidussa se voi olla jopa 17 dtex. Keskinkertainen veto- ja hankauslujuus, 30–60 % murtovenymä, hyvä elastisuus ja kimmoisuus sekä hyvä emästen ja happojen kesto. Lämmönkesto on 150 °C, se syttyy nopeasti, palaa helposti ja sulaa. Erittäin hyvä valon- ja säänkesto. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 82)

Mikroskoopilla akryyliä tarkastellessa voidaan huomata eroja märkäkehrättyjen ja kuivakehrättyjen akryyliin välillä. Märkäkehrätyissä akryyleissa on pituussuunnassa uurteita ja kuivakehrätyissä on kuidun pituussuunnassa ura. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 23). Märkäkehrätyissä akryyleissa poikkileikkaus on lähes pyöreä tai munuaisen muotoinen.

Kuivakehrätyissä poikkileikkaus on koiranluunmuotoinen. (Collier, Bide & Tortora, 2009, 177). Polttokokeessa akryyli sulaa palaessaan eikä se synnytä savua. Akryylistä syntyvä haju on kitkerä, muodostunut tuhka on mustaa ja kovaa sekä akryyli jatkaa palamista, vaikka se otetaan pois liekistä. (Hu, 2008, 58). Liuotuskokeessa akryyli liukenee 60 % typpihappoon kolmessa minuutissa. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 22)

4.7 Polyamidi

Polyamidi kuuluu synteettisiin kuituihin ja se koostuu suoraketjuisista makromolekyyleistä. Näissä ketjuissa on toistuvia amidisdoksia ja polyamideissa on erilaisia kemiallisia rakenteita ja nämä erilaiset polyamidit voidaan erottaa toisistaan numeroilla, jotka ovat polyamidi-nimen perässä. Numerot viittaavat hiiliatomien määrään, jotka reagoivat keskenään. Yleisimmät polyamidit, joita käytetään tekstiileissä ovat polyamidi 6 ja polyamidi 6,6. Polyamidit valmistetaan sulakehruumenetelmällä ja suurin osa kuidusta tuotetaan filamenteiksi. Polyamidia käytetään teknisissä tekstiileissä, vaatetuksessa ja sisustustekstiileissä. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 78)

Polyamidin rakenteessa polymeeriketjut ovat lineaarisesti sik-sak-muodossa. Polyamidin kuidun pituus ja hienous riippuu käyttötarkoituksesta. Polyamidilla on hyvä vetolujuus, erittäin hyvä kimmoisuus että elastisuus sekä erittäin hyvä hankauslujuus. Sillä on hyvä emästen kesto, keskinkertainen happojen ja hapettavien aineiden kesto. Lämmönkesto on 90 °C, se palaa hitaasti ja sulaa sekä keskinkertainen valon- ja säänkesto. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 78)

Mikroskoopilla tarkastellessa polyamidilla on samat piirteet kuin polyesterillä ja polypropeenilla eli pituussuunnassa kuitu on sileä ja poikkileikkaus on yleensä pyöreä, ellei kuitua ole profiloitu. Polttokokeessa kuitu palaa hitaasti ja sulaa samalla sihisten. Muistuttaa palaessaan sellerin hajua ja jäljelle jää kova ja harmaa helmi. Liuotuskokeessa polyamidi liukenee 35 % rikkahappoon kahdessa minuutissa. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 22)

4.8 Polyesteri

Polyesteri kuuluu synteettisiin kuituihin ja on tuotetuin tekstiilikuitu maailmassa, ja sen suurin tuotantomaa on Kiina. Polyesterikuituja valmistetaan sulakehruumenetelmällä. Polyesteri koostuu makromolekyyleistä, jotka ovat suoraketjuisia ja ketjussa on vähintään 85 painoprosenttia kahdenarvoisen alkoholin ja tereftaalihapon esterä eli diolin esterä ja yleisin polyesteri, jota tekstiileissä käytetään, on polyeteenitereftalaatti. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 74)

Polyesterillä on hyvät ominaisuudet ja se on hyvin muunneltavissa, jonka vuoksi se on tekstiilikuituna suosittu. Sitä käytetään vaatetekstiileissä, sisustustekstiileissä sekä teknisissä tekstiileissä. Lisäksi polyesteriä sekoitetaan paljon puuvillan, villan, akryylin ja viskoosin kanssa kuitusekoitteina. Polyesterin pituus ja hienous riippuu käyttökohteesta. Polyesterillä on korkea vetolujuus, erittäin hyvä elastisuus ja kimmoisuus sekä hankauslujuus. Emästen ja happojen kesto on hyvä ja hapettavien aineiden kesto erittäin hyvä. Lämmönkesto on 150 °C, se palaa vaikeasti ja sulaa samalla sekä sen valon- ja säänkesto on erittäin hyvä. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 75)

Mikroskoopilla tarkastellessa polyesteri muistuttaa polyamidia ja polypropeenä eli pituussuunnassa kuitu on sileä ja poikkileikkaus on yleensä pyöreä, ellei kuitua ole profiloitu. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 22). Palokokeessa polyesteri palaa vaikeasti, siitä syntyy oranssi liekki ja se tuottaa mustaa savua. Haju on hedelmäinen tai makea. Polyesteristä muodostunut tuhka on musta kova helmi. (Hu, 2008, 58). Liutuskokeessa polyesteri liukenee 10 minuutissa 98 % rikkihappoon. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 22)

5 Tunnistusmenetelmät

Kuituja on mahdollista tunnistaa eri tavoilla. Näitä tapoja ovat muun muassa mikroskopointi, värjäystesti, polttokoe sekä liuotuskoe. (Hu, 2008, 51). Lisäksi kuituja voidaan tunnistaa IR-spektroskopiolla. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 22)

Tekstiilikuituja voi myös tunnistaa silmämääräisesti ja sormin tunnustelemalla. Tämä on toki nykyään hankalampaa, sillä tekokuidut muistuttavat ulkoisesti yhä enemmän luonnonkuituja. Piirteitä, joita voidaan yhä käyttää hyödyksi ovat kuitupituus, kuitujen tunnustelu sormin, kuidun kiilto, kuidun kiharuus ja kuidun kiertymissuunta. (Boncamper, 2004, 76). Tekokuituja voidaan tunnistaa hyvin yhdistelemällä useampaa tunnistusmenetelmää kuten mikroskopointia, FTIR:ää, palokoetta, liuotuskoetta ja värjäyskoetta. (Houck, 2009, 87)

5.1 Mikroskopointi

Mikroskoopilla voidaan selvittää kuidun poikkileikkauksen ja pinnan rakennetta, jonka avulla kuitunäyte voidaan tunnistaa. Tähän riittää 100-kertainen suurennos. Erityisesti kuidun voi tunnistaa pinnan pitkittäisestä kuvasta sekä luonnonkuitujen ja tekokuitujen erottaminen toisistaan on helppoa mikroskoopilla. (Boncamper, 2004, 68). Mikroskopointi on yksinkertaisin testi tunnistamista varten, mutta saadakseensa tarpeeksi tietoa kuidun tunnistamista varten, täytyy kuitua tarkastella pitkittäissuunnassa ja sen lisäksi täytyy tarkastella kuidun poikkileikkausta. Mikroskopointi ei kuitenkaan ole sopivin tapa tekokuitujen tunnistamiseen, mutta sitä voidaan käyttää muiden testien tukena tunnistamisessa. (Hu, 2008, 51)

Kaikilla kuidulla on tunnusomaiset piirteet, jotka eivät välttämättä riitä tarkkaan tunnistukseen mikroskoopilla, mutta niiden avulla pystytään kuitu sijoittamaan oikeaan ryhmään (luonnonkuidut tai tekokuidut). Mikroskoopilla tunnistessa täytyy ottaa huomioon, että kuidun käsittely valmistusprosessin aikana voi muuttaa kuitua sen alkuperäisestä muodosta, ja näin hankaloittaa tunnistamista. Piirteitä, joihin tulisi kiinnittää huomiota kuituja mikroskoopilla tarkastellessa ovat kuitujen koot, kierteet, lumen, kuitukimput ja tasaiset pinnat, joissa ei ole kuituja

tai kierteitä. Jos näytteessä kuidut ovat eri kokoisia, viittaa se yleensä siihen, että kuidut ovat eläinkuituja. Jos kuidussa on kierteitä ja lumen, ne viittaavat siihen, että kuitu on puuvillaa. Kuitukimput viittaavat kasvikuituihin ja jos kuitu on tasainen eikä siinä ole suomuja on kuitu todennäköisesti tekokuitua tai silkkiä. (The Textile Institute, 1985, 136)

5.2 Värjäystesti

Värjäystestillä voidaan selvittää kuidun rakenteen muuttumista prosessien välillä ja myös selvittää, onko kuitu hydrofiilinen vai hydrofobinen, sillä hydrofiiliset kuidut on helpompi värjätä. Värjäystestin avulla kuidut voidaan jakaa kolmeen ryhmään, jotka ovat kasvikuidut, eläinkuidut ja tekokuidut. Tämä edesauttaa kuidun tunnistamista. Kuidun tunnistaminen värjäystestillä on hankalampaa, jos kuitu on jo värjätty tai se on viimeistelty kemikaaleilla. Jos kuidut ovat valkoisia tai niistä saadaan värjäys pois, voidaan värjäystestiä käyttää hyödyksi tunnistamisessa. Värjäystestissä kuitu värjätään värisekoiteella ja sekoitteen annetaan vaikuttaa kuidussa tietyn aikaan tietyssä lämpötilassa, jonka jälkeen kuitu kuivataan. Kuivuttuaan kuitua verrataan näytteisiin, joista jo tiedetään mitä ne ovat. (Hu, 2008, 53)

5.3 FTIR

FTIR:llä eli spektrometriallla kuitunäyte laitetaan FTIR-laitteeseen, jossa laite heijastaa näytteeseen infrapunasäteilyä, jonka näyte absorboi itseensä. Muuttamalla kuidusta heijastunut säteily spektriiksi, saadaan tietoon mitä kuitua näyte on. (Houck, 2009, 20). Spektrometria on suositelluin keino tekokuitujen tunnistamiseen liotuskokeen lisäksi. (Hu, 2008, 52). FTIR-laite kuitenkin vaatii tunnistamisen helpottamista varten materiaalikirjaston, jossa on valmiita spektrejä, joihin laite vertaa näytteen spektriä. Tämä helpottaa ja nopeuttaa näytteen tunnistamista.

5.4 Polttokoe

Kuituja voidaan tunnistaa polttokokeen avulla. Kuidut, joita voidaan tunnistaa polttamalla ovat selluloosakuidut, proteiinikuidut, selluloosaesterikuidut, synteettiset kuidut ja palamattomat kuidut. (Boncamper, 2004, 77)

Polttokokeen aikana täytyy seurata ja huomioida tiettyjä ominaisuuksia kokeen aikana, jotta kuitu voidaan tunnistaa. Seurattavat asiat ovat kuidun palonopeus, syttymisalttius, syntyvä haju ja syntyvä savu. Kuidun palaminen, kun kuitu on otettu liekistä pois, palojäännös ja palojäännöksen jälkihehkumisaika. (Boncamper, 2004, 77). Polttokokeen avulla voidaan päätellä, onko kuitu luonnonkuitua vai tekokuitua. Polttokokeella ei välttämättä saada selville tarkasti, mitä kuitu varsinaisesti on. Varmin tapa tunnistaa kuitu on tehdä polttokokeen lisäksi liuotuskoe ja tutkia kuitua mikroskoopilla. (Hu, 53, 2008)

5.5 Liuotuskoe

Liuotuskokeessa kuituja liuotetaan liuottimilla. Kokeeseen vaikuttavat liuotinaine, liuotusaika, lämpötila sekä liuoksen väkevyys. Koe aloitetaan ensin tekemällä karsinta, jossa kuitua liuotetaan ryhmäliuottimessa. Kun kuitu liukenee tietyssä ryhmäliuoksessa, siirrytään testaamaan ryhmäliuoksessa olevia liuoksia yksitellen. Tätä kutsutaan analyysiliuottimeksi. (Boncamper, 2004, 77)

Lisäksi liuotuskoe voidaan suorittaa liuotustaulukoiden mukaan. Tässä menetelmässä kuitua liuotetaan ensin taulukon ensimmäisellä liuottimella, eli vasemmalla reunassa olevassa liuottimella. Jos kuitu ei liukene ensimmäiseen liuottimeen, siirrytään järjestyksessä seuraavaan ja tätä jatketaan siihen saakka, kunnes kuitu liukenee. Kuitu tunnistetaan sen mukaan, mihin liuottimeen kuitu liukenee. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 22). Käytettäviä liuottimia ovat muun muassa suolahappo, natriumhydroksidi, aseton, rikkihappo ja typpihappo. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta, 2017, 23)

6 Mikroskopoointi

6.1 Laitteisto ja kuitujen valmistelu

Kuitujen kuvaaminen on suoritettu Tampereen ammattikorkeakoulun paperilaboratorion tiloissa sijaitsevalla Nikon Eclipse E400 läpivalaisu mikroskoopilla, jossa kameran objektina toimii Qimaging MicroPublisher 5.0 RTV. Mikroskoopin linssiosassa on 10-kertainen suurennos ja mikroskoopissa on viisi eri objektia, joissa suurennokset ovat 2-, 4-, 10-, 20- ja 40-kertaiset, joten mikroskoopilla on mahdollista ottaa kuvia 20-, 40-, 100-, 200- ja 400-kertaisilla suurennoksilla.

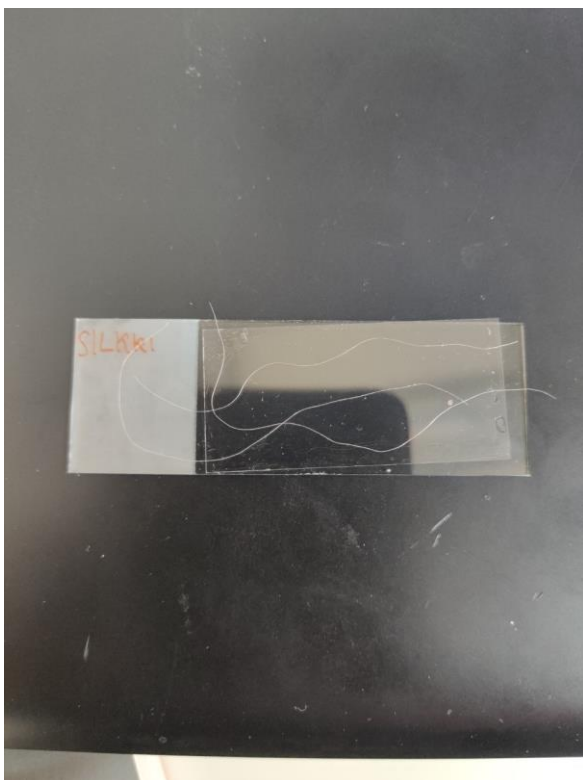
Ennen kuin kuituja voidaan kuvata mikroskoopilla, täytyy kuiduista valmistella preparaattit. Pituussuunnasta otettavia kuvia varten kuidut eriteltiin toisistaan yksittäisiksi kuiduiksi ja aseteltiin yksittäin mikroskopoointilasille, jonka jälkeen kuitujen päälle asetettiin mikroskoopin objektilasi, joka kiinnitettiin mikroskopoointilasiin läpinäkyvällä kynsilakalla. Kuvassa 3 on valmis preparaatti, jossa kuidut ovat pituussuunnassa. Poikkileikkauskuvia varten kuiduista muodostettiin kuitujen pituussuunnassa kuitukimppu, joka narun avulla vedettiin reikälevyn läpi, jossa reiän halkaisija on 0,7 mm. Kun kuitukimppu saatiin onnistuneesti ja tiukasti reiän läpi, ylimääräiset kuidut leikattiin terävällä partaveitsellä tai kirurginveitsellä pois ja näin kuituja jäi ainoastaan reikälevyn reikään ja poikkileikkauskuvat oli mahdollista ottaa. Kuvassa 4 on valmis poikkileikkauksen preparaatti. Preparaattien valmistelutavoiksi valikoituvat tavat, joita on käytetty Tampereen ammattikorkeakoulussa yleisesti aikaisemmin.



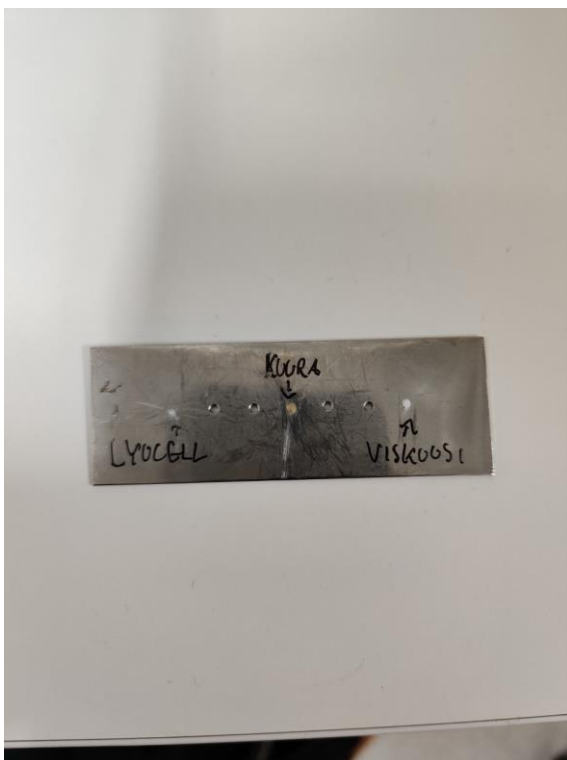
KUVA 1. Tampereen ammattikorkeakoulun paperilaboratorion mikroskooppi.



KUVA 2. Mikroskoopin kameran objekti.



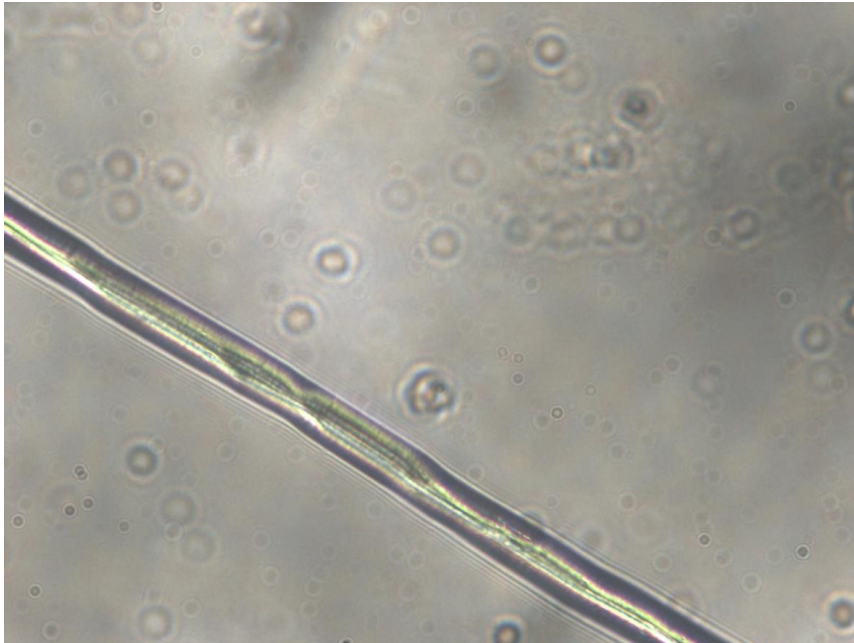
KUVA 3. Kuidun pituussuunnan preparaatti.



KUVA 4. Kuitujen poikkileikkauksen preparaatti.

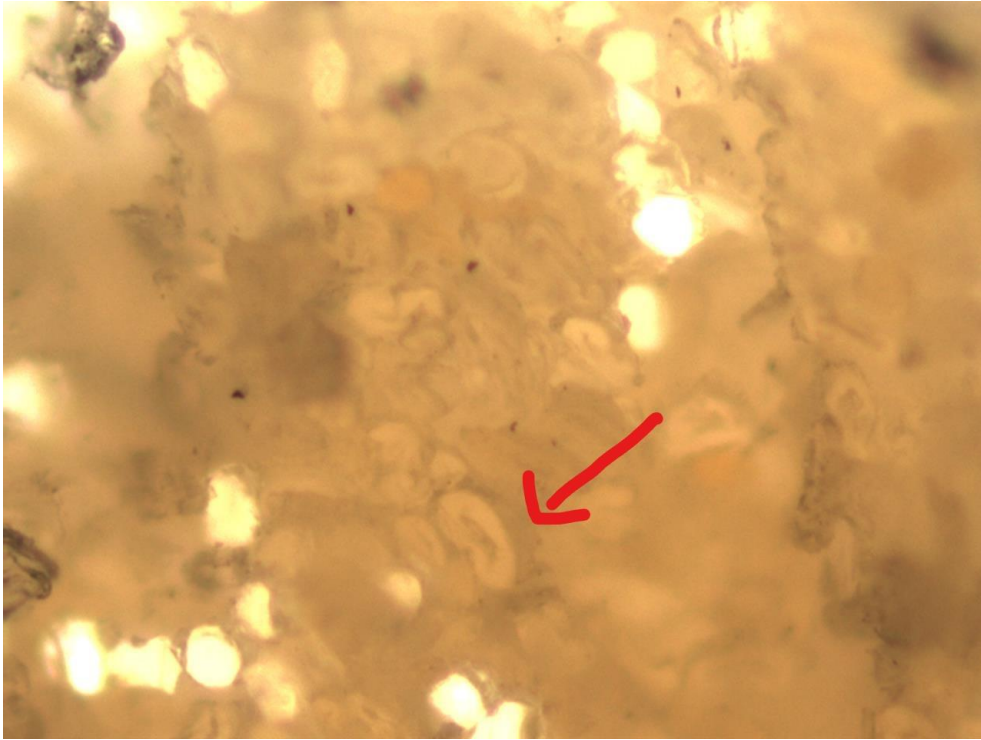
6.2 Puuvillan kuvat

Kuvassa 5 on puuvillan pituussuunnan kuva 400-kertaisena suurennoksena. Kuvasta voidaan erottaa puuvillalle tyypilliset kierteet, jotka näkyvät kuvassa vaaleana kohtana.



KUVA 5. 400-kertainen suurennos puuvillakuidusta pituussuunnassa.

Kuvassa 6 taas on puuvillan poikkileikkauskuva 200-kertaisena suurennoksena. Kuvasta voidaan erottaa pavunmuotoinen kohta, jonka keskeltä näkyy lumen. Punainen nuoli osoittaa kyseistä kohtaa ja tästä voidaan tunnistaa puuvilla.



KUVA 6. Puuvillan poikkileikkauskuva 200-kertaisena suurennoksena.

6.3 Silkin kuvat

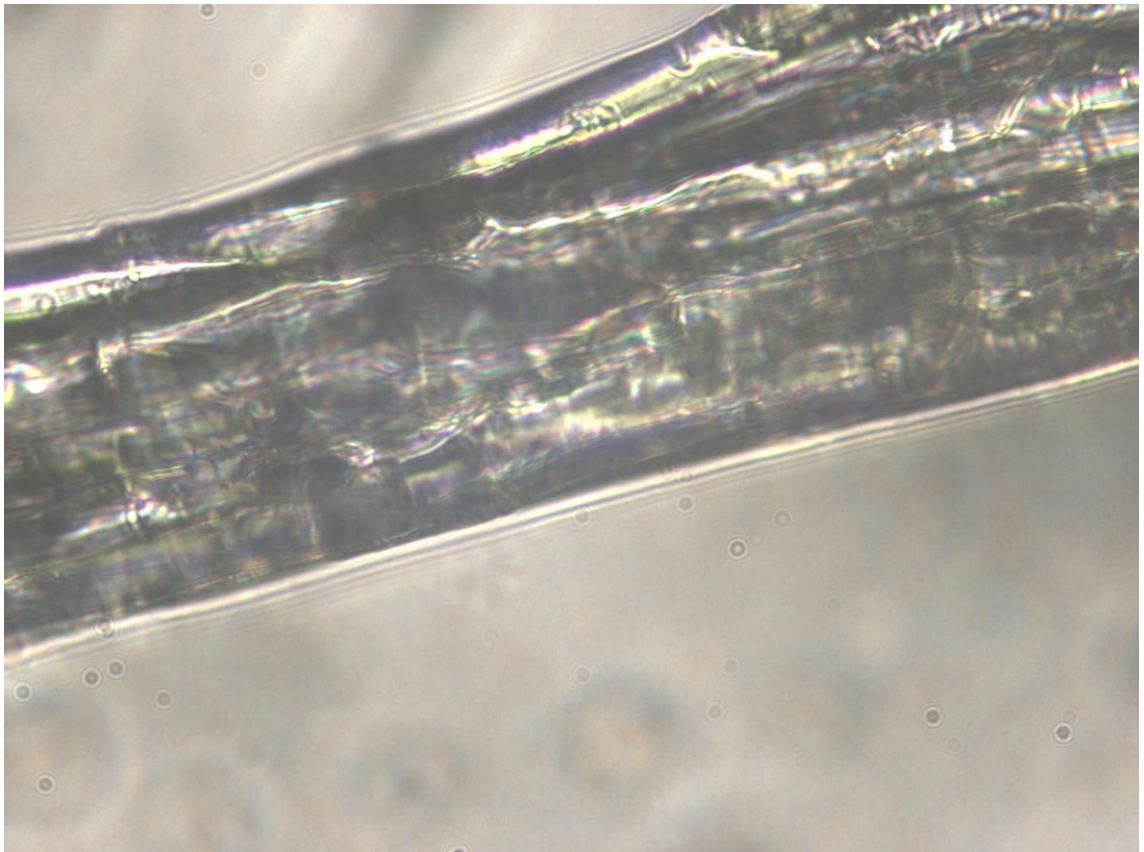
Kuvassa 7 on silkin kuva pituussuunnassa 100-kertaisena suurennoksena. Kuvassa 8 on taas silkin kuva pituussuunnassa 200-kertaisena suurennoksena ja kuvassa 9 on 400-kertainen suurennos. Poikkileikkauskuvia silkistä ei ole, sillä kuituja ei ollut tarpeeksi paljon saatavilla poikkileikkauspreparaatin valmistusta varten, mutta silkin poikkileikkaus on kolmikulmainen ja silkin molemmat fibroiinisäikeet erottuvat.



KUVA 7. Silkki pituussuunnassa 100-kertaisena suurennoksena.



KUVA 8. Silkki pituussuunnassa 200-kertaisena suurennoksena.



KUVA 9. Silkki pituussuunnassa 400-kertaisena suurennoksena.

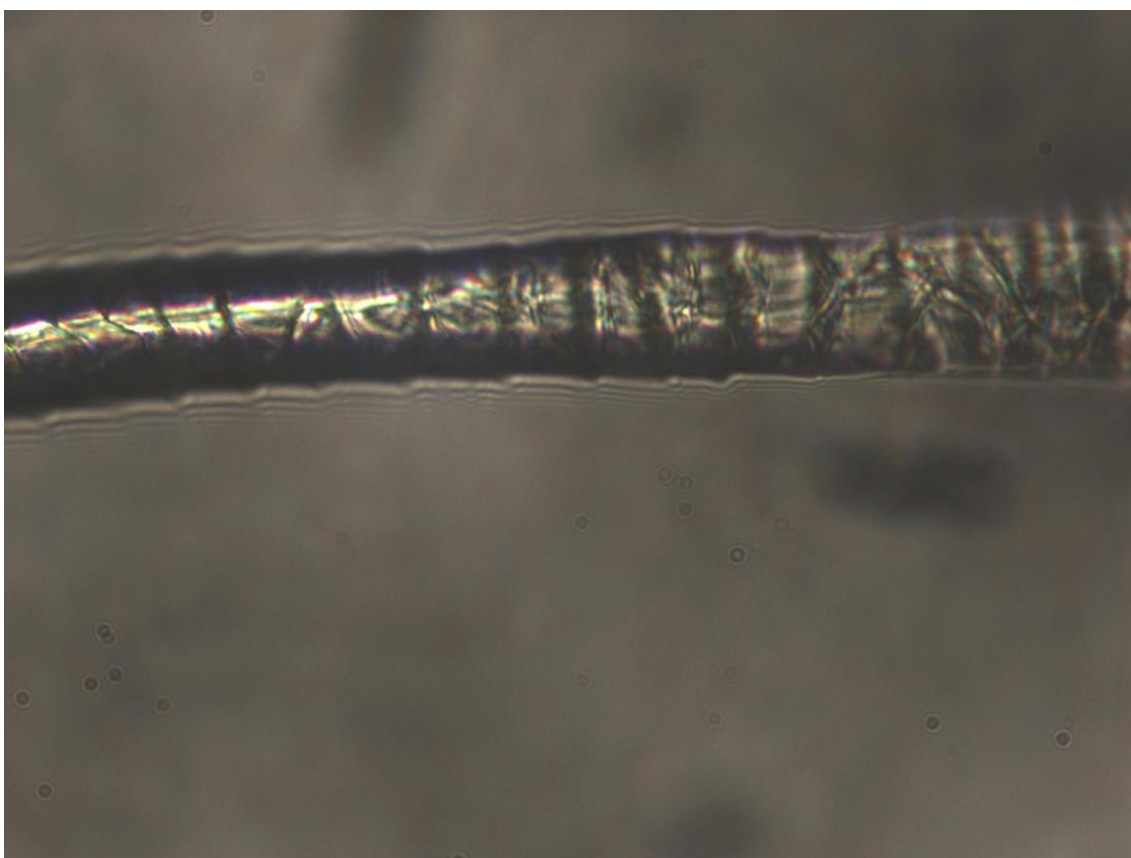
Kuten kuvista 7, 8 ja 9 voidaan huomata, silkki on aika sileäpintainen ja tekokuitumainen ja mahdollisesti hankala erottaa tekokuiduista. Silkki olisi mahdollisesti helpompi tunnistaa poikkileikkauskuvalla.

6.4 Villan kuvat

Kuvissa 10 on villan kuva pituussuunnassa 200-kertaisena suurennoksena ja kuvassa 11 pituussuunnan kuva 400-kertaisena suurennoksena. Kuvista voidaan hyvin erottaa villalle tyypillinen suomurakenne, josta villa voidaan tunnistaa.

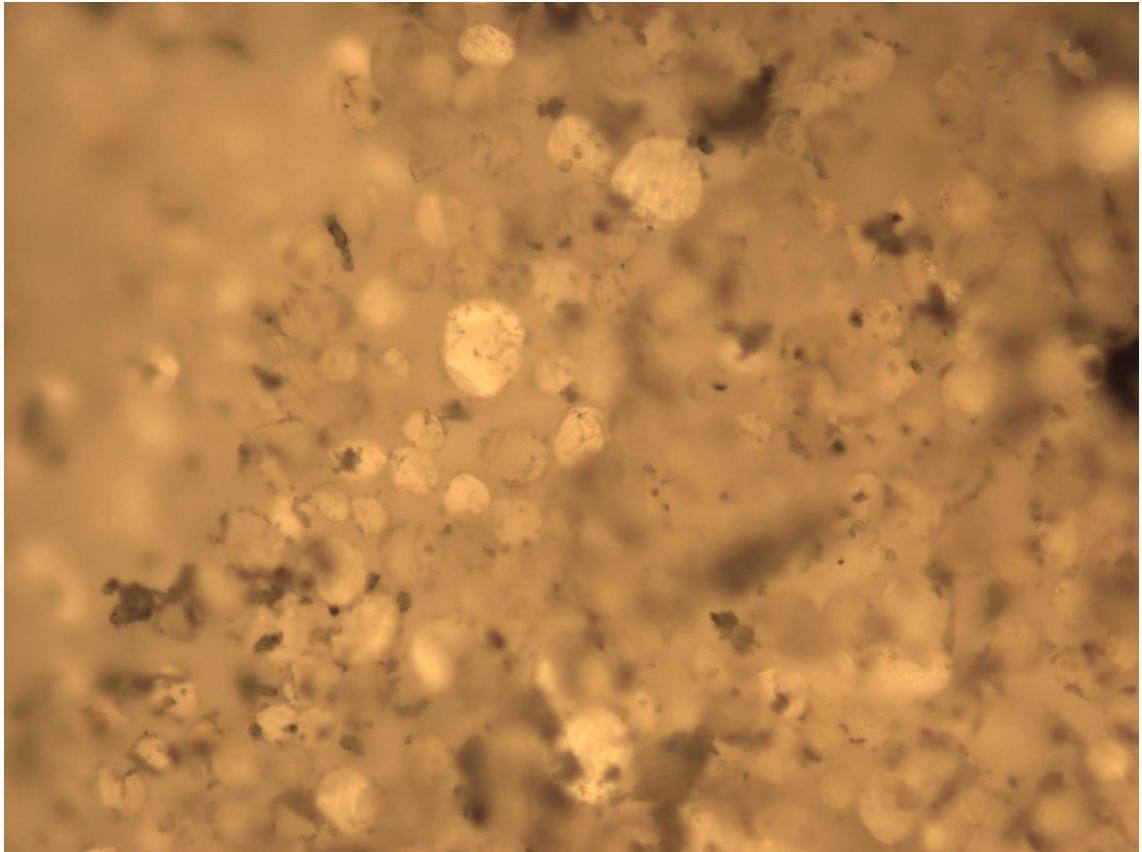


KUVA 10. Villan pituussuunnan kuva 200-kertaisena suurennoksena.



KUVA 11. Villan pituussuunnan kuva 400-kertaisena suurennoksena.

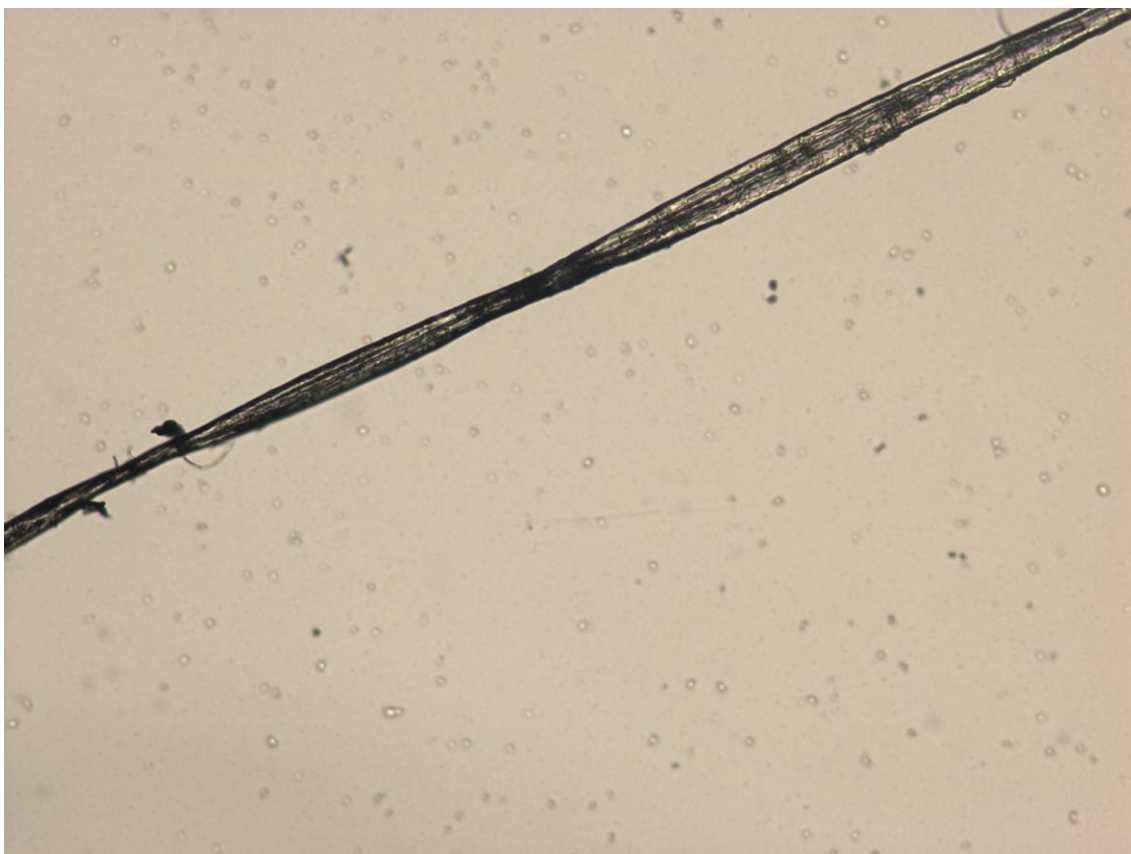
Kuvassa 12 on villan poikkileikkauskuva 200-kertaisena suurennoksena. Kuvasta voidaan erottaa erikokoisia pyöreitä ja ovaalin muotoisia muotoja, joista voidaan tunnistaa villa. Osassa kuiduissa mustana pisteenä näkyvä kohta on medulla, joka erottuu karkeimmissa kuiduissa.



KUVA 12. Villan poikkileikkauskuva 200-kertaisena suurennoksena.

6.5 Pellavan kuvat

Kuvassa 13 on pellavan kuva pituussuunnassa 100-kertaisena suurennoksena, kuvassa 14 on pellavan kuva pituussuunnassa 200-kertaisena suurennoksena ja kuvassa 15 on kuva pituussuunnassa 400-kertaisena suurennoksena. Pellavasta ei ole poikkileikkauksia, sillä kuituja ei ollut tarpeeksi saatavilla preparaatin valmistusta varten. Pellavan poikkileikkaus on monikulmainen ja keskellä näkyy lumen.



KUVA 13. Pellavan pituussuunnan kuva 100-kertaisena suurennoksena.



KUVA 14. Pellavan pituussuunnan kuva 200-kertaisena suurennoksena.



KUVA 15. Pellavan pituussuunnan kuva 400-kertaisena suurennoksena.

Kuvissa 13, 14 ja 15 voidaan kaikista erottaa pellavan peruskuidussa olevat solmukkeet. Näillä piirteillä pellava voidaan tunnistaa mikroskoopilla.

6.6 Viskoosin kuvat

Kuvassa 16 on viskoosin kuva pituussuunnassa 200-kertaisena suurennoksena ja kuvassa 17 on pituussuunnan kuva 400-kertaisena suurennoksena. Molemmista kuvista voidaan erottaa juovat, jotka näkyvät kuvissa vaaleina ja jotka kulkevat kuitua pitkin pituussuunnassa, tämä on viskoosille tyypillinen piirre ulkonäössä ja voidaan käyttää hyödyksi tunnistamisessa.

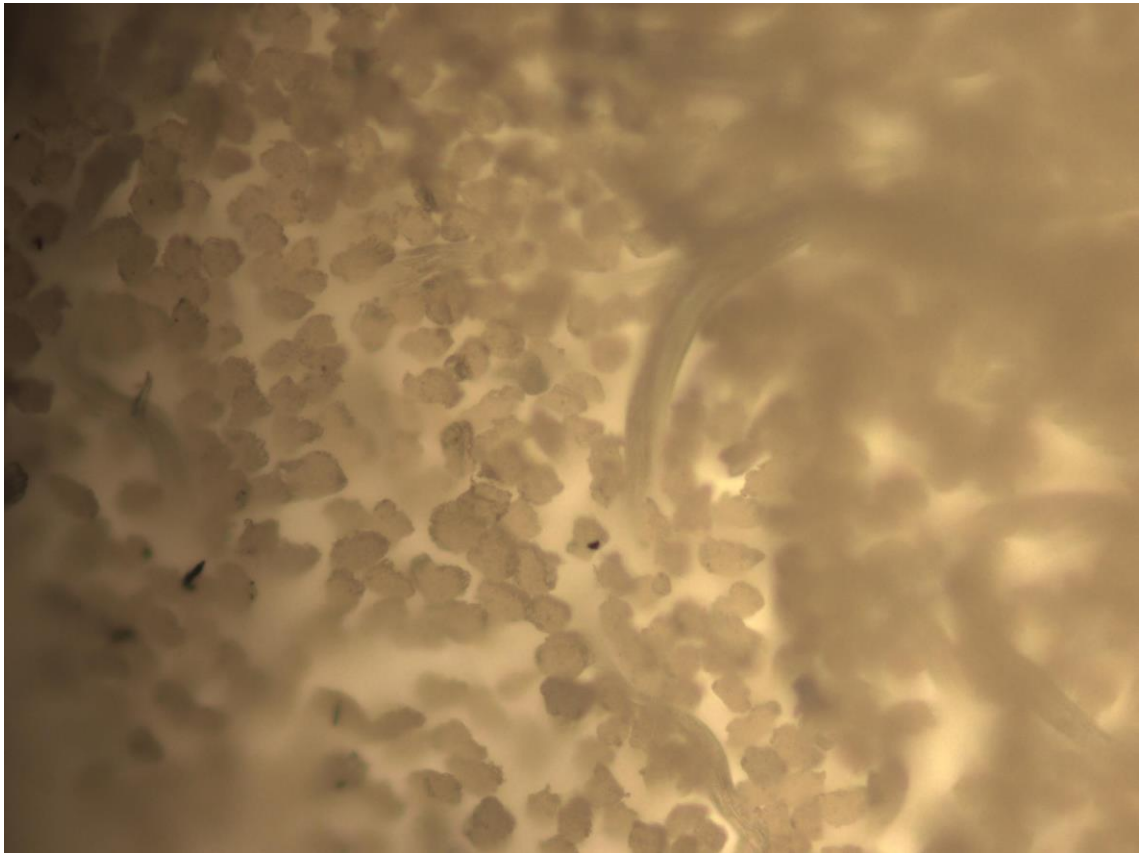


KUVA 16. Viskoosin pituussuunnan kuva 200-kertaisena suurennoksena.



KUVA 17. Viskoosin pituussuunnan kuva 400-kertaisena suurennoksena.

Kuvassa 18 on viskoosin poikkileikkauskuva 200-kertaisena suurennoksena. Kuvassa viskoosille tyypillinen poikkileikkaus, joka on epätasainen ja hieman piparkakkumainen.



KUVA 18. Viskoosin poikkileikkauskuva 200-kertaisena suurennoksena.

6.7 Modaalikuitu

Kuvassa 19 on modaalikuidun kuva pituussuunnassa 200-kertaisena suurennoksena ja kuvassa 20 on modaalikuidun kuva pituussuunnassa 400-kertaisena suurennoksena. Kuten kuvista huomaa, modaalikuidut muistuttavat hyvin paljon viskoosikuituja ja näin kuitujen erottaminen toisistaan on hankalaa.

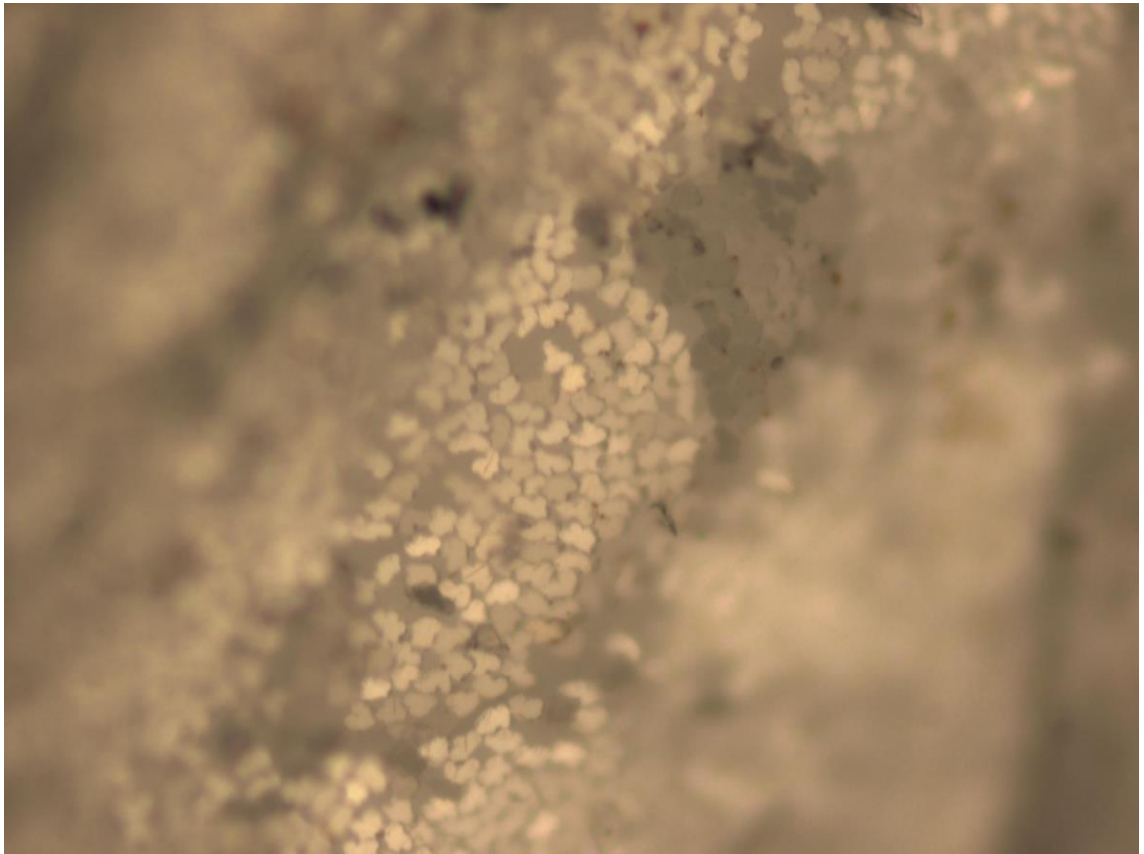


KUVA 19. Modaalikuidun pituussuunnan kuva 200-kertaisena suurennoksena.



KUVA 20. Modaalikuidun pituussuunnan kuva 400-kertaisena suurennoksena.

Kuvassa 21 on modaalikuidun poikkileikkauskuva 200-kertaisena suurennoksena. Kuten kuvasta huomataan, modaalin poikkileikkaus on kolmiomainen, joka eroaa viskoosin poikkileikkauksesta. On myös modaalikuituja, joiden poikkileikkaus on pyöreähkö ja pinta tasainen.



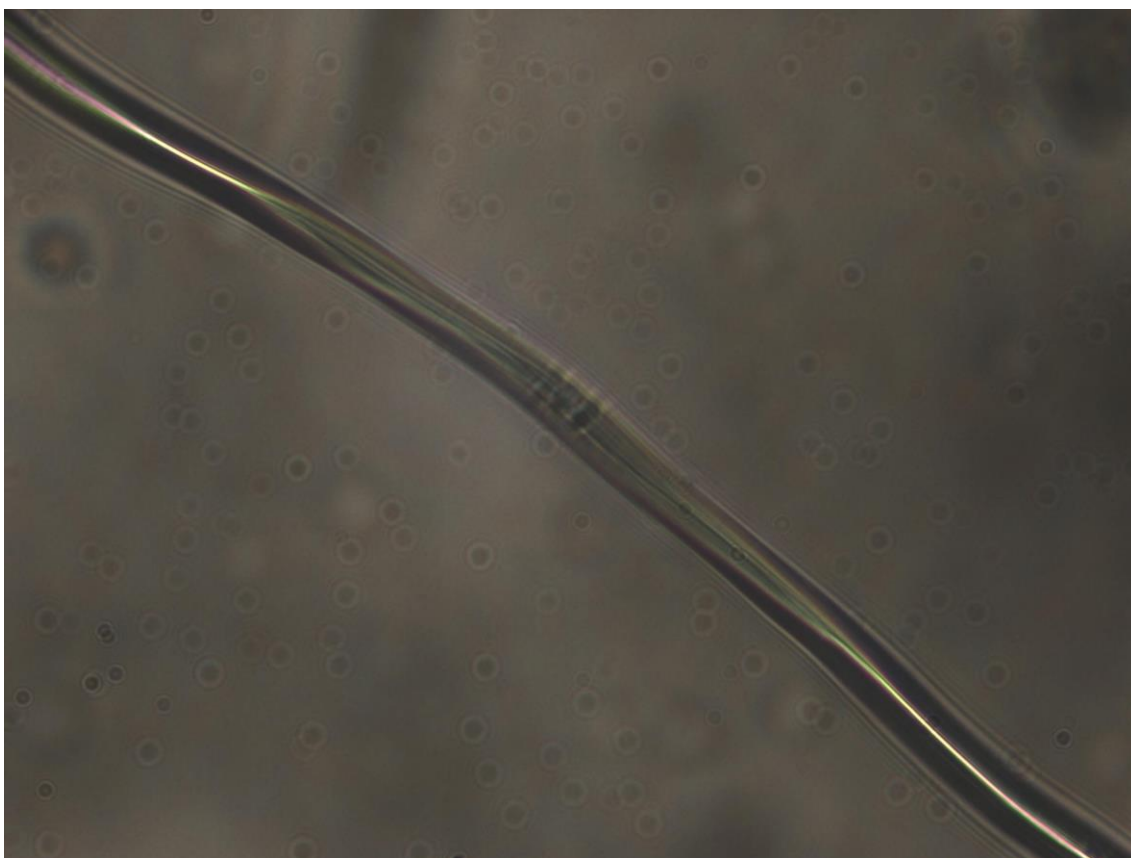
KUVA 21. Modaalikuidun poikkileikkauskuva 200-kertaisena suurennoksena.

6.8 Lyocell kuvat

Kuvassa 22 on Lyocellin pituussuunnan kuva 200-kertaisena suurennoksena ja kuvassa 23 pituussuunnan kuva 400-kertaisena suurennoksena. Kuten kuvista huomataan, Lyocell:ssä on myös samankaltaisia juovia, kuten viskoosissa ja modaalikuidussa, mikä hankaloittaa tunnistamista.

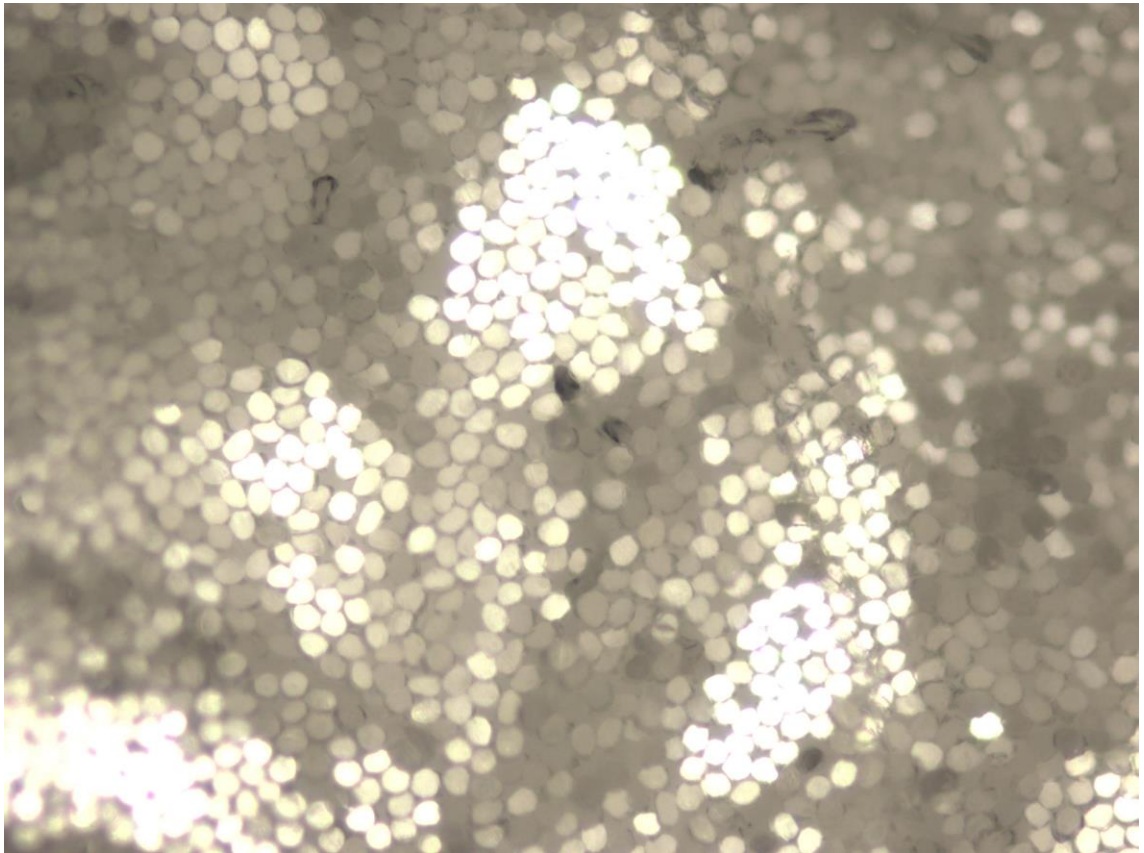


KUVA 22. Lyocell pituussuunnan kuva 200-kertaisena suurennoksena.



KUVA 23. Lyocell pituussuunnan kuva 400-kertaisena suurennoksena.

Kuvassa 24 on Lyocell poikkileikkauskuva 200-kertaisena suurennoksena. Lyocellin poikkileikkaus on pyöreä, tämän avulla Lyocell voidaan erottaa muista selluloosamuuntokuiduista hyvin.



KUVA 24. Lyocell poikkileikkauskuva 200-kertainen suurennos.

6.9 Kuuran kuvat

Kuvassa 25 on Kuuran pituussuunnan kuva 200-kertaisena suurennoksena ja kuvassa 26 Kuuran pituussuunnan kuva 400-kertaisena suurennoksena. Kuten kuvista huomataan, myös Kuuraa on hankala erottaa muista selluloosamuuntokuiduista.

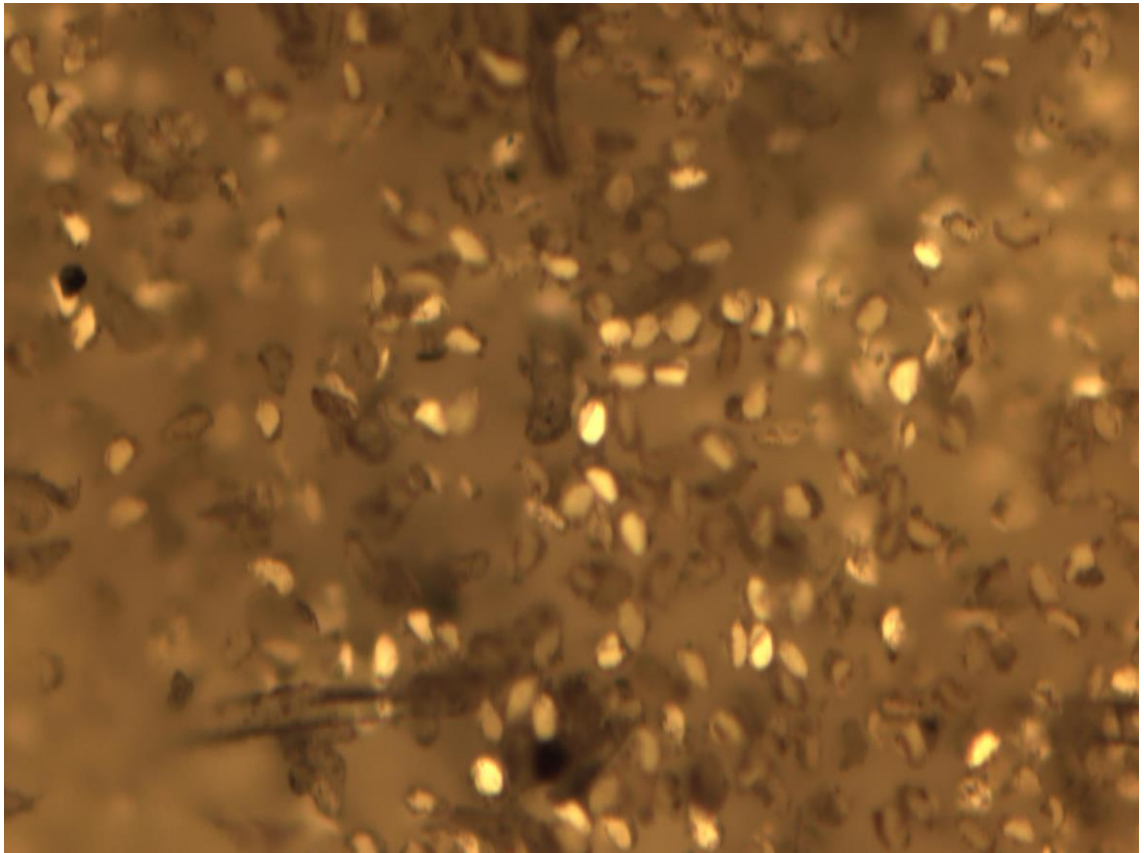


KUVA 25. Kuuran pituussuunnan kuva 200-kertaisena suurennoksena.

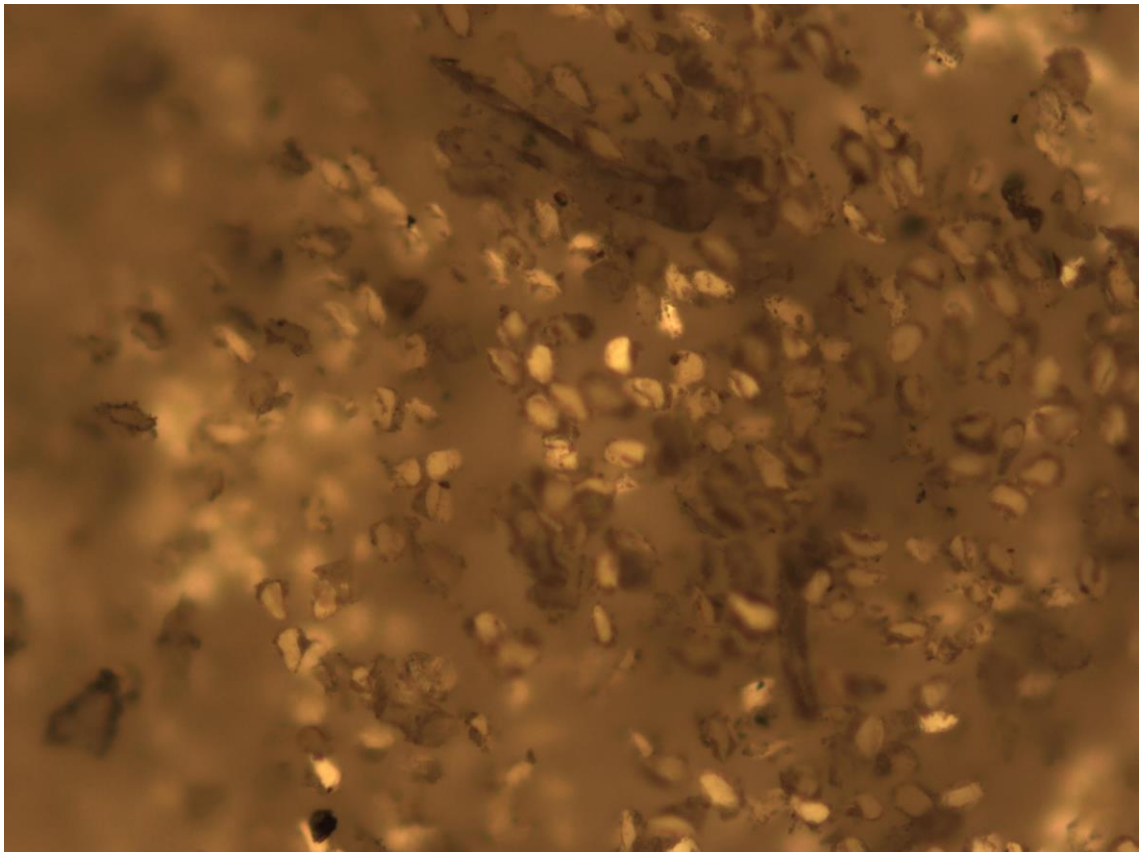


KUVA 26. Kuuran pituussuunnan kuva 400-kertaisena suurennoksena.

Kuvissa 27 ja 28 on Kuuran poikkileikkauskuva 200-kertaisena suurennoksena. Kuten kuvista huomataan, Kuuran poikkileikkaus on pyöreähkö ja ovaalin muotoinen, mikä erottaa Kuuran muista selluloosamuuntokuiduista.



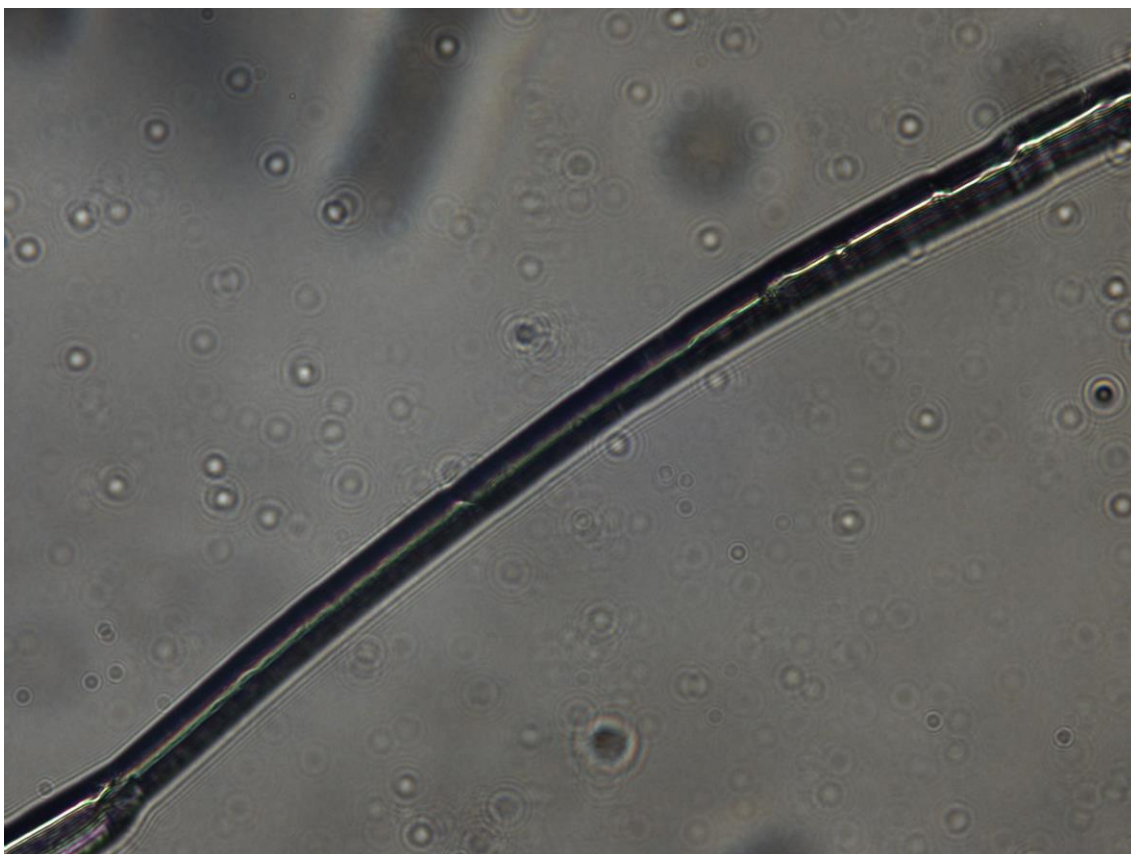
KUVA 28. Kuuran poikkileikkauskuva 200-kertainen suurennos.



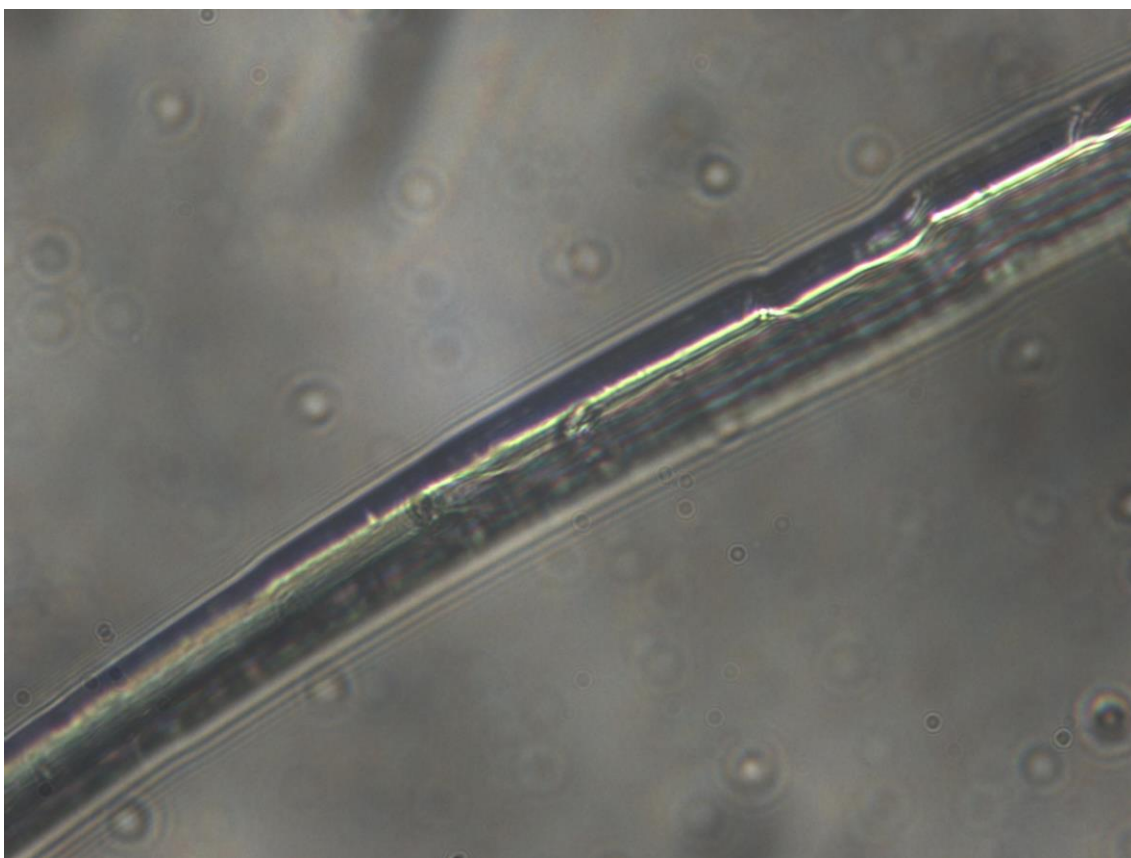
KUVA 29. Kuuran poikkileikkauskuva 200-kertaisena.

6.10 Akryylin kuvat

Kuvassa 30 on akryylin pituussuunnan kuva 200-kertaisena suurennoksena ja kuvassa 31 pituussuunnan kuva 400-kertaisena suurennoksena. Kuvista voidaan erottaa pituussuunnassa kulkeva ura, joka näkyy kuvassa vaaleana kuidun keskellä. Ura viittaa siihen, että kyseinen kuitu on valmistettu kuivakehruumenetelmällä. Märkäkehruumenetelmällä valmistetussa akryylissä näkyisi uurteita.



KUVA 30. Akryylin pituussuunnan kuva 200-kertaisena suurennoksena.



KUVA 31. Akryylin pituussuunnan kuva 400-kertaisena suurennoksena.

Kuvassa 32 on akryylin poikkileikkauskuva 200-kertaisena suurennoksena. Kuten kuvasta näkyy, tämän kyseisen akryylin poikkileikkaus on selvästi koiranluunmuotoinen, joka varmistaa sen, että tämä kyseinen kuitu on valmistettu kuivakehruumenetelmällä. Märkäkehruumenetelmällä valmistetun akryylin poikkileikkaus olisi lähes pyöreä tai munuaisenmuotoinen.



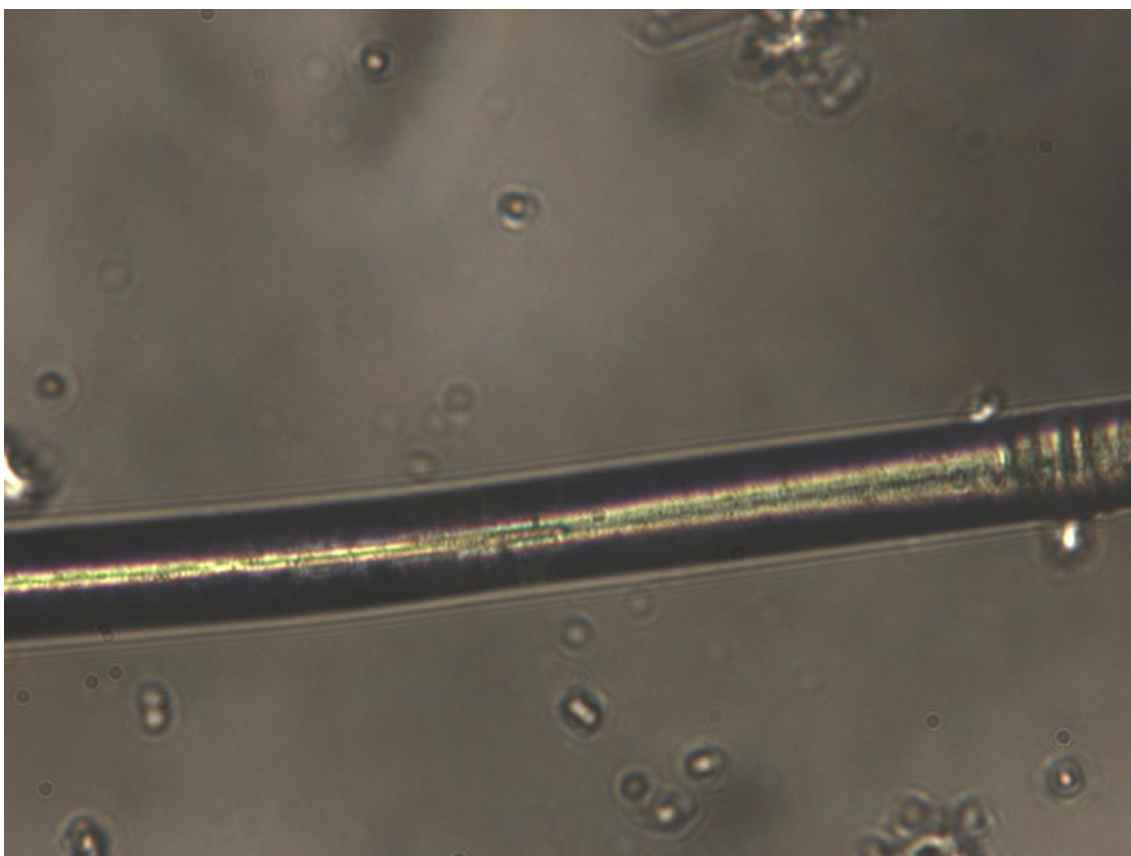
KUVA 32. Akryylin poikkileikkauskuva 200-kertaisena suurennoksena.

6.11 Polyamidin kuvat

Kuvassa 33 on polyamidin kuva pituussuunnassa 200-kertaisena suurennoksena ja kuvassa 34 polyamidin kuva pituussuunnassa 400-kertaisena suurennoksena. Kuten kuvista huomataan, polyamidi on pituussuunnassa sileä.

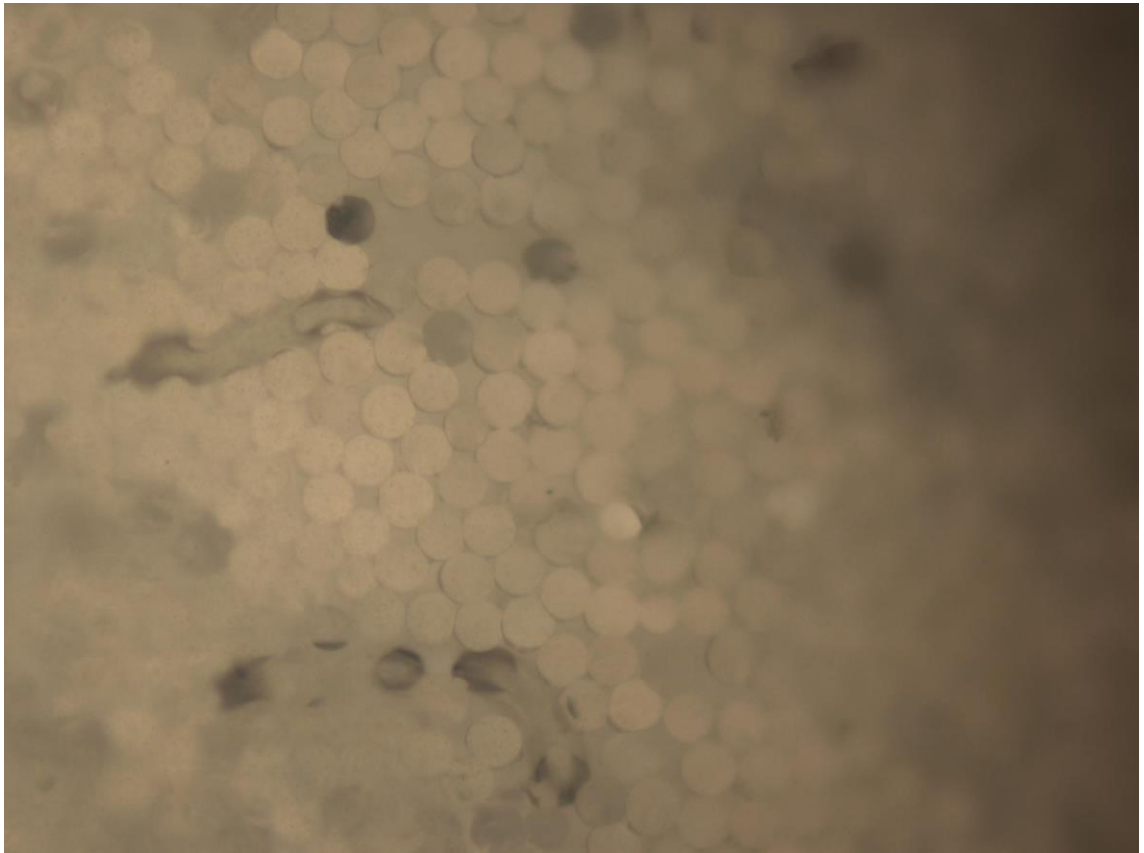


KUVA 33. Polyamidin kuva pituussuunnassa 200-kertaisena suurennoksena.



KUVA 34. Polyamidin kuva pituussuunnassa 400-kertaisena suurennoksena.

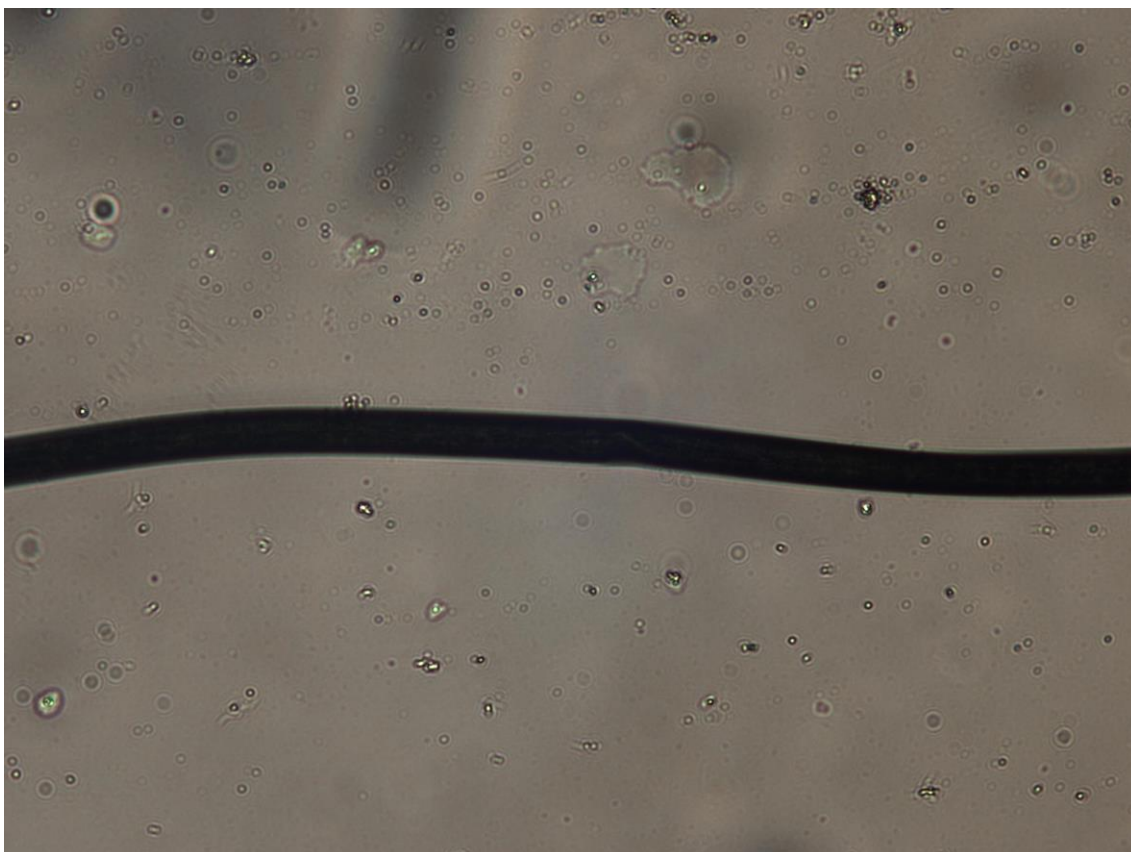
Kuvassa 35 on polyamidin poikkileikkauskuva 200-kertaisena suurennoksena. Polyamidin poikkileikkaus on pyöreä. Polyamideja myös profiloidaan valmistusvaiheessa, jolloin poikkileikkaus voi olla eri.



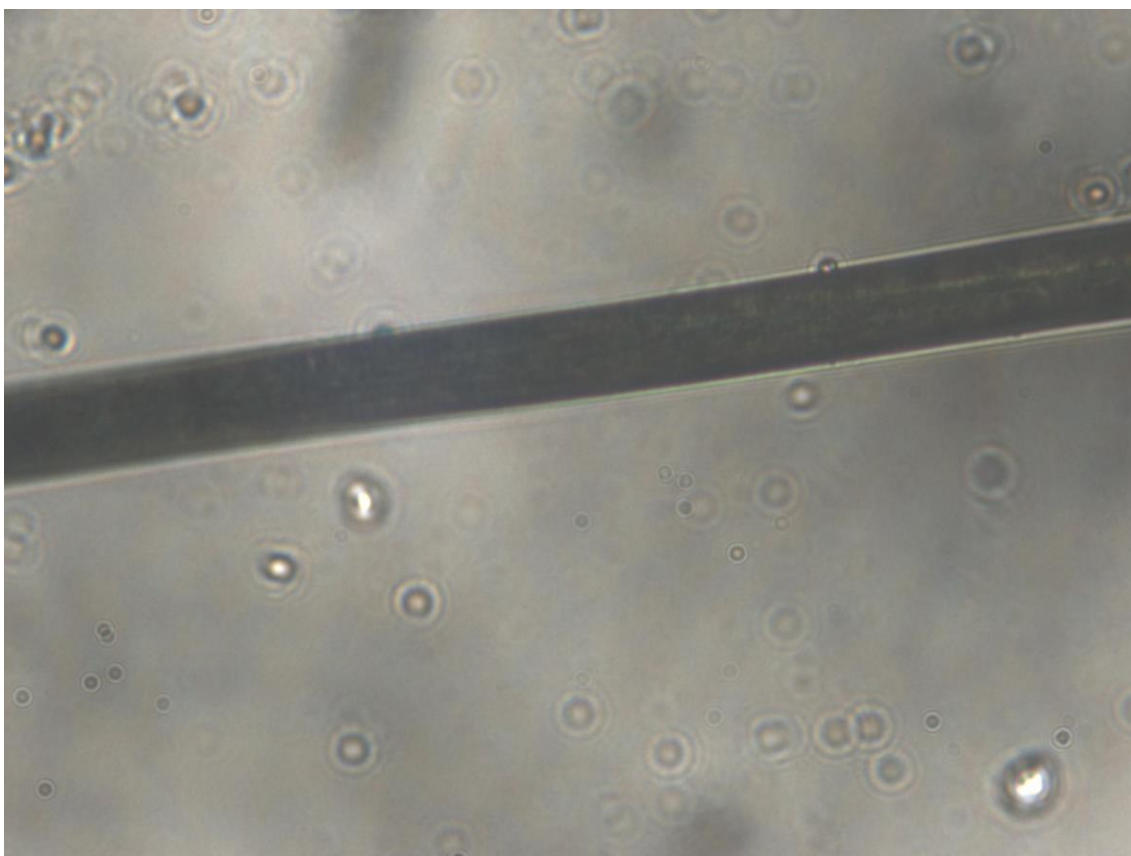
KUVA 35. Polyamidin poikkileikkauskuva 200-kertaisena suurennoksena.

6.12 Polyesterin kuvat

Kuvassa 36 on polyesterin kuva pituussuunnassa 200-kertaisena suurennoksena ja kuvassa 37 pituussuunnassa 400-kertaisena suurennoksena. Kuten kuvista huomataan, polyesteri on sileä, eikä polyesteriä erota polyamidista.

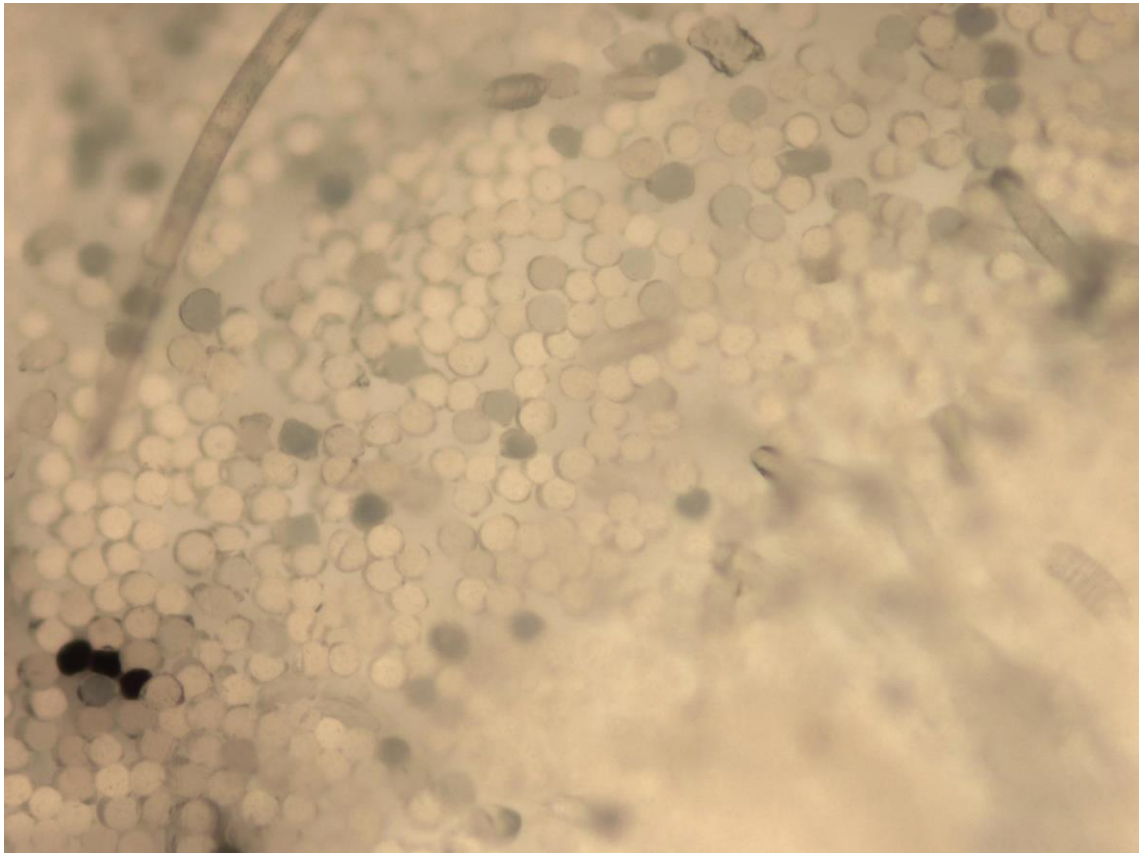


KUVA 36. Polyesterin kuva pituussuunnassa 200-kertaisena suurennoksena.



KUVA 37. Polyesterin kuva pituussuunnassa 400-kertaisena suurennoksena.

Kuvassa 38 on polyesterin poikkileikkauskuva 200-kertaisena suurennoksena. Polyesterin poikkileikkaus on pyöreä, kuten polyamidin ja näiden erottaminen toisistaan on lähes mahdotonta.



KUVA 38. Polyesterin poikkileikkauskuva 200-kertaisena suurennoksena.

7 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli muodostaa kuitukirjasto, joka sisältää tekstiilikuiduista otettuja kuvia kuidun pituussuunnassa sekä kuidun poikkileikkauskuvan. Työn tavoitteet saavutettiin onnistuneesti ja kuiduista saatiin kuvia, joita voidaan käyttää tunnistamisessa hyödyksi.

Kuvien onnistumiseen ja laatuun vaikutti hyvin suuresti se, kuinka preparaattien valmistelu onnistui. Pituussuunnassa otettavien kuvien haasteeksi osoittautui selvien kuvien ottaminen, sillä mikroskoopin läpivalaisuväli hajosi ja taittui osittain mikroskopoointilasin ja objektilasin välissä, tehden kuvien tarkentamisesta hankalaa ja osittain kuvat saattoivat valaistua liikaa tehden yksityiskohtien löytämisestä vaikeaa. Tämä korostui varsinkin 400-kertaisella suurennoksella. Pituussuunnan preparaattien valmistukseen voisi jatkossa yrittää parempaa keinoa, kuin tässä opinnäytetyössä käytettyä menetelmää. Eli mikroskopoointilasi ja objektilasi kiinnitetään reunoista toisiinsa kynsilakalla, jolloin mikroskopoointilasin ja objektilasin välissä on vain ilmaa. Jatkossa mikroskopoointilasin ja objektilasin väliin voisi lisätä immersionestettä, joka kiinnittäisi lasit toisiinsa kiinni ja auttaisi valoa taittumaan siten, että kuidut ja yksityiskohdat erottuisivat paremmin.

Poikkileikkauskuvien preparaattien valmistuksessa on tärkeää, että kuituja sai tarpeeksi paljon reikälevyn reiän läpi, jotta kuidut pysyvät tiukasti reiässä. Lisäksi valmistelussa on tärkeää, että kuidut leikataan terävällä veitsellä, jotta kuidut leikkaantuvat eivätkä repeä. Jos kuidut repeävät, niin preparaattiin jää kuituja pituussuunnassa ja poikkileikkaukset eivät näy kunnolla. Osassa kuiduissa muodostui ongelmaksi tarkkojen kuvien saaminen, joka mahdollisesti johtui ylivalaistumisesta ja kuvaa ei saatu tarkennettua tarpeeksi hyvin, jolloin yksityiskohtien löytäminen voi olla haastavaa, mutta kaikista poikkileikkauskuvista on ne kuitenkin mahdollista löytää. Poikkileikkauskuvien 400-kertaisella suurennoksella ei onnistunut, sillä kuvia ei saanut läheskään tarpeeksi tarkkoiksi, jotta kuvia olisi voitu käyttää tunnistamisessa hyödyksi, joten poikkileikkauskuvia on vain 200-kertaisella tarkennuksella. Silkistä ja pellavasta ei valitettavasti saatu poikkileikkauskuvia, sillä Tampereen ammattikorkeakoululla ei ollut kyseisiä kuituja tarpeeksi.

Kuten teoriassa kerrotaan, tekokuitujen erottaminen toisistaan pituussuunnan kuvien avulla on haastavaa, ja osa tekokuitujen poikkileikkauksista ovat myös samanlaisia, joten näiden tunnistamista varten tarvitaan myös muita tunnistusmenetelmiä. Selluloosamuuntokuituja on myös hankalaa erottaa toisistaan pelkästään pituussuunnan kuvien avulla, mutta poikkileikkauskuvat mahdollistavat niiden erottamisen toisistaan. Luonnonkuitujen tunnistaminen taas kuvien avulla on hyvinkin helppoa, niiden tyypillisten piirteiden vuoksi. Opinnäytetyön liitteissä on kaikki kuiduista otetut kuvat. Tahtoisin myös kiittää Metsä Spring Oy:tä yhteistyöstä.

LÄHTEET

Räisänen, R. Rissanen, M. Parviainen, E & Suonsilta, H. 2017. Tekstiilien materiaalit. 1. painos. Helsinki: Oy Finn Lectura Ab.

Boncamper, I. 2004. TEKSTIILIOPPI. Kuituraaka-aineet. 2. korjattu painos. Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu.

Bide, M. Collier, B & Tortora, P. 2009. Understanding Textiles. Seventh Edition. New Jersey: Pearson Education.

Hu, J. 2008. Fabric Testing. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.

Knowpulp. Liukosellu. N.D. Luettu 28.11.2021.

http://www.knowpulp.com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/pulp_grades/1_pulps/1_bleached_pulps/4_dissolved_pulp/frame.htm?zoom_highlightsub=viskoosi

THE TEXTILE INSTITUTE. 1985. Identification of Textile Materials. Seventh Edition, Reprinted with Corrections. Manchester: The Textile Institute.

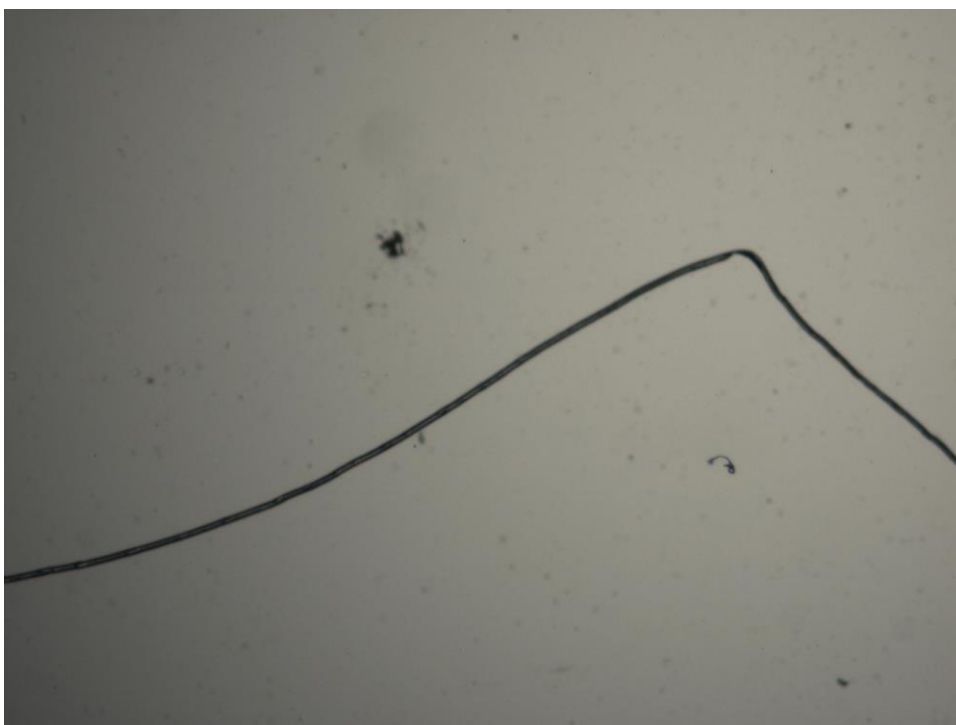
Kuura. Homepage. N.D. Luettu 24.10.2021. <https://www.kuura.io/fi/>

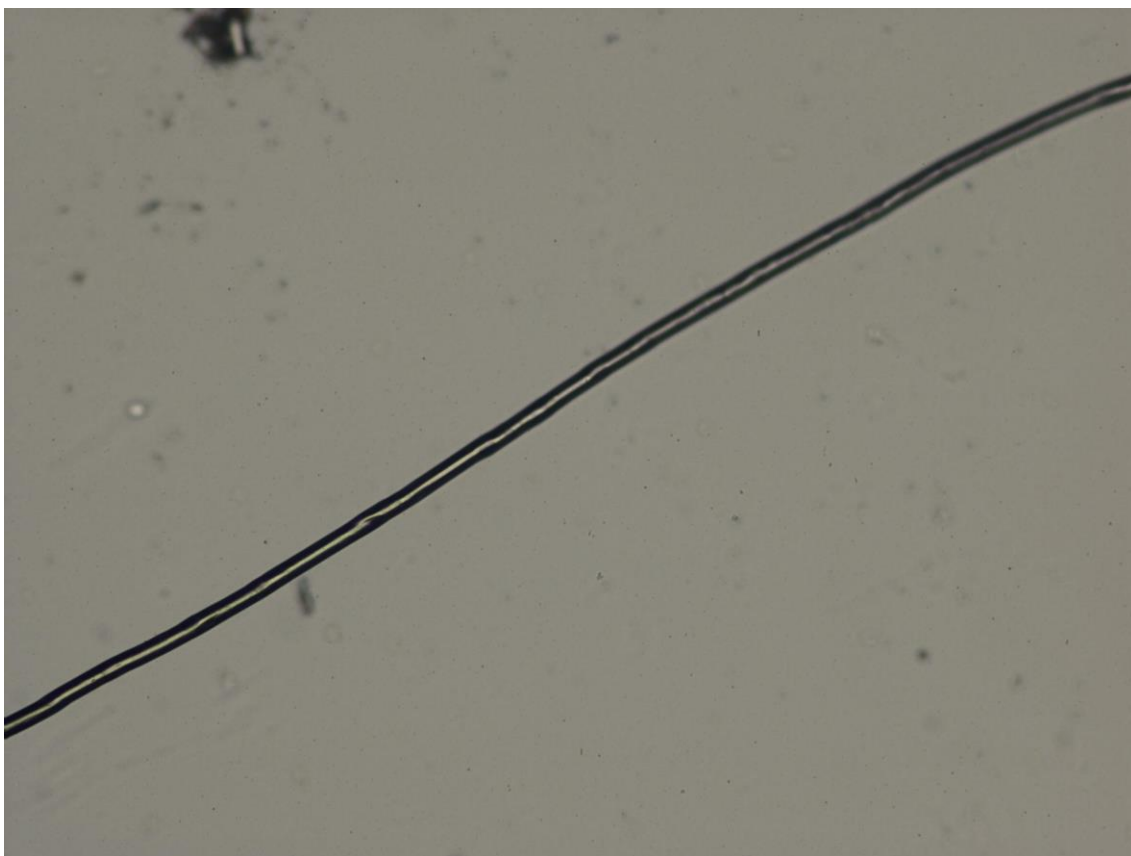
Houck, M. 2009. Identification of Textile Fibers. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.

LIITTEET

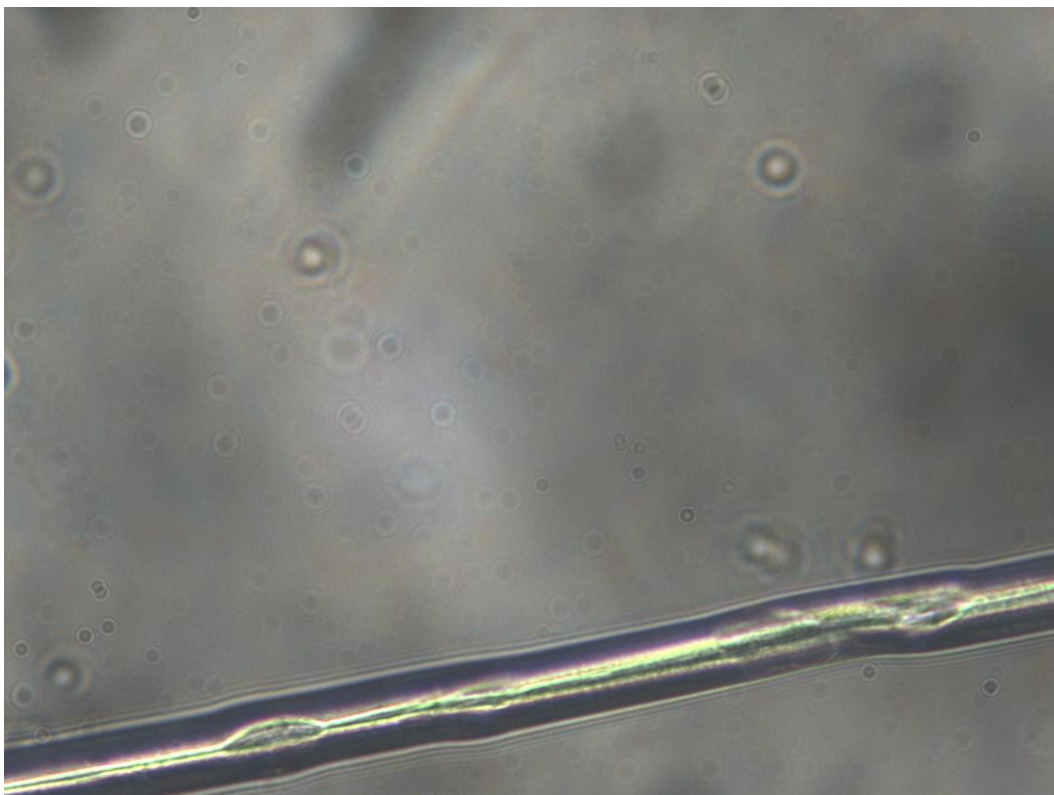
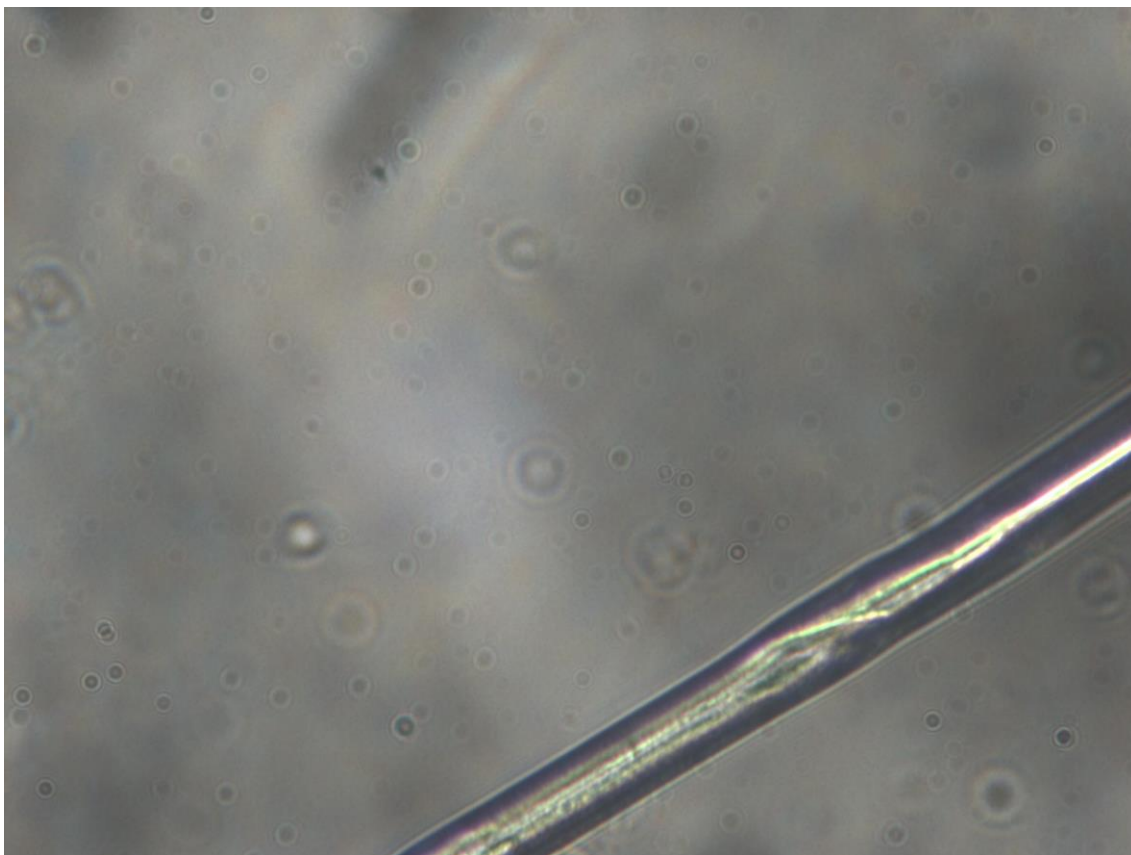
1 (5)

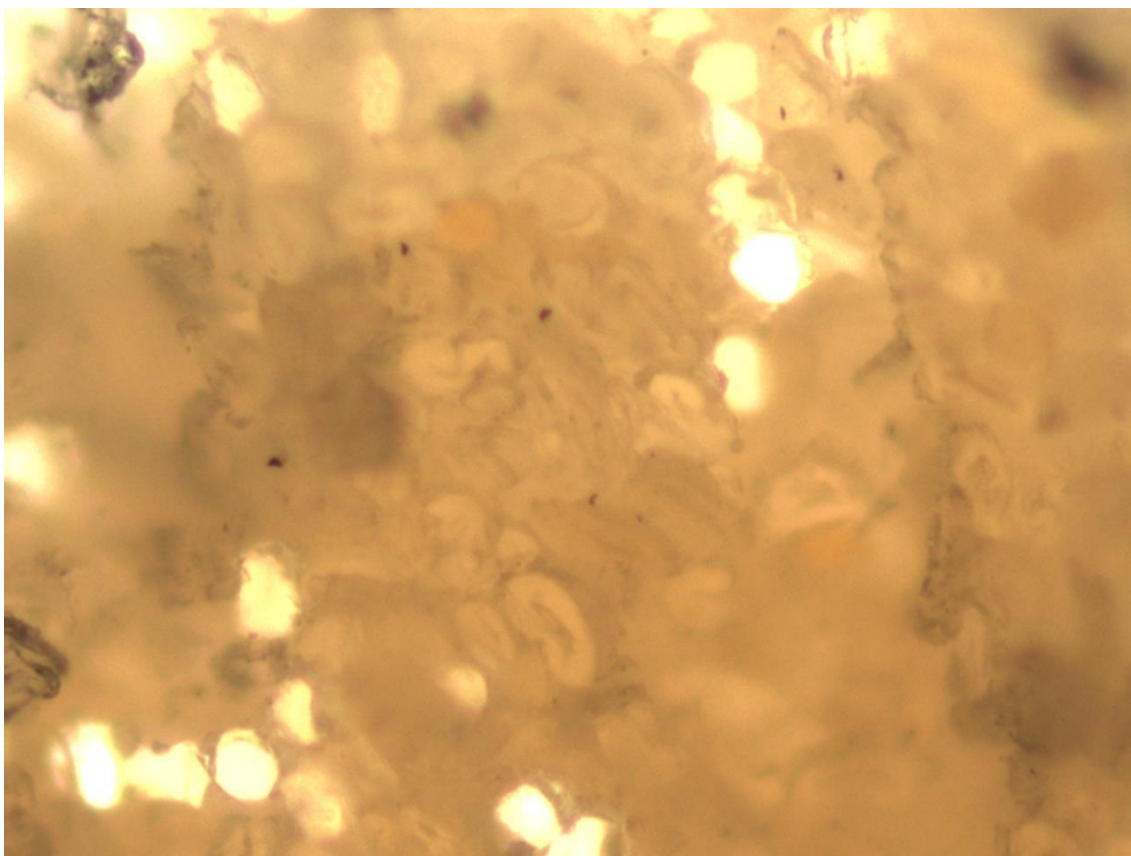
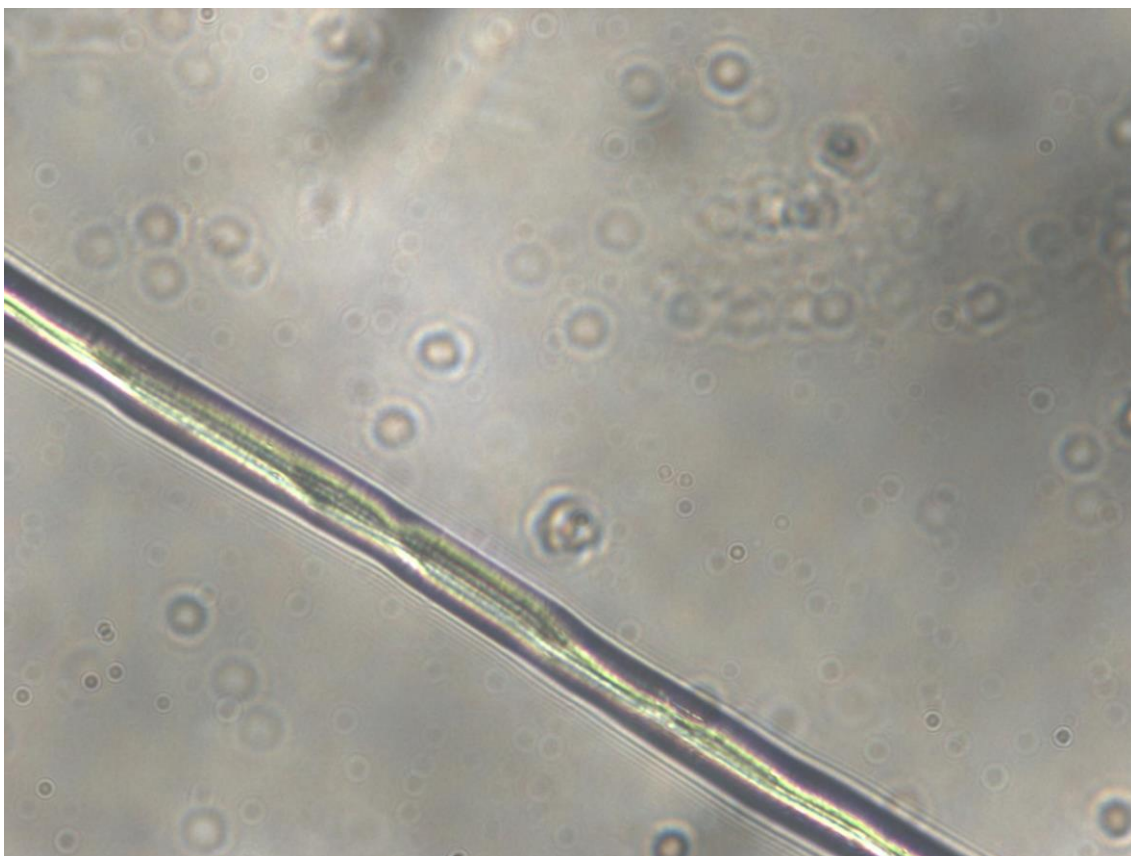
Liite 1. Puuvillan kuvat

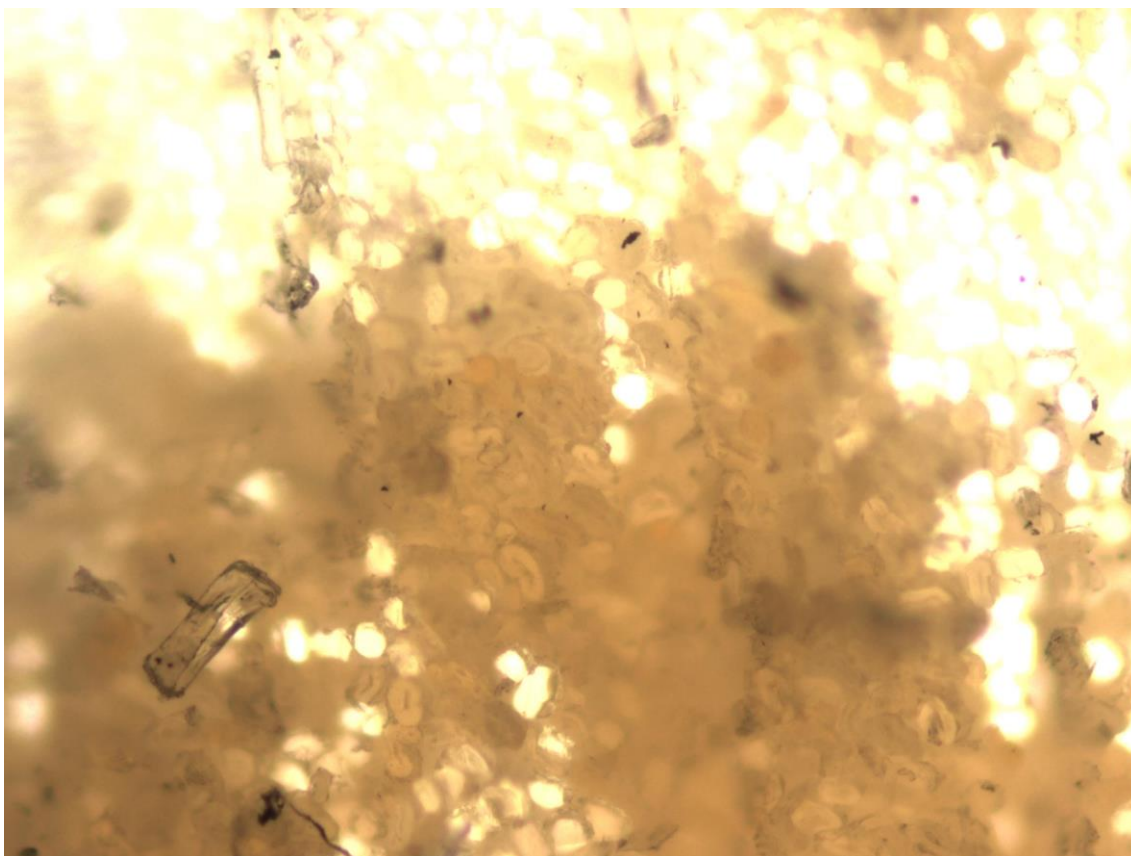




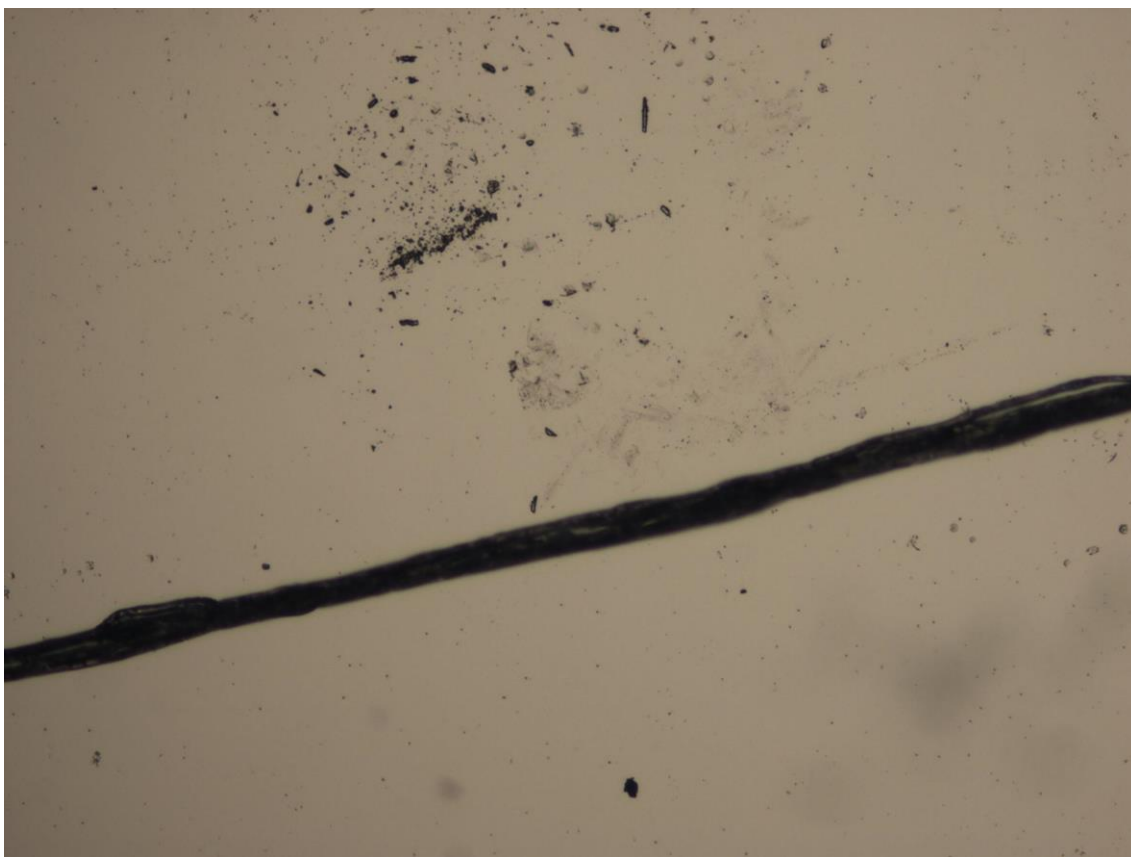
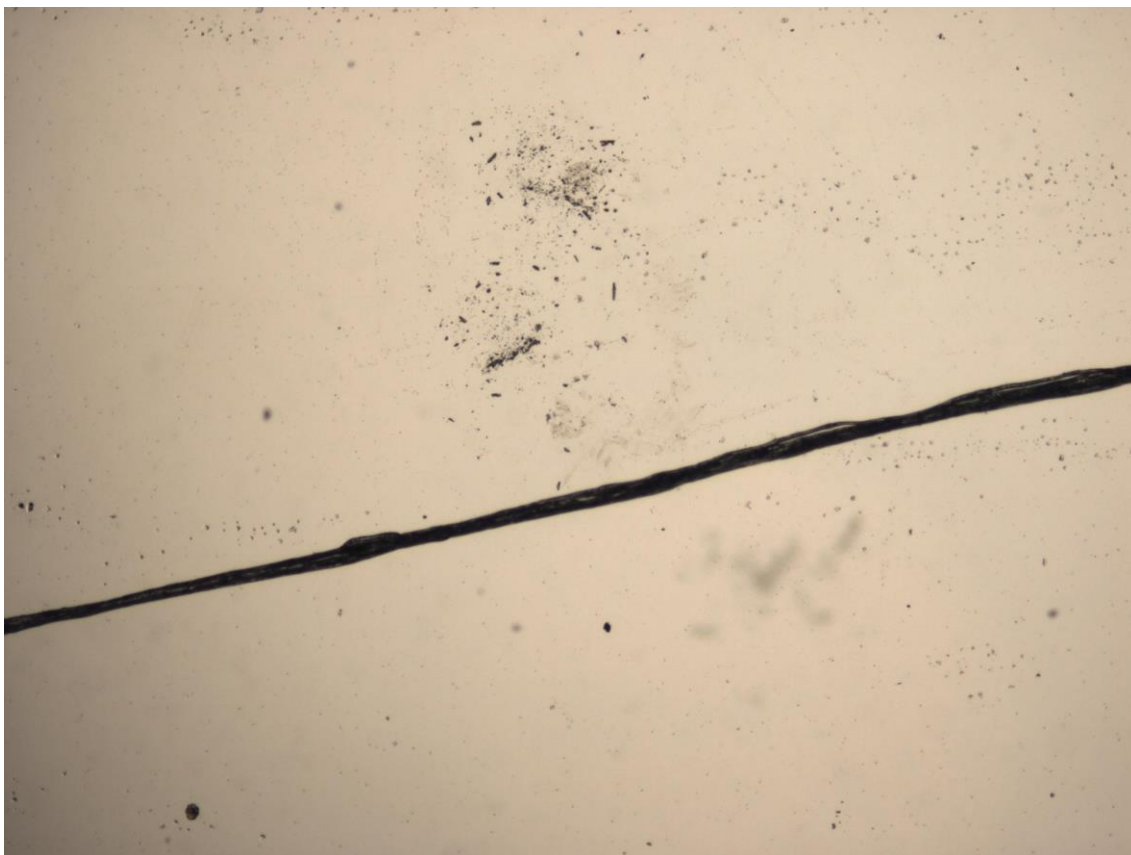
3 (5)

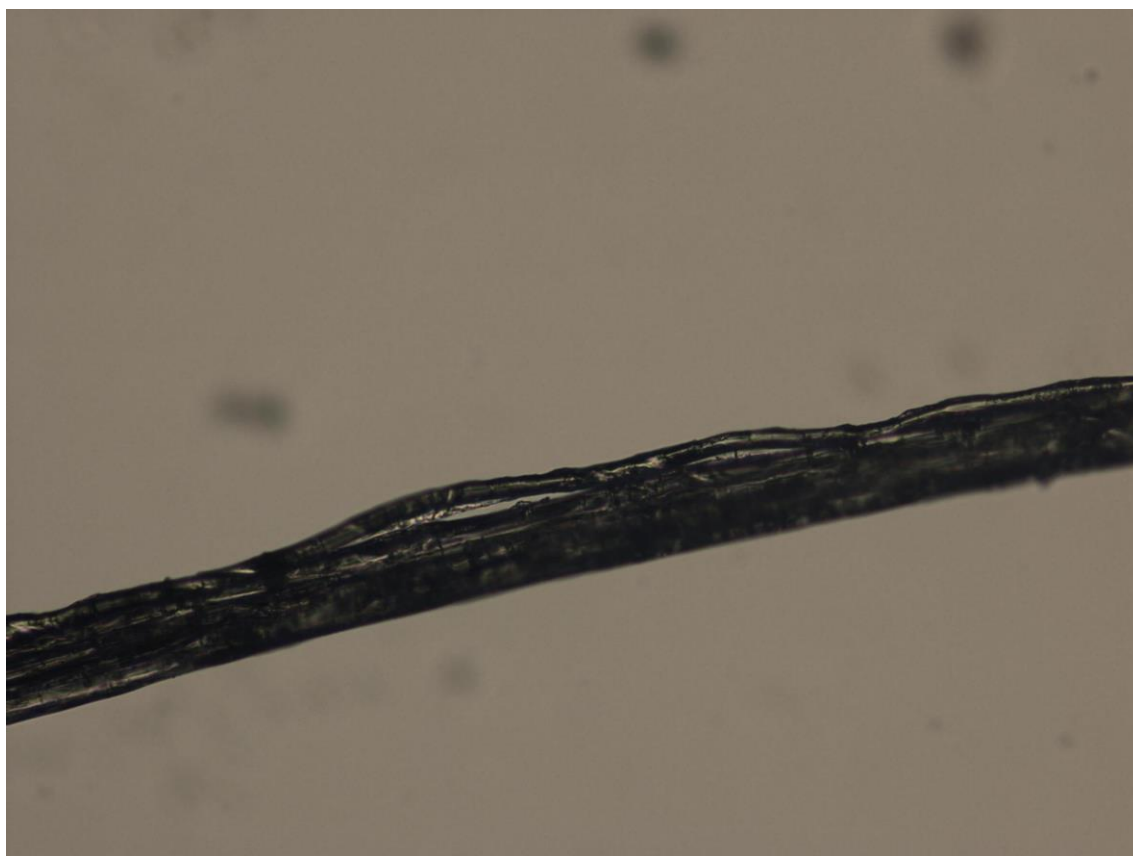


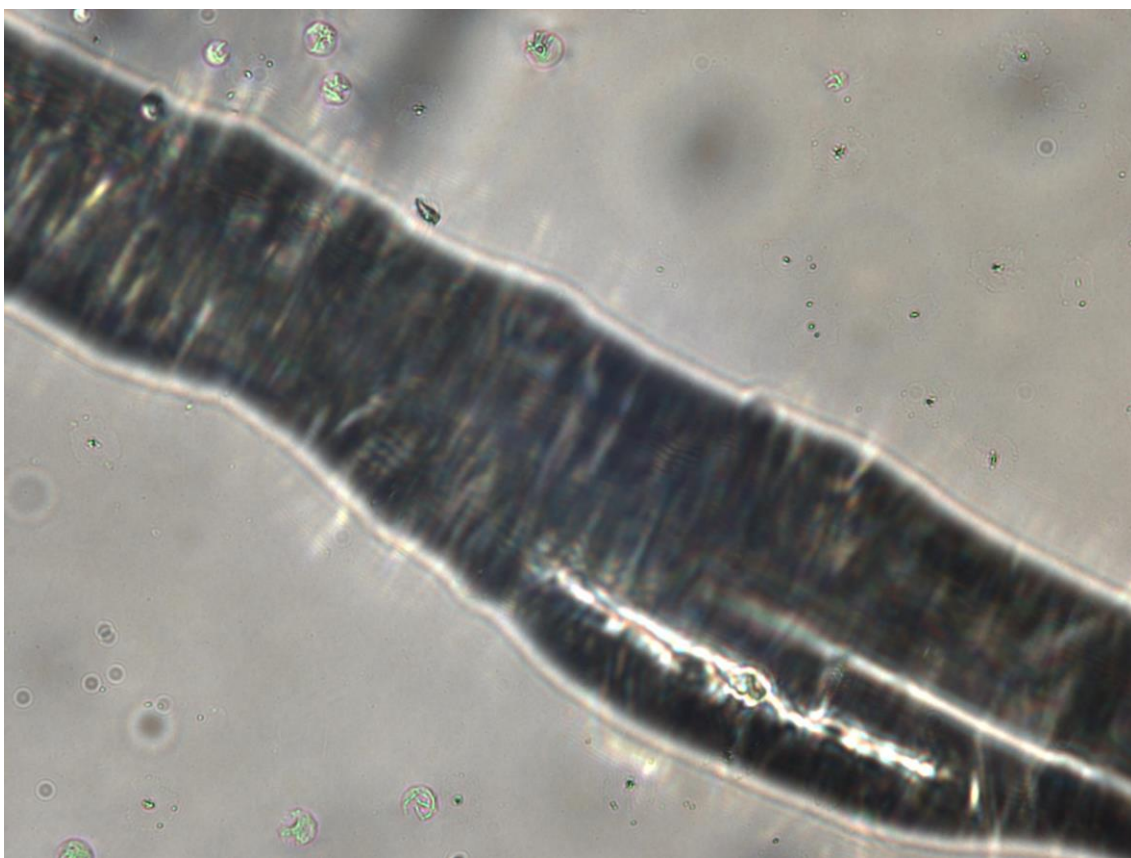


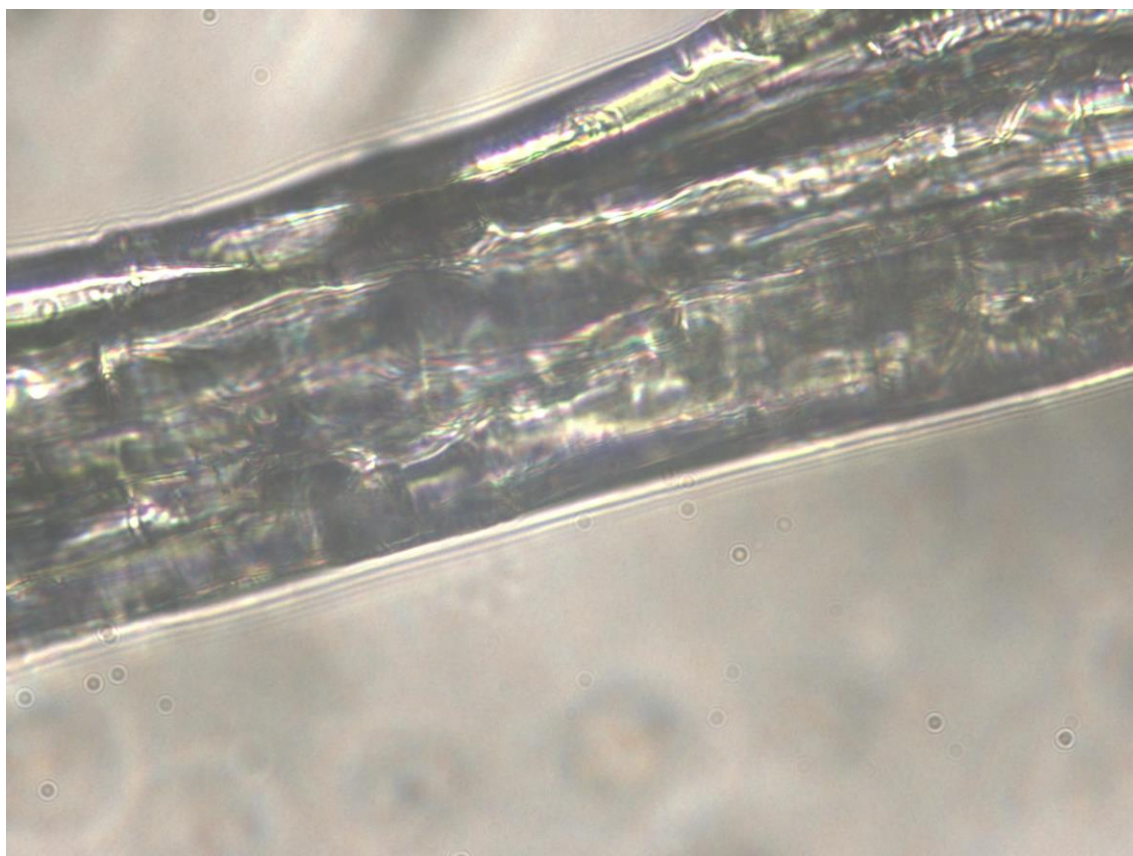
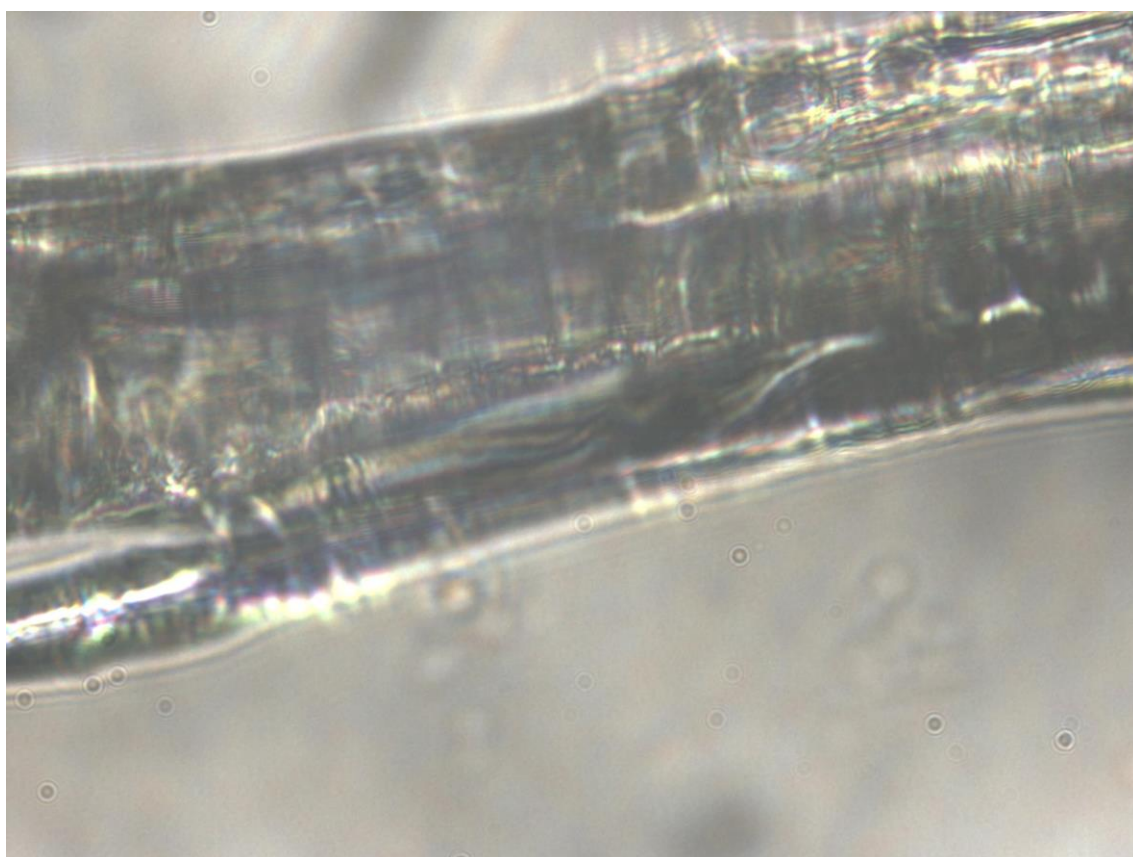


Liite 2. Silkin kuvat





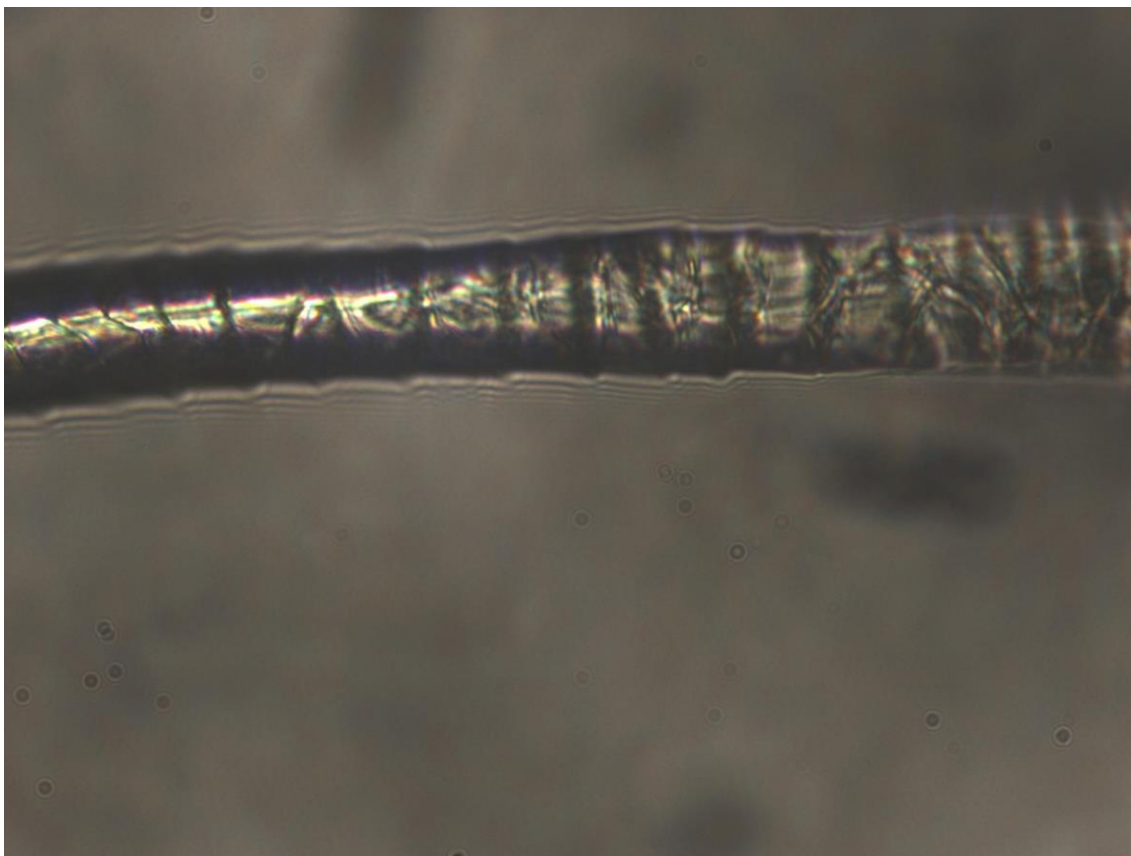


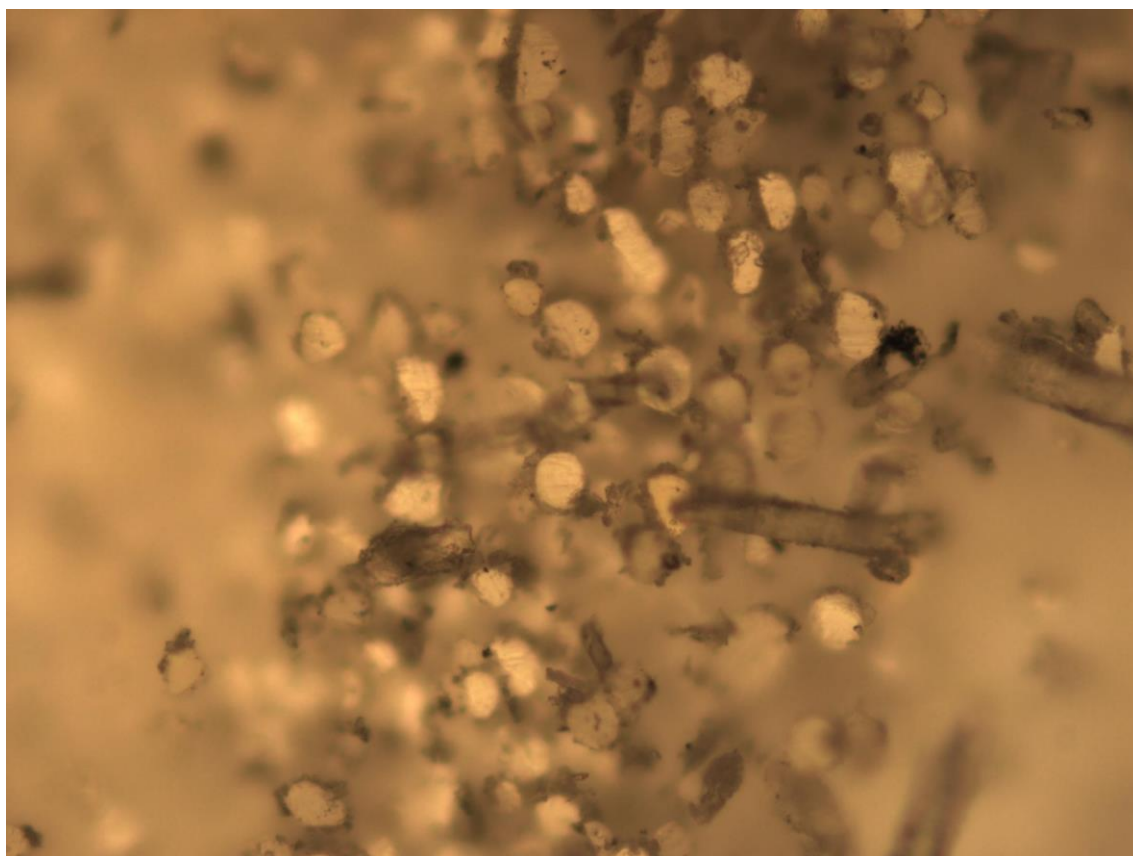


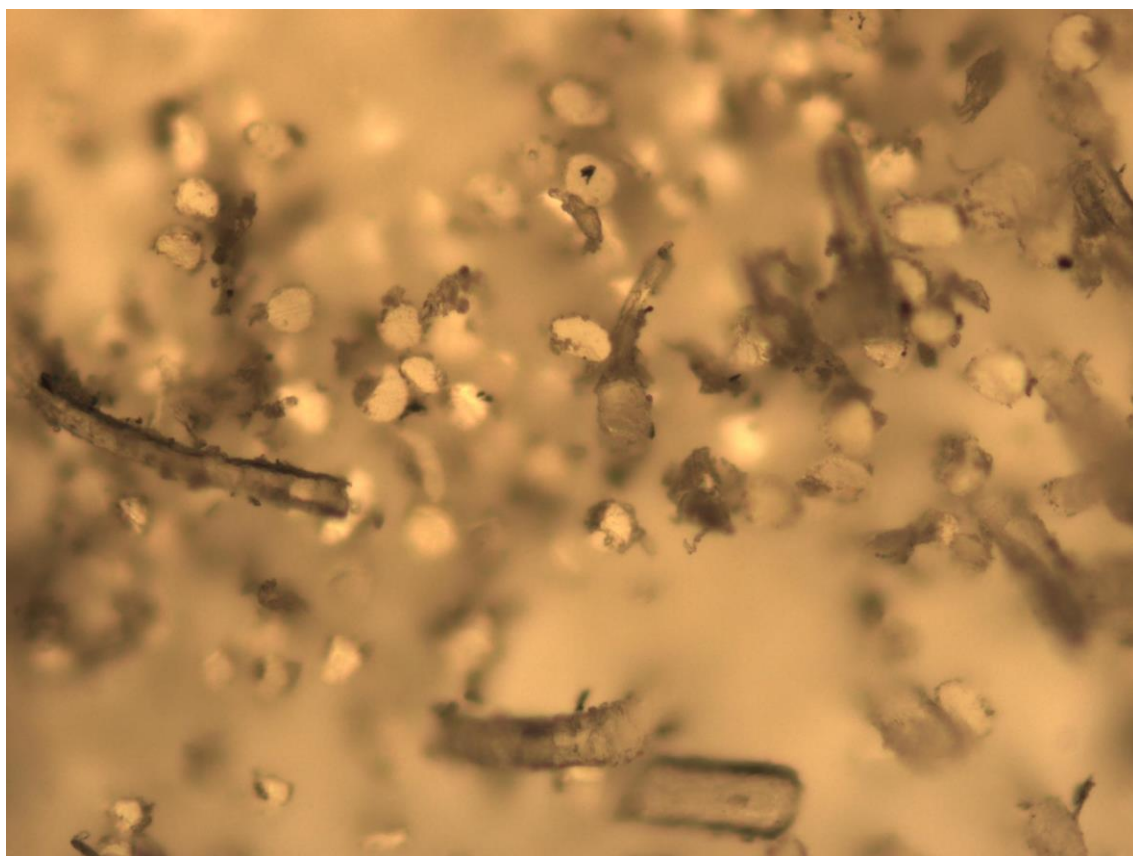
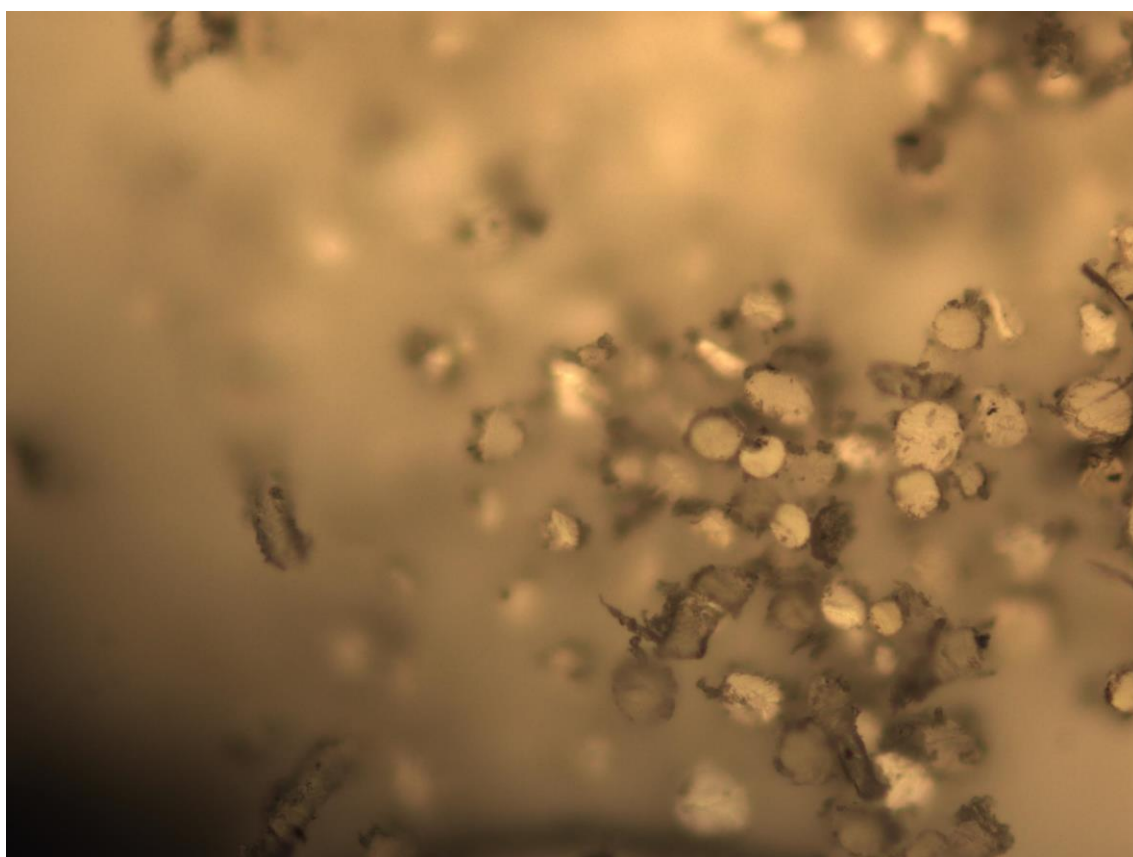
Liite 3. Villan kuvat

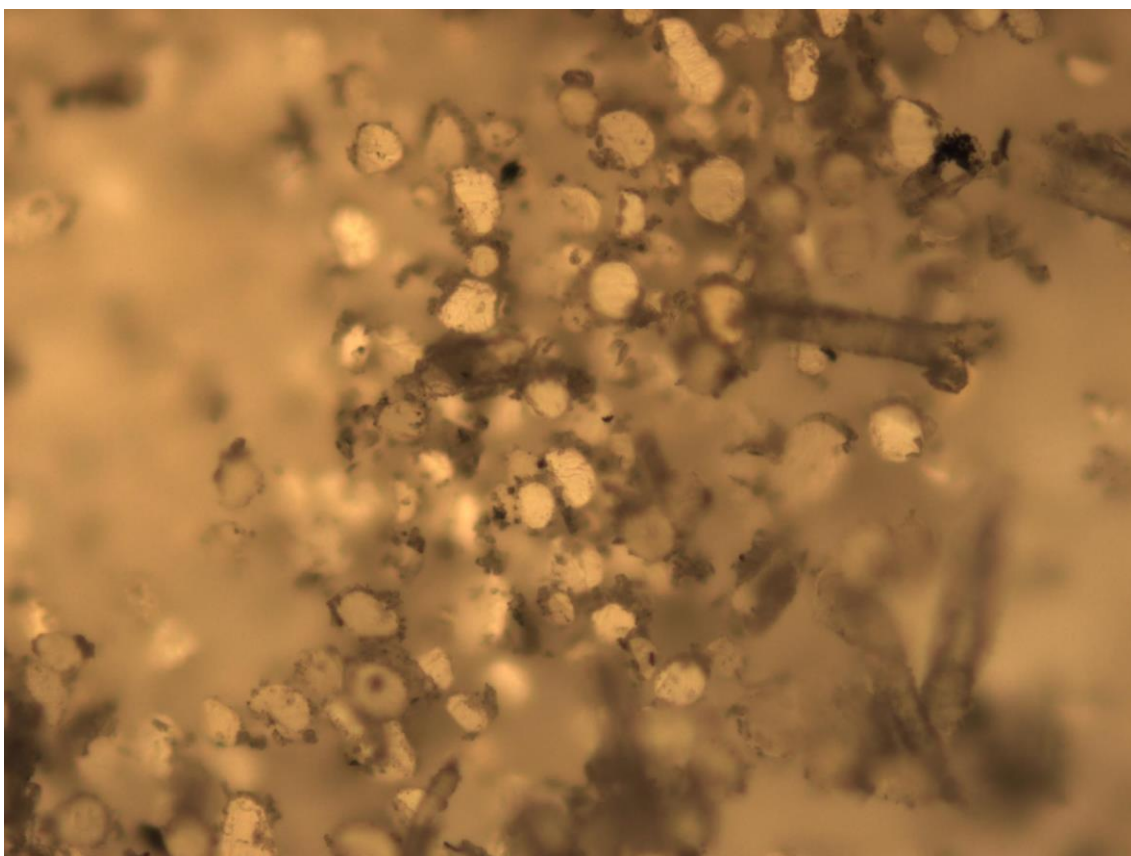
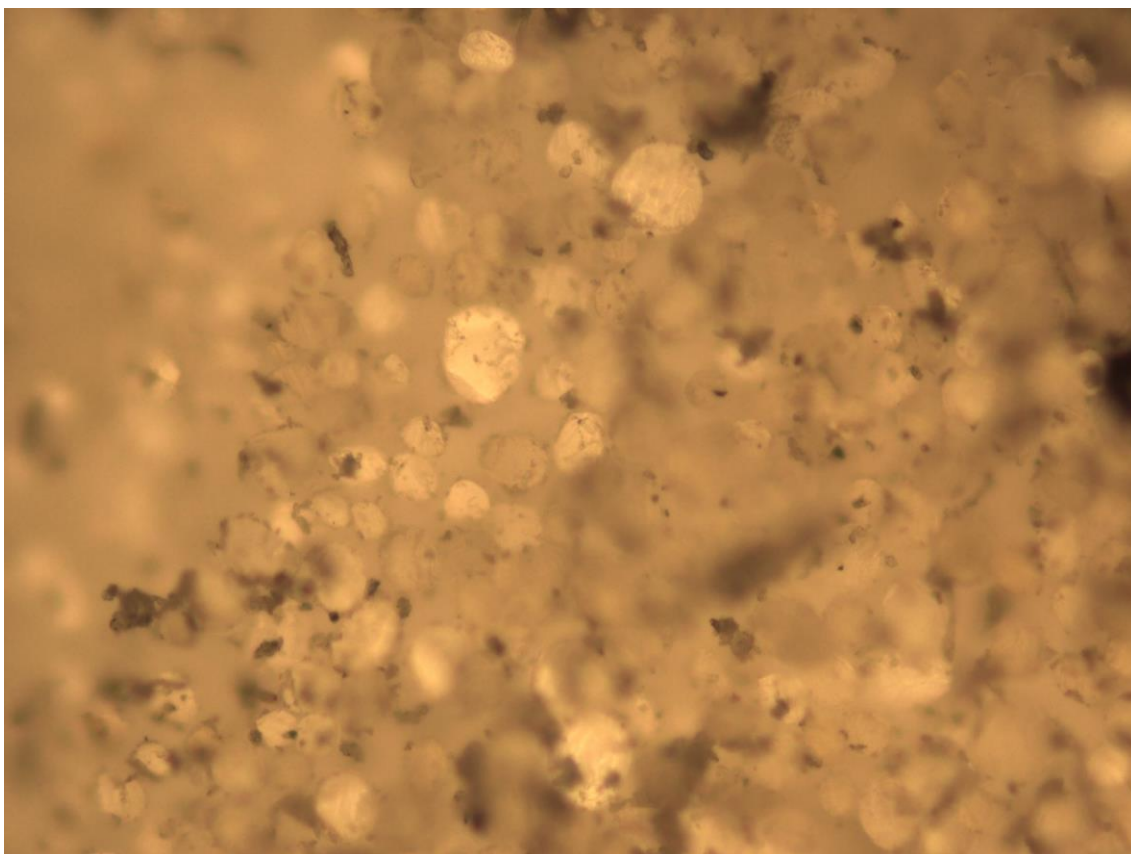




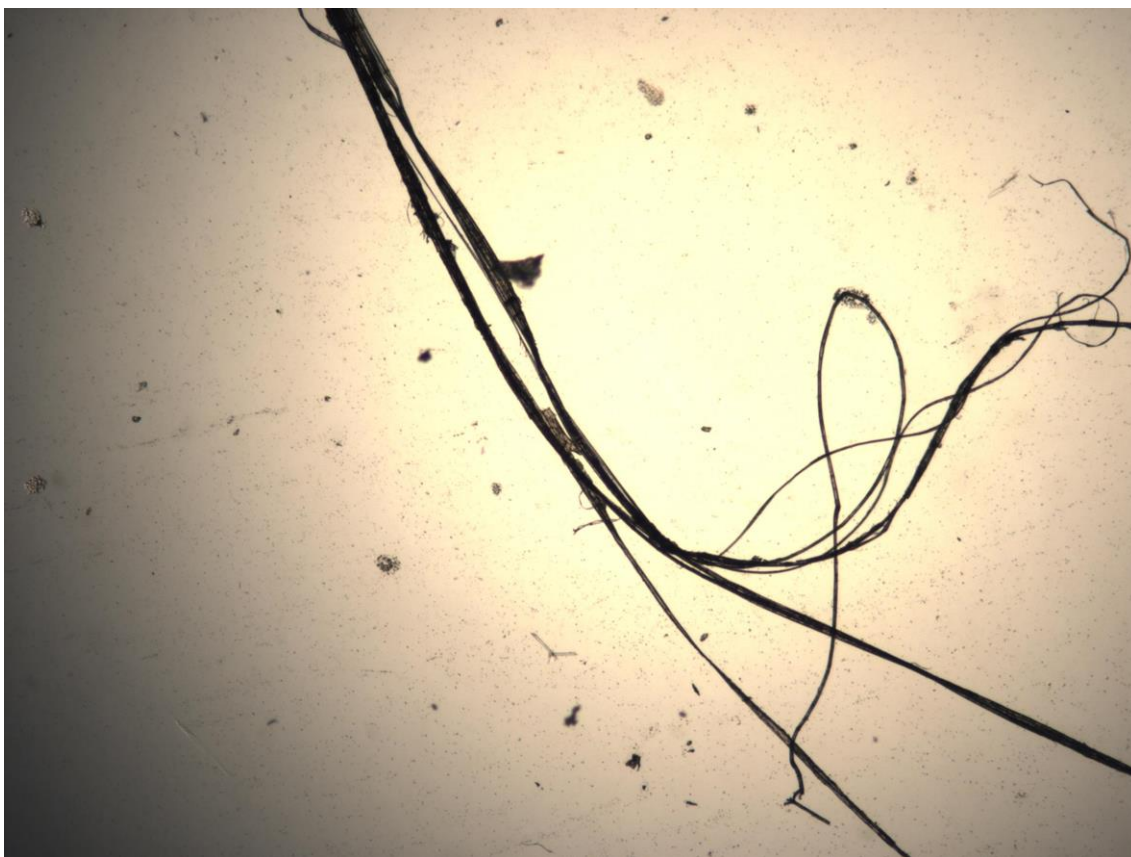
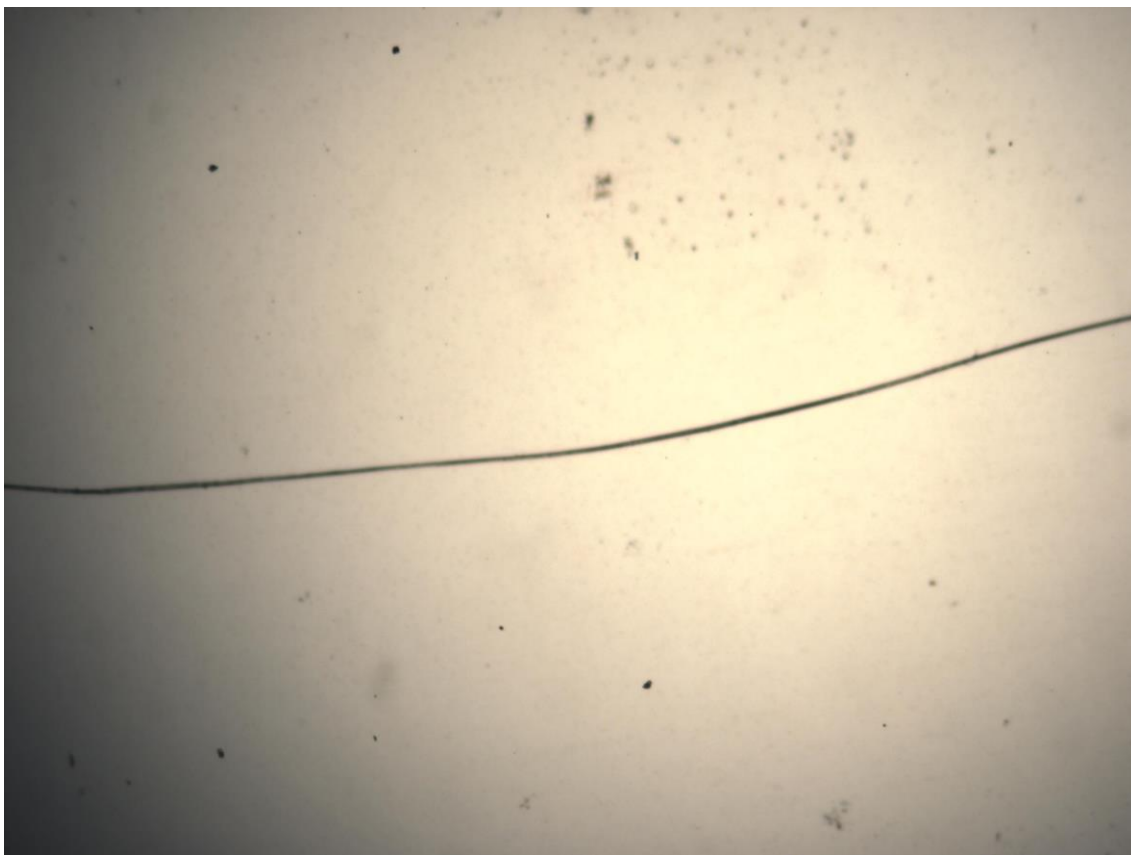


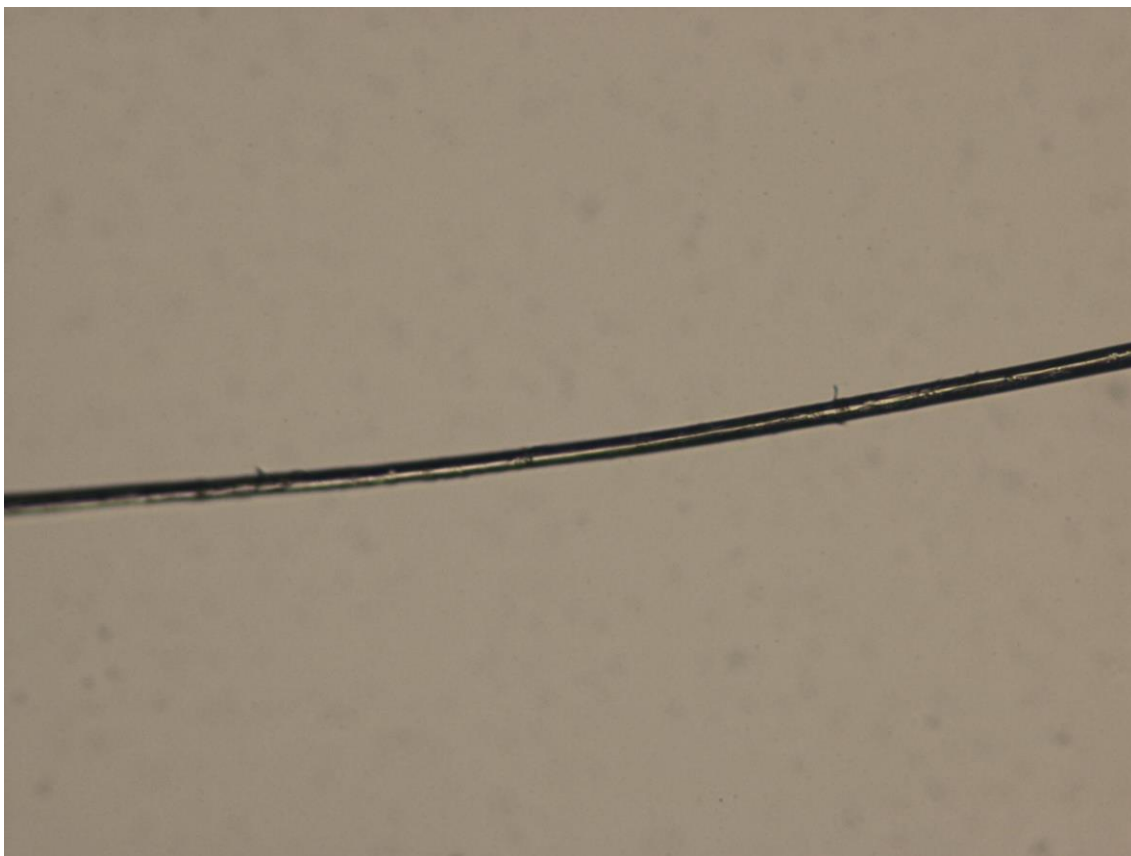
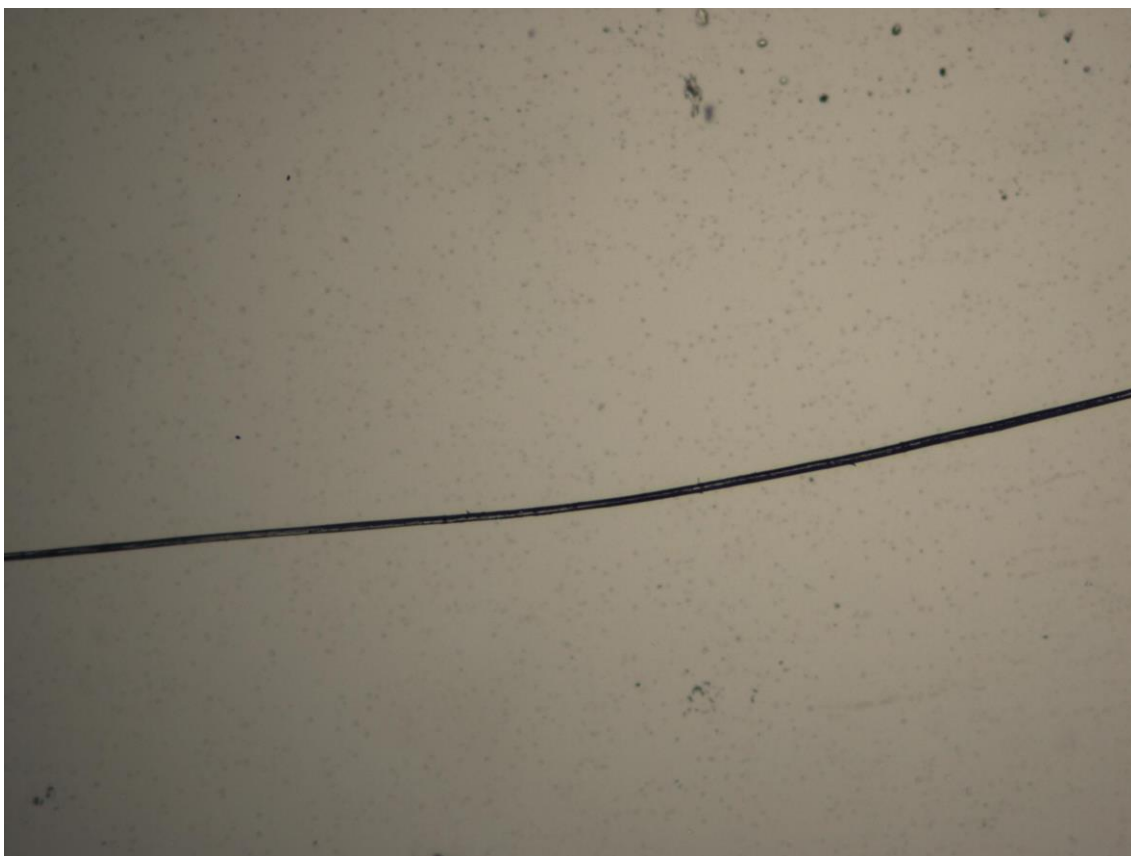


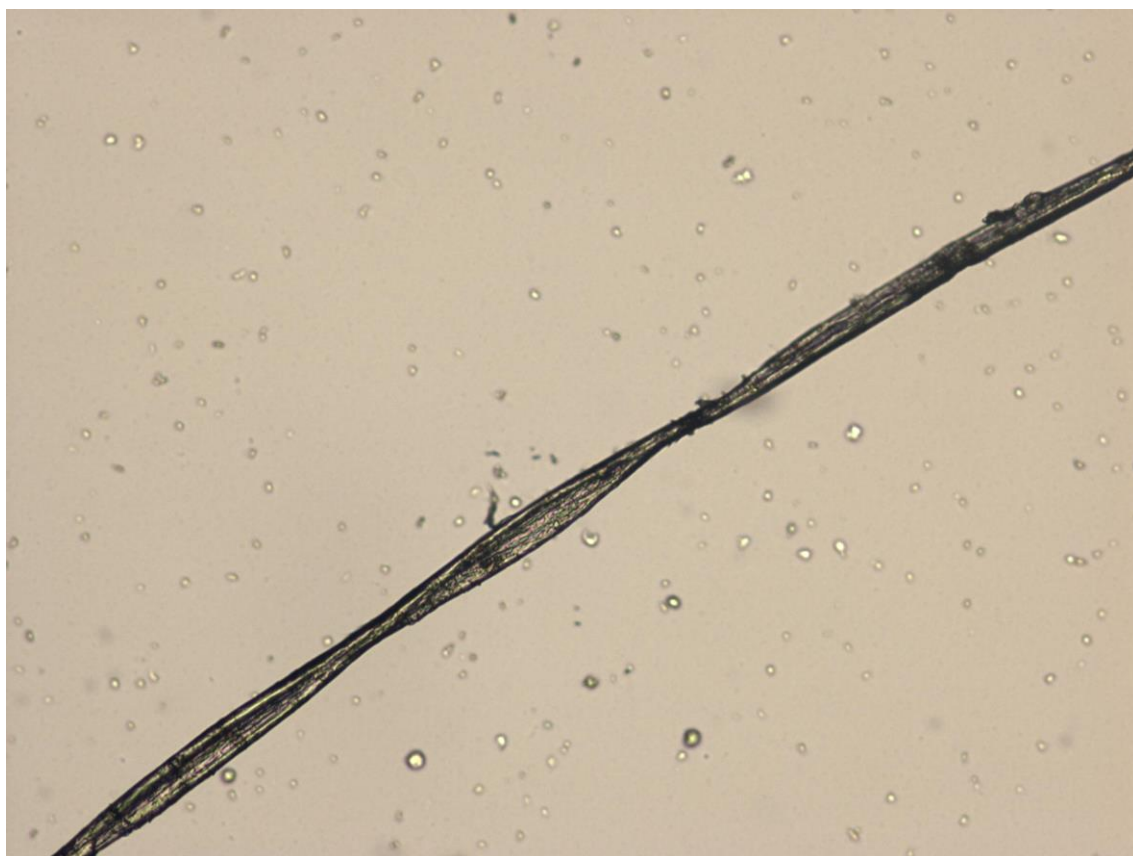


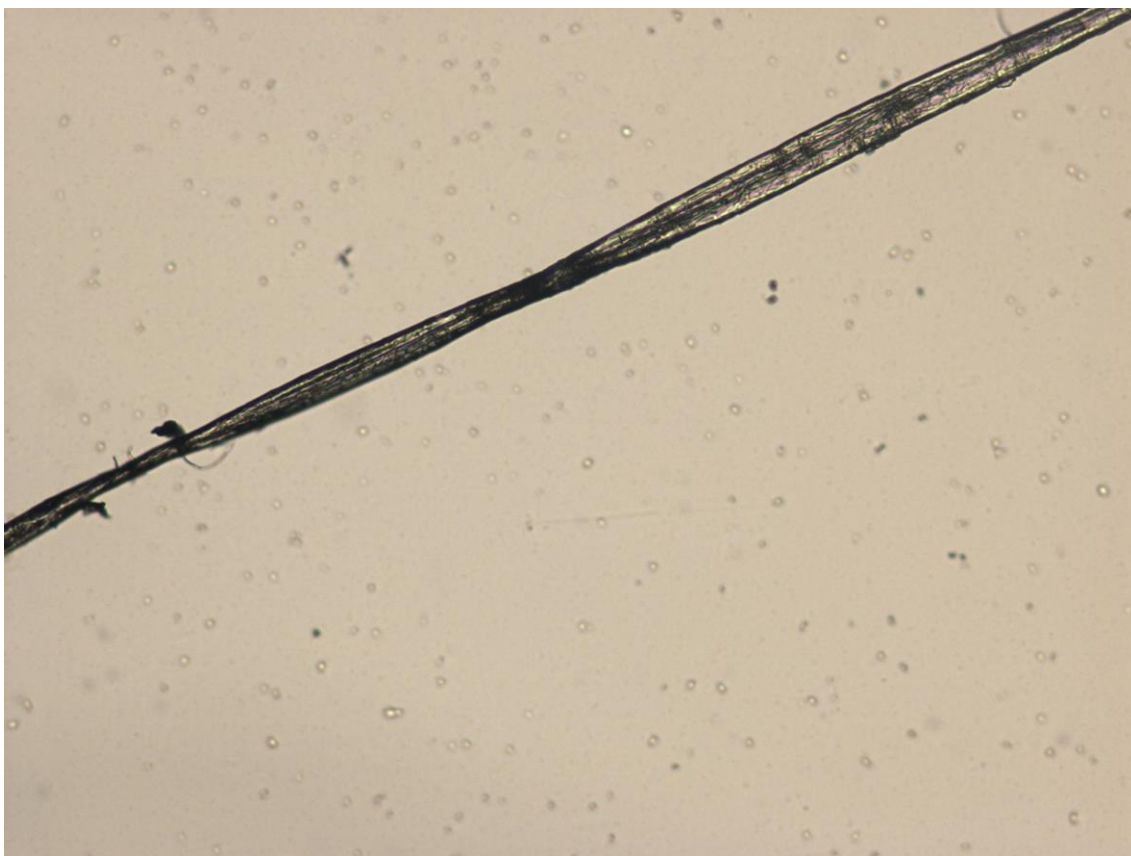


Liite 4. Pellavan kuvat

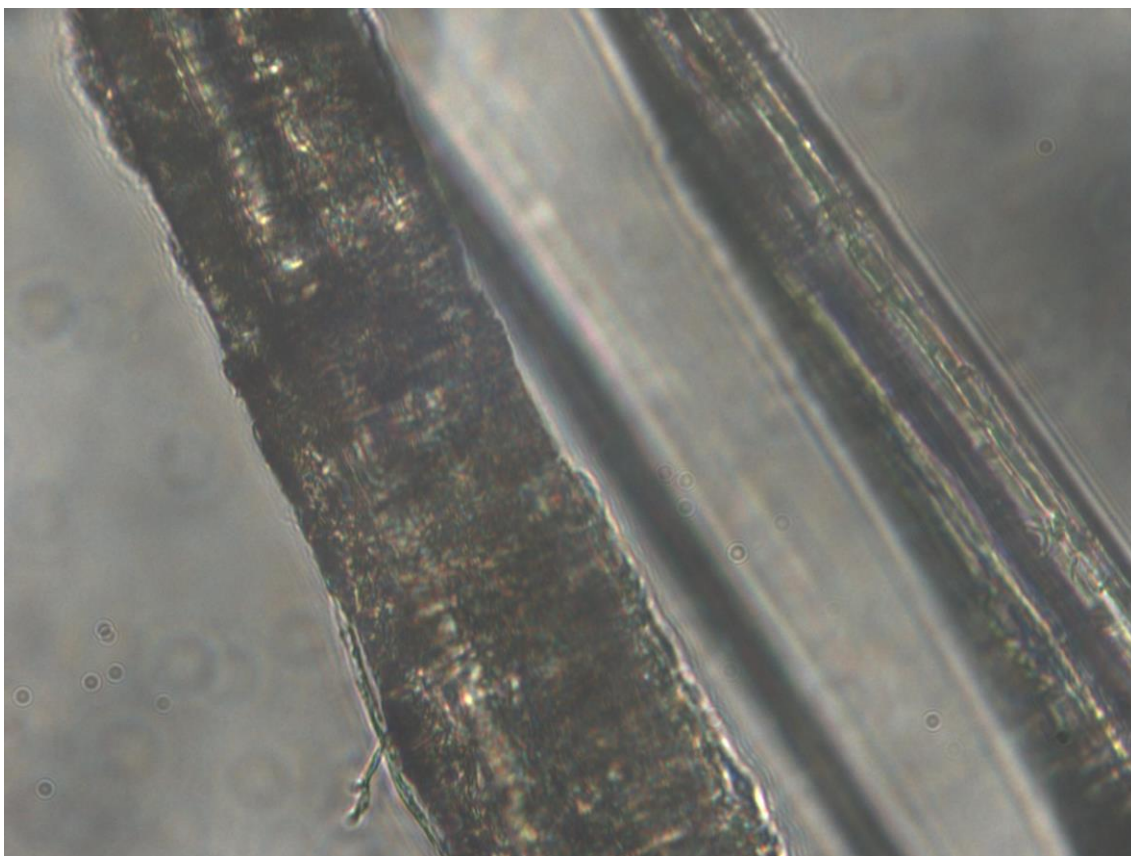
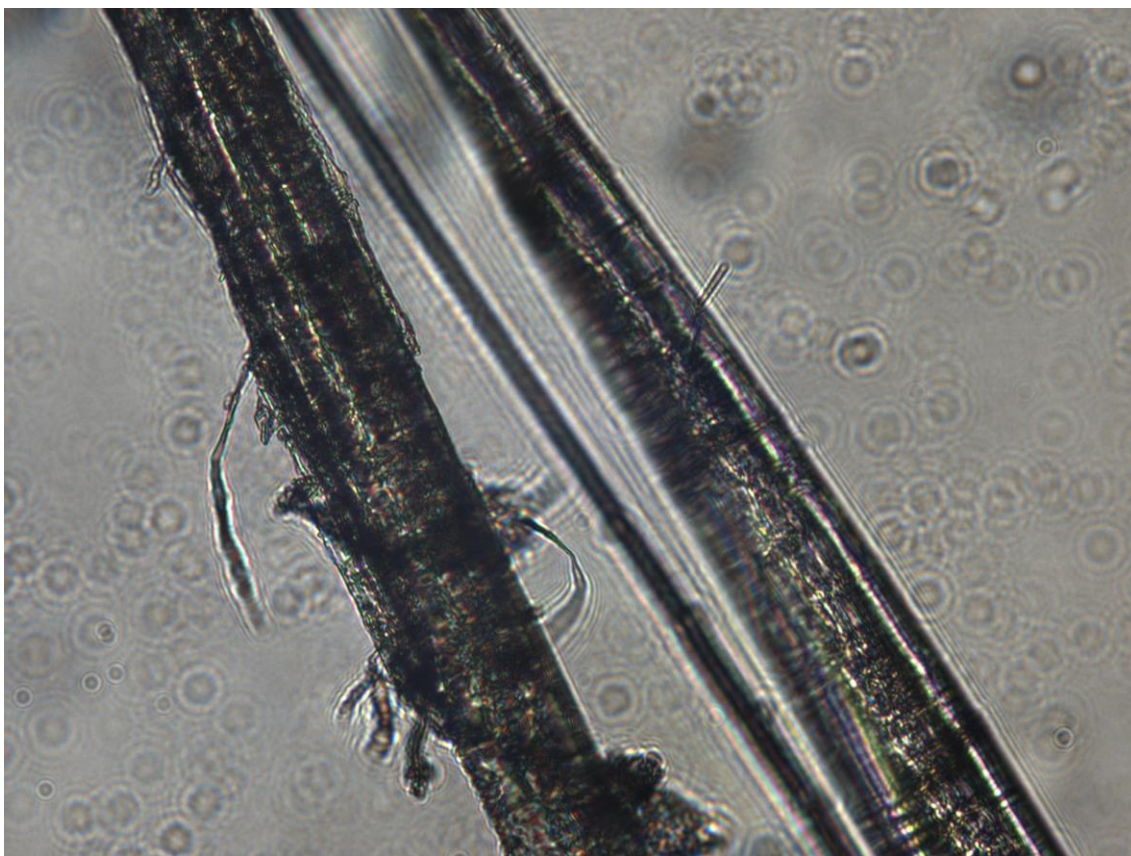


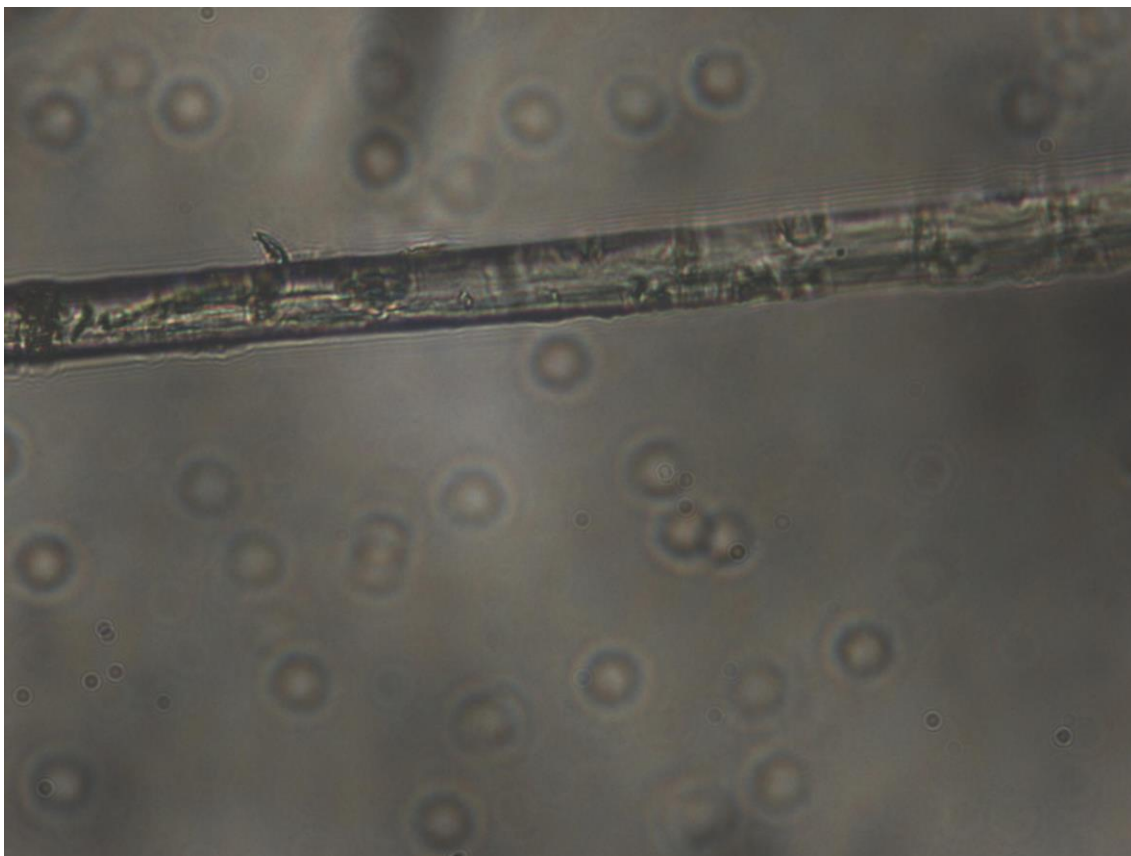






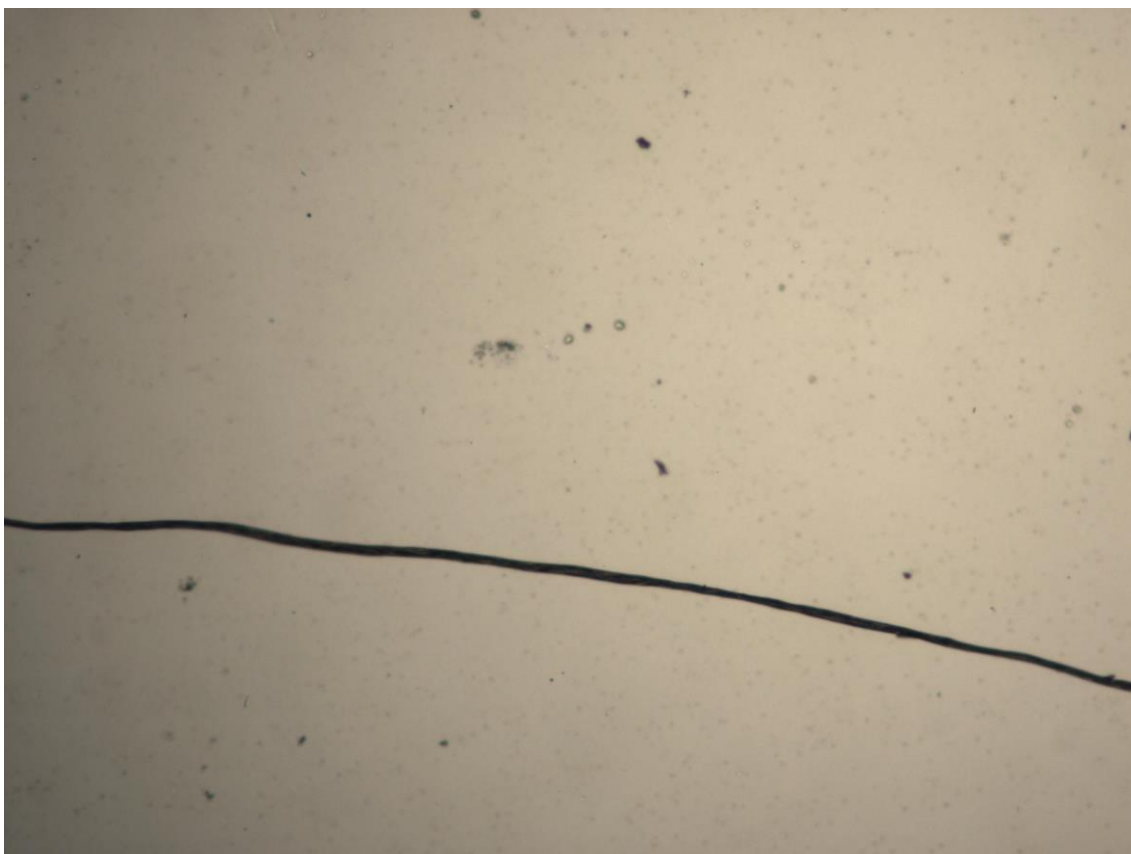
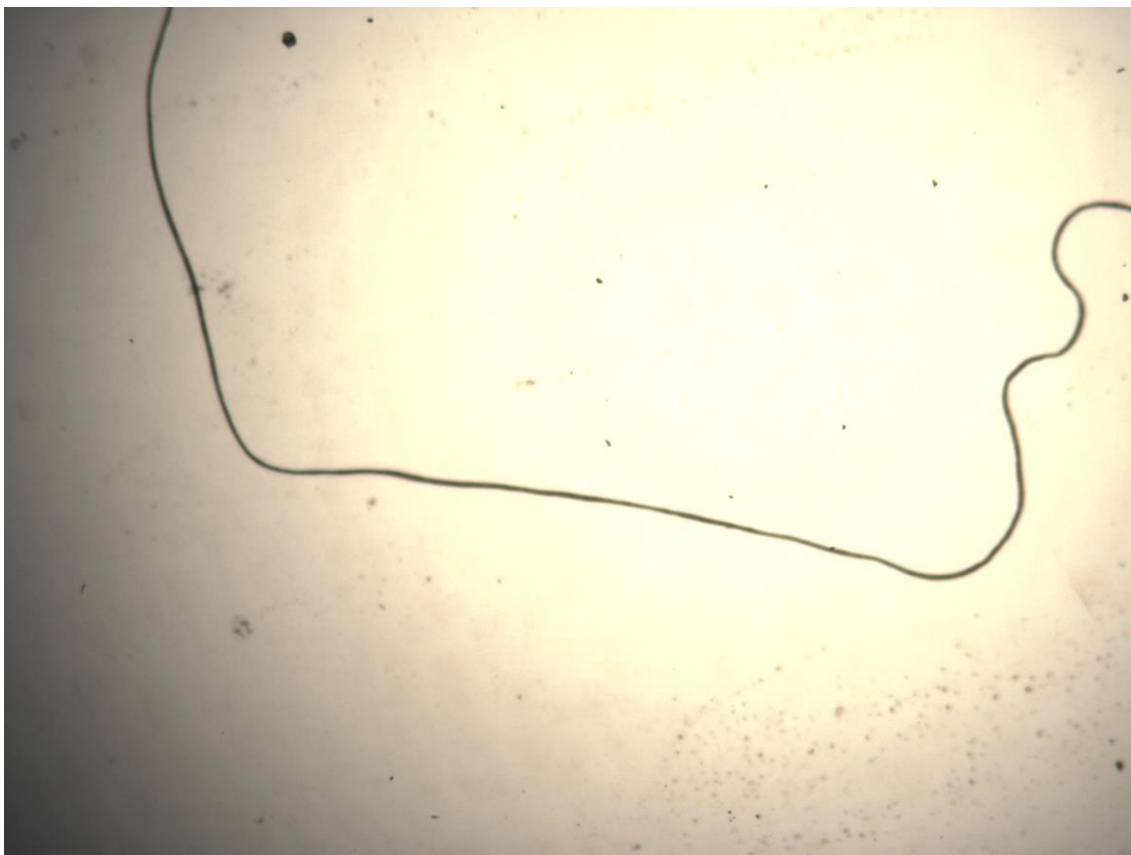


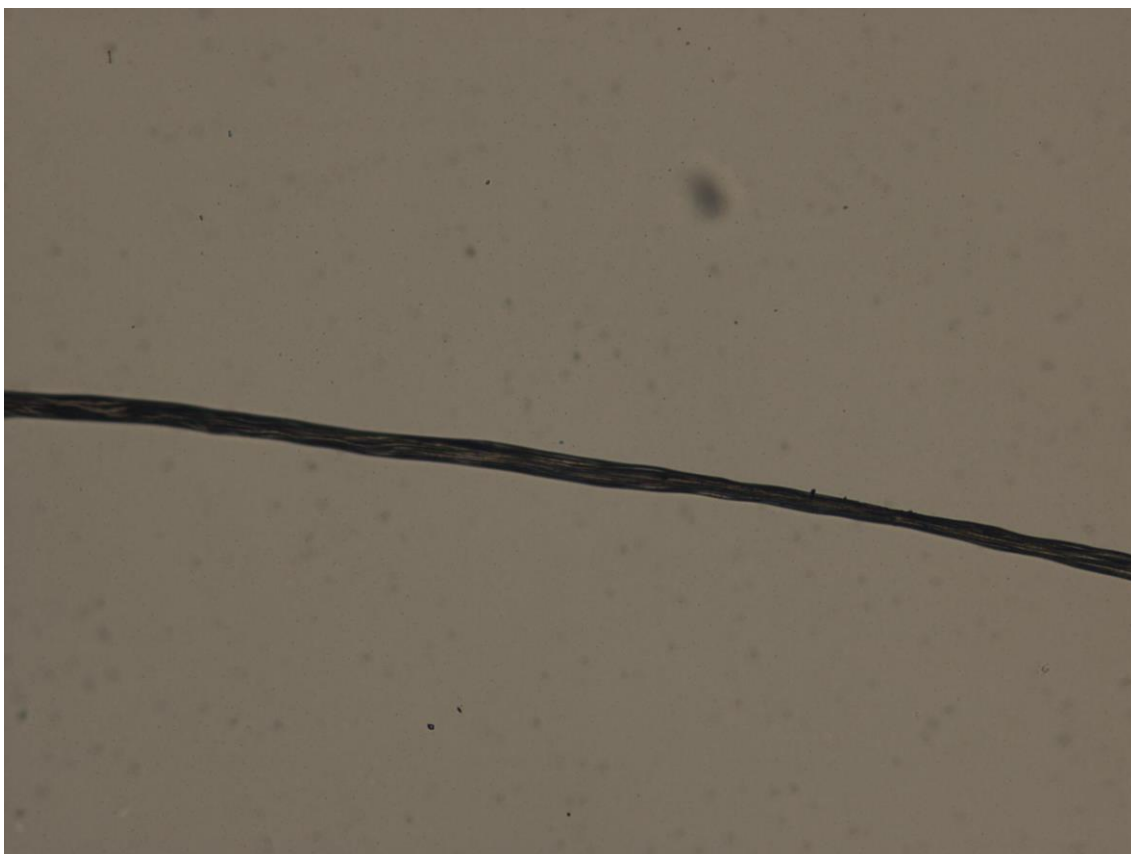


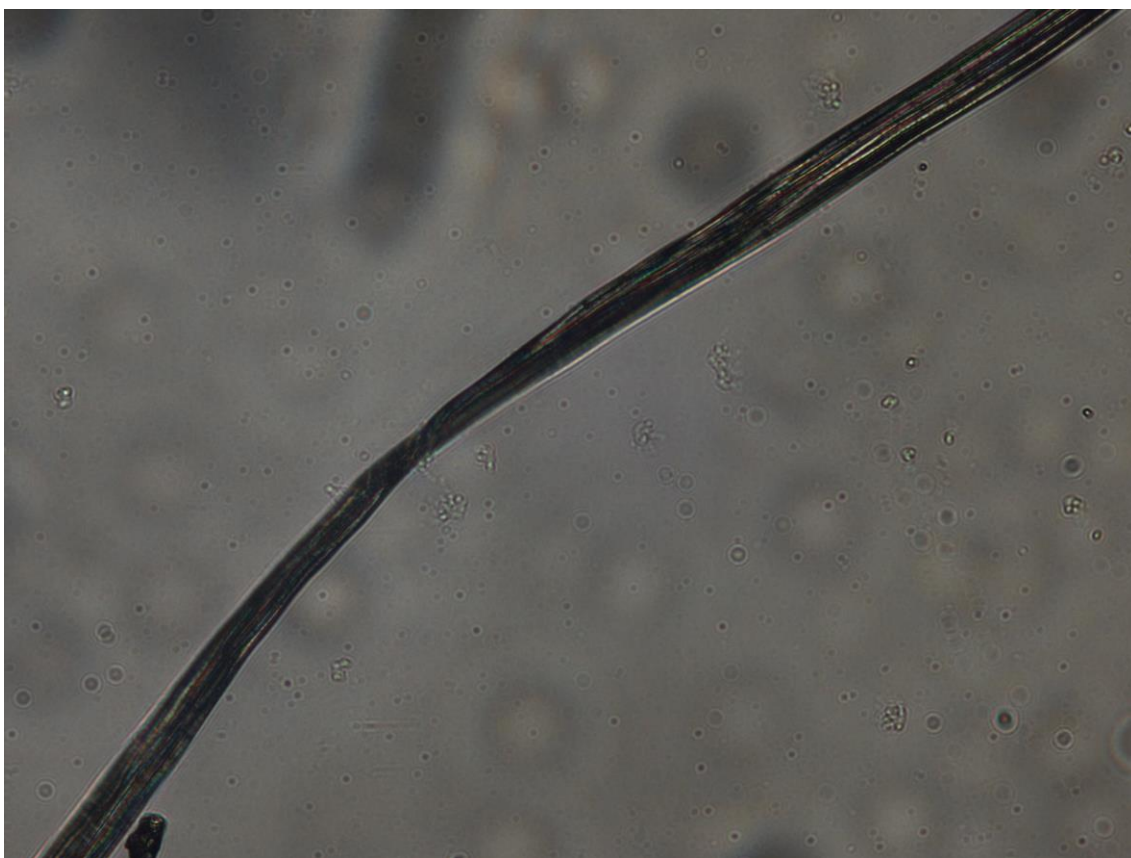


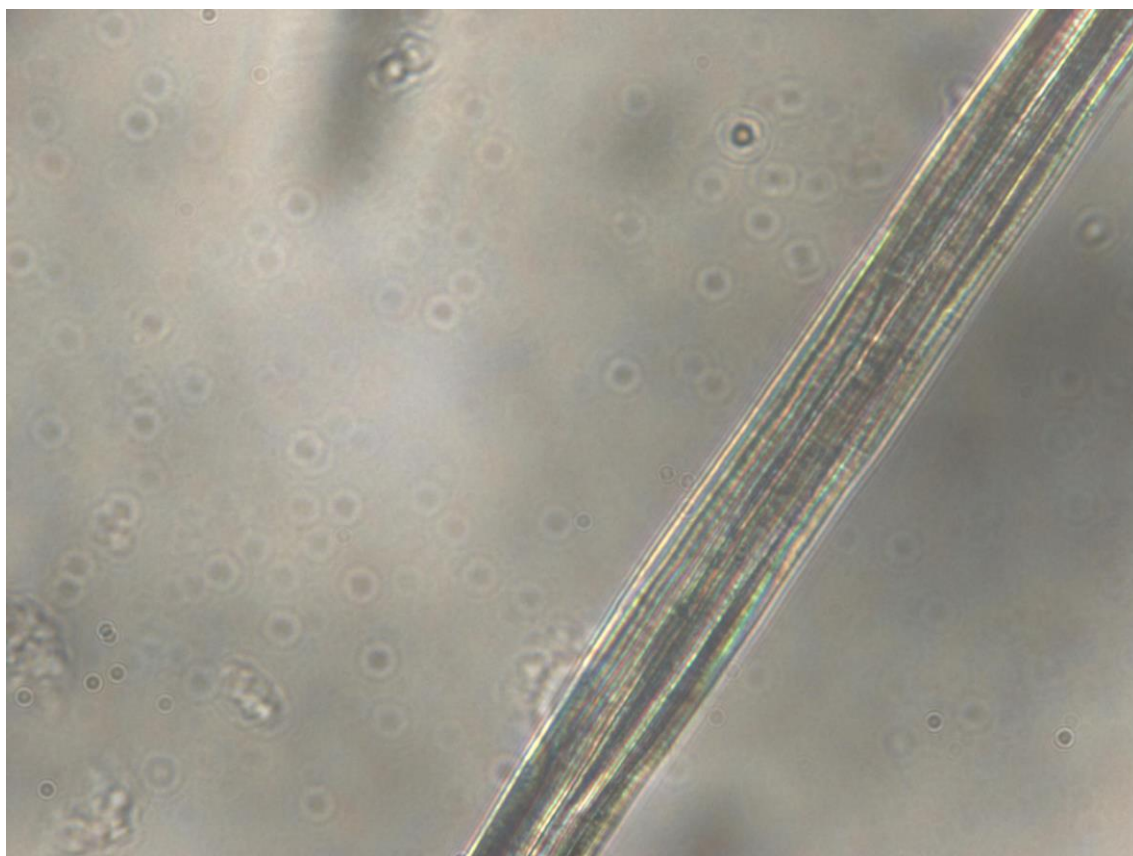


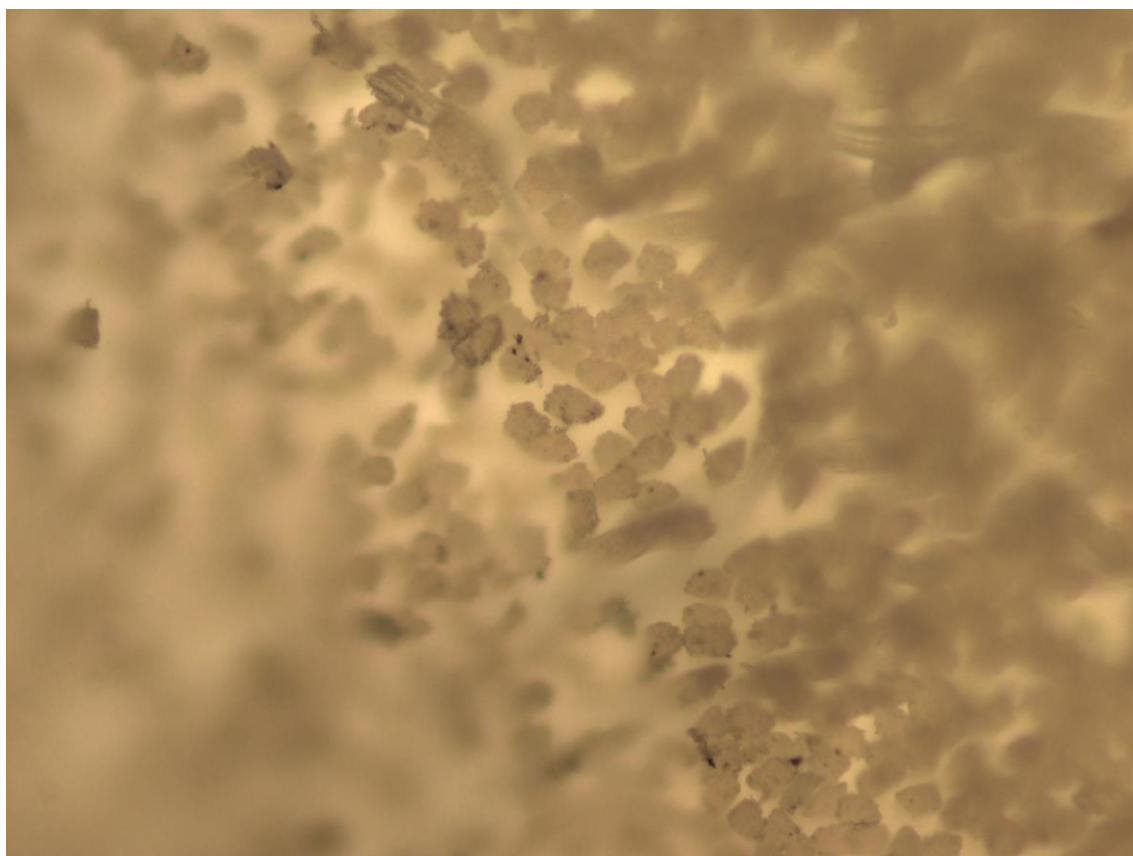
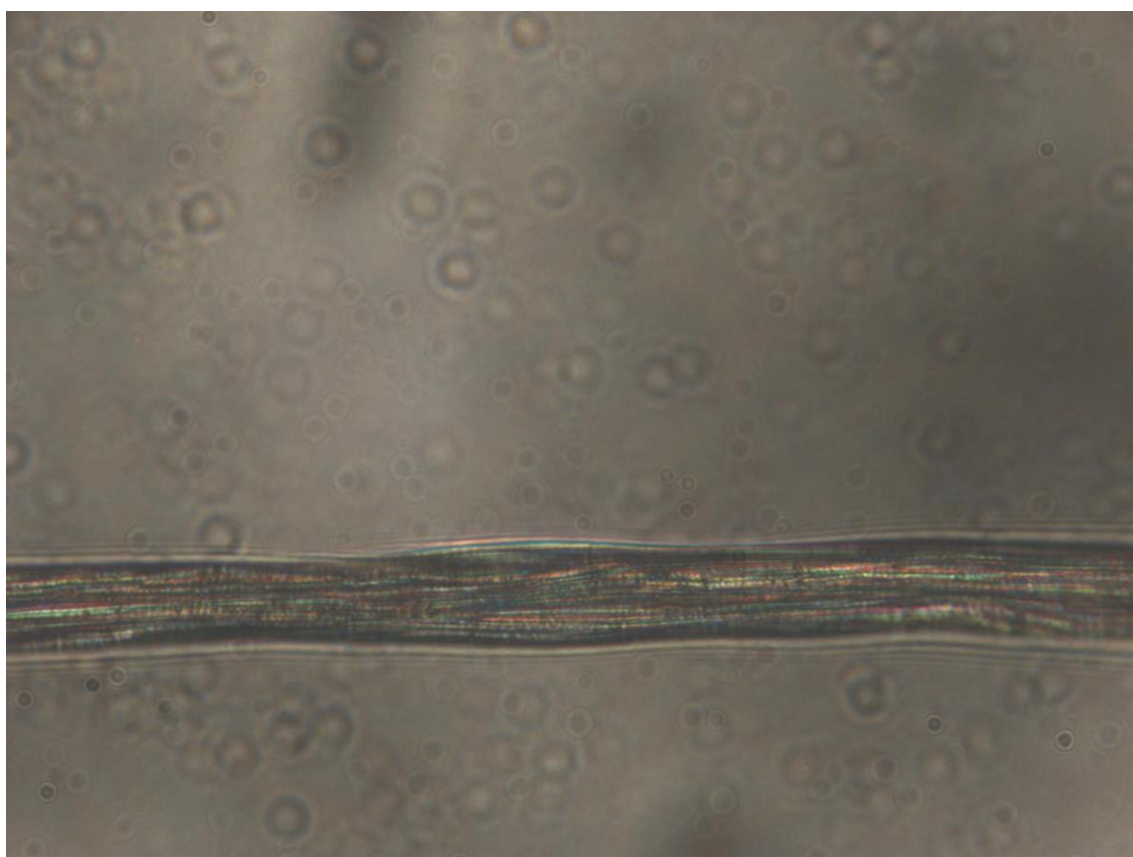
Liite 5. Viskoosin kuvat

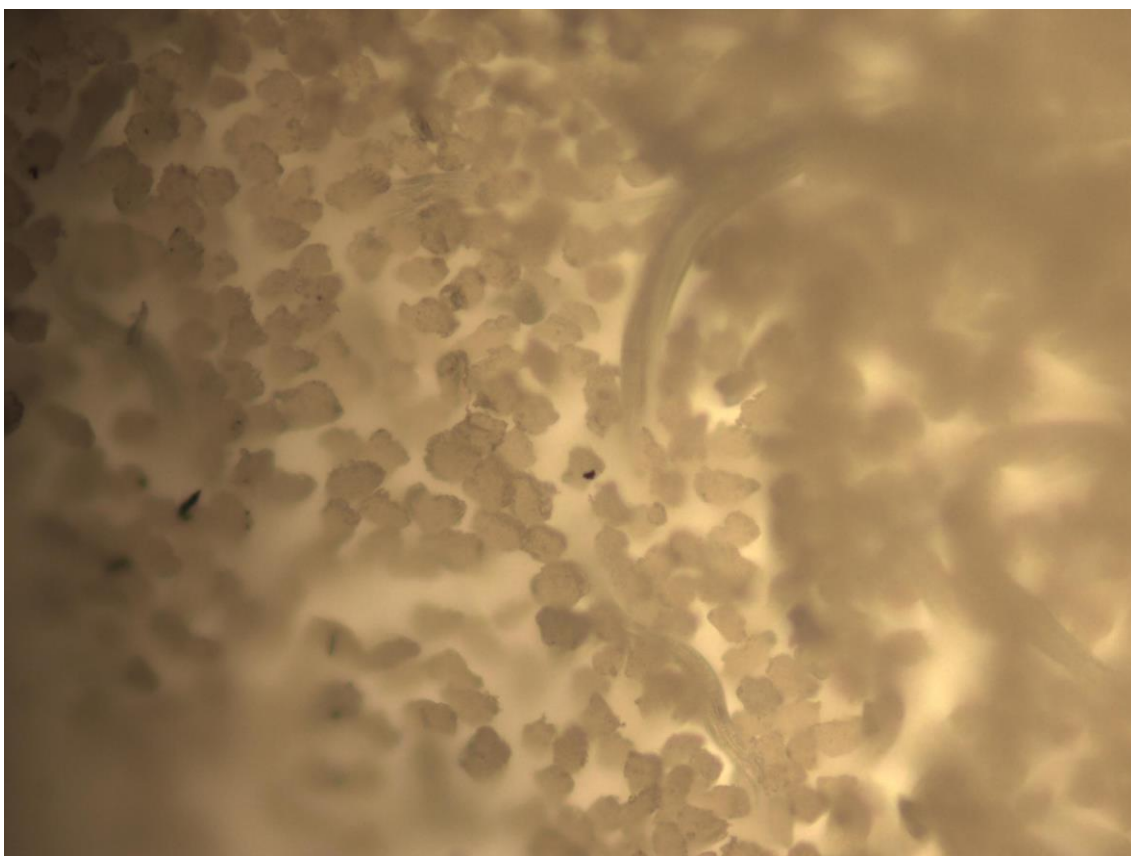
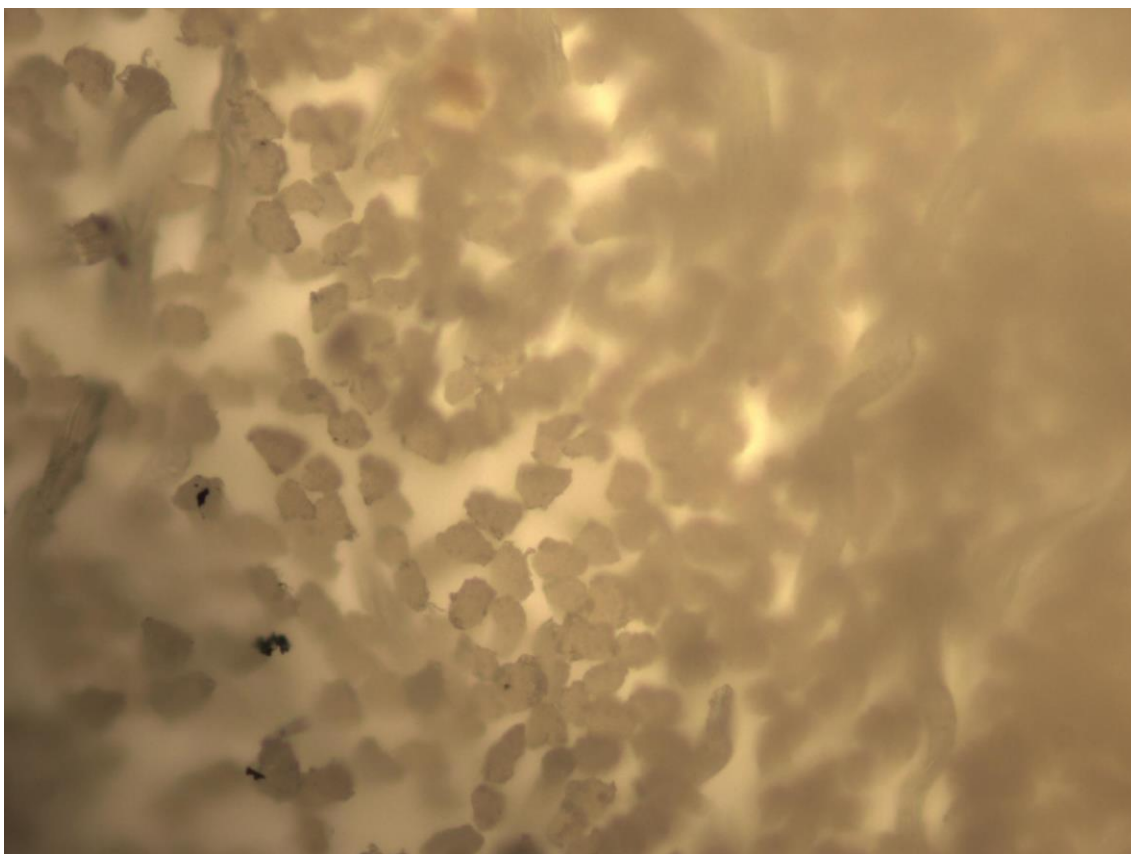


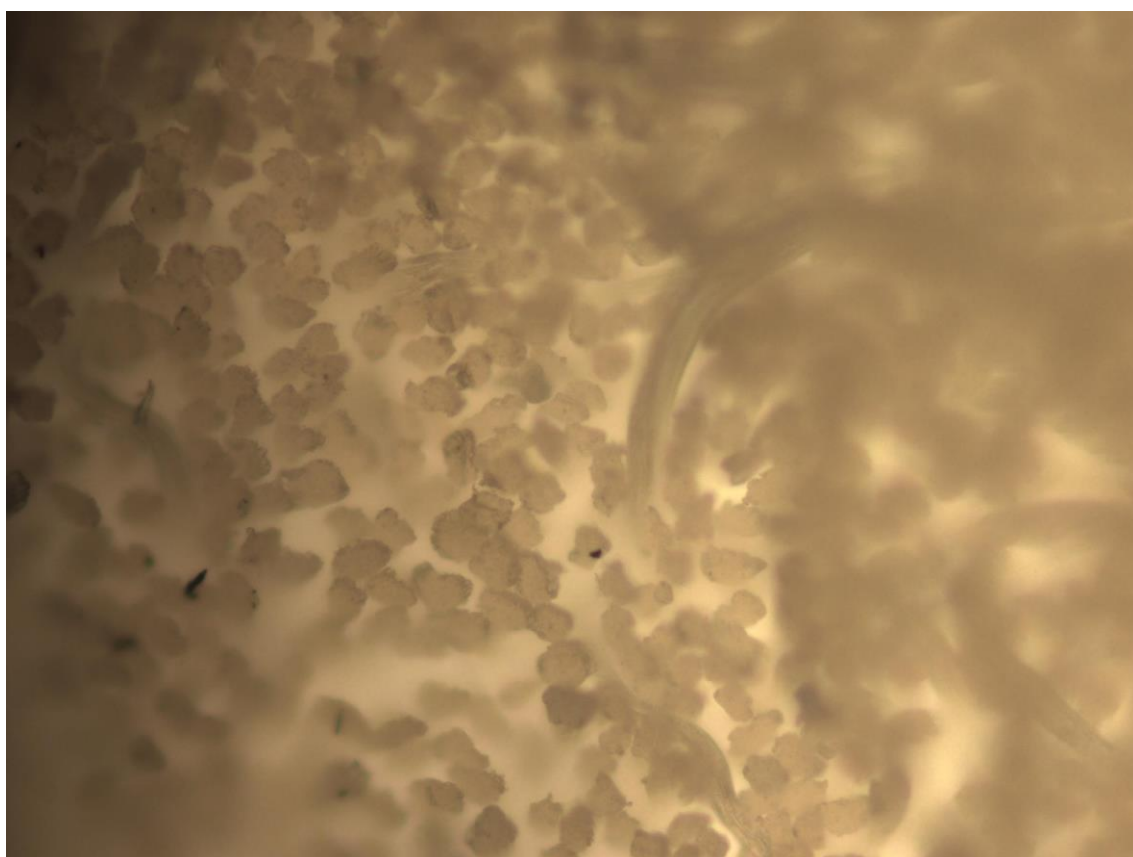




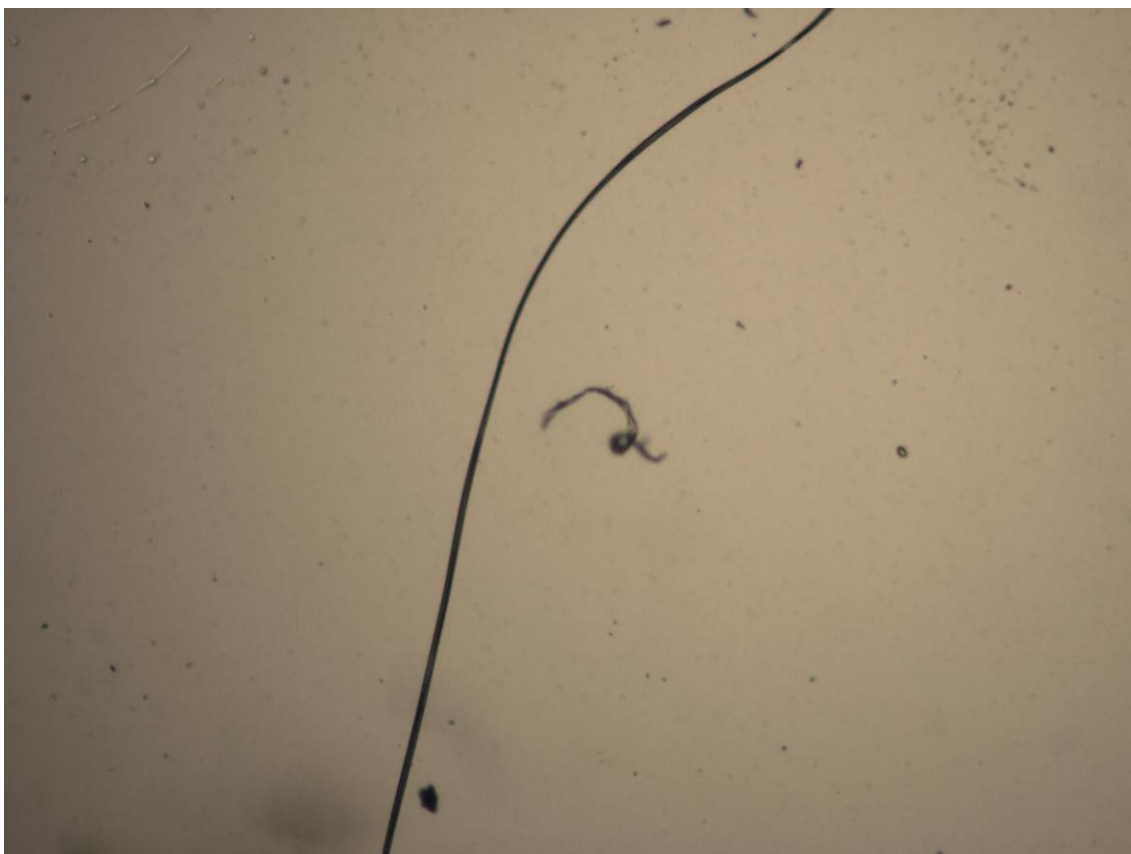


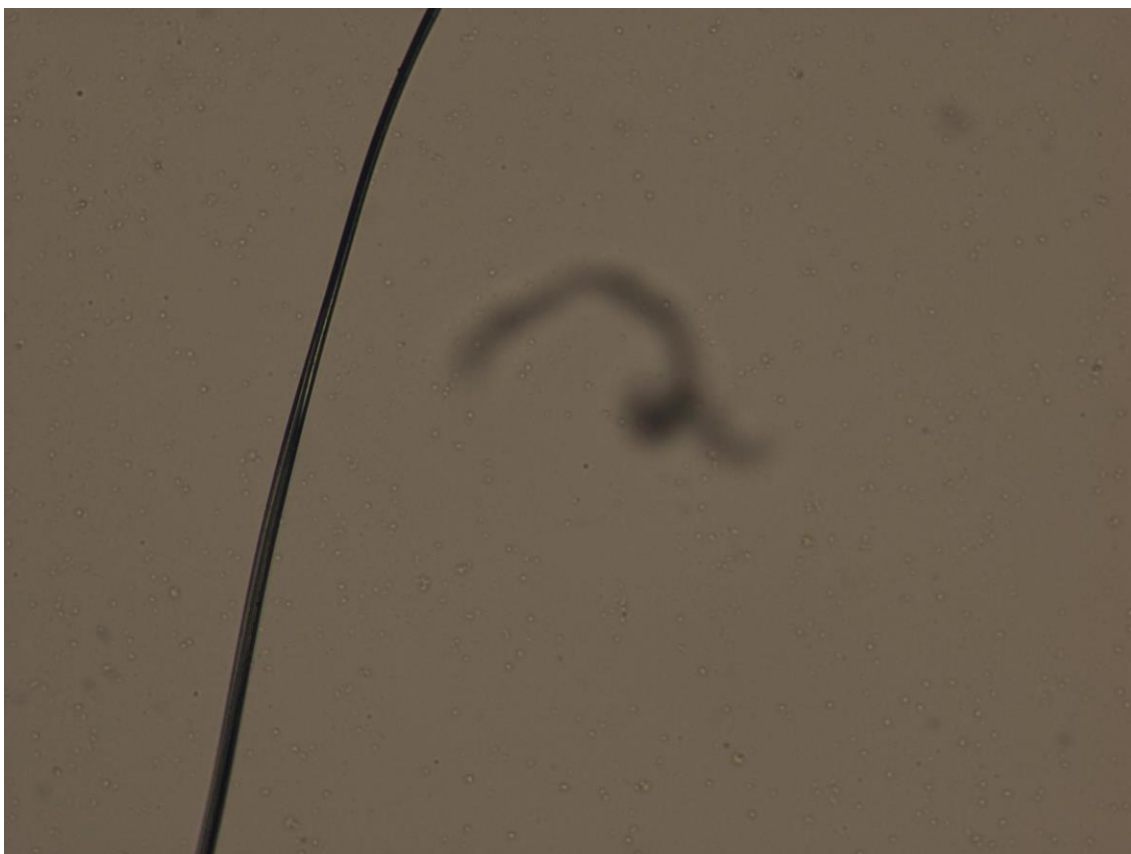


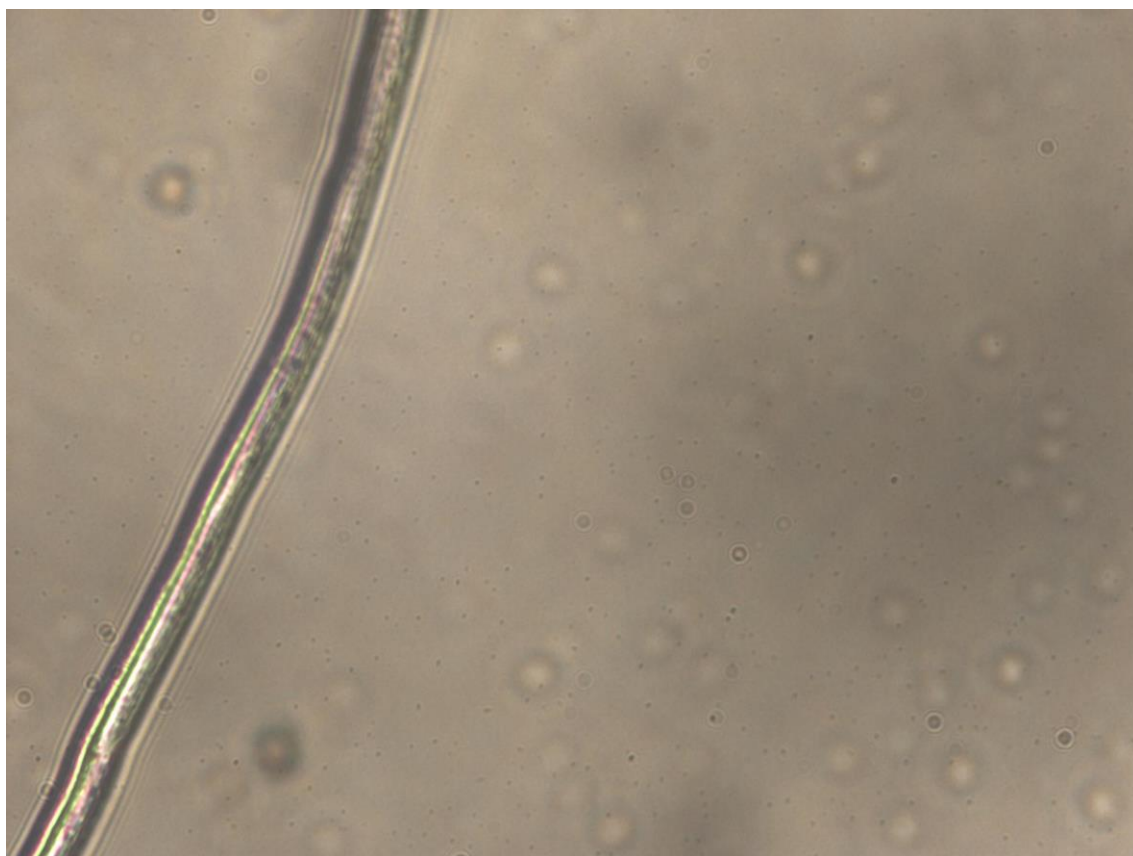


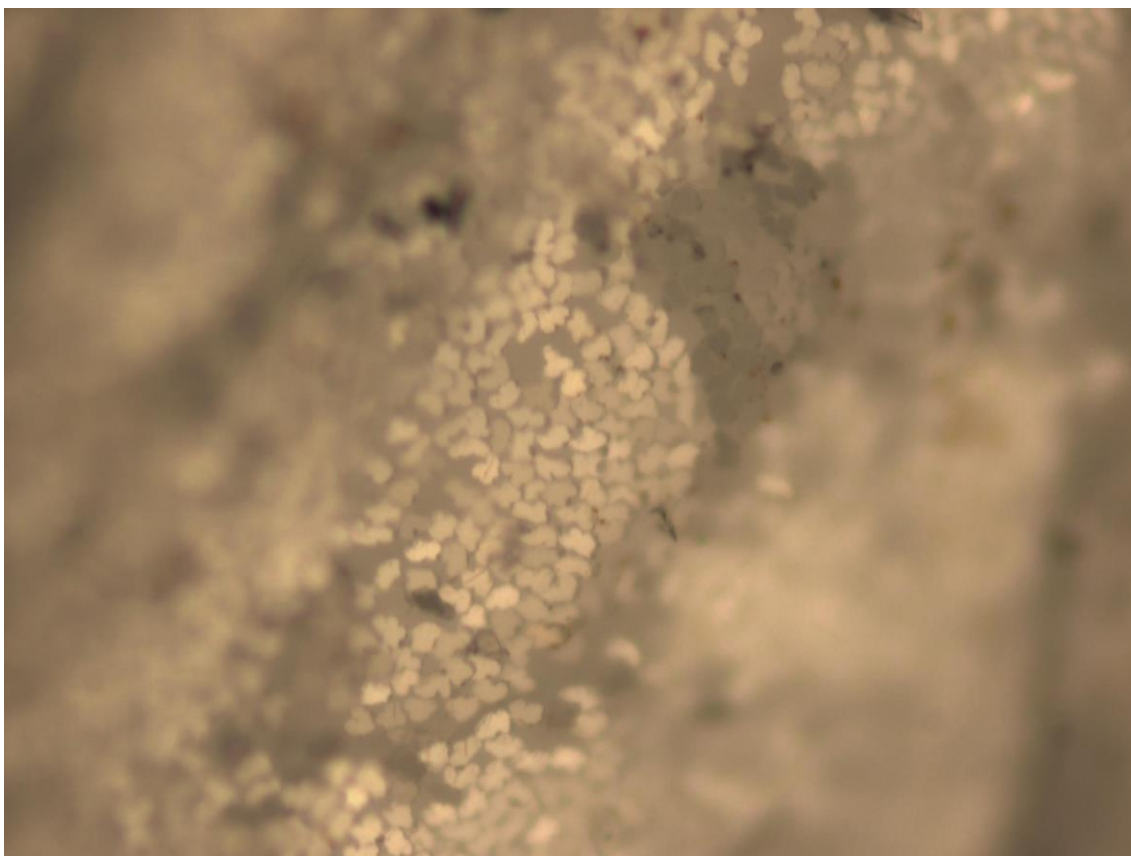


Liite 6. Modaalikuidun kuvat

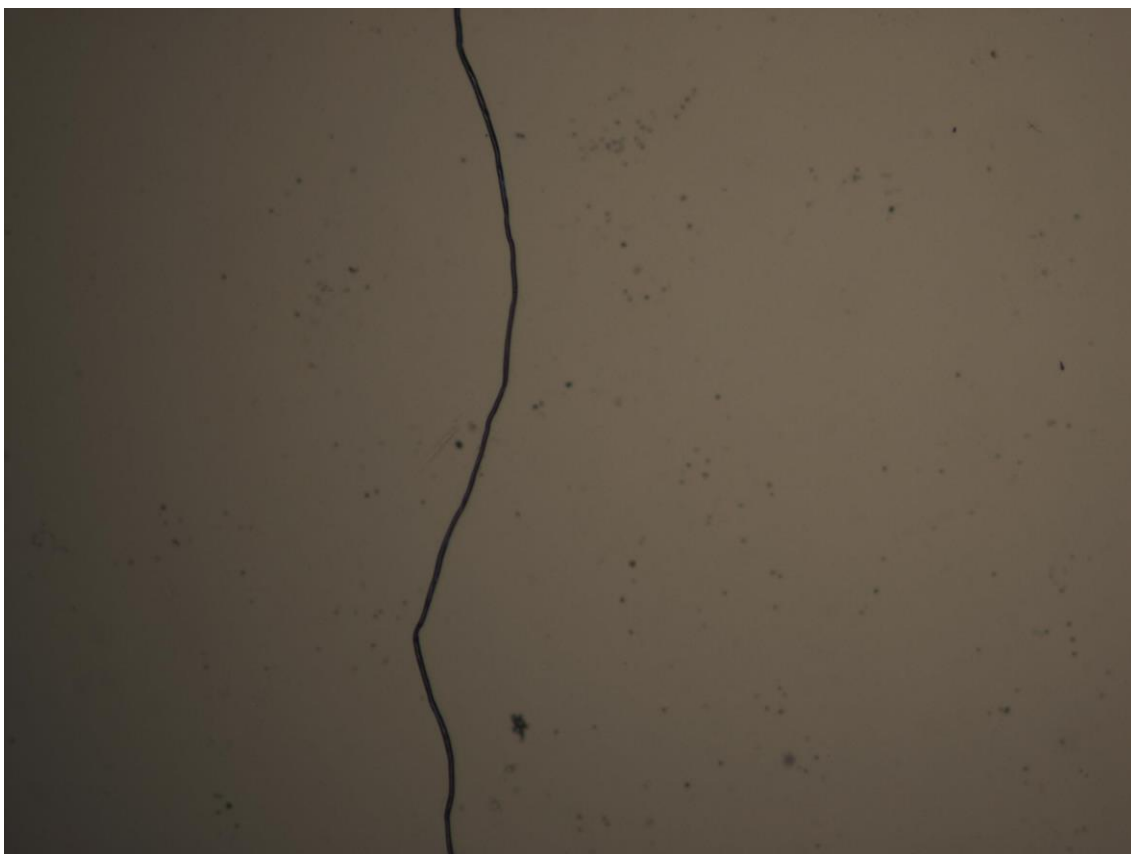
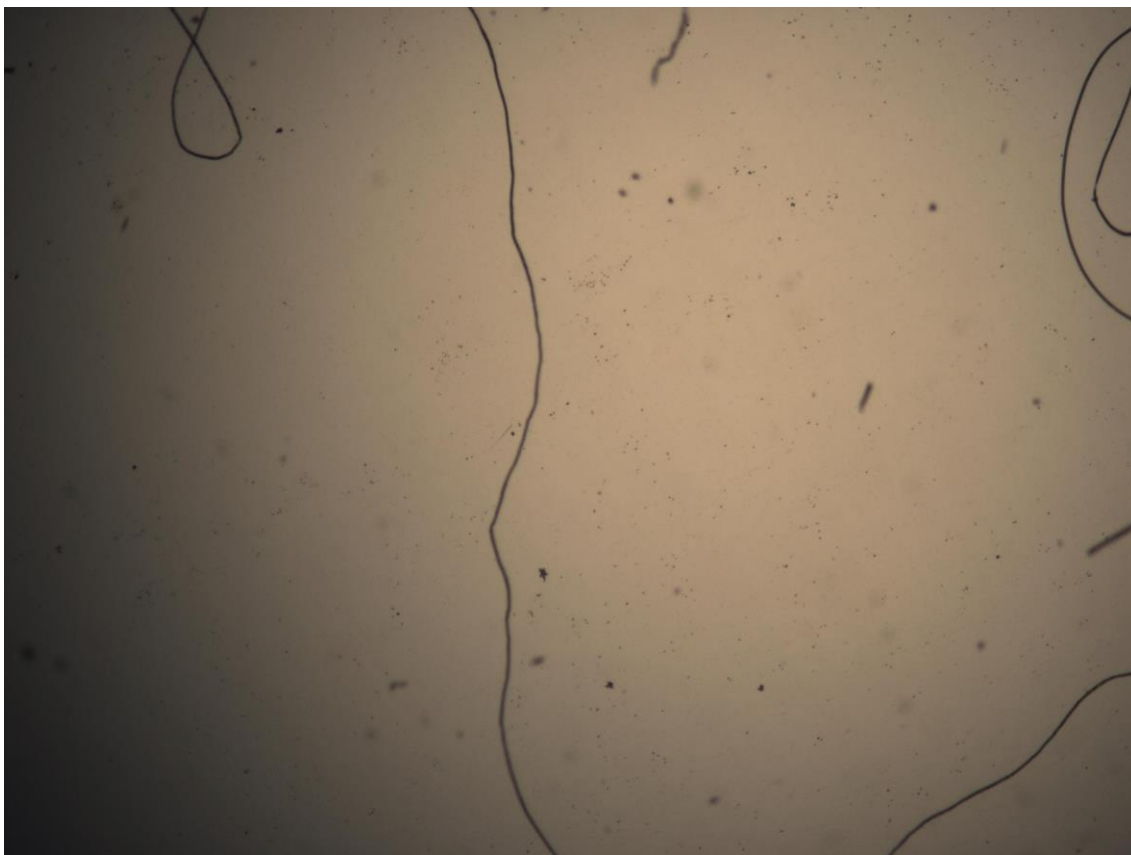


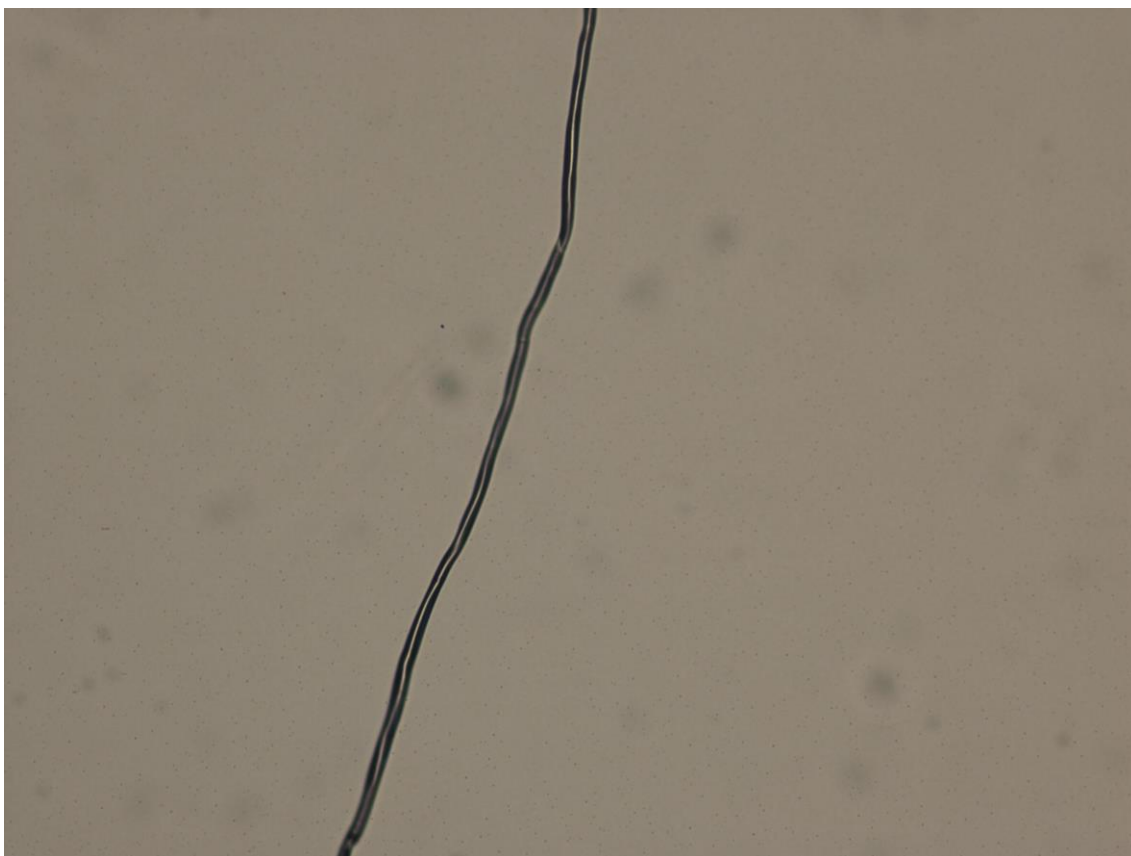


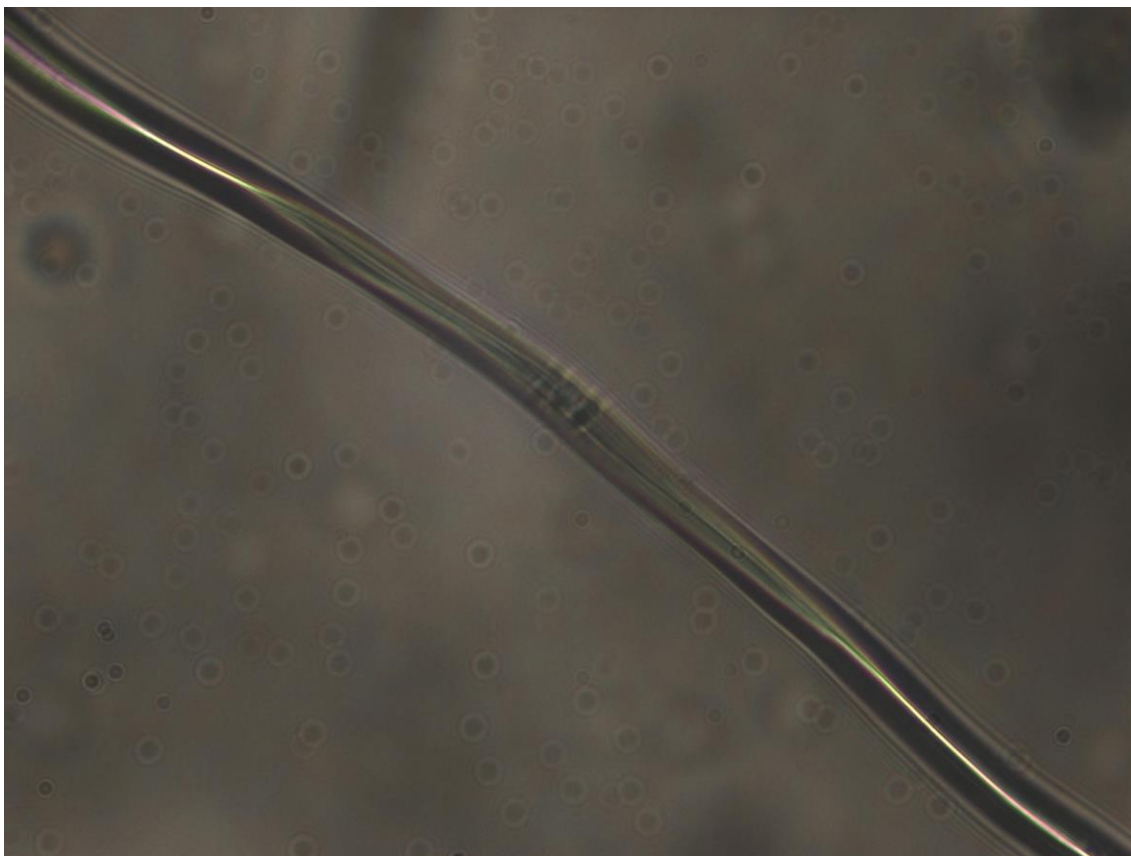
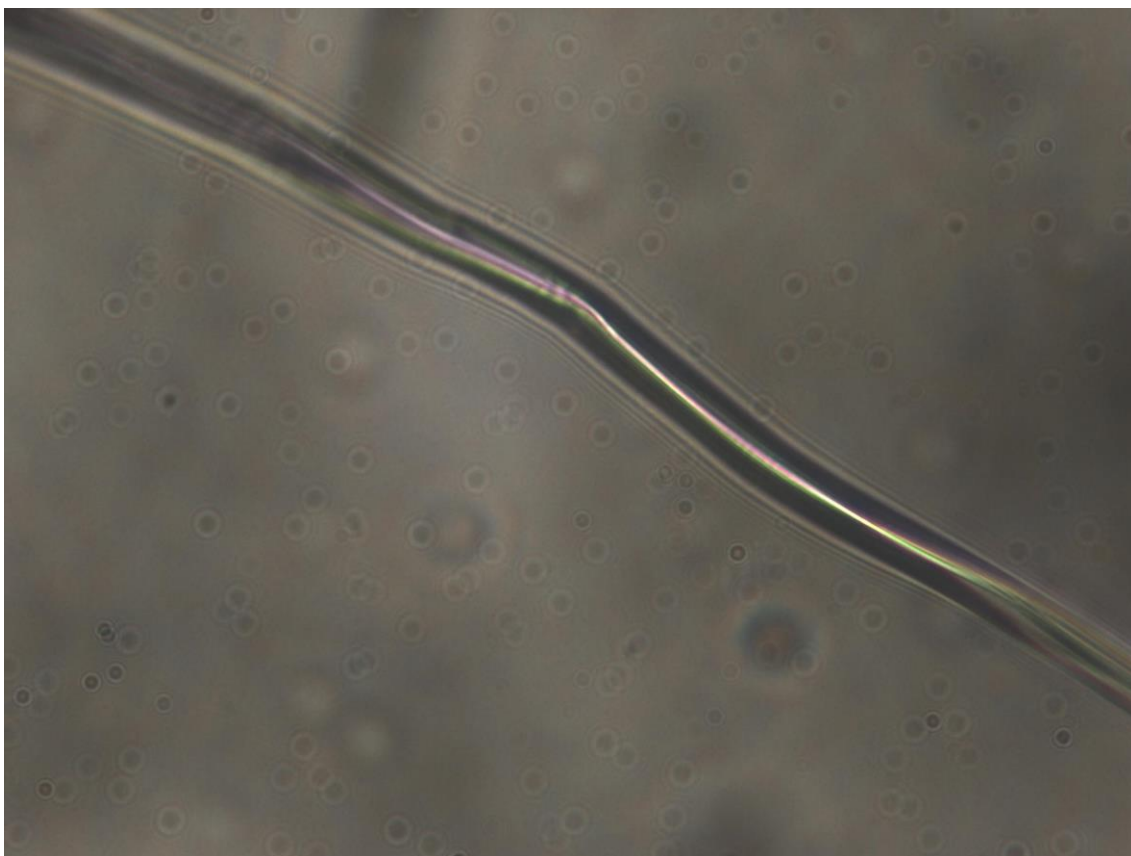


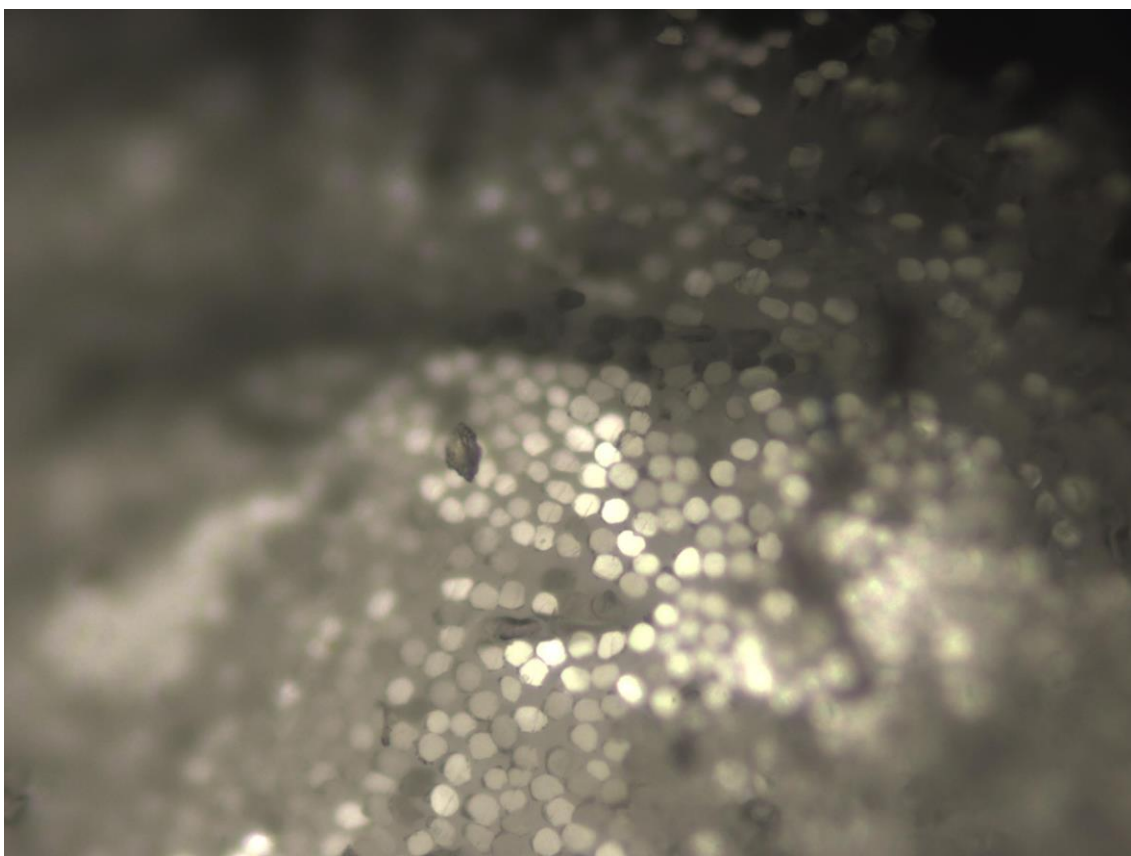
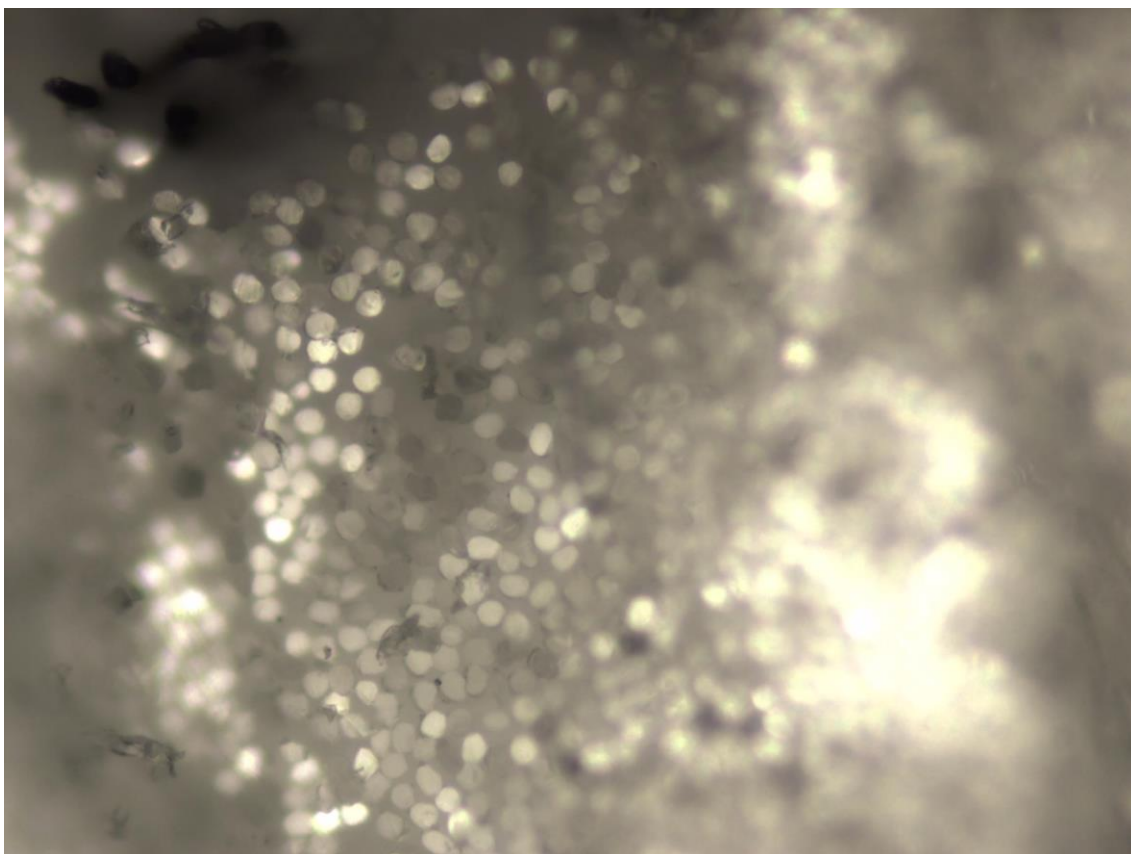


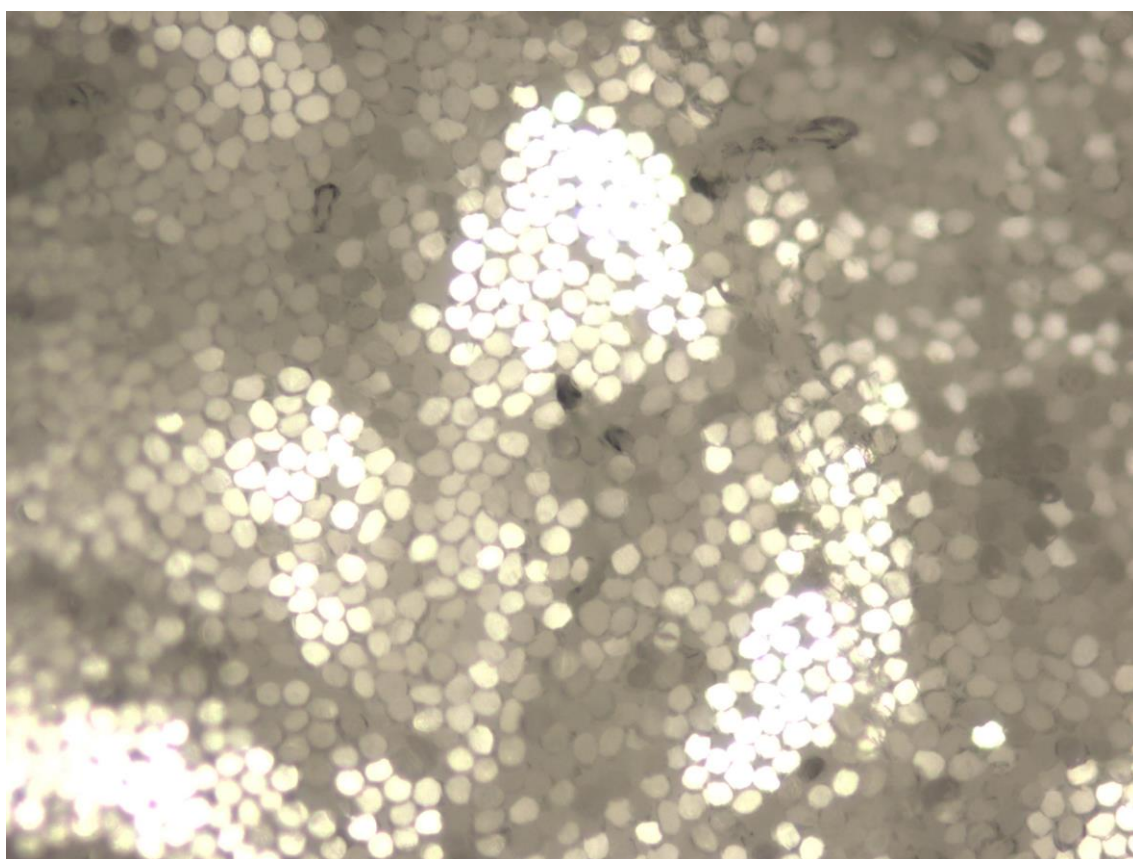
Liite 7. Lyocell kuvat





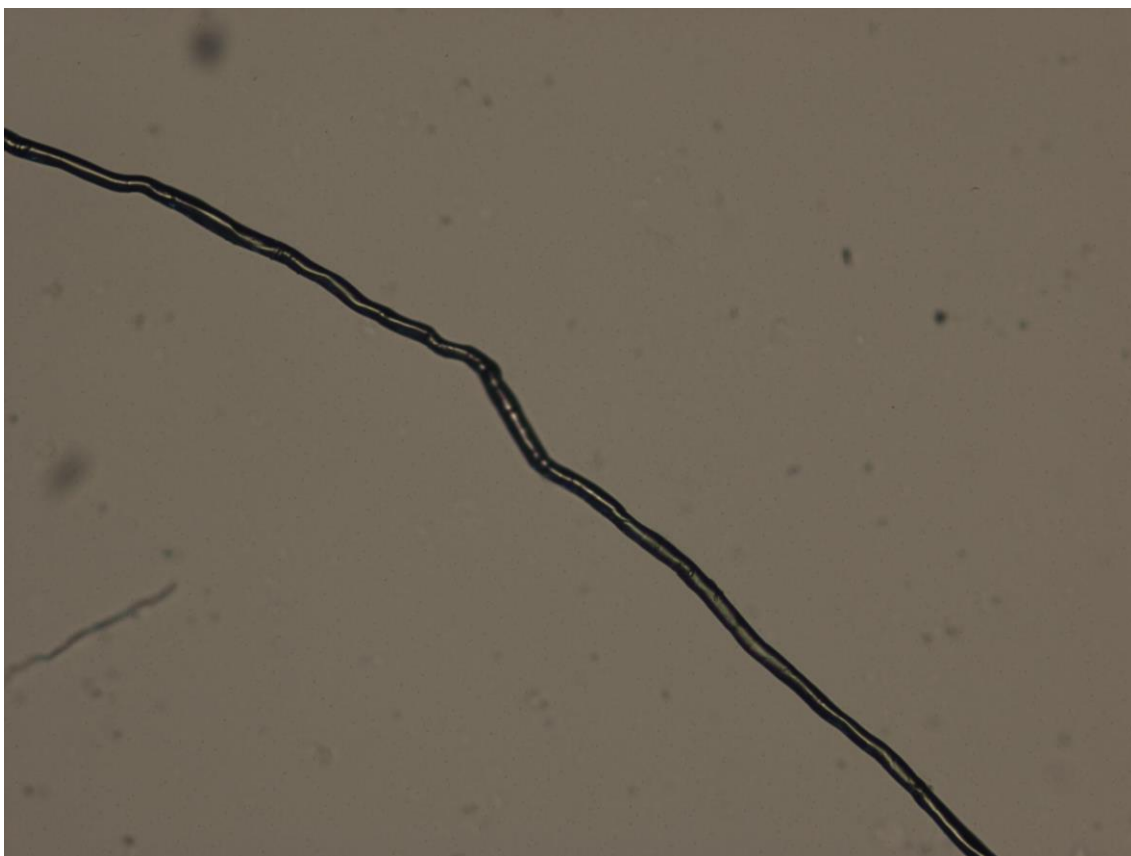




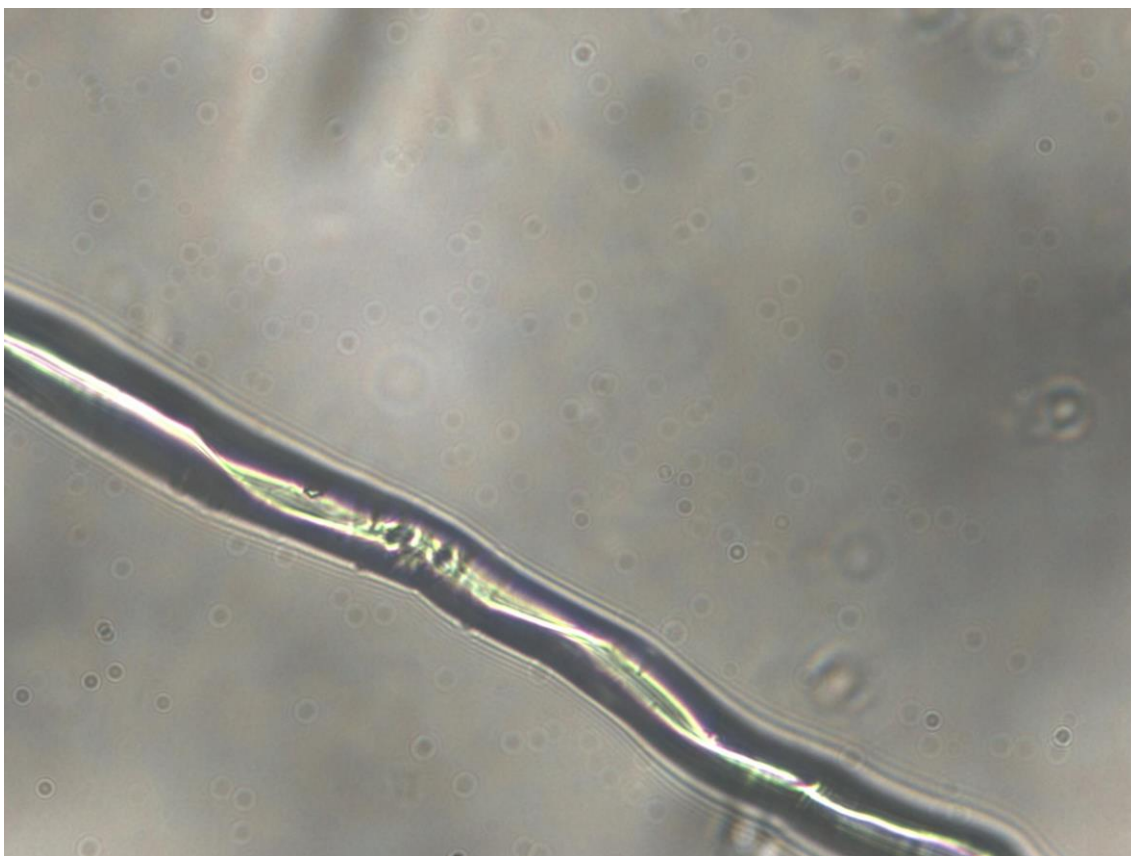


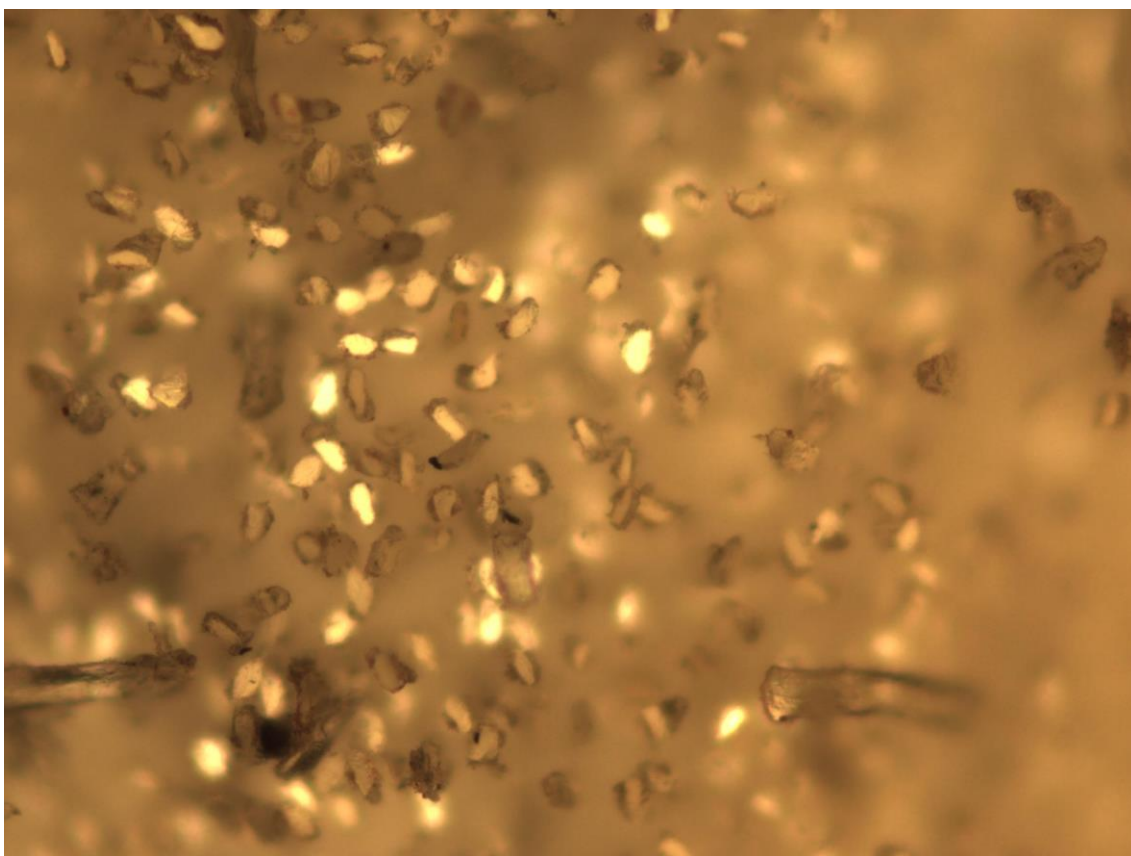
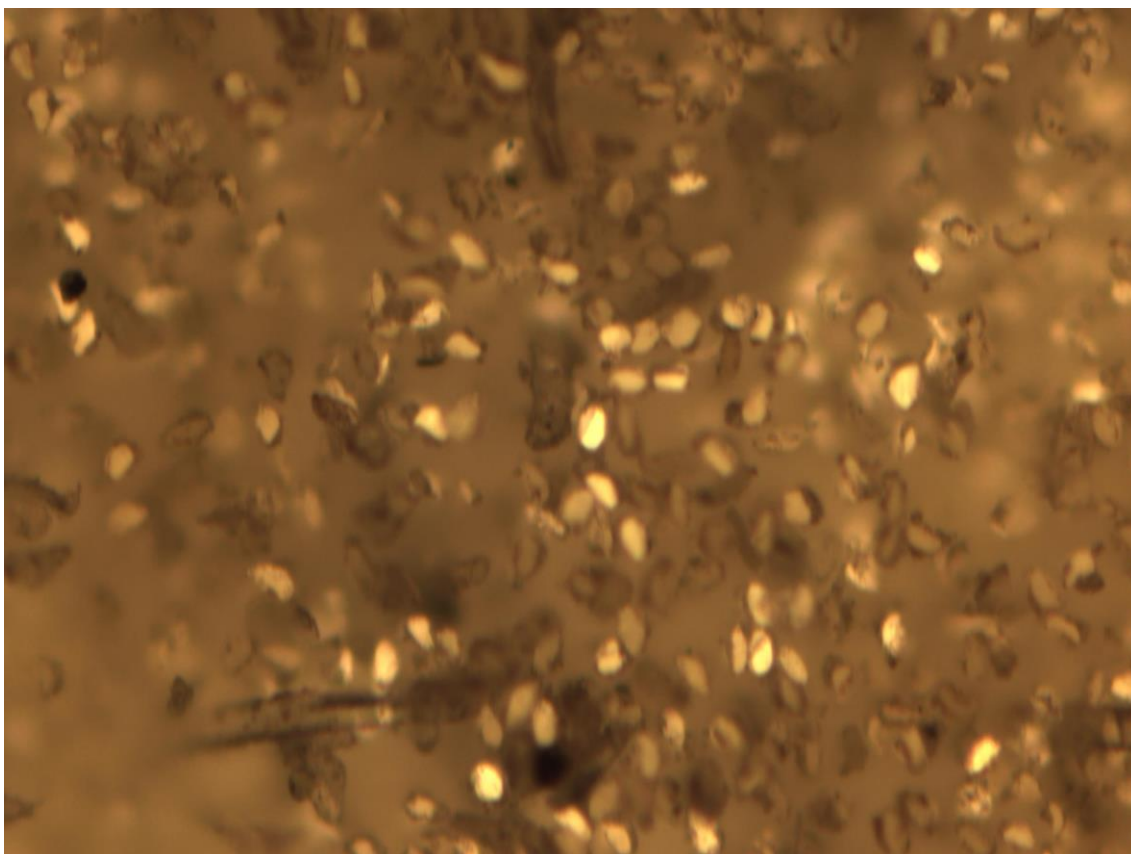
Liite 8. Kuuran kuvat

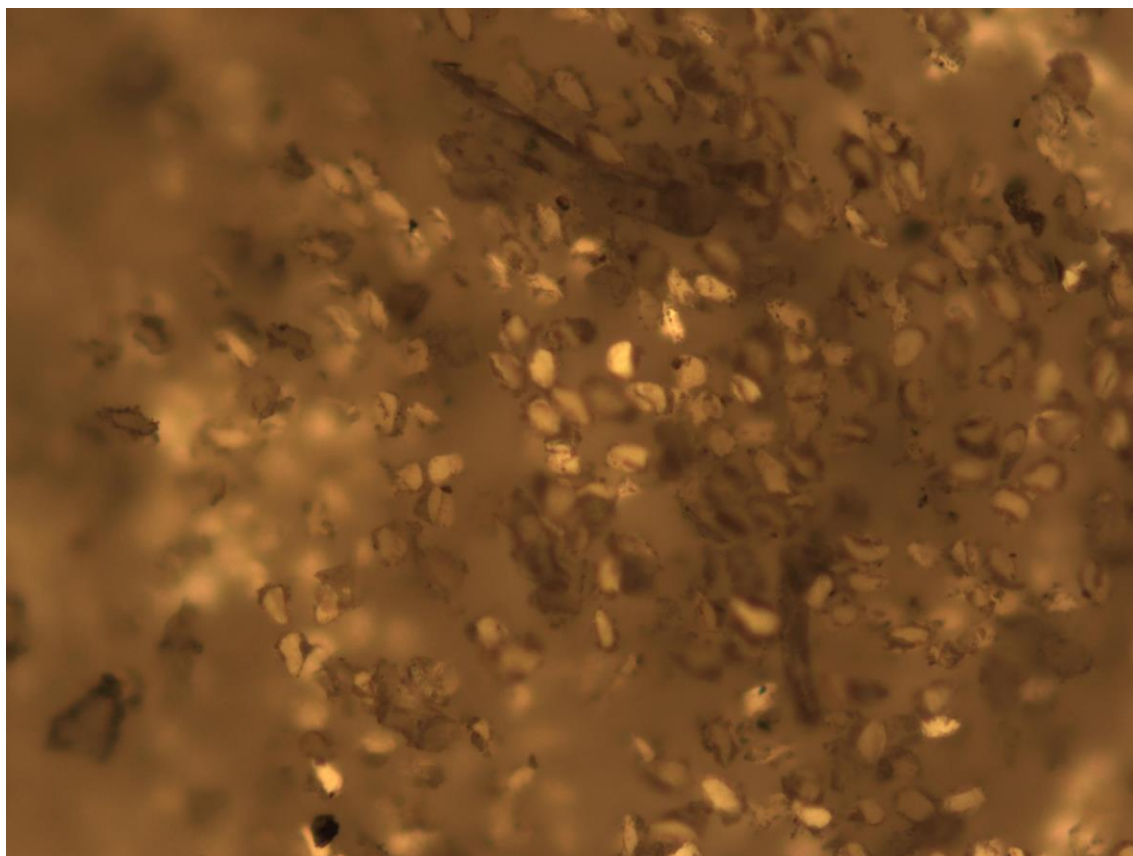




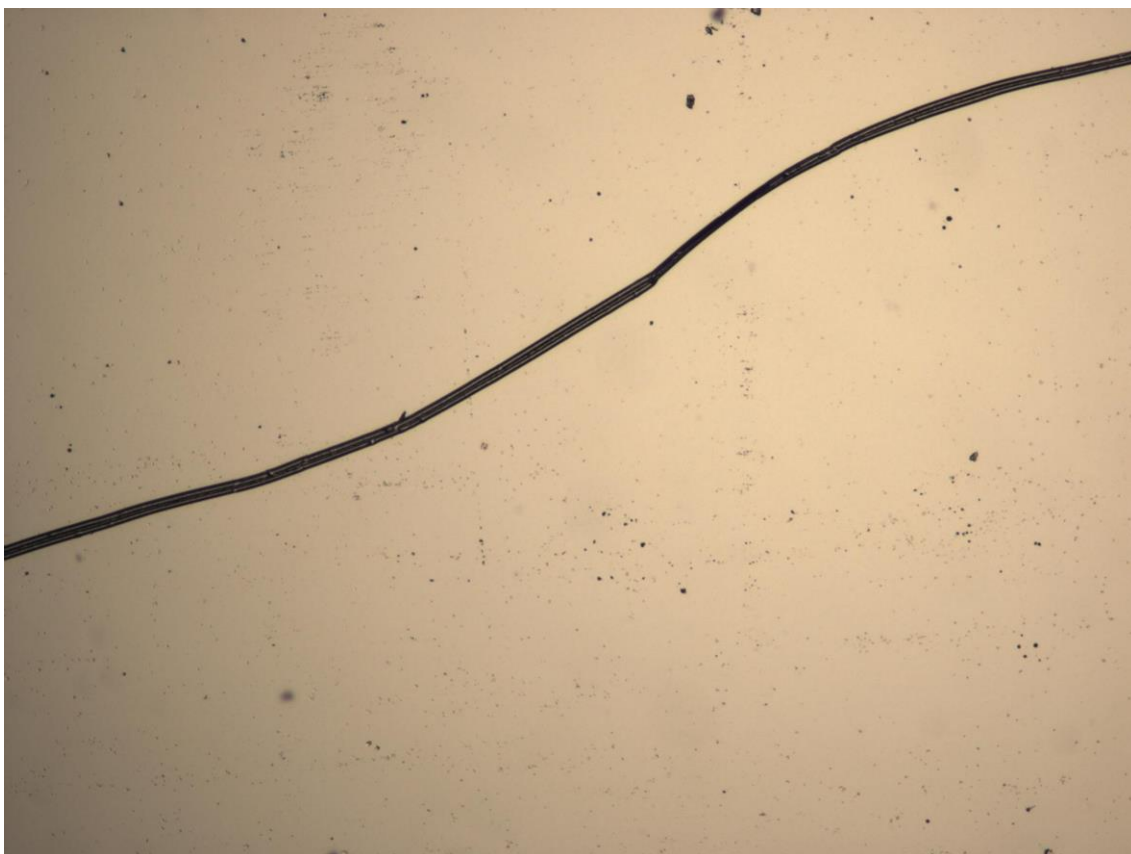
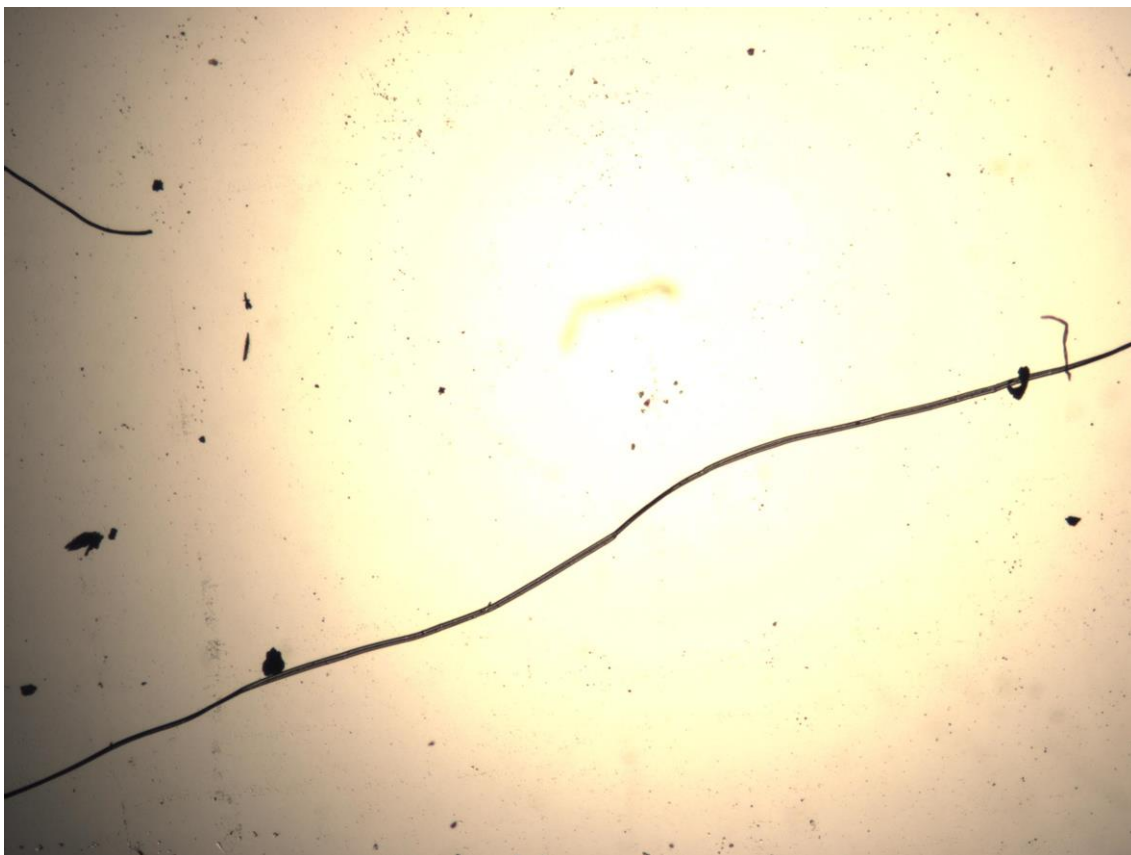


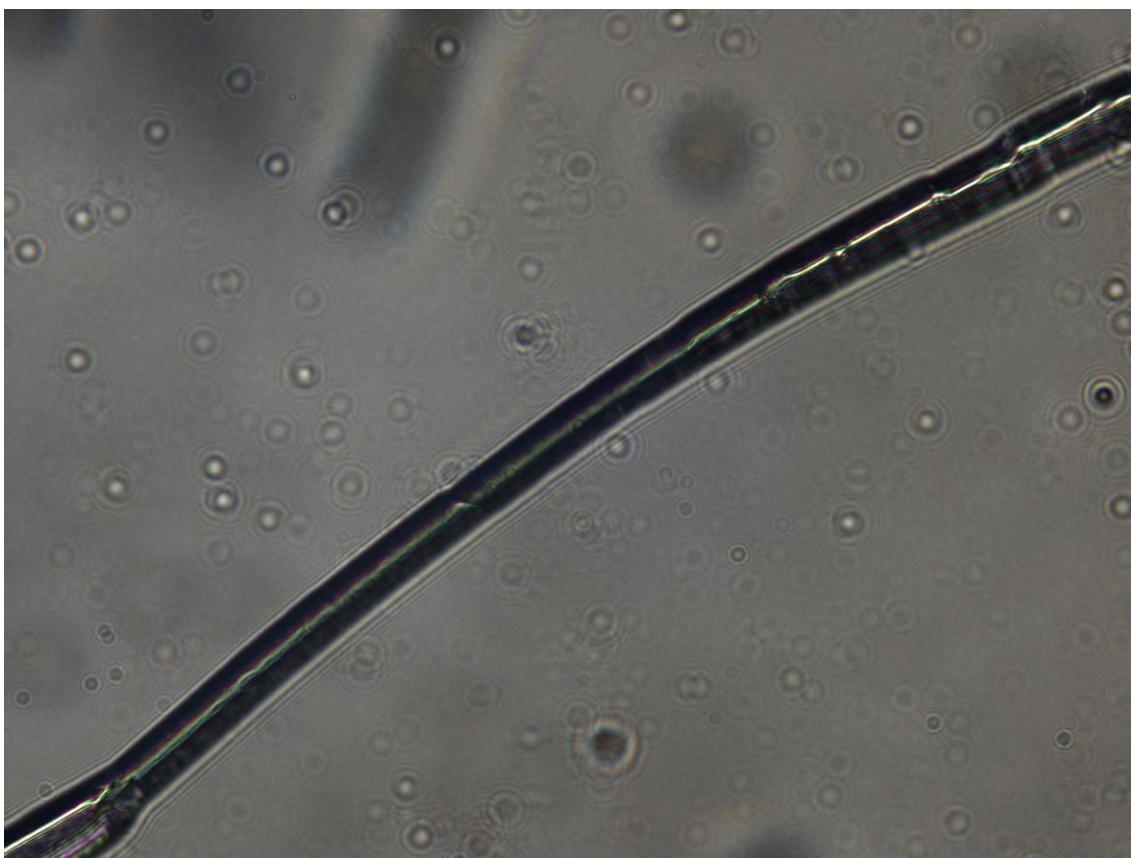
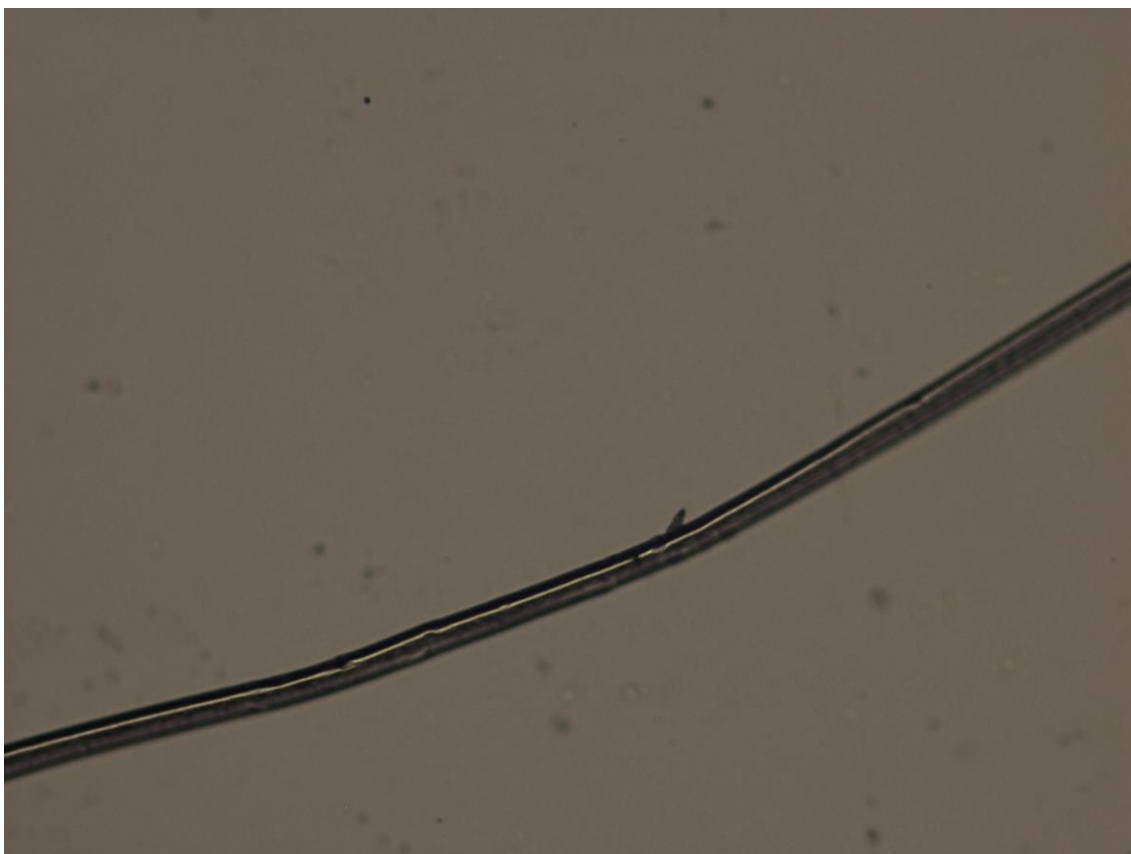


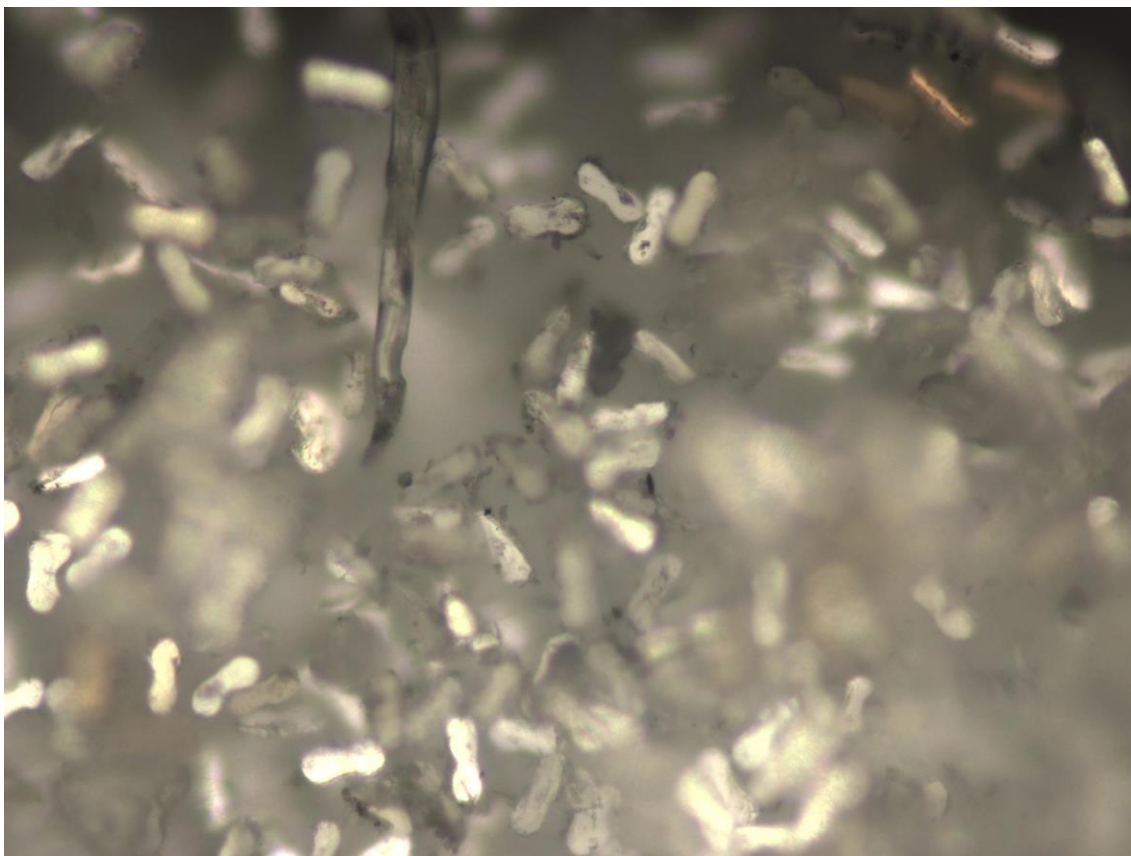
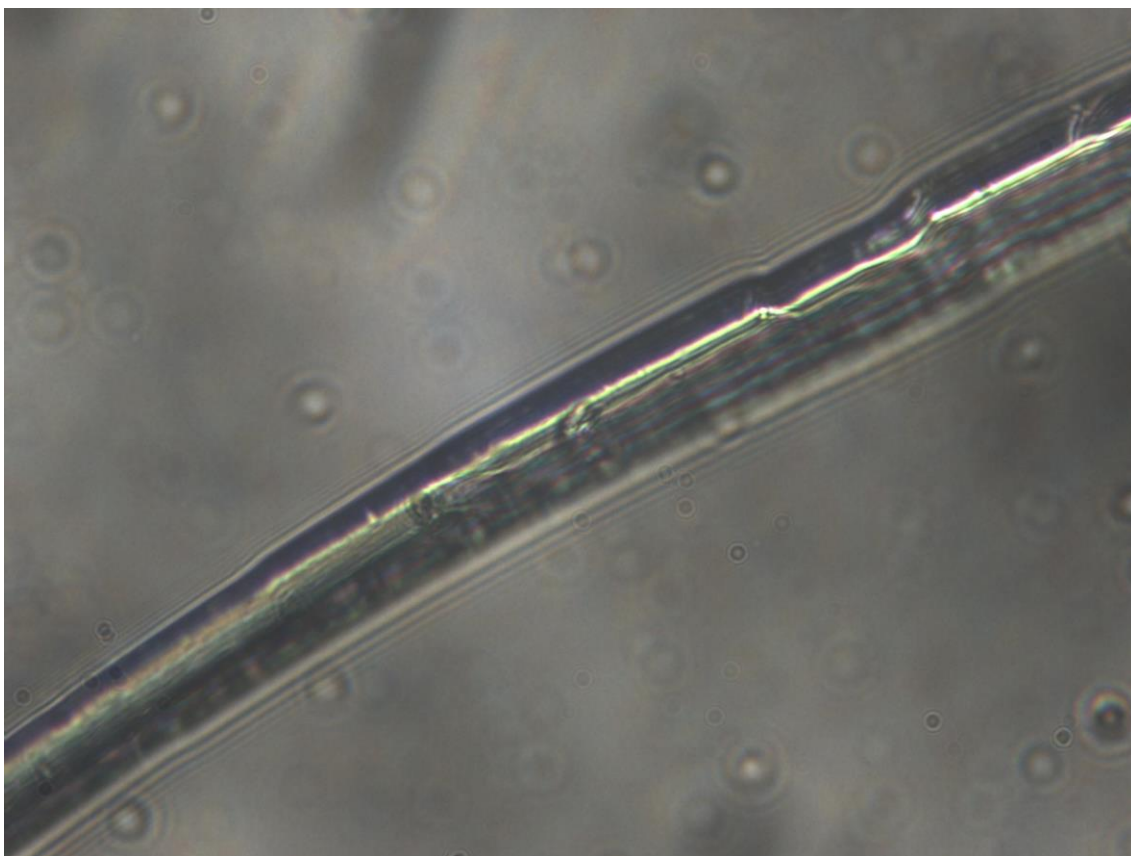




Liite 9. Akryylin kuvat

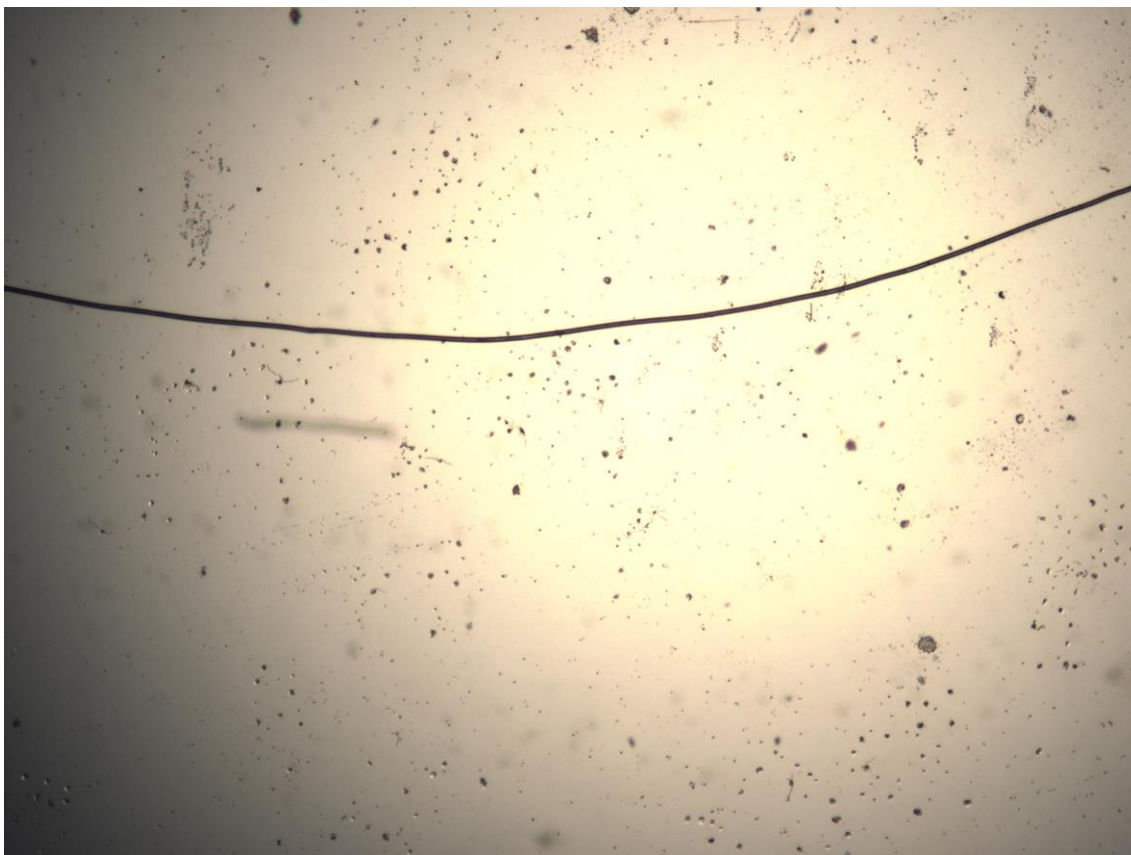


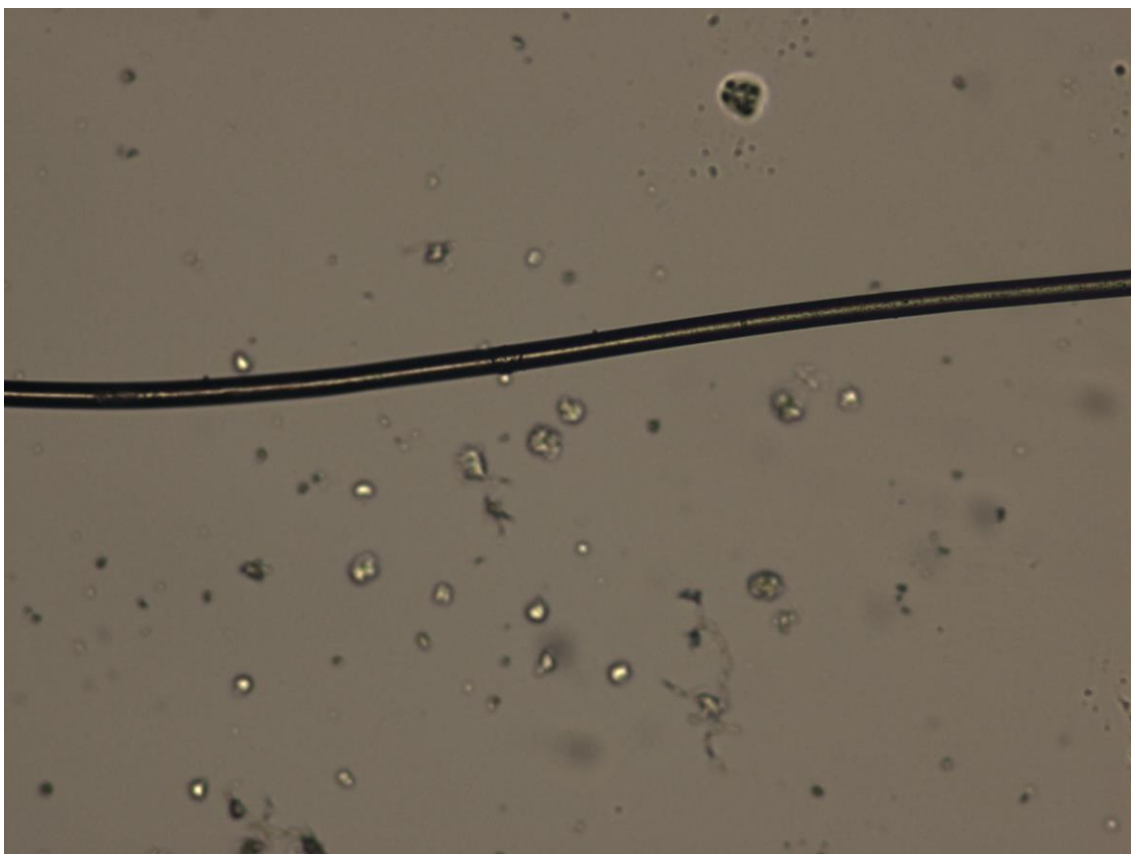


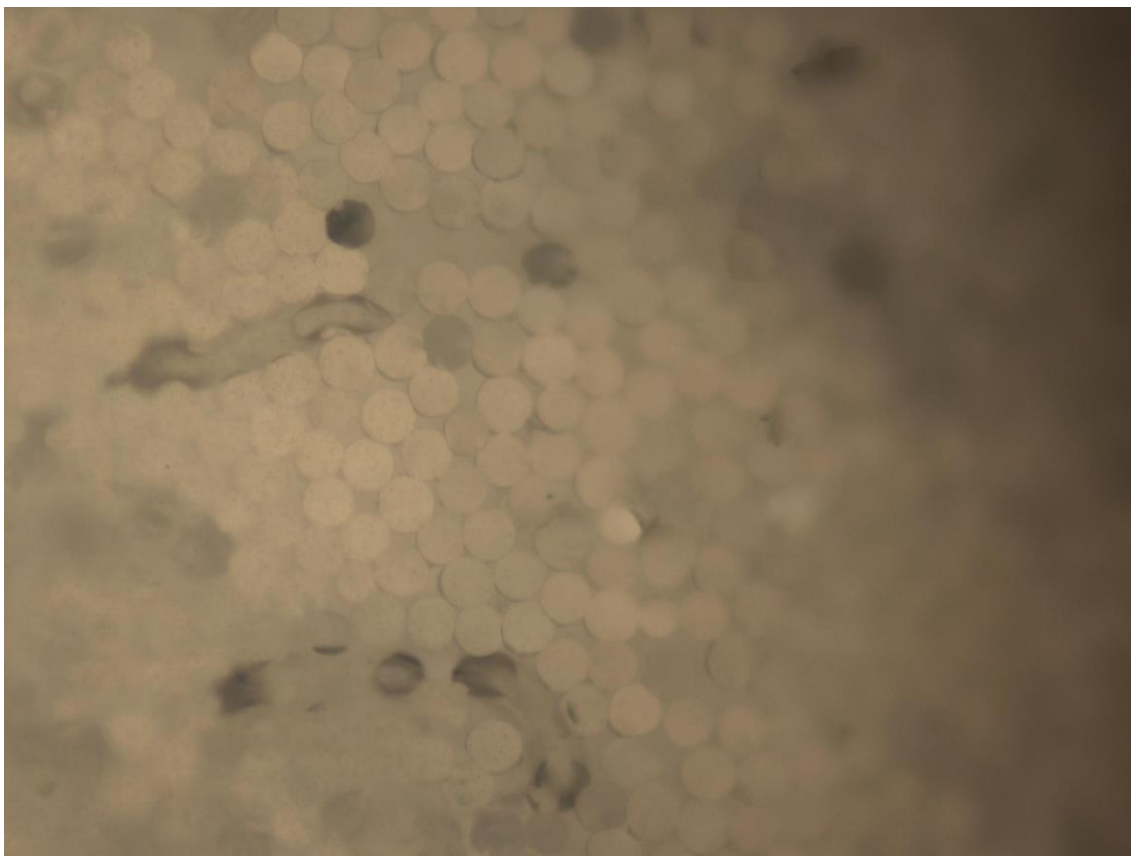
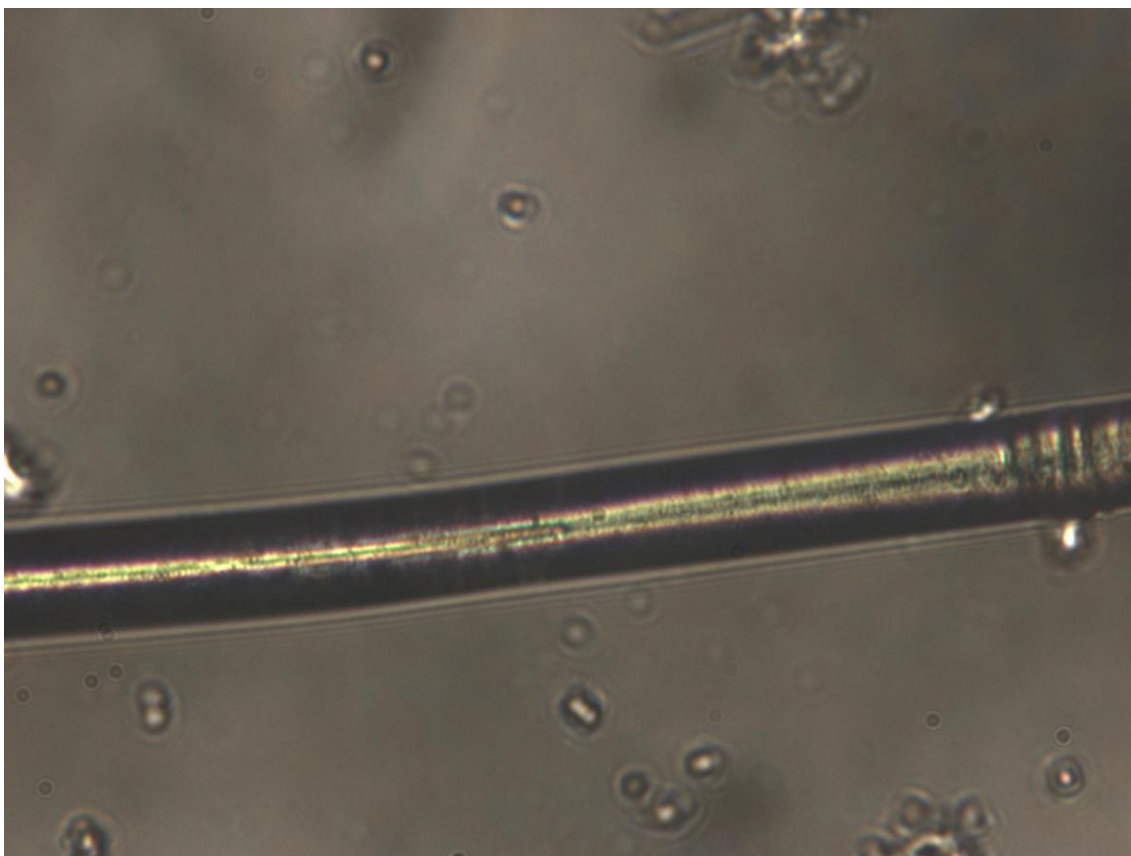




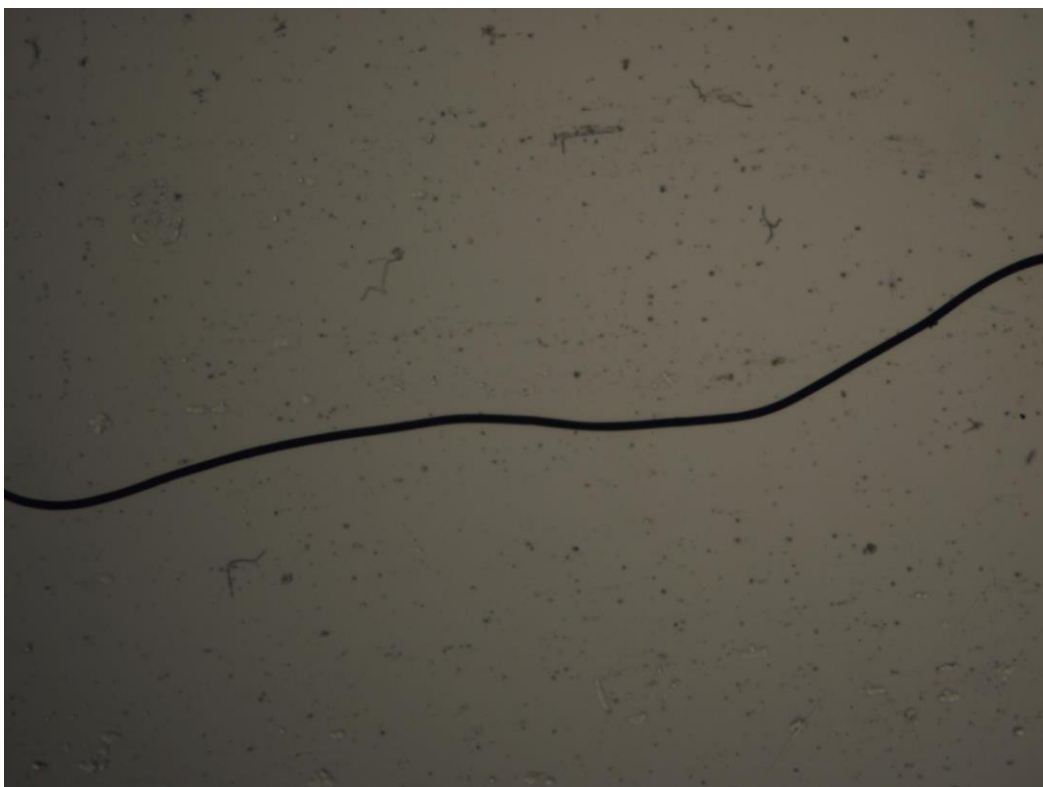
Liite 10. Polyamidin kuvat

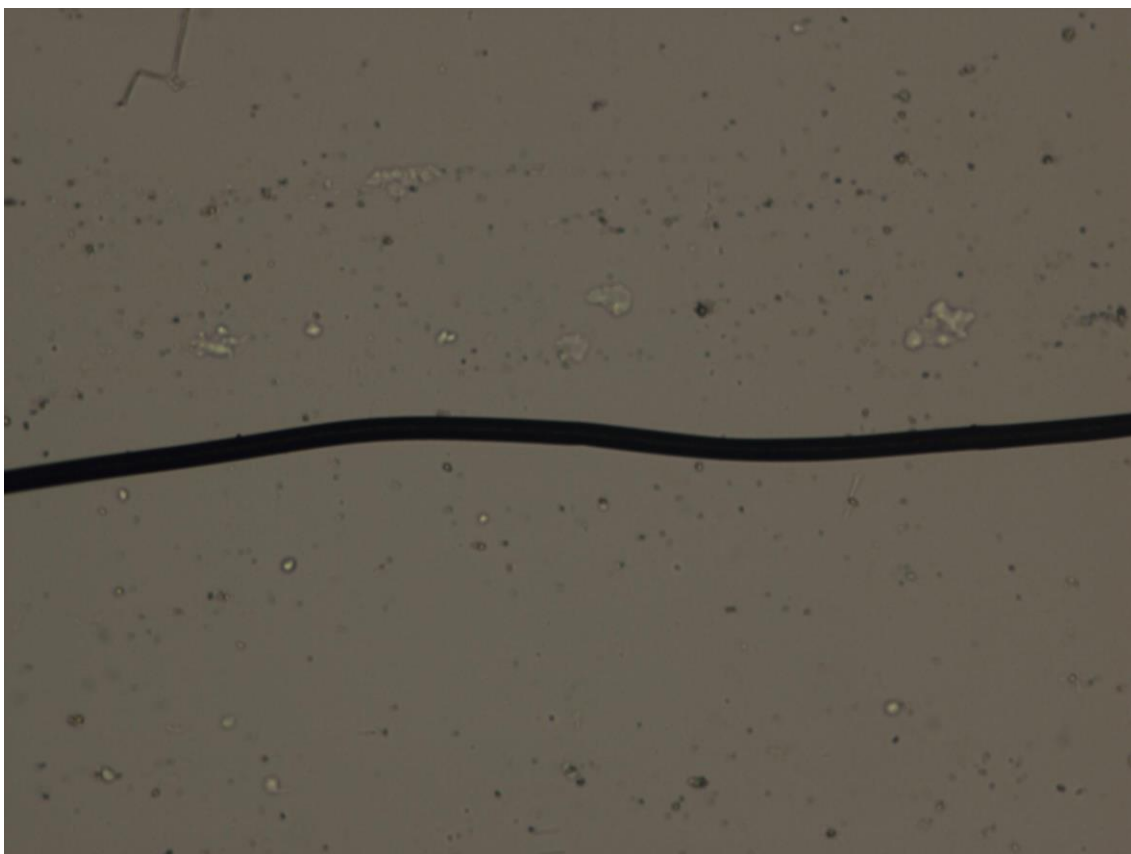






Liite 11. Polyesterin kuvat





3 (4)

