

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tekstiili- ja vaateustekniikan koulutusohjelma
Anniina Allinniemi - Katja Kouttinen

Opinnäytetyö

Tekstiilien ultraviolettisäteilyltä suojaavat ominaisuudet

Työn ohjaajat

Lehtori Marja Vanhatalo ja Lehtori Reijo Manninen

Työn tilaaja

L-Fashion Group Oy/Rukka Irene Hvitsjö

Tampere 04/2009

Tekijä	Anniina Allinniemi - Katja Kouttinen
Työn nimi	Tekstiilien ultraviolettisäteilyltä suojaavat ominaisuudet
Sivumäärä	72 sivua, 2 liitettä
Valmistumisaika	Kevät 2009
Työn ohjaaja	Lehtori Marja Vanhatalo ja Lehtori Reijo Manninen
Työn tilaaja	L-Fashion Group Oy/Rukka Irene Hvitsjö

Tiivistelmä

Työssä tutkittiin tekstiilien ultraviolettisäteilyltä suojaavia ominaisuuksia ja niihin vaikuttavia tekijöitä sekä aikaisemman tutkimusaineiston että empiirisen tutkimusosan avulla. Tarkoituksena oli selvittää UV-säteilyn läpäisyä mittaavan laitteiston toimintaperiaate, ja hankkia sopivia komponentteja tällaisen laitteiston rakentamista varten sekä suorittaa UV-säteilyn läpäisymittauksia kankaille. Spektroradiometrinen mittalaitteisto kehiteltiin osin fysiikan laboratorion laitteista ja osin uusista tätä työtä varten hankituista osista.

UV-säteilyn läpipääsy mitattiin yhteistyöyritys Rukan urheiluvaatteista. Vaatteiden suojakertoimien laskentaperiaatteeseen tutustuttiin EN 13758-1:n UPF:n (Ultraviolet Protection Factor) laskukaavan avulla, ja testatuille materiaaleille määritettiin UPF-arvot. Koska mittalaitteistosta ei saatu kuitenkaan standardinmukaista, ei saatuja UPF-arvoja voida suoraan verrata maailmalla tehtyjen standarditutkimusten tuloksiin. Vertailua vaikeuttaa yleisellä tasolla se, että aiheesta on laadittu useampi standardi, jotka poikkeavat toisistaan monilta osin. Markkinoilta löytyy myös vaatekappaleita, joille on ilmoitettu UPF-arvo ilman tarkempia tietoja mittaustavasta tai siitä, pohjautuuko mittaus johonkin standardeista.

Tulosten tarkastelussa keskityttiin vertailemaan erilaisia ja erivärisiä materiaaleja keskenään UV-säteilyn läpäisyominaisuuksissa, sekä pesukertojen vaikutusta UV-suojaavuuteen. Tuloksissa havaittiin UV-suojan läpäisyominaisuuksien vaihtelevaisuus eri materiaalien välillä, mikä todistaa mittaamisen tärkeyden.

Opinnäytetyö oli eräänlainen pohjatutkimus tekstiilien UV-säteilyn läpäisyominaisuuksista ja niiden tutkimista varten tarvittavasta laitteistosta. Tutkimus avasi käsitystä Suomessa vasta vähän tutkitusta asiasta, ja antoi alkusysäyksen mahdolliseen standardoidun mittausmenetelmän kehittämiseen. Työ kertoo myös ultraviolettisäteilyltä suojaavien ominaisuuksien tärkeydestä vaateusteollisuudessa. UPF-arvon ilmoittaminen myytävissä vaatekappaleissa ei ole pakollista, mutta kuluttajien kiinnostus asiaa kohtaan on kasvamassa.

Alkusanat

Tämä opinnäytetyö on tehty yhteistyöyrityksellemme Rukalle keväällä 2009.

Haluamme kiittää opinnäytetyömme ohjauksesta, asiasisällön tarkastamisesta ja kannustuksesta lehtori Marja Vanhataloa. Erityiskiitokset kuuluvat opinnäytetyön toiselle ohjaajalle lehtori Reijo Manniselle asiantuntevien ohjeiden antamisesta. Reijo Manninen auttoi monin tavoin työn alkuunsaamisessa sekä työn edetessä kohdatuissa ongelmissa. Lisäksi haluamme kiittää Tampereen ammattikorkeakoulun fysiikan laboratoriomestaria Juhani Pitkäästä ja päätoimista tuntiopettajaa Pasi Arvelaa mittalaitteiston kanssa saadusta avusta.

Lopuksi haluamme kiittää perheitämme koko opiskeluaajan ja opinnäytetyön aikana saamastamme suuresta tuesta ja kannustuksesta.

Tampereella huhtikuussa 2009

Anniina Allinniemi

Katja Kouttinen

SISÄLLYSLUETTELO

1	Johdanto	9
2	Yhteistyöyrittäjä Rukka	10
3	Ultraviolettisäteily	11
3.1	Ultraviolettisäteily ympäristössämme	11
3.2	Ultraviolettisäteilyn vaikutukset ihoon	13
3.3	Ultraviolettisäteilylle altistuminen	16
3.4	UV-indeksi	17
3.5	Säteilylaki.....	17
4	Standardit	19
4.1	Australialais-uusseelantilainen standardi AS/NZS 4399	20
4.2	Eurooppalainen standardi EN 13758-1	21
4.3	Amerikkalainen standardi AATCC 183	21
4.4	UV-standardi 801	21
4.5	Standardien vertailua.....	22
4.6	Merkitseminen	23
5	UV-säteilyn mittaussuomenetelmät	25
5.1	Keinotekoiset säteilylähteet	25
5.2	Mittaustavat.....	26
6	Suojakertoimen laskeminen	28
7	Ultraviolettisäteily ja tekstiilit	30
7.1	Tekstiilien UV-suojavuuteen vaikuttavat tekijät.....	30
7.2	UV-suojatekstiilin määritelmä	30
7.3	Eri tekstiilikuitujen UV-läpäisevyys	32
7.3.1	Tutkimus markkinoilla olevien vaatekappaleiden suojavuudesta	33
7.3.2	Tekstiiliväriaineiden merkitys.....	34
7.3.3	Tutkimus luonnonväriaineiden vaikutuksesta suojavuuteen	35
8	UV-suojaa-aineet	37
8.1	UV-absorbentit.....	37
8.1.1	Titaanidioksidi.....	37
8.1.2	Sinkkioksidi.....	38
8.1.3	Nanopartikkelit.....	38
8.1.4	Nanohopean vaikutus UV-suojavuuteen	39
8.2	UV-absorbenttien kaupunimiä	41
8.3	UV-suojaa-aineiden arviointia	41
9	UV-suojakankaiden ja -kuitujen kaupunimiä	43
9.1	Coolibar	43
9.2	Columbia	43
9.3	Nozone	44
9.4	Hyphen	44
9.5	Meryl Microfibre.....	44
9.6	Vertailua.....	44
10	Testattavat materiaalit	46
10.1	Vihreä paita	46
10.2	Ruskea paita	46
10.3	Punainen paita	47
10.4	Ruskea raidallinen paita	47
10.5	Vaaleat housut.....	47
10.6	Housuhame.....	48

10.7	Vaalea trikoo	48
10.8	Punainen trikoo	48
10.9	Musta trikoo	49
11	Materiaalien raaka-aineet	50
11.1	Puuvilla	50
11.2	Polyesteri.....	51
11.3	Polyamidi	52
11.4	Elastaani	53
12	Testaus.....	54
12.1	Mittalaitteisto	54
12.1.1	Ksenon L2173- lamppu.....	55
12.1.2	Solatell-laitteisto	56
12.2	Mittauksen suorittaminen.....	57
12.3	Laskentaperiaate.....	58
13	Tulosten tarkastelu ja arviointi	59
13.1	Vihreä paita	59
13.2	Ruskea paita	59
13.3	Punainen paita	60
13.4	Ruskea raidallinen paita	60
13.5	Vaaleat housut.....	61
13.6	Housuhame.....	61
13.7	Vaalea trikoo	62
13.8	Punainen trikoo	62
13.9	Musta trikoo	62
13.10	Tulosten vertailu.....	63
14	Testauksen epävarmuustekijät ja kehitysideat	67
15	Loppusanat	69

LÄHTEET

LIITE 1: Esimerkki UPF-arvon laskemisesta

LIITE 2: Tulostaulukot ja materiaalinäytteet

KÄYTETYT LYHENTEET JA TERMIT

Ultraviolettisäteily (Ultraviolet radiation UVR)

Ultraviolettisäteily (aallonpituus 100–400 nm) on näkyvän valon ja röntgensäteilyn välissä olevaa sähkömagneettista säteilyä. Auringon säteily sisältää näkyvän valon lisäksi mm. näkymättömiä infrapuna- eli lämpösäteitä sekä ultravioletti- eli UV-säteitä. UV-säteily jaetaan kolmeen eri osaan, UVA-, UVB- ja UVC-säteilyyn. Auringonsäteilyn UVC suodattuu pois ilmakehän otsonikerroksessa, samoin osa UVB:stä. /20/

Spektri (Spectrum)

Spektri on kuvallinen tai numeerinen tapa esittää, miten sähkömagneettisen säteilyn voimakkuus on jakautunut eri aallonpituuksille. Valon kulkiessa esimerkiksi prisman läpi eri aallonpituudet taittuvat eri tavoin ja näkyvät erivärisinä. Näkyvän valon pitkäaaltoinen pää on punainen ja lyhytaaltoinen violetti. Jatkuvassa spektrissä esiintyy kaikki aallonpituuksien värit hyppäyksittä kuten sateenkaudessa. /19/

SPF (Sun Protection Factor)

SPF on standardi, joka mittaa suojan voimakkuutta auringossa palamista vastaan. SPF on ollut käytössä vuosia, ja sitä käytetään ilmoittamaan aurinkovoiteiden suojakerrointa. /38/

UPF (Ultraviolet Protection Factor)

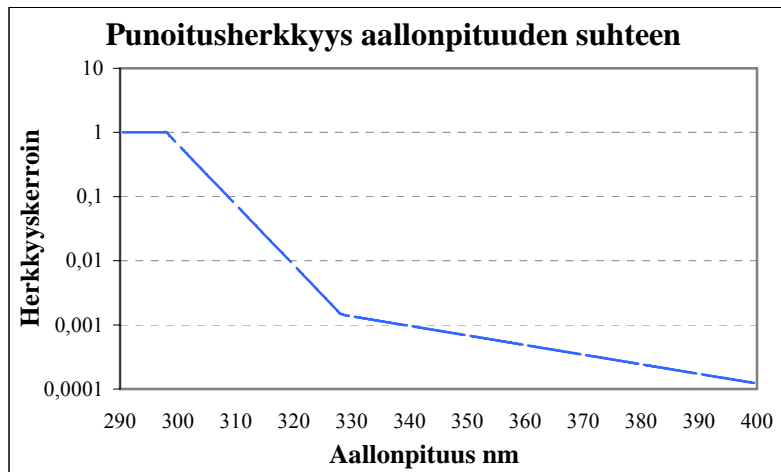
UPF on standardi, joka mittaa suojan voimakkuutta auringossa palamista vastaan. UPF-standardi on suhteellisen uusi, ja se kehiteltiin erityisesti auringolta suojaavien kankaiden suojakertoimen määrittämiseen. Esimerkiksi merkintä UPF 50 kertoo, että vain yksi ultraviolettisäde 50:stä pääsee kankaan läpi. Suojaus on tällöin 98-prosenttinen. /38/

Vaikutusspektri (Action spectrum)

Vaikutusspektri on esitystapa, jolla kuvataan UV-säteilyn eri aallonpituuksien aiheuttamia biologisia vaikutuksia, kuten eryteemaa tai ihosyöpää. Vaikutusspektrit esitetään yleensä antamalla eri aallonpituuksille painotuskertoimet, jotka vastaavat aallonpituuksien suhteellista biologista tehokkuutta. /11/

Eryteema (Erythema)

Eryteema on nimitys UV-säteilyn aiheuttamalle ihon punoitukselle eli nk. auringon polttamalle. Eryteema luokitellaan UV-säteilyn aiheuttamiin akuutteihin vaikutuksiin, ja se kehittyy iholla muutamassa tunnissa säteilytyksestä. Ihon punoitusherkkyys vaihtelee UV-säteilyn eri aallonpituuksilla (kuvio 1). /11/



Kuvio 1: Aallonpituuden vaikutus ihon punertumiseen

Efektiivinen energiatiheys (Effective energy density)

Efektiivinen energiatiheys on spektrisesti painotettu säteilyaltistumisen määrä, joka ilmaistaan jouleina neliometriä kohti J/m^2 . /19/

Irradianssi (Irradiance E)

Optisen säteilyn mittauksissa käytetty suure, jolla tarkoitetaan tietylle pinta-ala-alkiolla tulevaa säteilytehoa ilmaistuna watteina neliometriä kohti W/m^2 . Irradianssista käytetään myös nimeä tehotiheys. Optisissa UV-säteilyn mittauksissa usein mitataan säteilytehon sijasta irradianssia. /11/

Annosnopeus (Dose rate)

Annosnopeudella tarkoitetaan tietylle pinnalle osuvan UV-säteilyn annosta jaettuna säteilytysajalla, eli tehoa pinta-alaa kohden. Kyseessä on siis sama suure kuin irradianssi. Annosnopeudella ei ole standardoitua symbolia, ja sen yksikkö on sama kuin irradianssin eli W/m^2 . /19/

1 Johdanto

Ilmastonmuutoksen myötä ilmakehän otsonikerroksen on havaittu ohenevan. Otsonikerros absorboi osan maanpinnalle saapuvasta auringon ultraviolettisäteilystä ja on siksi meille erittäin tärkeä. Otsonikerroksen ohenemisen myötä ultraviolettisäteilyn määrä maanpinnalla on kasvanut. Pieninä annoksina ihmiselle säteilystä on hyötyä. Liialle ultraviolettisäteilylle altistumista tulisi välttää, koska säteily saa aikaan vaurioita silmissä ja iholla. Ihmiset ovat vuosia luottaneet pelkän aurinkovoiteen UV-säteilyltä suojaaviin ominaisuuksiin. Australia on näyttänyt tietä monipuoliseen ihosyövän torjumistaktiikkaan yhdistäen ultraviolettisäteilyltä suojaavia vaatteita aurinkovoiteiden käyttöön. Vaikka ihosyövän kehittymiseen vaikuttaa useampi tekijä, on tärkein ympäristössä esiintyvä tekijä yksilön saama kumulatiivinen UV-säteily. Luvussa 3 on käsitelty laajemmin ultraviolettisäteilyä ja sen vaikutuksia ihoon. /21/

UV-säteilyltä suojaaviin ominaisuuksiin vaatteissa on kiinnitetty Suomessa vasta vähän huomiota. Kuitenkin herkkäihoisten sekä ihosairauksista kärsivien ihmisten vuoksi vaatteiden suojakertoimien määrittäminen on aiheellista, huomioon ottaen myös suomalaisten etelänmatkaajien säteilyaltistuminen sekä pikkulasten hankala suojaaminen auringolta. Viileällä säällä auringon polttava vaikutus voi jäädä monelta huomaamatta tuulen vireen, auton lasin tai veden vuoksi. Pilvisellä säällä pilvet absorboivat vain osan säteilystä ja loput säteilystä pääsee maan pinnalle. Myös aurinkovarjot ja -katokset suojaavat vain osalta säteilyä. Tulee myös muistaa, että hiekka, lumi ja jää heijastavat valoa ja säteilyä. Aurinkosuojausteet antavat kuluttajalle tärkeän, ennaltaehkäisevän ja tehokkaan keinon suojautua palamista ja ihosairauksia vastaan. Tätä aihetta käsitellään luvussa 7. /21/

Opinnäytetyöhön sisältyi teoreettisen osan lisäksi empiirinen osuus. Empiirisessä osassa kehitettiin mittalaitteistoa ja tehtiin vertailtavaa tutkimusta erilaisten ja eriväristen tekstiilimateriaalien ultraviolettisäteilyltä suojaavista ominaisuuksista. Mittalaitteistoa käsitellään luvussa 12. Testattavia materiaaleja saatiin yhteistyöyritys Rukalta, josta kerrotaan lisää luvussa 2. Testattaville materiaaleille laskettiin myös suojakertoimet saatujen tulosten perusteella. Suojakertoimen laskemisesta on lisää luvussa 6. Saadut tulokset sekä niiden tarkastelusta kerrotaan luvussa 13.

2 Yhteistyöyritys Rukka

Rukka on Suomessa tuttu ja arvostettu tuotemerkki. Rukka on perustettu vuonna 1950, ja se sai nimensä perustajansa Roger Störlingin lempinimen mukaan. Rukan toiminta alkoi kudottujen muovimattojen ja perussadetakkien sekä erilaisten hallien kuten tennis- ja jäähallien valmistuksella. 1970-luvulla Rukka laajensi toimintaansa ja alkoi valmistaa veneily- ja moottoripyöräasuja. Muut urheiluasut talvivaatteista kesäisiin golf-asuihin alkoivat tulla markkinoille 1980-luvun puolivälistä alkaen. Rukka-merkki liitetään usein korkealaatuisiin tekstiileihin, joiden ominaisuuksia ovat käytännöllinen toiminnallisuus, mukavuus ja erittäin korkea suojaavuus. Rukalla on yli 50 vuoden kokemus vedenpitävien vaatteiden valmistuksesta. Kasvanut vienti on tehnyt Rukka-merkistä tunnetun myös maailmalla. /31/

Rukka testaa tarkasti materiaalejaan ja toimii tiukkojen Function & Comfort -standardien mukaisesti. Tuotantoprosessien huolellinen valvonta ja prototyyppien testaus eri lajien ammattilaisilla takaavat Rukan laadukkaat tuotteet. Laadukkaat ja innovatiiviset tuotteet ovat tuoneet Rukalle myös tunnustusta maailmalla kuten mm. Kultainen vaatepuu- (2001) ja Fennia Price (2003) -palkinnot. /31/

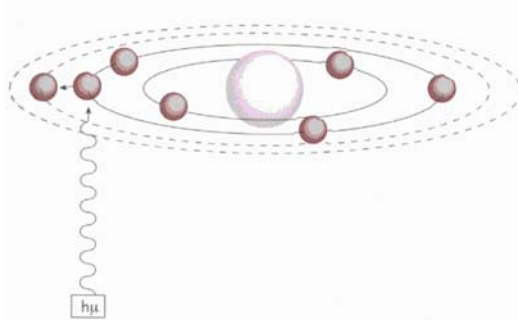
Vuonna 1990 Rukka liittyi itsenäisenä yksikkönä L-Fashion Groupiin. L-Fashion Group Oy on Pohjoismaiden suurimpia vaatetusalan yrityksiä. Se työllistää noin 1500 henkeä. Yrityksen mallistoja on saatavilla yli kolmessakymmenessä maassa. Kotimaan lisäksi Rukka-mallistojen päämarkkina-alueet ovat Skandinaavia, Saksa, Itävalta, Ranska, Espanja, Englanti ja Hollanti. Yrityksen vanhimman merkin, Luhdan, lisäksi yritys tunnetaan seuraavista merkeistään: Rukka, Icepeak, Torstai, Ril's, O.i.s, Story, Big-L, Beavers ja Your FACE. Lisäksi yhtymään kuuluu L-Fashion House ja Aleksi 13. /31/

3 Ultraviolettisäteily

Sähkömagneettinen säteily voidaan jakaa ionisoivaan ja ionisoimattomaan säteilyyn. Ionisoivaan säteilyyn luetaan röntgensäteily ja gammasäteily. Ultraviolettisäteily kuuluu ionisoimattomaan säteilyyn kuten lasersäteily, infrapunasäteily ja sähkömagneettiset kentät. Ionisoiva säteily ionisoi säteilylle altistuneen kohteen molekyylejä, ja ionisoimaton säteily saa aikaan pääasiassa itsestään palautuvia solutason muutoksia kuten esimerkiksi lämpötilan kohoamista. /20/

3.1 Ultraviolettisäteily ympäristössämme

Ultraviolettisäteily on näkymätöntä sähkömagneettista säteilyä. Valoenergiayksikön, fotonin hf , nostaessa atomin yhden elektronin ylemmälle elektronikehälle syntyy varaus (kuvio 2). Varaus purkautuu välittömästi, mikä vapauttaa energiaa, ja elektroni palaa takaisin alemman energian radalleen. Energia ilmenee ultraviolettisäteilynä ja lämpönä, mutta se voi myös aiheuttaa kudoksessa kemiallisen reaktion. Kudoksessa tapahtuva kemiallinen reaktio voi johtaa DNA:n muutokseen. DNA:n muutos on riippuvainen alkuperäisen vaurion tyypistä ja sen sijainnista DNA-ketjussa. Ultraviolettisäteily ei ole silmin havaittavissa, koska sen aallonpituus on lyhyempi kuin näkyvän valon. UV-säteilyn havaitseminen on vaikeaa, koska se esiintyy runsaan näkyvän valon kanssa. UV-säteilyä esiintyy luonnossa, ja säteilyä saadaan aikaan myös keinotekoisesti. Sähköpurkauksilla saadaan aikaan keinotekoisista UV-säteilyä lamputissa, joiden täyteaine sisältää argonkaasua ja elohopeaa. Keinotekoisista ultraviolettisäteilyä hyödynnetään tuotteiden tarkastuksessa, ihosairauksien hoidossa ja bakteerien tuhoamisessa sekä loistelampun valon aikaansaamisessa. UV-säteilyn suurena vaarana ovat äkilliset vauriot silmissä ja iholla. Ihon pitkäaikainen altistuminen ultraviolettisäteilylle voi johtaa melanoomaan eli ihosyöpään. /6, s. 1–2; 5; 29/



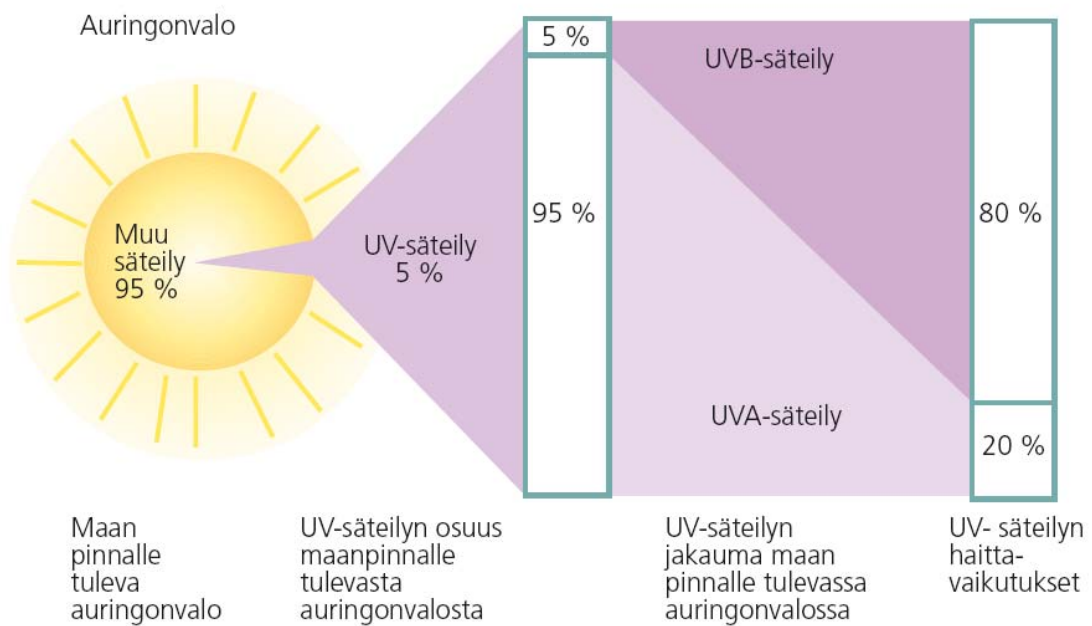
Kuvio 2: Kohdeatomin siirtyminen ylemmälle elektronikehälle valoenergiayksikön, fotonin hf , nostamana. /4, s. 29/

Maan pinnalle saapuvan auringonvalon spektri on 300–2000 nm. Spektri on jaettu kolmeen pääryhmään: infrapunavalo, näkyvä valo ja ultraviolettivalo (kuvio 3). /6, s. 39/

Ionisoiva säteily			Optinen säteily (aallonpituus, nm)				Mikro- ja radioaallot	Pieni- taajuiset kentät			
Kosminen säteily	Gammäsäteily	Röntgensäteily	Ultraviolettisäteily			Näkyvä valo eli "kirkasvalo"	Infrapuna- säteily eli lämpösäteily	Tutka	Televideo	Radio	Voimajohdot
			UVC 100–280	UVB	UVA						
			280–320	320–340	340–400	400–780	780–1 000				

Kuvio 3: Sähkömagneettisen säteilyn spektri /20/

Auringon kokonaissäteilystä noin 5 prosenttia sijoittuu ultraviolettisäteilyksi luokiteltaville aallonpituuksille (kuvio 4). Maan pinnalle eivät pääse alle 300 nm:n aallonpituudet, koska ilmakehän stratosfäärin yläkerroksessa sijaitseva otsonikerros absorboi ne. /6, s. 39/



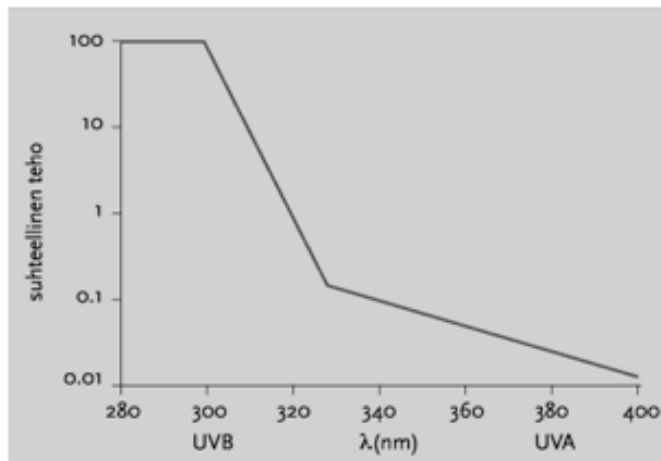
Kuvio 4: Auringonvalon UVB- ja UVA-säteilyn jakaumat ja osuudet haittavaikutuksien synnyssä /20/

Avaruudesta ja auringosta peräisin olevaan säteilyyn ja sen voimakkuuteen vaikuttavat auringon korkeus, ilmakehän paksuus, ilmansaasteet, ilman kosteus ja ilmassa olevat epäpuhtaudet. /6, s.39/

UV-säteily voidaan jakaa kolmeen eri aallonpituus-alueeseen: UVA, UVB ja UVC. UVA-alueeseen sisältyvät aallonpituudet 315–400 nm. UVB-alue sisältää aallonpituudet 280–315 nm ja UVC-alueeseen kuuluvat aallonpituudet väliltä 100–280 nm. /6, s.2/

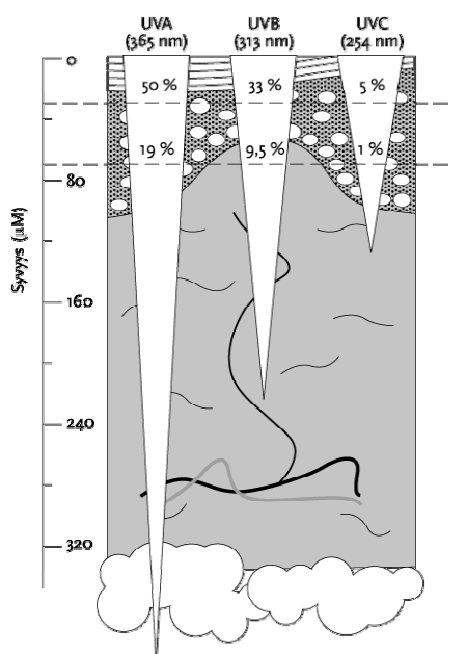
3.2 Ultraviolettisäteilyn vaikutukset ihoon

Auringosta saapuva ultraviolettisäteily, erityisesti ultraviolettisäteilyn aallonpituudet, jotka lukeutuvat UVB-alueeseen, polttavat ihoa voimakkaasti. UVB-säteily vahingoittaa ihossa soluja, jotka suojelevat ihmiskehoa tulehduksilta. UVB-säteily vahingoittaa tämän lisäksi solun DNA-molekyylejä ja melaniineja tuottavia soluja. Opinnäytetyössä on keskitytty ultraviolettisäteilyn UVB-säteilyalueeseen, koska sen suhteellinen teho auringonpolttaman aiheuttajana on suurin (kuvio 5). /4, s. 27–29; 8, s. 53/



Kuvio 5: UV-säteilyn suhteellinen teho auringonpolttaman aiheuttajana /4, s. 2/

Ultraviolettisäteilyn fotonien eli energiahiukkasten kyky aiheuttaa kemiallisia muutoksia kudoksessa riippuu säteilyn aallonpituudesta. Mitä pitempi säteilyn aallonpituus on, sitä syvemmälle ihoon säteily tunkeutuu (kuvio 6). /4, s. 27–29/



Kuvio 6: UV-säteiden tunkeutuvuus ihoon /6, s. 28/

Ihon vaaleus ja herkkyys vaikuttavat palamisherkkyyteen, mutta myös tumma iho voi palaa. Kuviossa (kuvio 7) on kuvattu erilaiset ihotyypit ja niille suositellut

suojakertoimet. Kuvassa oleva oma suoja-aika tarkoittaa aikaa, jonka henkilö voi olla palamatta auringossa ilman suojavaiteita.

Ihotyyppi	Kuvaus	Piirteet	Omasuoja-aika minuutteina*	Suosittelava suojakerroin
I	Hyvin vaalea iho, usein pisamia, punertava tukka	Palaa äärimmäisen herkästi, ei rusketu koskaan	5-10	50+
II	Vaalea iho, jossa hiukan pisamia, vaaleahko tukka	Suuri taipumus palamiseen, ruskettuu hitaasti ja vain hyvin suojattuna	10-20	30-50
III	Normaali iho, ei pisamia, ruskea tukka	Palaa harvoin, ruskettuu helposti	20-30	15-25
IV	Tumma iho, tumma tukka	Palaa tuskin koskaan, ruskettuu erittäin hyvin	30-40	6-10

Kuvio 7: Ihotyyppien kuvaus ja suositeltava suojakerroin /14/

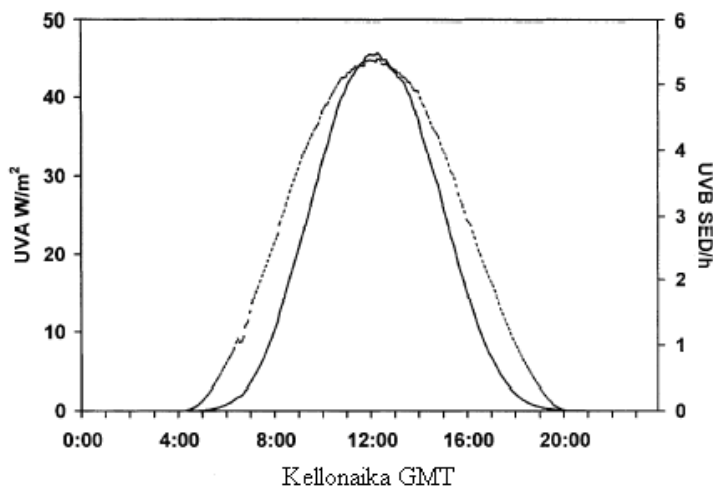
Tumman ihon palaessa punoituksen sijaan on havaittavissa ihon arkuutta ja polttelua. Tumma tai ruskettunut iho on kehon oma keino suojautua auringolta. /4, s. 27–29/

Melaniini on ihon värin määräävä pigmentti. Melaniini voidaan jakaa kahteen erilaiseen ryhmään: vaaleaihoisten pheomelaniini ja tummaihoisten eumelaniini. Vaaleaihoisilta puuttuu ihoa suojaava pigmentti, mutta heillä on eumelamiinia kehittävä geeni, mikä saa aikaan ihoa suojaavan rusketuksen. Rusketus saa alkunsa, kun UV-säteily kohtaa orvaskedessä sijaitsevat keratinosyyttisolut. Keratinosyytit vapauttavat hormonia, mikä stimuloi ihossa olevia melanosyyttejä. Melanosyytit, lähettävät suurimman osan pigmenteistä takaisin keratinosyytteihin muodostamaan rusketusta. Kohdatessaan keratinosyytin melaniini kerääntyy solun perimän sisältävän tumman ympärille ja saa aikaan tummaa suojaavan kalvon. Tämän uskotaan suojaavan UV-säteilyn aiheuttamalta ihosyövältä, mutta on kuitenkin hyvä muistaa, että melaniinin antama suoja ei ole täydellinen. /23/

3.3 Ultravioletisäteilylle altistuminen

Ihmiset altistuvat auringosta peräisin olevalle ultravioletisäteilylle erityisesti kesäaikaan. Liialle ultravioletisäteilylle altistumista tulisi välttää, mutta pieninä annoksina säteilystä on myös hyötyä. Auringosta peräisin olevan UV-säteilyn sanotaan vaikuttavan myönteisesti moneen yleistautiin ja vähentävän jopa syöpävaaraa. Ultravioletisäteilyn hyödyt välittyvät D-vitamiinien kautta, mikä käyttäytyy ihmiskehossa hormonin kaltaisesti. Ihminen saa D-vitamiinia UV-säteilystä, kalasta ja kasviksista sekä kanttareilleista. UVB-säteily käynnistää D3-vitamiinin tuotannon iholla jo 10 minuutissa. /4, s.128–134/

Ultravioletisäteilylle altistumista tutkittaessa käyttöön on vakiintunut eryteemavakioyksikkö SED (Standard Erythermal Dose) 10 mJ/cm^2 , joka vastaa punoitusvaikutuksella painotettua biologista ultravioletisäteilyannosta. Kuviossa 8 on kuvattu UVA- ja UVB-säteilylle altistumismäärä selkeänä kesäpäivänä puolenpäivän aikaan Isossa-Britanniassa. Katkoviivalla on kuvattu UVA-säteilyä ja UVB-säteilyä on kuvattu yhtenäisellä viivalla. Ihotyypit jaetaan punoituskyynnyksen MED (Minimal Erythemal Dose) perusteella luokkiin I–IV. Vaalea iho alkaa punoittaa 1–6 SED:ille altistumisen jälkeen. Pohjoismaissa sisätyön tekijän vuotuinen UV-säteilyannos on noin 83–200 SED. Ulkotyöntekijän vuosiannos on noin 400...1000 SED. Etelänmatkaaja saa viikossa noin 83 SED:n annoksen. Yksi solariumkäynti aiheuttaa 3,8 SED:n säteilyannoksen. /20/



Kuvio 8: UVA:lle ja UVB:lle altistumismäärät selkeänä kesäpäivänä puolenpäivän aikaan Isossa-Britanniassa /19/

3.4 UV-indeksi

UV-indeksi on ilmestynyt keväisiin sääennusteisiin, ja ilmastonmuutoksen myötä termi alkaa tulla tutuksi koko kansalle. UV-indeksistä käytetään myös lyhennettä UVI. UV-indeksiin lasketaan eri aallonpituuksien painotettuja säteilyn voimakkuuksia. UV-indeksi ilmoittaa auringon haitallisen säteilyn määrän yhdellä luvulla. Luku kuvaa ihon punohtumisen kannalta merkityksellisen säteilyenergian määrän. /4, s. 32–34; 36/

Indeksissä huomioidaan maantieteellinen sijainti, pilvisuus, vuodenaika ja vuorokaudenaika. UV-indeksin ollessa 3–4 alkaa ihmisten tarve suojautua säteilyltä. Tällöin säteily luokitellaan jo kohtalaiseksi. Kolmea pienemmät arvot kertovat säteilyn olevan heikkoa. Indeksillä 5–6 tarkoitetaan voimakasta, 7–8 hyvin voimakasta ja arvot > 9 äärimmäisen voimakasta säteilytehoa. /4, s. 32–34; 36/

3.5 Säteilylaki

Suomen Sosiaali- ja terveysministeriö on antanut vuonna 1991 säteilylain, jota se päivitti vuonna 2002. Laki koskee ionisoimattoman säteilyn väestölle aiheuttaman altistumisen rajoittamista. Tässä luvussa on esitelty suurin laajuuslain olennaisia kohtia.

10 § Yleiset vaatimukset

Ultravioletisäteilyä synnyttävien laitteiden aiheuttama säteilyaltistuminen on pidettävä sellaisena, ettei lyhytaikaisesta altistumisesta aiheudu välittömiä terveyshaittoja ja pitkäaikaisesta altistumisesta aiheutuvat terveyshaitat ovat mahdollisimman vähäisiä. /22/

11 § Ultravioletisäteilyn enimmäisarvot

Iholle kohdistuvan ultravioletisäteilyn efektiivinen energiatiheys ei saa vuorokauden aikana ylittää arvoa 50 J/m^2 aallonpituusalueella 180 - 400 nm. Silmään kohdistuvan ultravioletisäteilyn efektiivinen energiatiheys ei saa vuorokauden aikana ylittää arvoa 30 J/m^2 aallonpituusalueella 180 - 400 nm eikä energiatiheys arvoa 10 kJ/m^2 aallonpituusalueella 315 - 400 nm. /22/

Altistettaessa ihoa keinotekoiselle ultravioletisäteilylle kosmeettisessa tai siihen verrattavassa muussa kuin lääkärin määräämässä toimenpiteessä edellä 1 momentissa esitetty ohjearvo voidaan ylittää edellyttäen, että

1) lyhytaikaisesta altistumisesta aiheutuvia välittömiä haittavaikutuksia kuten ihon punotusta ei esiinny

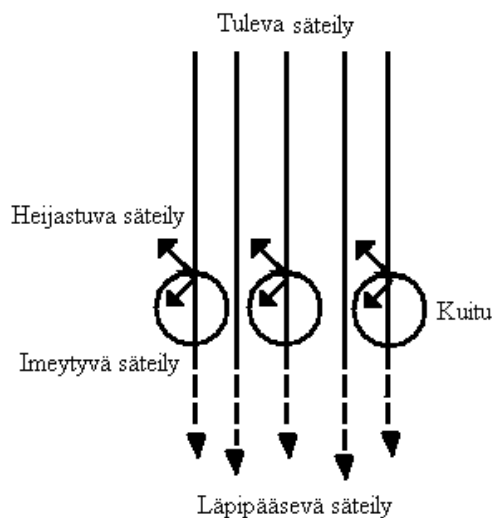
2) ihoon kohdistuvan ultravioletisäteilyn efektiivinen energiatiheys ei vuoden aikana ylitä arvoa 5 kJ/m^2

3) ihoon kohdistuvan ultravioletisäteilyn efektiivinen irradianssi ei ylitä arvoa $0,15 \text{ W/m}^2$ määritettynä erikseen aallonpituusalueilla alle 320 nm ja $320 - 400 \text{ nm}$ eikä molempien aallonpituusalueiden yhteenlaskettu efektiivinen irradianssi arvoa $0,3 \text{ W/m}^2$.
/22/

Alle 18-vuotiasta henkilöä ei tulisi altistaa solariumien ultravioletisäteilylle muussa kuin lääkärin määräämässä toimenpiteessä. /22/

4 Standardit

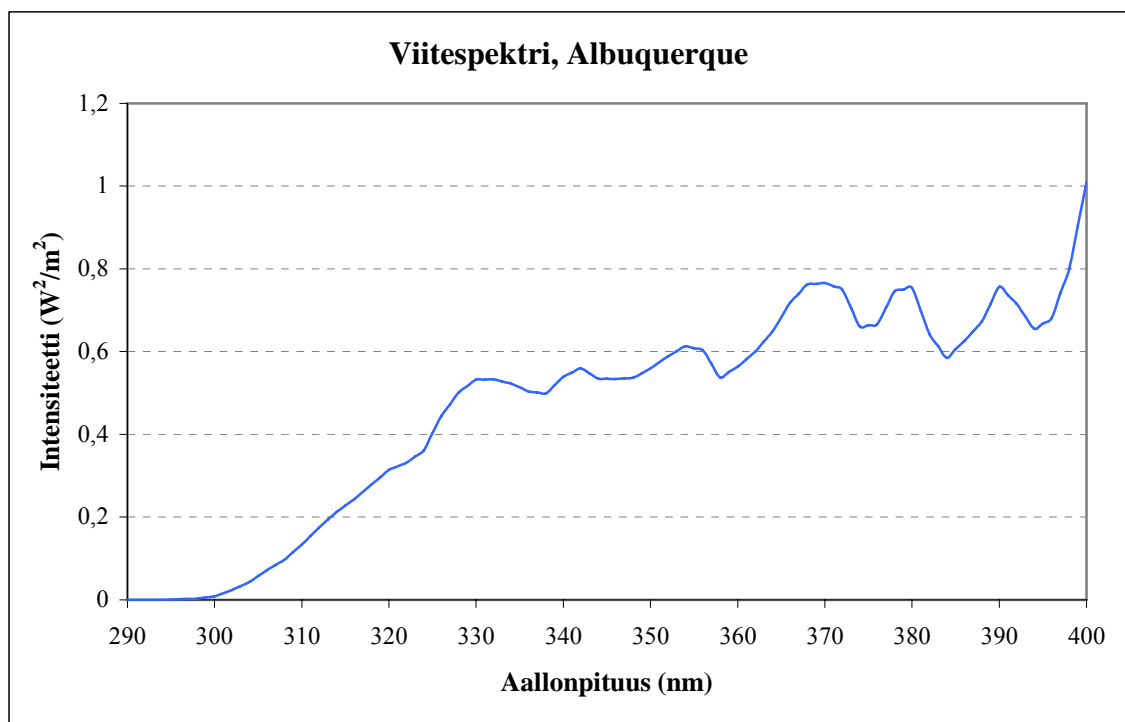
Kaikki tekstiilit suojaavat UV-säteilyltä, ja eri tekstiilimateriaalien ja – rakenteiden UV-suojatehokkuuden määrittelemiseksi ja vertailemiseksi on kehitelty laboratoriomittauksia. Kun ultraviolettisäteily kohtaa tekstiilin, tässä tapauksessa ihmisen päällä olevan vaatteen, se jakautuu eri osiin (kuvio 9). Osa tästä säteilystä heijastuu takaisin tekstiilin pinnasta. Osa imeytyy kuituun läpäistessään kankaan ja muuttuu eri energiamuotoon. Jäljelle jäävä osa kulkeutuu kankaan läpi ja lankojen välistä iholle. Vaatteen suojakertoimen määrittämiseksi on olemassa kaksi mittaustapaa: in vivo- ja in vitro -metodit. In vivo -metodin mukaan testattaessa määritellään nk. punoituskynnys (Minimal Erythema Dose MED) altistamalla iho ultraviolettisäteilylle joko kankaan läpi tai ilman kangasta. In vitro -menetelmässä läpi päässeän UV-säteilyn intensiteetti mitataan spektrometrillä. Sen antamista arvoista lasketaan UPF-arvo siihen tarkoitettulla kaavalla. In vitro -mittausmenetelmää käytetään valtaosassa tekstiilien UV-suojavuutta mittaavissa tutkimuksissa. /21/



Kuvio 9: Säteilyn kulku tekstiilin läpi /10, s. 157–163/

Tekstiilin läpi pääsevän ultraviolettisäteilyn in vitro -mittausmenetelmä on standardisoitu. Spektroradiometrin anturiin päästetään ultraviolettisäteilyä suoraan sekä välikkappaleen, tässä tapauksessa kankaan läpi, ja näiden säteilytehon suhteesta lasketaan UPF-arvo.

Auringonvalon spektri vaihtelee jatkuvasti. Moneen tarkoitukseen, kuten suojakertoimen laskemiseen, on tarpeellista käyttää viitespektriä (kuvio 10). Kaksi spektriä, joita yleensä laskelmissa käytetään, vastaavat selkeänä kesäisenä päivänä puoliltapäivin mitattua spektriä Melbournessa Australiassa (38 °S) ja Albuquerqueassa New Mexicossa (38 °N). /19/



Kuvio 10: Albuquerqueen mukainen viitespektri /11/

4.1 Australialais-uusseelantilainen standardi AS/NZS 4399

Australian Radiation Agency kehitti ensimmäisen tekstiilien UPF-arvoja mittaavan ohjelman vuonna 1996 Australiassa. Tällöin kehitettiin ensimmäinen standardi aiheesta. Tämän australialais-uusseelantilaisen standardin (Australian-New Zealand standard AS/NZS 4399:1996) mukaan kankaita testattaessa määritetään suojakerroin vain uudelle, kuivalle kankaalle. Testauksessa käytettävä UV-valo vastaa auringon todellisen säteilyn voimakkuutta Melbournessa Australiassa. /38/

Eri kansallisuudet ovat kehittäneet alkuperäistä australialais-uusseelantilaisen standardia mukaillen omia standardeja UPF-arvon määrittämiseksi, tunnetuimmat ovat

EN 13758-1 Euroopassa ja AATCC 183 Yhdysvalloissa. Muita aiheeseen liittyviä standardeja ovat esimerkiksi englantilainen British Standard Institutionin BS 7949 sekä ranskalainen Commission Internationale de l'Éclairage CIE TC 6-29. /10, s. 157–163/

4.2 Eurooppalainen standardi EN 13758-1

International Test Association for Applied UV-Protection kehitti eurooppalaisen standardin EN 13758-1:n, joka on vahvistettu myös suomalaisiksi kansalliseksi standardiksi. Se pohjautuu australialais-uusseelantilaiseen standardiin. Erona edelliseen on mittauksissa käytettävän UV-säteilyn voimakkuus. Se on määritelty vastaamaan auringon säteilyn voimakkuutta Albuquerqueassa New Mexicossa USA:ssa, jonka on todettu vastaavan Etelä-Euroopan säteilyä. /38/

4.3 Amerikkalainen standardi AATCC 183

Amerikkalaisen AATCC (American Association of Textile Chemists and Colorists) 183:2004²- standardin mukaan UPF-arvoa mitattaessa kangas mitataan uutena, mutta myös pestynä ja altistettuna simuloidulle auringonvalolle sekä kloorivedelle. AATCC 183 käyttää Albuquerqueen mukaista spektriä. Se sisältää myös standardin näytteiden esikäsittelyä varten (ASTM D 6544) ja suojakertoimen ilmoittamiseen valmiissa tuotteessa (ASTM D 6603). /13/

4.4 UV-standardi 801

UV-standardi 801 kehitettiin vuonna 1999 Saksassa, Itävallassa ja Sveitsissä itsenäisissä tekstiilien tutkimuslaitoksissa yhdessä The International Test Association for Applied UV-Protectionin kanssa. Standardin avulla määritetään tekstiilin aurinkosuojakerroin kaikkein epäsuotuisimmissa olosuhteissa. Vaatteet altistetaan kulumiselle, kosteudelle ja mekaaniselle rasitukselle, ja sen jälkeen lasketaan vaatteen UPF-arvo. UV-standardi 801 käyttää Melbournen mukaista viitespektriä. /38/

Tekstiilien ultraviolettilta suojaavia ominaisuuksia UV-standardi 801:n mukaan testaavat Euroopassa seuraavat tutkimuslaitokset:

Hohenstein Institute, Saksa

Testex Schweizer Textilprufinstitut, Sveitsi

Österreichisches Textil-Forschungsinstitut ÖTI, Itävalta

CITEVE Centro Tecnológico das Industrias Textil e do Vestuário de Portugal, Portugal

AITEX Instituto Tecnológico Textil, Espanja

Centro Tessile Cotoniero e Abbigliamento S.p.A., Italia

BTTG High Performance Materials, Iso-Britannia. /12/

4.5 Standardien vertailua

EN 13758-1 vaatii, että kankaan lämpötilan ja kosteuspitoisuuden tulee olla määritelty testattaessa, mutta näytettä ei käsitellä ennen mittausta, vaan se saa olla uusi ja kuiva. AS/NZS 4399 testaa myös uutta kangasta. Kankaita ei edellä mainituissa standardeissa testata ollenkaan märkinä, kulutettuna ja venytettynä. Koska mittausmenetelmä kummassakaan ei ota huomioon olosuhteita, joille vaate todellisuudessa on alttiina sitä käytettäessä, ei luotettavaa vaateen antamaa suojakerrointa voida tällä menetelmällä ilmoittaa. Näiden standardien mukaan saadut testaustulokset antavat tiedon vaatekappaleen tarjoamasta UV-suojasta silloin, kun vaate puetaan päälle ensimmäistä kertaa pesemättömänä. Monesti vaatekappaleiden hoito-ohjeissa kuitenkin kehoitetaan pesemään vaate kerran ennen ensimmäistä käyttöä, minkä vuoksi myös mainittujen standardien tuloksista ei välttämättä ole vaateuskankaita mitattaessa vastaavaa hyötyä. Standardit tosin antavat näin luotettavan suojakerroimen esimerkiksi aurinkovarjoissa käytettäville kankaille. EN 13758-1:n ja AS/NZS 4399:n mukaan mitattuna UPF-arvot eivät poikkea toisistaan merkittävästi (taulukko 1). /13/

Taulukko 1: Eurooppalaisen ja australialais-uusseelantilaisen standardin tulosten vertailua /13/

Testattu vaate/asuste	Ilmoitettu UPF	UPF AS/NZS 4399:n mukaan testattuna	UPF EN 13758-1:n mukaan testattuna
Lippalakki	30+	35.4	35.0
Lasten uintipaita (valkoinen)	50+	221.1	213.6
Lasten uintipaita (sinivihreä)	50+	78.7	75.6
Lasten aurinkohattu	50+	111.7	107.8
Lasten aurinkosuojapaita	30+	24.9	24.6

AATCC 183 vaatii, että kangas tulee olla pesty ja altistettu simuloidulle auringonvalolle sekä kloorivedelle saman verran kuin kahden vuoden normaalikäytössä. Standardi vaatii myös kankaan testaamista märkänä ja venytettynä. Myös UV-standardi 801 vaatii kankaan kuluttamista, pesemistä ja venyttämistä testattaessa. Nämä standardit antavat tiedon kosteiden, kuluneiden ja käytettyjen vaatteiden antamasta aurinkosuojasta. Standardien mukaan testattujen vaatekappaleiden antamaan UV-suojaan voi luottaa myös silloin, kun vaate on ollut käytössä jo parinkin kesän ajan. UV-standardi 801 käyttää voimakkaampaa viitespektriä, joten testausolosuhteet ovat siinä vielä rankemmat kuin AATCC 183:ssa, joten UV-standardi voidaan määritellä kaikista standardeista tiukimmaksi. /13/

4.6 Merkitseminen

Australialais-uusseelantilaisessa, eurooppalaisessa ja amerikkalaisessa standardissa käytetään samaa laskentatapaa ja tulosten ilmoittamistapaa. UPF-arvo ilmoitetaan laskettujen UPF-arvojen keskiarvosta pyöristettynä lähimpään viiteen. UPF-kategoriat jakautuvat seuraavasti: arvot 15–24 antavat "kohtalaisen (good) UV-suojan", arvot

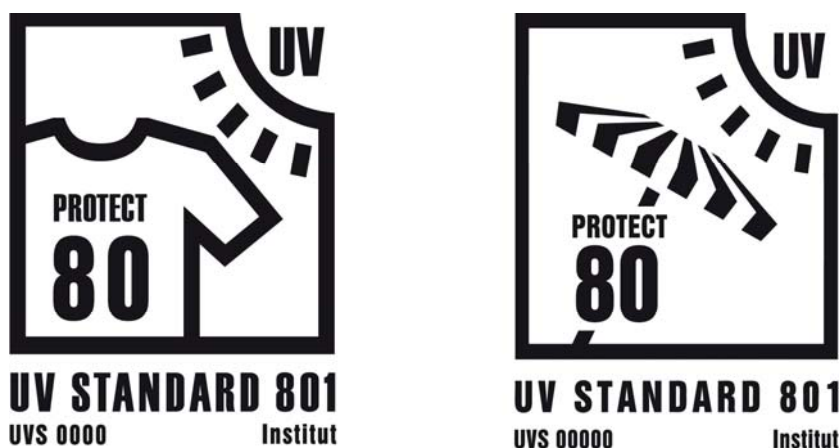
25–39 "hyvän (very good) UV-suojan" ja arvot yli 40 "erinomaisen (excellent) UV-suojan" (taulukko 2). /21/

Kun UV-säteilyä pääsee tekstiilin läpi enää alle 2 %, UPF-arvo voi nousta suunnattoman suureksi. Tästä syystä yhteisen sopimuksen mukaan standardit ilmoittavat suurimpana mahdollisena suojakertoimena UPF 50+. /13/

Taulukko 2: Australialais-uusseelantilaisen, eurooppalaisen ja amerikkalaisen standardin UPF-kategoriat /13/

UPF-arvo	Suojakategoria	Suojaavuus prosentteina
15, 20	kohtalainen (good)	93.3–95.9
25, 30, 35	hyvä (very good)	96.0–97.4
40, 45, 50, 50+	erinomainen (excellent)	97.5 tai yli

UV-standardi 801:a käytettäessä tulos pyöristetään lähimpään seuraavista UPF-arvoista: 2, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 60 tai 80. The International Test Association for Applied UV-Protection suosittelee sekä vaatteiden että muiden aurinkosuojatekstiilien testaamista ja merkitsemistä UV-standardi 801:n mukaan, koska sen tulos perustuu aina "the worst case scenarioon". Kuviossa 11 on UV-standardi 801:n mukaan testattujen tekstiilien merkintätunnukset sekä vaatteille että aurinkosuojille, joista näkee UPF-arvon. /38/



Kuvio 11: UV-standardi 801:n mukaan testattujen tekstiilien merkintätunnukset /38/

5 UV-säteilyn mittausmenetelmät

Ultraviolettisäteilyn käyttö kasvaa nopeasti eri teollisuusprosesseissa, vedenkäsittelyssä ja ruoka- sekä lääketieteellisuuden aloilla. Laadun kannalta tarkka ja virheetön mittauslaitteisto on olennainen osa tutkimusta. /12/

Molemmat sekä kvalitatiivinen (spektri) että kvantitatiivinen (intensiteetti) ominaisuus UV-säteilyssä vaihtelevat. Vaihteluun vaikuttavat eri tekijät kuten auringon nousu horisontin yläpuolelle, ilmakehän molekyylien sekä erityisesti otsonin ja pilvien aiheuttama säteilyn absorboituminen ja sironna. Tämän vuoksi oikean auringonvalon käyttäminen testauksessa on mahdotonta. Niinpä keinotekoisia UV-säteilyä tuottavia valonlähteitä on kehitelty. Niiden toiminta perustuu joko optisesti suodattaviin Ksenon-lamppuihin tai fluoresoiviin lamppeihin. /19/

5.1 Keinotekoiset säteilylähteet

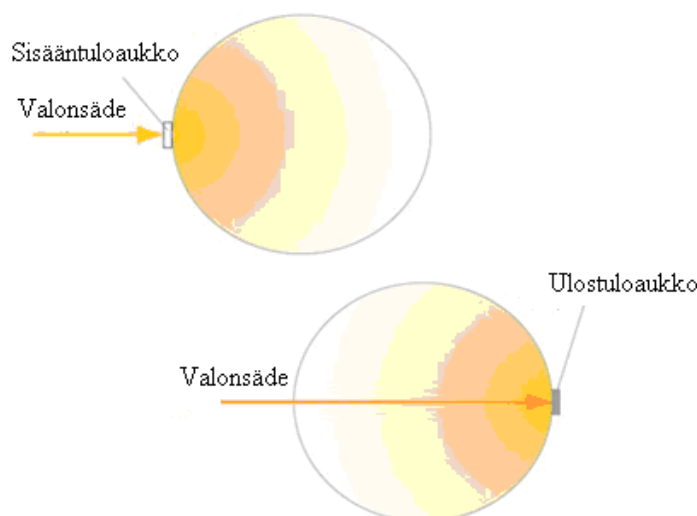
Yleensä puhutaan UVA- tai UVB-lampuista, vaikkakaan nämä nimitykset eivät luonnehdi UV-lamppuja riittävästi. Lähes kaikki UV-lamput säteilevät UVA:ta ja UVB:tä sekä myös UVC:tä, näkyvää valoa, ja infrapunasäteilyä. Ainoa oikea tapa määritellä lampun tuottama säteily on viitata spektrin jakaumaan. Se esitetään yleensä käyränä, joka ilmaisee säteilytehon aallonpituuden funktiona. /19/

Mikään keinotekoinen UV-säteilylähde ei vastaa täydellisesti auringonvalon spektrin jakaumaa. Koska lyhyet UV-aallonpituudet (< 340 nm) ovat yleensä fotobiologisesti aktiivisempia kuin pidemmät aallonpituudet, on tavoitteena saada lähteen tuottama säteily osumaan mahdollisimman lähelle UVB- ja UVA-alueita. Niin kutsutut aurinkosimulaattorit koostuvat Ksenon-lampuista. Lamppu antaa jatkuvan spektrin UV-alueella. Optisia filttareita ja dikroidisia peilejä käytetään muotoilemaan spektriä. /19/

5.2 Mittaustavat

UV-säteilyä mitataan joko laajakaistaisesti tai spektrometrisesti. Laajakaistaiset UV-mittarit mittaavat UV-säteilyn annosnopeutta tietyllä leveällä aallonpituusalueella, mutta spektrin jakaumasta ei tällä menetelmällä saada tietoa. Laajakaistamittareilla on yleensä eri anturit UVA-, UVB- ja UVC-alueille. Spektrometristä systeemiä käytetään spektrin jakauman tai spektrin irradianssin mittaamiseen optisen säteilyn lähteestä. Spektrometrissä on kolme pääkomponenttia: syöttöoptiikka, monokromaattori ja ilmaisim. Valolähteestä tuleva valo kulkee syöttöoptiikan läpi monokromaattoriin, joka edelleen hajottaa säteilyn ilmaisimeen. Spektrometri mittaa spektrin irradianssia kapeilla kaistoilla, 0,5–1,5 nm:n välein halutulla aallonpituusalueella. Spektrometrimittausten tarkkuuteen vaikuttavat tekijät ovat kalibroinnin epävarmuus, spektrometrin lämpötilaherkkyys, monokromaattorin aallonpituusasteikon epätarkkuus ja kulmavaste. /19/

Tavanomaisesti spektrometriset mittaukset suoritetaan niin, että valonsäde kulkee näytteen läpi ilman, että se taittuu tai leviää sironnan vaikutuksesta. Tällainen valonsäteen kulku saadaan aikaan käyttämällä integroivaa palloa (kuvio 12) mittalaitteiston osana. /28/



Kuvio 12: Integroiva pallo /15/

Integroiva pallo on ontto pallo, jonka halkaisija voi olla kaksikin metriä. Sen sisäpinta on päällystetty UV-säteilyä heijastavalla materiaalilla, kuten bariumsulfaatilla tai polytetrafluorietyleenillä. Säteilylähteestä tuleva valo kulkee sisäänmenoaukosta pallon läpi sen takaseinässä olevaan aukkoon, johon näyte on asetettu. Sisäänmeno- ja ulostuloaukko ei saa olla sijoitettuna niin, että valo pääsee suoraan kulkemaan niiden välillä, vaan valon tulee kulkea ulostuloaukolle heijastusten kautta. Pallosta ulos tuleva säteily on tasaista koko ulostuloaukon alueella. /28/

6 Suojakertoimen laskeminen

UPF-arvo lasketaan kaikissa standardeissa samalla tavalla. Tekstiilin suojakerroin eli UPF-arvo lasketaan suoran säteilyn tehon ja välikappaleen eli tekstiilin läpi pääsevän säteilyn tehon suhteesta seuraavan yhtälön 1 mukaan:

$$UPF = \frac{E_{eff}}{E'} = \frac{\sum_{\lambda=290}^{\lambda=400} E(\lambda)\varepsilon(\lambda)\Delta\lambda}{\sum_{\lambda=290}^{\lambda=400} E(\lambda)T(\lambda)\varepsilon(\lambda)\Delta\lambda} \quad (\text{yhtälö 1})$$

Yhtälössä esiintyvät suureet ovat:

E_{eff} säteilyteho suojaamattomalla iholla (punertuminen)

E' säteilyteho suojatulla iholla /11/

(λ) Aallonpituus (wavelength) Jaksollisesti toistuvan liikkeen, eli aallon pituus nanometreinä ilmoitettuna. /11/

$(E(\lambda))$ Spektraalinen säteilyvoimakkuus (the solar spectral irradiance) Optisen säteilyn dosimetrisissä mittauksissa yleisimmin käytetty suure on irradianssi eli tehotiheys [W/m^2], jolla tarkoitetaan tietylle pinta-ala-alkiolle tulevaa säteilytehoa. /11/

$\varepsilon(\lambda)$ Suhteellinen spektraalinen punoitusherkkyys (the erytherma action spectrum) Aallonpituudesta λ riippuva suhteellinen spektrin herkkyyserroin iholle. /11/

$\Delta\lambda$ Näytteenottoväli (the spectral bandwidth) Aallonpituuden mittaväli nanometreinä. /11/

$T(\lambda)$ Spektrin läpäisyysuhde, joka on materiaalin läpi menneen säteilytehon ja pintaan tulevan säteilytehon suhde. Läpäisyysuhde määritetään lampusta tulevan säteilyn ja tutkittavan materiaalin läpi menneen säteilyn suhteesta (yhtälö 2). /11/

Läpäisyysuhteen kaava:

$$T(\lambda) = \frac{s_2}{s_1} \quad (\text{yhtälö 2})$$

s_1 = suoran säteilyn intensiteetti

s_2 = tekstiilimateriaalin läpi menneen säteilyn intensiteetti. /11/

7 Ultraviolettisäteily ja tekstiilit

Tekstiilit altistuvat suoralle ja epäsuoralle auringonvalolle. Tekstiilikuiduille haitallinen ultraviolettisäteily ja näkyvän valon lyhin aallonpituusalue vahingoittavat tekstiilikuituja. Useimmiten vahingot rajoittuvat tekstiilien pintakerrokseen ja ne voivat olla nähtävissä vasta seuraavan pesun jälkeen. Säteilystä peräisin oleva energia aktivoi kuiduissa tapahtuvia kemiallisia reaktioita. Kuidun molekyylit, värimolekyylit ja viimeistysaineiden molekyylit osallistuvat kemiallisiin reaktioihin. Kemialliset reaktiot saavat aikaan kuidussa värimuutoksia, kellastumista ja lujuuden alenemista sekä viimeistysaineiden toiminnan muutoksia. Auringonvalon vaikutusta tehostaa lämpötilan ja ilman kosteuden kohoaminen. Vaadittavat auringonvalon kesto-ominaisuudet määräytyvät tekstiilien käyttötarkoituksen mukaan. /1, s. 59; 5, s. 64–65/

7.1 Tekstiilien UV-suojaavuuteen vaikuttavat tekijät

Ultraviolettisäteilyltä suojaaviin ominaisuuksiin tekstiileissä vaikuttavat kankaan rakenne, kuitusisältö, väri- ja viimeistysaineet sekä käyttötilanteessa kankaan venyminen ja kosteus. Kun kankaan pinnalle osuu ultraviolettisäteitä, osa niistä heijastuu takaisin, osa imeytyy ja osa pääsee kuidun läpi tai niiden välistä iholle. Kuinka säteiden määrä jakautuu edellä mainittuihin, riippuu monista tekijöistä. Kankaan sidos on tärkein tekijä suojaavuudessa: tiivis on parempi kuin harva. Seuraavaksi eniten vaikuttaa väri: tumma on parempi kuin vaalea. Neliömassaltaan suurempi kangas suojaa paremmin kuin kevyt kangas. Suoja on sitä parempi mitä vähemmän kangas joustaa. Lisäksi kuiva kangas suojaa enemmän kuin märkä. Kankaalle tehdyt viimeistykset yleensä parantavat suojaa. Suojan tehokkuus vaihtelee myös vaatteen kunnan mukaan. Se vähenee huomattavasti, kun asuste on kostea, kulunut, hankautunut ja pesty. /21; 7, s. 164/

7.2 UV-suojatekstiilin määritelmä

UV-suojatekstiiliksi määritellään mikä tahansa tekstiili, jonka valmistaja tai myyjä ilmoittaa sen suojaavan kuluttajaa UV-säteilyltä. UV-suojatekstiililtä vaaditaan

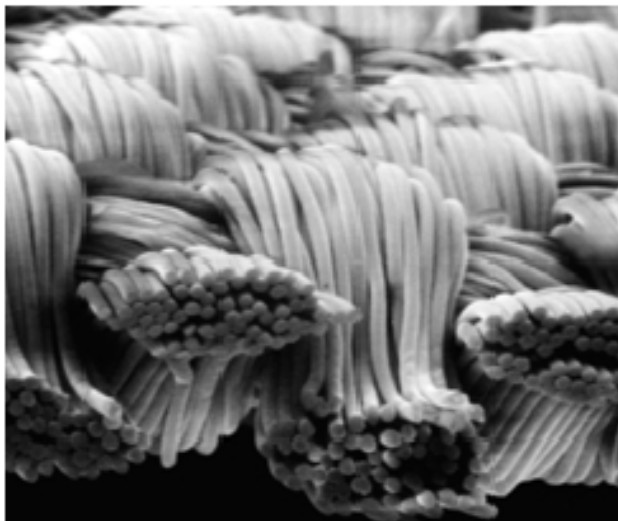
tehokasta UV-säteilyn absorptiokykyä etenkin 300–320 nm:n aallonpituudella ja nopeaa kykyä muuntaa korkeaenerginen UV-säteily värähtelyenergiaksi absorboijan molekyylien välillä ja sitten lämpöenergiaksi muuttamatta kuidun kemiallista rakennetta. Huolellisella korvaavien aineiden valinnalla molekyylit voidaan muokata niin, että ne absorboivat vaaditun verran UV-säteilyä ilman lisättyjen väriaineiden vaikutusta. Useimmissa tapauksissa UV-absorbtiokyky kuitenkin saavutetaan värjäämällä tekstiili. Tekstiiliin voidaan myös lisätä UV-suoja-aineita, esimerkiksi titaanidioksidia tai sinkkioksidia. Moni mukavuustekijä kankaassa tai vaatteessa vähentää UV-suojaa. UV-suojavaatteen suunnittelussa haasteena onkin saada vaatteesta mukava, tyylikäs ja suojaava samaan aikaan. /10, s. 157–163; 18/

Muun muassa amerikkalainen ASTM D6603- standardi kehottaa yhtenäiseen UV-suojan merkitsemiseen tekstiileissä, jotta kuluttaja saa tiedon, kuinka paljon suojaa tuote tarjoaa, ja pystyy näin myös vertailemaan eri tuotteiden suojaominaisuuksia ostopäätöstä tehdessään. Suojakertoimen painaminen pysyvästi tekstiiliin muistuttaa kuluttajaa tuotteen tarjoamasta hyödystä myöhemminkin käytössä, kuin jos se on ilmoitettu vain myyntilapussa, joka leikataan pois ennen käyttöä. Tekstiilien tuottajia ei ole velvoitettu ilmoittamaan standardinmukaista UV-suojakerrointa missään maassa, vaan UPF:n ilmoittaminen on vapaaehtoista. Koska UV-säteilylle altistumisajankohta yleensä on kesä, on UV-säteilyn läpäisyominaisuuksia aiheellista tutkia ohuista neuloksista ja kudoksista, jotka on tarkoitettu käytettäväksi paitoihin, shortseihin, ranta-asuihin, uima-asuihin, urheiluvaatteisiin jne. Myös teknisissä tekstiileissä, kuten teltoissa, markiiseissa ja katoksissa käytettävien kankaiden suojakertoimia tulisi tutkia. /21; 10, s. 157–163/

Ilmoitetun UPF-arvon tulee vastata arvoa, joka säilyy tekstiilissä ainakin kahden vuoden normaalikäytön ajan. Standardeissa, joissa kangasnäytteet valmistellaan vastaamaan tätä käyttöä, ne pestään 40 kertaa ja altistetaan UV-säteilylle, ennen kuin UPF mitataan. Neuleet myös venytetään standardin määräämän verran, minkä jälkeen UPF mitataan. Venytys yleensä laskee UPF-arvoa, koska optinen huokoisuus kasvaa. Ensimmäinen pesu varsinkin luonnonkuituisissa kankaissa taas nostaa yleensä UPF-arvoa, koska kangas kutistuu jonkin verran pesussa ja silloin sen rakenne hieman tiivistyy. UPF saattaa näin nousta myös lisäpesujen myötä, mutta kankaan kuluminen taas alkaa jossain vaiheessa alentaa sitä. /21/

7.3 Eri tekstiilikuitujen UV-läpäisevyys

Puuvilla- ja silkikuidut antavat sellaisenaan vähäisen UV-suojan, koska säteily pääsee kuidun läpi juurikaan imeytymättä. Kankaana silkki taas antaa hyvän suojan tiiviin rakenteensa sekä kiiltävän ja valoa heijastavan pintansa ansiosta. Villa ja polyesteri imevät merkittävästi enemmän UV-säteitä, ja tarjoavat näin paremman UV-suojan. Hamppukuiduista valmistetut vaatteet antavat jopa 95 %:n suojan auringon ultraviolettisäteilyä vastaan. Polyamidi antaa useimmiten kohtalaisen tai hyvän suojan. Yksi syy polyesterin ja polyamidin hyvään suojakertoimeen on raaka-aineessa esiintyvä titaanidioksidi, jonka ominaisuuksiin kuuluu UV-säteiden voimakas imukyky. Jos kuitu imee hyvin siihen kohdistuvan UV-säteilyn, jää säteiden läpipääsy mahdolliseksi ainoastaan lankojen välistä. Tällöin suurin suojakertoimeen vaikuttava tekijä on kankaan sidos ja tiheys. Tiheä mikrokuiduista valmistettu kangas tarjoaa paremman UV-suojan kuin ns. tavallisista kuiduista valmistettu kangas, vaikka näiden neliömassa ja sidos olisivat samanlaiset. Mikrokuiduista valmistetussa kankaassa peittoaste on suurempi kuin tavallisessa kankaassa, ja sen vuoksi säteilyn läpipääsyaukkoja on vähemmän (kuvio 13). /10, s. 157–163; 37/



Kuvio 13: Tiivis mikrokuiturakenne estää tehokkaasti UV-säteilyn läpipääsyä /30/

7.3.1 Tutkimus markkinoilla olevien vaatekappaleiden suojaavuudesta

Viimeisen kymmenen vuoden aikana kiinnostus vaatteiden tarjoamaa UV-suojaa kohtaan on kasvanut ja aiheesta on tehty useita tutkimuksia. Kesällä 1997 Sveitsin Syöpäyhdistys alkoi keskittyä vaatteiden UV-säteilyltä suojaaviin ominaisuuksiin. Se mittasi UPF-arvon 1604:stä kansalaisten käyttämästä vaatekappaleesta, joista suurin osa oli materiaaliltaan puuvillaa. Kaksi vuotta myöhemmin tulokset julkaistiin Saksassa ja Sveitsissä. Tutkimustulokset olivat huolestuttavia; vain 25 % vaatteista täytti AS/NZS 4399- standardin vähimmäisvaatimuksen, jossa vaaditaan vaatteelta vähintään UPF-arvoa 15. Tutkijat päättelivät, että lisääntyvä UV-säteilyn määrä ja vaatteiden puutteellinen suojaominaisuus saattavat myötävaikuttaa ihosyövän lisääntymiseen ja muihin valoherkkyudesta johtuviin iho-ongelmiin. He uskoivat, että ultraviolettisäteilylle altistumista voitaisiin merkittävästi vähentää vaatteilla, jotka on kehitelty saavuttamaan ja säilyttämään käytössä vähintään UPF-arvo 30+. Suojakertoimen ilmoittaminen vaateen pesulapussa tai erillisenä lappuna auttaisi kuluttajaa tunnistamaan nämä aurinkoturvalliset vaatteet varsinkin vaaleasävyisten ja ohuista materiaaleista valmistettujen vaatteiden osalta. /21/

Ihosairauksia käsittelevä isobritannialainen BMC Dermatology -aikakauslehti julkaisi vuonna 2001 tutkimuksen, jossa se mittasi UPF-arvon EN 13758-1:n mukaan 236 kevät/kesäsesongin aikaan markkinoilla olevasta vaatekappaleesta vuosina 2000 ja 2001. Tuloksista kävi ilmi, että 33 % vaatteista saavutti UPF-arvon alle 15. UPF-arvon 30+ saavutti 48 % vaatteista. Materiaalit jakautuivat suojaominaisuuksiensa mukaan niin, että yli 70 % villa-, polyesteri- sekä sekoitekankaista saivat UPF-arvon 30+, kun taas puuvilla-, pellava- ja viskoosikankaista vain alle 30 %. Tutkimuksessa havaittiin myös, että mustat, siniset, valkoiset, vihreät ja beigeet vaatekappaleet saivat useimmiten UPF-arvon 30+. Päätelmissä todettiin, että kuluttajan on vaikea valita hyvin UV-säteiltä suojaavaa kesävaatetta, kun vain noin puolet tarjolla olevista vaatteista tarjosi tarpeeksi hyvän suojan. Tutkimuksen tuloksena suositeltiin yleisesti, että kesävaatteet testattaisiin ja merkittäisiin EN 13758-1- standardin mukaan. /21/

7.3.2 Tekstiiliväriaineiden merkitys

Monet väriaineet imevät UV-säteitä, niin kuin myös näkyvää valoa. Puuvillakangas, joka on värjätty tummasävyiseksi, voi saada UPF-arvoksi yli 50 vain värjäyksen ansiosta. /10, s. 157–163/

Nykyisin käytetyt tekstiilivärit ovat orgaanisia yhdisteitä. Yhdisteitä tunnetaan tuhansia, mutta käyttöön niistä on valikoitunut vain osa kestovaatimusten, värjäysmenetelmän sujuvuuden, tarvittavien apuaineiden ja taloudellisuuden perusteella. Väriaineiden kehitys kulkee koko ajan kohti kestävämpiä, turvallisempia ja helppokäyttöisempiä värejä. /2, s. 73–74, 57–58; 3, s. 138–141/

Värimolekyylissä on kromoforiosia ja auksokromiosia. Kromoforiosia antaa värimolekyylille ominaisvärin, auksokromiosan avulla molekyyli kiinnittyy kuituun. Eri väriryhmillä on erilainen tapa kiinnittyä kuituun. Suoravärit eivät varsinaisesti muodosta sidosta, vaan pysyvät kuidussa kiinni affiniteettinsa eli kuidun ja värin välisen vetovoiman avulla. Reaktiiviväri muodostaa kuidun kanssa kovalenttisen, lujan sidoksen. Kyyppiväri sitoutuu kuituun leukomuodossaan eli vesiliukoiseksi muutettuna, ja kuituun tarttumisen jälkeen se muutetaan takaisin veteen liukenemattomaksi. Happoväri sitoutuu kuituun suolasidoksen avulla. Dispersiovärjäyksessä polyesterikuitu turvotetaan niin, että kuidun huokosia suuremmat dispersiovärihiukkaset mahtuvat siirtymään kuidun sisään ja sulautuvat sinne. /2, s. 73–74, 57–58; 3, s. 138–141/

Vaatetustekstiileistä suurin osa värjätään reaktiiviväreillä. Tällä väriryhmällä on poikkeuksellisen hyvä kyky sitoutua eri tekstiiliraaka-aineisiin, kuten puuvillaan, pellavaan, viskoosiin, villaan, silkkiin ja polyamidiin. Reaktiivivärien etuja ovat runsas värivalikoima, hyvät kesto-ominaisuudet sekä helppo käyttö. Jotkut reaktiivivärit nostavat ohuen puuvillakankaan UPF-arvoa. Parempi suojavaikutus saadaan myös värikonsentraatiota nostamalla. /2, s. 73–74, 57–58; 3, s. 138–141/

7.3.3 Tutkimus luonnonväriaineiden vaikutuksesta suojaavuuteen

BMC Dermatology -lehti julkaisi vuonna 2004 tutkimuksen, jossa selviteltiin kasvi- ja eläinperäisten väriaineiden ja värikonsentraation vaikutusta puuvillakankaan UPF-arvoon. Kolme erisidoksista puuvillakangasta värjättiin kolmella eri luonnonväriaineella. Luonnonväriaineiden vaikutusta selvittävään tutkimukseen innoitti se, että useita tutkimuksia oli tehty synteettisten väriaineiden vaikutuksesta tekstiilin tarjoamaan UV-suojaan etenkin tekokuitukankaissa, mutta luonnonväriaineita käsitteleviä aikaisempia tutkimuksia ei löytynyt. Luonnonkuituisia vaatteita suositaan varsinkin lämpimällä säällä. Luonnonmukaisuus näkyy nykyisin kasvavana trendinä myös tekstiili- ja vaatetusteollisuudessa. /33/

Testikankaina olivat valkaistut ja merseroidut puuvillaiset palttina-, toimikas- ja satiinisidoksiset kankaat. Luonnonväriaineina käytettiin värimataraa, indigokasvia ja kokenillikirvaa. Luonnonväriaineilla ei ole affiniteettia selluloosakuituihin, minkä vuoksi värjäyksessä käytettiin peittausainetta. Väriliemen konsentraatio oli 1:40, ja peittausainetta käytettiin 10 % kankaan painosta. UPF-arvot mitattiin in vitro -menetelmällä AS/NZ 4399- standardin mukaan käyttäen Labspheren UV-100 F Ultraviolet Transmission Analyzer-laitteistoa. /33/

Värimatarana on Aasiasta kotoisin oleva perennakasvi. Sen juuresta saadaan alitsariinia, josta valmistetaan punaista väriainetta, jolla voidaan värjätä useita kirkkaita, vaihtelevan punaisia sävyjä oranssista ja vaaleanpunaisesta syvän punaisiin. /16/

Indigo on Intiasta kotoisin oleva pensasmainen kasvi. Siitä valmistetaan väriainetta, joka aikaansaa pysyvän ja syvän sinisen sävyn. Luonnon kasveista saatavissa väreissä sininen on harvinainen. Indigonsinistä väriainetta valmistetaan myös synteettisesti. /16/

Kokenillikirva on Etelä-Amerikasta kotoisin oleva kirvalaji. Kuivatuista naaraskirvoista tehdään punaista väriainetta (E120), jolla saadaan värjättyä punaisen eri sävyjä. /16/

Ennen värjäystä palttina- ja satiinikankaille ei voitu määrittää UPF-arvoa minkään standardin kategorian mukaan, koska arvot jäivät alle 15. Toimikaskangas sai UPF-arvoksi 19,2. Arvot selittyivät kankaiden neliömassan ja paksuuden vaikutuksella.

Kankaan neliömassan ja UPF:n välillä havaittiin positiivinen korrelaatio. Tästä voitiin todeta paksujen kankaiden antavan paremman UV-suojan kuin ohuiden. Paksuilla kankailla on monesti parempi peittoaste kuin ohuilla. UPF:n nousu kankaan painon kasvaessa ei kuitenkaan ollut lineaarinen. /33/

Negatiivinen korrelaatio havaittiin UPF-arvon ja lankatiheyden välisessä suhteessa. Mitä suurempi tiheys oli, sitä alhaisemmaksi jäi UPF. Negatiivinen korrelaatio selitettiin johtuvan mahdollisesti siitä, että mitä suurempi lankaluku on, sitä ohuempi kangas on ja näin se antaa alhaisen suojakertoimen. /33/

Palttinakankaan UPF-arvo nousi merkittävästi jokaisen luonnonväriaineen vaikutuksesta. Kokenilli- ja indigovärjätetyt kankaat saivat suojakertoimeksi ”hyvän” ja ”erinomaisen” UPF-arvon 25–39 tai yli 40. Värimataralla värjätty palttina sai ”kohtalaisen” UPF-arvon 15–24. Satiinikankaan suojakerroin nousi huomattavasti kunkin luonnonväriaineen vaikutuksesta. Ennen värjäystä satiinin suojakerroin oli määrittelemättömän pieni, kun taas värjäyksen jälkeen se sai suurimman mahdollisen UPF-arvon 50+. Myös toimikkaan suojakerroin nousi kaikkien väriaineiden vaikutuksesta 19,2:sta 50+:een. /33/

Tutkimuksen tuloksena voitiin todeta, että kankaiden värjääminen luonnonväriaineilla nosti merkittävästi jokaisen testikankaan UV-suojaominaisuuksia. Myös kankaan värjääminen väkevämmällä konsentraatiolla nosti UPF-arvoa heikompaan konsentraatioon verrattuna. /33/

8 UV-suoja-aineet

UV-suojaominaisuutta voidaan nostaa tekstiilissä kuidun kehruvaiheessa tai käsittelemällä valmiita lankoja tai kankaita. Kankaan tummaksi värjääminen nostaa sen antamaa suojakerrointa, mutta koska muoti ja mukavuus kuitenkin suosivat vaaleita sävyjä kesävaatteissa, tarvitaan UV-suojan nostamiseksi kuituun lisättäviä UV-säteitä absorboivia aineita. Tarkoitukseen on kehitetty myös viimeistysaineita, jotka antavat valmiille kankaalle tai vaatteelle lisää UV-suojaa. /10, s. 157–163/

8.1 UV-absorbentit

UV-absorbentti on molekyyli, joka on yhdistynyt tekstiilikuidun polymeeriin, ja jolla on kyky absorboida ultraviolettisäteilyä ja muuttaa se harmittomaksi lämpöenergiaksi. UV-absorbentti on tärkeä UV-suojaavuuteen vaikuttava tekijä, mutta se parantaa myös tekstiilin värinkestoaa, jos se on sulautettu värimolekyyliin. Puuvillan vesiliukoisena UV-absorbenttina käytetään oksaalihappojohdannaisia. Tekstiileissä käytetään UV-absorbenttina myös orgaanisia nk. stilbeeni-yhdisteitä ja epäorgaanisia yhdisteitä kuten titaanidioksidia ja sinkkioksidia. Kahta viimeksi mainittua käytetään myös aurinkosuojavoiteissa. /9, s. 357–362/

8.1.1 Titaanidioksidi

Titaanidioksidi (TiO_2) on ominaisuuksiltaan hyvin kestävä ja monipuolinen yhdiste. Titaanidioksidi yhdessä ultraviolettivalon kanssa pystyy hajottamaan orgaanisia yhdisteitä. Tätä fotokatalyyttistä ominaisuutta käytetään hyväksi esimerkiksi itsepuhdistuvilla pinnoilla kuten ikkunalaseissa. UV-säteily muuttaa myös titaanidioksidin pinnan hydrofiiliseksi. /24/

Titaanidioksidi on myös erinomainen UV-säteiden hajottaja. Tämän nk. UV-titaanin kidekoko on pienempi (Ø 10-50 nm) kuin pigmentäarisellä eli "tavallisella" titaanidioksidilla. Tämän pienemmän koon ansiosta UV-titaani heijastaa ja hajottaa valoa tehokkaasti näkymättömän valon aallonpituuksilla. Sitä käytetään myrkyttömän ja

inertin ominaisuutensa vuoksi aurinkovoiteiden UV-suoja-aineena. Sitä voidaan lisätä myös kuituihin ja kankaisiin kehruu-, värjäys- tai viimeistysvaiheessa. /24/

8.1.2 Sinkkioksidi

Sinkkioksidi eli sinkkivalkoinen (ZnO) on sinkin ja hapen muodostama yhdiste, jota käytetään muun muassa valkoisena väriaineena. Se on valkoinen tai kellertävä hajuton jauhe. Se ei liukene veteen, vaan sitä voidaan liuottaa mm. etikkahapolla, mineraalihapoilla sekä ammoniakilla. Sinkkioksidilla on kyky heijastaa tai sirottaa ultraviolettisäteilyä. /24/

8.1.3 Nanopartikkelit

Nanotekniikka on poikkitieteellistä tekniikkaa, jossa käsitellään komponentteja, joiden koko on alle 100 nm. Nanotekniikan keksintöjä hyödynnetään esimerkiksi lääketieteessä, materiaalitekniikassa, kemiassa ja biotekniikassa. /27/

Nanopartikkelit voidaan suunnitella ja kehittää tiettyyn tarkoitukseen siten, että niiden pinnassa tapahtuu kemiallisia tai biologisia reaktioita, joita voidaan hyödyntää tiettyjen toimien yhteydessä. Tekstiilejä voidaan päällystää nanopartikkeleilla ja siten saada tekstiilistä aktiivinen UV-suojavuudessa, antimikrobisuudessa, tuleltasuojavuudessa, vedenhylkivyydessä tai itsestäänpuhdistuvuudessa. Vaate- ja tekstiiliteollisuuden yhteydessä yleisimpiä vaikuttavia partikkeleita, jotka esiintyvät nanomittakaavassa, ovat hopea, palladium, titaanidioksidi sekä sinkkioksidi. Sinkkioksidi sulautettuna esimerkiksi liukoiseen tärkkiin on hyvä esimerkki UV-suojavuuteen pyrkivissä sovelluksissa. Epäorgaanisten yhdisteiden, kuten sinkkioksidin ja titaanidioksidin, on todettu olevan tekstiilissä paremmin pysyviä UV-absorbentteja kuin orgaaniset yhdisteet. /27/

Nanohopea on antibakteerinen eli sillä on kyky tappaa bakteereja tai estää niiden lisääntyminen. Nanohopea pystyy tappamaan yli 650 eri bakteri-, virus- tai sienilajia. Hopea on myrkytön eikä aiheuta ihoärsytystä. Sitä voidaan käyttää monissa

sovelluksissa, kuten hygieniatuotteissa, urheiluvaatetuksessa ja sotilasvarusteissa. Myös nanohopean on havaittu nostavan kankaiden UPF-arvoa. /3, s.138–141/

8.1.4 Nanohopean vaikutus UV-suojavuuteen

Ljubljanan yliopistossa Sloveniassa tehtiin vuonna 2007 tutkimus, jossa tutkittiin nanohopean ja väriaineen yhteisvaikutusta puuvillakankaaseen, nanohopealla käsiteltyjen kankaiden antimikrobisuutta, nanohopean vaikutusta UPF-arvoon sekä nanohopean vaikutusta värjättyjen tekstiilien sävyyn. /3, s. 168–141/

Testikankaana oli ohut kudottu puuvillakangas, jonka neliömassa oli 156 g/m². Ensin testikangas värjättiin reaktiiviväri Cibacron S:llä, ja sitten mitattiin UV-suojaominaisuudet. Seuraavaksi kangas värjättiin liemellä, johon pulverimainen nanohopea NP-80 ja reaktiiviväri Cibacron S annosteltiin. Nanohopeaa käytettiin litrassa värjäysliettä joko 5 mg tai 20 mg. Tämän jälkeen UV-suojaominaisuudet mitattiin. Molemmissa värjäysprosesseissa käytettiin myös lumeväriainetta. UV-säteiden läpäisymittauksessa käytettiin Varian Cary 1E -spektrometriä sekä integroivaa palloa. Mittaus suoritettiin AATCC 183- standardin mukaan. Läpäisy määritettiin prosenteissa 2 nm:n välein aallonpituusvälillä 280–700 nm. Läpäisy mitattiin kolme kertaa jokaisesta näytteestä: loimen ja kuteen suuntaan sekä 45 asteen kulmassa. Tulokset ilmoitettiin näiden tulosten keskiarvona. UPF-arvo laskettiin sen laskentakaavalla. Laskentakaava löytyy sivulta 25. /3, s. 168–141/

Ilman nanohopean käyttöä reaktiivivärjättyjen kankaiden UPF-arvot nousivat vaaleissa sävyissä 3–4 kertaisiksi, ja tummissa sävyissä 20–30 kertaisiksi saaden parhaimman UPF-arvon 50+. /3, s. 168–141/

UPF-arvoa lumevärjättyistä kankaista verrattaessa voitiin huomata, että niiden kankaiden, joiden lumevärjäysliemeen oli lisätty nanohopeaa (20 mg/l), suojakerroin nousi 5,3:sta 7,3:een. Kun saman verran nanohopeaa oli lisätty oikeaan 0,1-prosenttiseen värjäysliemeen, nousi haaleanpunaisen värin saaneen puuvillakankaan UPF-arvo 18,5:stä 47,9:ään ja haaleansinisen värin saaneen puuvillakankaan 22,1:stä 25,4:ään. UPF-arvo nousi huomattavasti nanohopeaa 20 mg/l sisältävällä

5-prosenttisella väriliemellä värjäytyissä kankaissa, ja suojakerroin nousi huomattavasti myös, kun nanohopeaa käytettiin 5 mg/l tummissa väreissä. Nanohopean määrän lisääminen ei siis ollut tarpeellista, koska vähemmälläkin määrällä saavutettiin jo UPF-arvo 50+. Cibacron S-reaktiivivärin ja nanohopean vaikutus suojakertoimeen on koottu taulukkoon 3. /3, s. 168–141/

Taulukko 3: Cibacron S-reaktiivivärin vaikutus suojakertoimeen nanohopean kanssa ja ilman. /3, s. 168–141/

Värjäysliemi	Nanohopean määrä mg/l	UPF
Lumeväri 0,1 %	0	5,3
	5	5,8
	20	6,5
Punainen 0,1 %	0	18,5
	5	46,0
	20	47,9
Sininen 0,1 %	0	22,1
	5	24,8
	20	25,4
Lumeväri 5 %	0	5,3
	5	5,4
	20	7,3
Punainen 5 %	0	103,5
	5	273,2
	20	336,9
Sininen 5 %	0	168,2
	5	203,1
	20	300,9

Tutkimuksen tuloksena voitiin todeta, että reaktiiviväri Cibacron S:n sininen ja punainen sävy nostivat UPF-arvoa merkittävästi sekä laimeammassa että vahvemmassa konsentraatioissa. Nanohopean UPF-arvoa nostava vaikutus molemmissa konsentraatioissa oli myös ilmeinen. /3, s. 168–141/

8.2 UV-absorbenttien kaupunimiä

Pesuainetuottajat ovat ottaneet UV-absorbentit lisäaineiksi pesuaineisiin. UV-absorbentit absorboivat lyhyen aallonpituuden UV-säteitä muuttaen näitä pidemmän aallonpituuden säteiksi. Pesussa aine imeytyy kuidun sisään ja tekstiilin UV-suojan sanotaan lisääntyvän 50 prosenttia. Tämän pesun yhteydessä käytettävään UV-absorbentti kehitti saksalainen pesuainetuottaja Byfa. Vuonna 2002 se levisi Australian, Yhdysvaltain ja Euroopan markkinoille. /32/

Yhdysvalloissa kehitettiin samankaltainen UV-suoja-aine, Rit Sun Guard, jonka sanotaan nostavan esimerkiksi valkoisen puuvillaisen T-paidan UPF-arvon viidestä 30:een yhden käsittelykerran tuloksena. Pian tehty seuraava käsittely nostaa taas UPF-arvoa jopa 50:een; vaikutus on siis kumulatiivinen. Suojaava vaikutus kestää noin 20 pesukertaa, eikä se muuta kankaan väriä tai tuntua. Rit Sun Guard -käsittelyn suojaavuus perustuu orgaaniseen stilbeeni-yhdisteeseen nimeltä Tinosorb FD, joka ikään kuin päällystää kuidut paremmin suojaaviksi muuttamatta kankaan rakennetta ja hengittävyttä. Yhdiste toimii UV-säteitä vastaan vielä paremmin, jos pesuaineessa käytetään optisia kirkasteita, koska ne absorboivat pidemmän aallonpituuden UV-säteitä. Tinosorb FD taas absorboi lyhyemmän aallonpituuden säteitä. Näin absorboituva alue on laaja. /21/

Suomessa tekstiilipesulat, esimerkiksi SOL, ovat tarjonneet vuodesta 2002 Tinosorb FD:hen perustuvaa UV-suojakäsittelyä, jossa vaate käsitellään paremmin UV-säteitä torjuvaksi kemiallisen pesun tai vesipesun yhteydessä. Vaatteen tuntu säilyy entisellään. Käsittely sopii parhaiten materiaaleille, joilla on korkea UV-säteilyn läpäisyominaisuus, kuten puuvillalle, viskoosille ja polyamidille. /35/

8.3 UV-suoja-aineiden arviointia

UV-absorboijilla tulee olla hyvä pesunkesto. Väriaineilla, jotka toimivat UV-suojana, tulee olla hyvän pesunkeston lisäksi myös hyvä valonkesto. Pesunkesto tulee testata UV-suojatekstiilistä, jotta UV-suojauksen voidaan osoittaa kestävän tekstiilin koko käyttöiän.

Ongelmalliseksi on osoittautunut UV-absorboijien ja optisten kirkasteiden samanaikainen käyttö tekstiilissä. Tekokuitujen kehruuvaiheessa kuitumassaan voidaan lisätä optisia kirkasteita, joiden tarkoitus on lisätä tekstiilin näennäistä valkoisuutta. Kirkaste kuidun pinnalla muuttaa valon heijastuskykyä. Kun ultraviolettisäteily kohtaa optisilla kirkasteilla käsitellyn kankaan, heijastuu takaisinpäin näkyvänä valona myös osa normaalisti näkymätöntä valoa, jolloin tekstiili näyttää kirkkaammalta. Myös useimmat tekstiilien pesuaineet sisältävät optisia kirkasteita. Optiset kirkasteet toimivat tekstiilissä myös absorboiden UV-säteitä. Jos tekstiiliin on lisätty UV-absorboijia, optisten kirkasteiden teho vähenee huomattavasti tai jopa katoaa kokonaan. Optisen kirkasteen tyyppin tarkka valinta voi pienentää ongelmaa. Tekstiilien pehmenneaineiden taas ei ole havaittu vaikuttavan UV-absorbenttien tehoon. /2, s. 57–58; 10, s. 157–163/

9 UV-suojakankaiden ja -kuitujen kauppanimiä

Useat vaatevalmistajat ilmoittavat tuotetiedoissa vaateen suojaavan UV-säteilyltä. Vaatteiden sanotaan estävän tietyn määrän UV-säteiden läpipääsyä tekstiilissä prosentteina, tai niille on määritetty UPF-arvo. Vain harvoissa tuotteissa ilmoitetaan, minkä standardin mukaan tuote on testattu. Tuotteiden vertailu on vaikeaa, koska testausmenetelmät ovat keskenään erilaisia.

9.1 Coolibar

Yhdysvalloissa johtavan UV-suojavaatevalmistaja Coolibarin tuotteet ovat saaneet The Skin Cancer Foundationin sertifikaatin UV-suojauksesta. Se kehitti konseptin vuonna 2001 havaitessaan, että suuret ikäluokat ovat saavuttaneet iän, jossa ihosyöpä useimmiten diagnosoidaan. Coolibar uskoi, että UV-suojavaatteilla saataisiin merkittävästi parannettua suurten ikäluokkien terveyttä ja elämänlaatua, samoin kuin ehkäistä muiden aikuisten, nuorten ja lasten ihosairauksien syntyä. /21/

Coolibar valmistaa vaatteita, jotka on testattu AATCC 183:n mukaan. Ne on suunniteltu suojaamaan mahdollisimman suuren osan ihosta ja olemaan samalla hengittäviä ja kosteutta siirtäviä. Kankaissa käytettäviin kuituihin on lisätty titaanidioksidia. Alin UPF-arvo Coolibarin vaatteissa on 30. /18/

9.2 Columbia

Yhdysvaltalaisen Columbia Sportswear Companyn Omni-Shade-tuotemerkki on saanut The Skin Cancer Foundationin suositukset. Tuotemerkin kankaat on testattu AATCC 183- standardin mukaan, ja niiden suojakertoimet ovat joko 30, 40 tai 50. UV-suojaavuus perustuu useimmiten kankaiden tiheisiin sidoksiin. Joihinkin kuituihin lisätään UV-absorbentiksi piidioksidia (SiO₂). Omni-Shade-kankaista valmistetaan ulkoilu- ja urheiluvaatteita. /17/

9.3 Nozone

Kanadalainen Nozone Clothing Company tuottaa uima- ja ranta-asuja, joiden suojakerroin on 50+. Nozonen kankaissa ei ole käytetty minkäänlaisia UV-suoja-aineita, vaan valmistaja luottaa kankaan tiheän rakenteen antamaan UV-suojaan. Kankaat on testattu AS/NZS 4399:n mukaan. /29/

9.4 Hyphen

Helsinkiläinen yritys Meditex Oy tuo maahan ja markkinoi Saksassa valmistettuja Hyphen ranta-, uima- ja harrasteasuja. Hyphen-vaatteilla ja asusteilla on tuotetakuu, ja niiden suojakerroin on 80. Kankaiden UV-absorbenttina käytetään titaanidioksidia. Materiaalit on testattu UV-standardi 801:n mukaan. /25/

9.5 Meryl Microfibre

Yhdysvaltalaisen Nylstarin valmistamasta polyamidikuidusta valmistetaan Meryl Microfibre-mikrokuitukangasta, joka antaa UV-suojan 50+. Kuituun lisätään titaanidioksidia UV-absorbentiksi. Kankaasta valmistetaan ulkoilu-, ranta- ja alusasuja. Kangas on testattu AS/NZS 4399:n mukaan. /30/

9.6 Vertailua

Koska standarditestausten menetelmissä on merkittäviä eroja, voidaan amerikkalaisstandardi AATCC 183:n ja eurooppalaisen UV-standardi 801:n mukaan testattuja vaatteita pitää parhaiten UV-suojaa antavina. Vaatteen suojakerroin on määritelty vasta, kun vaatetta on pesty, kulutettu ja venytetty. Tuotteet, jotka on testattu uusina ja kuluttamattomina, eivät ehkä anna yhtä hyvää UV-suojaa enää jonkin ajan käytön ja pesujen jälkeen. Jo ensimmäisen pesun jälkeen UPF-arvo voi laskea mahdollisten UV-suojaan parantavasti vaikuttavien viimeistysaineiden poistuessa tekstiilistä. Tämän vuoksi vaatteen valmistajan tulisi testauttaa kankaansa tiukimpien standardien mukaan.

Tiheärakenteiset kankaat, etenkin mikrokuitukankaat, voivat kuitenkin säilyttää hyvän suojakertoimensa pitkäänkin. Myös UV-absorbenttien lisääminen kehruvaiheessa takaa sen toimintatehon läpi tuotteen elinkaaren. UV-absorbenttien sisältävä kangas säilyttää suojavaikutuksensa tehokkaammin ja pidempään kuin kangas, jossa ei ole lisättyä UV-suoja-ainetta, koska jälkimmäisen kankaan tärkein suojaava tekijä on kankaan rakenne, joka menettää tiiviyytensä kulutuksen myötä.

10 Testattavat materiaalit

Opinnäytetyön yhteistyöyrityksenä toiminut Rukka toimitti suurimman osan työssä testatuista kankaista valmiina vaatekappaleina. Vaatteet olivat kesäaikaan käytettäviä vuorittomia urheiluvaatekappaleita. Kolme kangasta hankittiin vertailumateriaaleiksi kangaskaupasta. Jokainen näytemateriaali testattiin samoilla testausmenetelmillä, jotta tulokset olisivat vertailukelpoisia. Testattavista materiaaleista kuusi ensimmäistä otettiin Rukan toimittamista valmiista vaatteista ja kolme viimeistä materiaalia oli vertailukankaita. Testattavat materiaalit olivat erisävyisiä ja materiaalit erilaisia, pois lukien kolme puuvillatrikoista vertailukangasta. Väriaineista, joilla materiaalit oli värjätty, ei ollut tietoa. Työssä testattiin erilaisten ominaisuuksien vaikutusta vertailevalla tutkimuksella.

10.1 Vihreä paita

Vihreä paita oli 100 % Coolmax-polyesteriä. Neulos oli pikeeneulosta, ja sen neliömassa oli 166 g/m². Paidassa oli pitkät hihat, kaulukset resorineuloksesta ja napitushalkio edessä. Etukappaleella oli koristetikkauksia. Kankaan tiheys oli 25 kerrosta/cm ja 13 palkoa/cm. Kuviossa 14 on tuotteen hoito-ohje.



Kuvio 14: Vihreän paidan hoito-ohje /31/

10.2 Ruskea paita

Ruskea paita oli 100 % Coolmax-polyesteriä. Neulos oli pikeeneulosta, ja sen neliömassa oli 174 g/m². Materiaalin kaupp nimi oli Rukka a.w.s Sun. Paidassa oli lyhyet hihat, kaulukset resorineuloksesta ja napitushalkio edessä. Kankaan tiheys oli 25 kerrosta/cm ja 17 palkoa/cm. Kuviossa 15 on tuotteen hoito-ohje.



Kuvio 15: Ruskean paidan hoito-ohje /31/

10.3 Punainen paita

Punainen paita oli 92 % polyamidia ja 8 % elastaania. Neulos oli sileää neulosta, ja sen neliömassa oli 255 g/m². Materiaalin kaupp nimi oli Rukka a.w.s Sun. Paidassa oli pitkät hihat ja pystykaulus. Kankaan tiheys oli 28 kerrosta/cm ja 17 palkoa/cm. Kuviossa 16 on tuotteen hoito-ohje.



Kuvio 16: Punaisen poolopaidan hoito-ohje /31/

10.4 Ruskea raidallinen paita

Ruskea raidallinen paita oli 85 % polyamidia ja 15 % elastaania. Neulos oli sileää neulosta, ja sen neliömassa oli 188 g/m². Materiaalin kaupp nimi oli Rukka a.w.s Sun. Paidassa oli lyhyet hihat, kaulukset ja painonapitushalkio edessä. Neuloksessa oli valkoinen ohut tehosteraita vaakasuunnassa n. 1 cm:n välein. Kankaan tiheys oli 40 kerrosta/cm ja 20 palkoa/cm. Kuviossa 17 on tuotteen hoito-ohje.



Kuvio 17: Ruskean raidallisen paidan hoito-ohje /31/

10.5 Vaaleat housut

Vaaleat housut olivat 55 % Coolmax-polyesteriä ja 45 % puuvillaa. Kudos oli toimikassidosta, ja sen neliömassa oli 144 g/m². Housuissa oli kiinteä vyötärökaitale, jossa oli vyönlenkit, sekä edessä vetoketjuhalkio ja painonappi. Lisäksi housuissa oli etutaskut ja vetoketjulliset takataskut. Kankaan tiheys oli 29 kudetta/cm ja 47 lointa/cm. Kuviossa 18 on tuotteen hoito-ohje.



Kuvio 18: Vaaleiden housujen hoito-ohje /31/

10.6 Housuhame

Housuhameessa oli 45 % puuvillaa, 36 % polyesteriä ja 19 % polyamidia. Kudos oli palttinasidosta, ja sen neliömassa oli 186 g/m². Housuhameessa oli kiinteä vyötärökaitale, jossa oli vyönlenkit, sivusaumassa vetoketjuhalkio ja painonappi. Tuotteelle oli annettu Teflon®- veden- ja lianhylykivyyksäsittely. Kankaan tiheys oli 30 kudetta/cm ja 50 lointa/cm. Kuviossa 19 on tuotteen hoito-ohje.



Kuvio 19: Housuhameen hoito-ohje /31/

10.7 Vaalea trikoo

Vaalea trikoo oli valkaisuamatonta ja värjäämätöntä 100 % puuvillaa. Neulos oli sileää neulosta, ja sen neliömassa oli 136 g/m². Kankaan tiheys oli 22 kerrosta/cm ja 14 palkoa/cm. Kuviossa 20 on kankaan hoito-ohje.



Kuvio 20: Vaalean trikoon hoito-ohje /31/

10.8 Punainen trikoo

Punainen trikoo oli 100 % puuvillaa. Neulos oli sileää neulosta, ja sen neliömassa oli 143 g/m². Kankaan tiheys oli 22 kerrosta/cm ja 14 palkoa/cm. Kuviossa 21 on kankaan hoito-ohje.



Kuvio 21: Punaisen trikoon hoito-ohje /31/

10.9 Musta trikoo

Musta trikoo oli 100 % puuvillaa. Neulos oli sileää neulosta, ja sen neliömassa oli 161 g/m². Kankaan tiheys oli 22 kerrosta/cm ja 14 palkoa/cm. Kuviossa 22 on kankaan hoito-ohje.



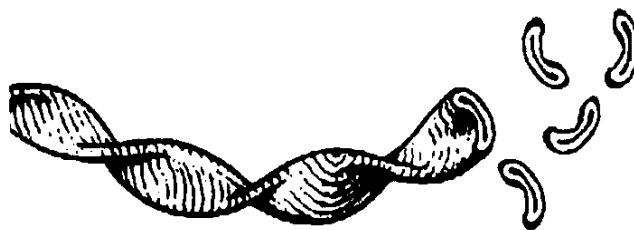
Kuvio 22: Mustan trikoon hoito-ohje /31/

11 Materiaalien raaka-aineet

Testattavat kankaat oli valmistettu puuvillasta, polyesteristä, polyamidista ja elastaanista tai niiden sekoitteista. Tässä luvussa kerrotaan lyhyesti kuitujen ominaisuuksista.

11.1 Puuvilla

Puuvilla on luonnonkuitu, joka luokitellaan siemenkuiduksi. Puuvillan eri lajikkeita tunnetaan kymmenkunta, ja lajin mukaan se on joko yksi-, kaksi tai monivuotinen. Puuvillakasvin kukka on 5-terälehtinen vaalean keltainen tai purppuranpunainen ja kasvin tuottama hedelmä on lokeroinen kota. Kodassa on 3–5 siementä, joiden pinnassa varsinainen puuvillakuitu on. Siemenessä on 10000–20000 kuitua, jotka poimitaan siemenkotien auetessa. Puuvillasiemenen kehitys kestää noin 120 päivää. Kasvi on erittäin herkkä tuhohyönteisille, homeille ja kasvisairauksille. Puuvillan poiminnan jälkeen kuidut kuivatetaan, josta kosteuden haihtuessa seuraa kuidun poikkileikkauksen muuttuminen pyöreästä litteäksi. Samalla kuitu kiertyy pitkittäissuunnassa (kuvio 23). Seuraavaksi kuiduista erotetaan roskat, kuten lehdet ja oksankappaleet. Puhdistuksen jälkeen siemenet erotetaan kuiduista loukuttamalla. /1, s. 100–112/



Kuvio 23: Puuvillan pituus- ja poikkileikkauskuvat /1, s. 101 /

Puuvillakuidun kuitupituus on 12–64 mm ja paksuus on 12–22 mikrometriä. Pituutensa perusteella kuidut voidaan luokitella kolmeen ryhmään: pitkät (yli 30 mm), keskipitkät (15–30 mm) ja lyhyet (10–20 mm). Kuidun hienous on suoraan verrannollinen kuidun pituuteen: mitä pidempi kuitu on, sitä hienompi se myös on. Puuvilla on kiilloton ja

joustamaton kuitu. Puuvillan märkäljuuus on kuivalujuutta suurempi. Puuvillan säänkesto on yleisesti ottaen hyvä, mutta pitkäaikainen altistuminen ultraviolettisäteilylle voi alentaa kuitulujuutta. Puuvillakuidun ominaisuuksin vaikuttavat lajike, ilmasto ja kasvuympäristö. Puuvillaa käytetään kankaissa, neuleissa, pinnoitemateriaalien pohjana ja ompelulangoissa. Puuvillakuidut antavat sellaisenaan vähäisen UV-suojan, koska säteily pääsee kuidun läpi juurikaan imeytymättä. /10, s. 157–163; 1, s. 100–112/

11.2 Polyesteri

Polyesteri on tiivisrakenteinen synteettinen kuitu. Polyesteri on suoraketjuinen molekyyli, joka valmistetaan sulakehruumenetelmällä. Polyesterikuitu muodostuu kiteisistä ja amorfisista osista. Kiteisyyteen voidaan vaikuttaa lämmöllä ja kuidun venytyksellä. Kuidun lujuuteen voidaan vaikuttaa molekyylikoolla, lyhytmolekyylisten kuitujen lujuus on alhainen. Polyesterin raaka-aineena käytetään mineraaliöljyjä. Kuidun valmistusprosessissa kuituun voi jäädä erilaisia lisäaineita, jotka saattavat heikentää kuidun värinkesto-ominaisuuksia. Polyesterin yleisimpiä lisäaineita ovat väripigmentit, optiset kirkasteet, himmenninaineet ja antistaattaineet. Polyesteriä voidaan käyttää sellaisenaan tai erilaisina kuitusekoituksina. Useimmiten polyesteriä sekoitetaan luonnonkuitujen, kuten puuvillan, kanssa jo kehräysvaiheessa. Kehräyksen yhteydessä valmistettavien kuitusekoitteiden kuitupituudet määräytyvät luonnonkuidun kuitupituuden mukaan, sillä molempien kuitupituus tulee olla sama. /1, s. 278–287/

Polyesteriä käytetään vaatekankaissa, neuleissa, ompelulangoissa, matoissa ja muissa taloustekstiileissä. Polyesterista valmistetut tuotteet ovat heikosti rypistyviä, muoto- ja mittapysyviä. Kosteudella ei ole olennaista vaikutusta polyesterin käyttäytymisen kanssa. Kosteudesta on hyötyä ja haittaa kuidun ominaisuuksiin nähden: jos kuitu ei kerää kosteutta, se on sähköinen, mutta tämän vuoksi se ei myöskään ole altis homeelle. Polyesterin on myös todettu kestävän erinomaisesti auringonvaloa. Modifioimalla polyesterikuitua voidaan valmistaa mm. erikoislujaa polyesteriä, antipillingkuituja, mikrokuituja ja palosuojakuituja. /1, s. 278–287/

Polyesteri imee merkittävästi UV-säteitä ja tarjoaa näin paremman UV-suojan. Yksi syy polyesterin hyvään suojakertoimeen on raaka-aineessa esiintyvä titaanidioksidi (TiO_2), jonka ominaisuuksiin kuuluu UV-säteiden voimakas imukyky. Titaanidioksidia käytetään kuitujen himmenninaineena. /10, s. 157–163/

11.3 Polyamidi

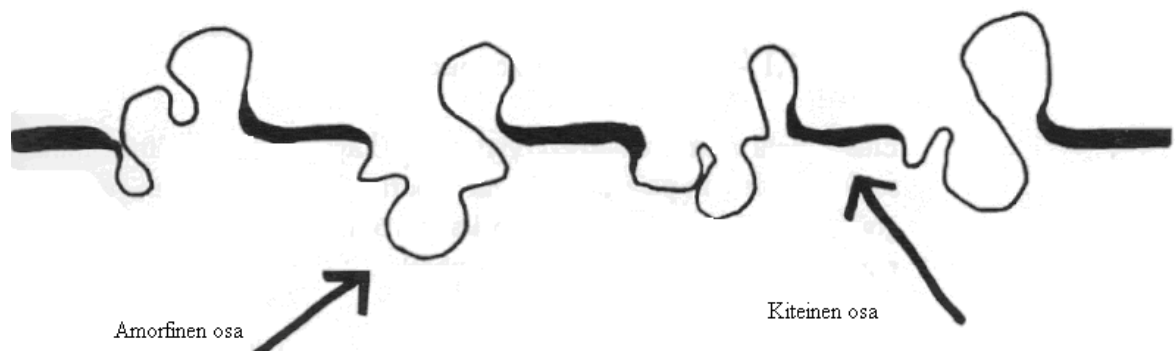
Polyamidi kuuluu synteettisiin kuituihin. Polyamidien lähtöaineena käytetään öljyteollisuuden sivutuotteita. Suurin osa polyamidikuiduista valmistetaan sulakehruumenetelmällä. Polyamidi on suoraketjuinen molekyyli, jolle on puhekielellä vakiintunut nimitys nailon. Polyamideita on useita erilaisia, joiden rakenne ja ominaisuudet eroavat toisistaan. Nämä erilaiset kuidut erotetaan numerolla kuitunimen perässä. Numero kuvastaa lähtöaineessa olevien hiiliatomien määrää. Jos lähtöaineita on kaksi, niin numerot erotetaan toisistaan pisteellä. Sulakehruumenetelmässä kehruumassaan voidaan lisätä erilaisia lisäaineita haluttujen kuituominaisuuksien saavuttamiseksi, kuten värejä ja himmentimiä. Kuidun poikkileikkaukseen voidaan vaikuttaa sulan kehruumassan puristusvaiheessa. Kuidun poikkileikkauksella on vaikutusta mm. kiiltoon, lämmöneristävyyteen ja tuntuun. Sulakehruumassasta puristetut filamentit jäädytetään ja kylmävenytetään. Tämä saa aikaan kuidussa pituuden kasvun ja kuidun ohenemisen. Pituuden kasvaessa molekyyliä asetuttavat kuidun pituusakselin suuntaisesti ja se saa aikaan kiteisyyden kasvun. Venytyksen seurauksena molekyylien välille syntyy vetovoima, mikä parantaa kuidun lujuutta, hankauksen kestoa ja elastisuutta. /1, s. 261–271/

Polyamidikuidut ovat suorita filamentteja, mikä tarkoittaa jatkuvaa kuitua. Kuidulla ei ole tiettyä kuitupituutta, vaan sen voi määrittää haluttujen ominaisuuksien mukaan. Tavallinen polyamidikuitu on suora, mutta haluttaessa kuitua voidaan kihartaa lämmön avulla eli teksturoimalla kuitua. Teksturointi tekee sekä kuidusta että kankaasta joustavamman. Tuotteen lämmöneristävyys kasvaa, koska kuitujen väliin jää ilmatilaa. Polyamidikuidut ovat tunnultaan kylmiä ja hiostavia. Hiostavuuteen vaikuttaa huono kosteuden imukyky, joka tekee kuidusta myös sähköisen. Polyamidit vaurioituvat auringon valosta, kuidut kellastuvat ja hapertuvat. Polyamidikuidut ovat kevyitä,

joustavia ja helppohoitoisia. Polyamidia käytetään kankaissa, neuleissa, pitseissä ja kuitukankaissa. /1, s. 261–271/

11.4 Elastaani

Elastaanikuidut eli elastiset polyuretaanikuidut ovat elastomeerikuituja. Elastomeerikuidut palautuvat nopeasti alkuperäiseen pituuteensa, vaikka ne olisi venytetty kolminkertaiseen pituuteensa. Elastaanin molekyylit koostuvat kahdesta eri segmentistä: amorfisesta ja kiteisestä (kuvio 24). Kiteinen osa sitoo toisiinsa amorfisen osan. Amorfisella osalla tarkoitetaan kuidun elastista osaa. Se muodostuu useimmiten polyesterista tai polyeetteristä. Kiteinen eli kova osa muodostuu disosyanaateista. /1, s. 312-315/



Kuvio 24: Elastomeerin periaatekuva /1, s. 313/

Kuitupolymeerin valmistus on kallis ja monivaiheinen prosessi, ja useimmiten kuidut valmistetaan kuivakehruuna. Elastaanikuidut kestävät taivutusta ja kemiallisia aineita. Elastaanikuituja käytetään tavallisimmin värjäämättömänä filamenttina, koska elastaanilla on huonot värinkesto-ominaisuudet. Elastaania käytetään sekoitteena, jossa elastaani sekoitetaan muiden kuitujen kanssa jo kehruuvaiheessa. Elastaania käytetään kankaissa, neuleissa ja verkoissa. Auringon ultraviolettisäteily vaurioittaa kuitua, joten tuote tulisi kuivata varjossa. /1, s. 312–315/

12 Testaus

Opinnäytetyön empiirinen osa alkoi mittauslaitteiston rakentamisella. Standardien mukaista laitteistoa ei saatu koottua integroivan pallon puuttumisen vuoksi. Integroivan pallon merkityksestä ja toimintaperiaatteesta kerrottiin luvussa 5.2.

12.1 Mittalaitteisto

Säteilyn intensiteetin mittaamiseen käytettiin jo fysiikan laboratoriossa olemassa olevaa spektrometriä ja sen oheislaitteita. Lamppu, 35-wattinen Ksenon L2173, hankittiin työtä varten. Verraten muihin lamppuihin Ksenon L2173 -lamppu simuloi parhaiten auringonvalon spektriä. Näytteenpidike kehiteltiin tekstiililaboratorion testausapuvälineistä.

Komponentit kiinnitettiin alumiinirunkoon, jossa anturin paikkaa voitiin säädellä mikrometripyörällä (kuvio 25). Mikrometripyörä mahdollisti anturin säädön horisontaalisessa ja vertikaalisessa tasossa. Ensinnäkin etsittiin sopiva etäisyys anturin ja säteilylähteen välille sekä niille sopivat koordinaatit, niin että lampun suoraksi säteilytehoksi saatiin noin $20 \mu\text{W}/\text{m}^2$. Lopuksi selvitettiin mittausaika, jolla spektrometri mittasi halutun aallonpituusalueen.



Kuvio 25: Opinnäytetyössä käytetty mittalaitteisto

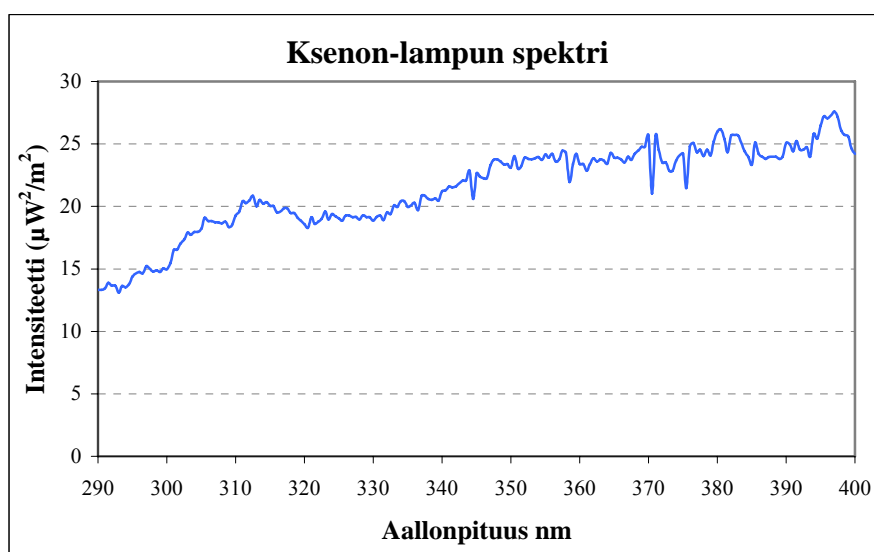
12.1.1 Ksenon L2173- lamppu

Ksenon- lamppu kehittää korkean paineen, joka saa aikaan erittäin kirkkaan valon (kuvio 26). Valon spektri on samankaltainen kuin auringon spektri maan päällä. /28/



Kuvio 26: Säteilylähde Ksenon L217 -lamppu

Ksenon-lamppu antaa jatkuvan spektrin 190–2600 nm:n välillä (kuvio 27). Sen tuottama UVC-säteily suodatetaan pois boorisilikaatti eli Pyrex-lasilla, jonka raja-aallonpituus on ~290–300 nm. /28/

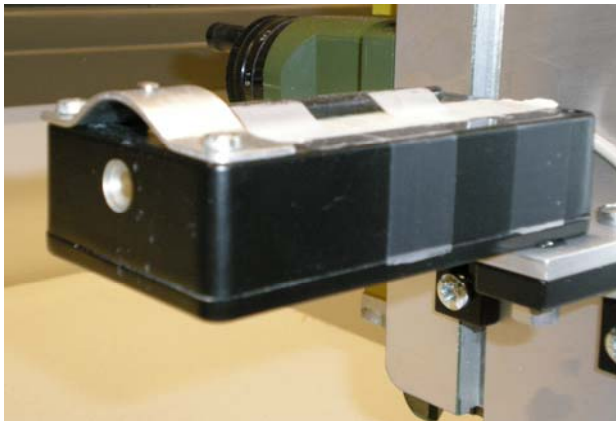


Kuvio 27: Opinnäytetyössä käytetyn lampun spektri

Lamppu tuottaa myös voimakkaita spektrikomponentteja, jotka poikkeavat auringon spektristä. Spektrikomponentit sijaitsevat infrapunasäteilyn (IR) alueella, joten ne eivät häiritse UV-alueen mittauksia. Boorisilikaatti suodattaa myös IR-säteilyn. Infrapunasäteilyn korkea lämpötila voi muuttaa laitteiston optiikan ominaisuuksia, kuten läpäisykertoimia ja rajataajuuksia. /28/

12.1.2 Solatell-laitteisto

Säteilyn vastaanottolaitteisto koostui Solatell-merkkisestä mittalaittekokonaisuudesta, johon kuuluvat: Sola-Sensor, Sola-Scope ja Sola-Term. Sola-Sensor on UV-spektrometri, joka mittaa säteilyn intensiteettiä 240–425 nm:n alueelta 0,5 nm:n välein (kuvio 28). Sola-Scope on kannettava graafinen näyttölaite, joka ilmaisee Sola-Sensorilla kerätyn intensiteetin lukemat ja tallentaa ne. Sola-Scopen tallentamat tiedot voidaan ladata PC:lle. Sola-Term on tietokoneohjelma, joka vastaanottaa datan Sola-Scopesta. /12/



Kuvio 28: UV-spektrometri Sola-Sensor

Spektrometri koostuu kollimaattorista, hajotusjärjestelmästä, mahdollisista objektiiveista ja mittaaselementeistä. UV-spektrometri mittaa kerrallaan yhden pisteen heijastusspektrin, eli laitteen anturin avauskulmaan osuvan kohteen heijastaman säteilyn intensiteetin aallonpituuden funktiona. Spektri aikaansaadaan prismalla, hilalla tai interferometrillä. Hilat ovat uurrettuja lasista tms. aineesta tehtyjä levyjä, jotka

kykenevät hajottamaan valoa eli tuottamaan spektrin. Nykyaikaiset spektrometrit jakavat valon spektriä erittäin suurella tarkkuudella. Tämän ominaisuuden vuoksi niiden avulla voidaan esimerkiksi tunnistaa erilaisia materiaaleja. Spektrometrejä käytetään laboratoriotutkimuksissa sekä tähtien, auringon ja muiden säteilylähteiden tutkimisessa. /12/

12.2 Mittauksen suorittaminen

Mittaukset suoritettiin tilassa, jossa ei ollut ulkopuolisia häiritseviä valonlähteitä. Näytteenpidike oli asennettu Ksenon-lampun ja spektrometrin väliin, jotka oli asetettu 11,5 cm:n etäisyydelle toisistaan. Materiaalit oli leikattu näytteenottoperiaatetta noudattaen 10x10 cm:n paloihin, ja paloista oli ensin määritetty neliömassat SFS-EN 12127:n mukaan, sekä sidokset ja tiheydet. Näytteenpidike painettiin pöydällä lepotilassa olevan testikangaspalan päälle niin että kangas tarttui pidikkeen liimapintaan kiinni. Näin välttyttiin tahattomalta kankaan venyttämislähteen. Kaikki näytekankaat testattiin loimensuuntaan vertikaalissa. Mittausajaksi valittiin 8 sekuntia, koska siinä ajassa spektrometri ehti kerätä säteilyn intensiteetin koko halutulta aallonpituusalueelta.

Näytteenpidike asetettiin paikalleen, ja kankaan taakse asennettu spektrometri keräsi säteilylähteestä tulevan UV-säteilyn intensiteetin. Sola-Sensor-spektrometrin keräämä data tallennettiin Sola-Scope-näyttölaitteeseen, josta se siirrettiin PC:lle. Sola-Term-ohjelmasta mittaustulos siirrettiin Exceliin, ja siellä edelleen UPF:n laskukaavan mukaan laadittuun kaavapohjaan. Esimerkki UPF-arvon laskennasta on liitteenä 1, ja laskentaperiaatteesta kerrotaan tarkemmin seuraavassa kappaleessa. Jokaisen testikankaan kaksi näytepalaa mitattiin kolmesta eri kohdasta, joten jokaiselle kankaalle saatiin laskettua kuusi UPF-arvoa. Lopullinen UPF määritettiin näiden keskiarvona. Jokaisen testipalan kohdalla mitattiin erikseen myös pelkän lampun eli suoran säteilyn intensiteetti, jota käytettiin laskennassa. Mittaus ja laskenta suoritettiin samalla periaatteella testipaloille, kun ne oli pesty hoito-ohjeiden mukaisesti 1, 5, ja 10 kertaa. UPF-arvo mitattiin testipaloista, kun ne oli kiinnitetty näytteenpidikkeeseen venytettynä 20 % alkuperäislevydestään kuteen suuntaan. Mittausten tuloksina saadut UPF-arvot on koottu taulukoihin liitteeksi 2.

12.3 Laskentaperiaate

Tekstiilin suojakerroin eli UPF-arvo lasketaan suoran säteilyn tehon ja välikappaleen eli tekstiilin läpi pääsevän säteilyn tehon suhteesta. UPF:n laskentakaava on esitelty luvussa 6.

$$UPF = \frac{\sum_{\lambda=290}^{\lambda=400} E(\lambda)\varepsilon(\lambda)\Delta\lambda}{\sum_{\lambda=290}^{\lambda=400} E(\lambda)\Gamma(\lambda)\varepsilon(\lambda)\Delta\lambda} \quad (\text{yhtälö 3})$$

UPF:n laskukaavassa jakoviivan yläpuolella yhteenlasketaan jokaisen aallonpituuden (välillä 290–400) kohdalla kerrottu spektraalinen säteilyvoimakkuus $E(\lambda)$ suhteellisella spektraalisella punoitusherkkyyskertoimella $\varepsilon(\lambda)$ ja näytteenottovälillä $\Delta\lambda$, joka tässä tapauksessa oli 1 nm. Sekä spektraalinen säteilyvoimakkuus (Albuquerqueen viitespektri) että suhteellinen spektraalinen punoitusherkkyys saatiin EN 13758-1- standardin liitteenä olevista taulukoista. Arvot ovat erilaiset jokaisella aallonpituudella. Viitespektriä ei ollut saatavilla kirjallisuudessa 0,5 nm:n välein, joten laskennassa käytettiin mittauksissa 1 nm:n välein saatuja intensiteetin arvoja.

Jakoviivan alapuolella yhteenlasketaan myös edellisten tulo kerrottuna vielä suoran säteilyn intensiteetin ja kankaan läpi pääsevän säteilyn intensiteetin suhteella, jotka saatiin mittaustuloksina. Nämä saadut summat jaetaan keskenään, ja tulokseksi saadaan UPF-arvo.

13 Tulosten tarkastelu ja arviointi

Standardeissa, joissa suurimpana UPF-arvona ilmoitetaan 50+, itse UPF-mittaustulos voi olla useita satoja. Tässä opinnäytetyössä UPF-arvot ilmoitetaan sellaisinaan, eikä niitä luokitella standardien merkintäkategorioiden mukaisesti.

13.1 Vihreä paita

Materiaali 1 eli vihreä paita oli huokoista polyesteripikeesidosta. Rakenteessa oli selviä aukkoja, minkä vuoksi yksittäiset mittaustulokset vaihtelivat suuresti. Polyesteri ei kutistu pesussa, minkä vuoksi pesujen ei pitäisi vaikuttaa suojakertoimeen. Testaustulokset tukevat edellistä, sillä tuloksia uuden ja pestyjen testipalojen välillä voidaan pitää samankaltaisina. Venytetyn materiaalin suojaavuus oli heikompi kuin lepotilassa olevan materiaalin, koska venytettäessä pikeesidoksen huokoisuus kasvaa. Polyesteri materiaalina on yleensä hyvä suoja UV-säteitä vastaan, koska raaka-aine sisältää titaanidioksidia, mikä absorboi UV-säteitä. Taulukossa 4 on materiaalin 1 tulokset. Uusi kangas -sarakeessa on ilmoitettu pesemättömän kankaan UPF-arvo. Seuraavat sarakkeet ilmoittavat UPF-arvon yhden, viiden ja kymmenen pesukerran jälkeen. Venytetty-sarakeessa materiaalia on testattu venytettynä kuteen suuntaan 20 % alkuperäisleveydestä.

Taulukko 4: Vihreän paidan tulostaulukko

Materiaalinro	UPF				
	uusi kangas	1 pesu	5 pesua	10 pesua	venytetty
1	88	101	89	103	69

13.2 Ruskea paita

Materiaali 2 eli ruskea paita oli rakenteeltaan tiivistä polyesterisidosta. Tiiviistä pikeerakenteesta huolimatta sidoksessa oli havaittavissa aukkoja. Materiaalin suojaavuus laski pesukertojen myötä. Tulosten vaihtelun syynä oli todennäköisesti spektrometrin valitsema hyvin pieni mittauskohde. Jos materiaalin pintarakenteessa on

havaittavissa vaihtelevuutta, tuloksetkin saattavat vaihdella, koska mittausalue vaihtelee aukkojen ja tiiviin rakenteen välillä. Taulukossa 5 on materiaalin 2 testaustulokset.

Taulukko 5: Ruskean paidan tulostaulukko

Materiaalinro	UPF				
	uusi kangas	1 pesu	5 pesua	10 pesua	venytetty
2	119	69	79	92	52

13.3 Punainen paita

Materiaali 3 eli punainen paita oli rakenteeltaan hyvin tiivistä ja tasaista sileää polyamidi-elastaanineulosta. Polyamidi materiaalina antaa hyvän suojan UV-säteitä vastaan, koska raaka-aine sisältää titaanidioksidia, mikä absorboi UV-säteitä. Punaisen poolopaidan suojaavuus oli huomattavan suuri verrattaessa aiempiin materiaaleihin. Ensimmäisen pesun jälkeinen alhainen mittaustulos on selitettävissä laitteen epätarkkuudella. Kymmenen pesukerran jälkeen suojaavuus alkaa laskea, koska materiaali alkaa kulua. Venytettäessä materiaalin suojaavuus heikkenee huomattavasti. Taulukossa 6 on materiaalin 3 tulokset.

Taulukko 6: Punaisen paidan tulostaulukko

Materiaalinro	UPF				
	uusi kangas	1 pesu	5 pesua	10 pesua	venytetty
3	871	473	815	782	135

13.4 Ruskea raidallinen paita

Materiaali 4 eli ruskea raidallinen paita oli ohutta ja tiheää sileää polyamidineulosta. Uuden kankaan ja pestyjen kankaiden tulosten välillä ei ollut suuria poikkeamia. Kymmenen pesukerran jälkeen materiaali alkaa kulua ja suojaavuus heikkenee. Ohutta neulosmateriaalia venytettäessä mittaustulokset heikkenevät paljon verrattaessa mittaustuloksiin, mitkä on saatu materiaalin ollessa lepotilassa. Taulukossa 7 on materiaalin 4 tulokset.

Taulukko 7: Ruskean raidallisen paidan tulostaulukko

Materiaalinro	UPF				
	uusi kangas	1 pesu	5 pesua	10 pesua	venytetty
4	550	625	680	546	67

13.5 Vaaleat housut

Materiaali 5 eli vaaleat housut oli kudottua tiheää toimikassidosta. Vaaleat housut oli valmistettu polyesterista ja puuvillasta. Uuden kankaan ja kerran pestyn kankaan välillä ei ollut havaittavissa muutoksia, mutta kangas alkoi jo 5 pesukerran jälkeen menettää suojaavuuttaan. Kymmenen pesukerran jälkeen suojaavuus heikkeni edelleen. Materiaali 5 on kudottua kangasta, joten sitä ei voitu testata venytettynä. Taulukossa 8 on materiaalin 5 tulokset.

Taulukko 8: Vaaleiden housujen tulostaulukko

Materiaalinro	UPF				
	uusi kangas	1 pesu	5 pesua	10 pesua	venytetty
5	551	549	411	397	

13.6 Housuhame

Materiaali 6 eli housuhame oli kudottua tiheää palttinasidosta. Housuhame oli valmistettu puuvillan, polyesterin ja polyamidin sekoitteesta. Ensimmäisen pesukerran jälkeen materiaali oli kutistunut pesussa, mikä selittää suojaavuusarvon paranemisen. Materiaalin suojaavuus kuitenkin heikkeni jo 5 pesukerran jälkeen. Kymmenen pesukertaa heikensi suojaavuusarvoa edelleen. Materiaali 6 on kudottua kangasta, joten sitä ei voitu testata venytettynä. Taulukossa 9 on materiaalin 6 tulokset.

Taulukko 9: Housuhameen tulostaulukko

Materiaalinro	UPF				
	uusi kangas	1 pesu	5 pesua	10 pesua	venytetty
6	538	783	559	482	

13.7 Vaalea trikoo

Materiaali 7 eli vaalea trikoo oli valkaisuamatonta ja värjäämätöntä sileää puuvillaneulosta. Puuvilla kutistuu pesussa, mikä näkyy pesun jälkeen materiaalin suojaavuuden paranemisena. Pesukertojen myötä mittaustulokset paranevat. Materiaalia venytettäessä suojaavuus heikkenee huomattavasti. Taulukossa 10 on materiaalin 7 tulokset.

Taulukko 10: Vaalean trikoon tulostaulukko

Materiaalinro	UPF				
	uusi kangas	1 pesu	5 pesua	10 pesua	venytetty
7	368	412	741	706	48

13.8 Punainen trikoo

Materiaali 8 eli punainen puuvillatrikoo oli rakenteeltaan sileää neulosta. Mittaustuloksista voidaan huomata materiaalin kutistuminen pesussa, mistä johtuen materiaalin suojaavuus paranee jo ensimmäisen pesun jälkeen. Materiaalia venytettäessä suojaavuus heikkenee huomattavasti. Taulukossa 11 on materiaalin 8 tulokset.

Taulukko 11: Punaisen trikoon tulostaulukko

Materiaalinro	UPF				
	uusi kangas	1 pesu	5 pesua	10 pesua	venytetty
8	291	513	361	757	44

13.9 Musta trikoo

Materiaali 9 eli musta puuvillatrikoo oli sileää neulosta. Materiaali kutistuu pesussa, mikä parantaa materiaalin suojaavuutta. Pesukertojen myötä mittaustulokset paranevat aina 5 pesukertaan asti. Pesukertojen ollessa 10 materiaalin suojaavuus alkaa heikentyä.

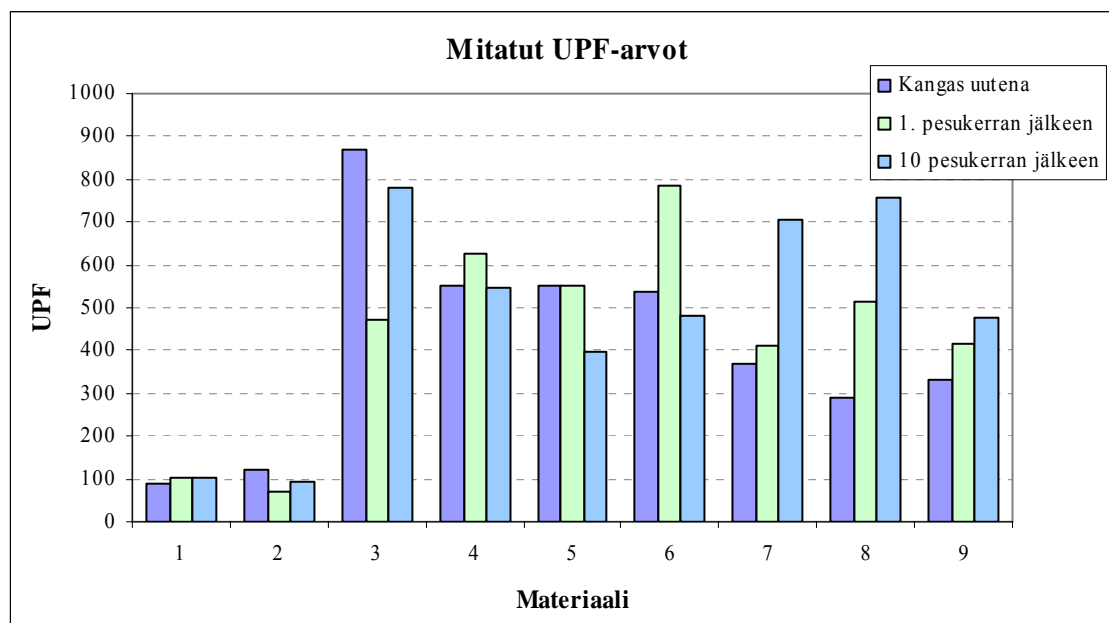
Suojaavuus heikkenee huomattavasti myös materiaalia venytettäessä. Taulukossa 12 on materiaalin 9 tulokset.

Taulukko 12: Mustan trikoon tulostaulukko

Materiaalinro	UPF				
	uusi kangas	1 pesu	5 pesua	10 pesua	venytetty
9	331	418	616	478	29

13.10 Tulosten vertailu

Kuviosta 29 voi havaita materiaalien 1 ja 2 olevan heikoimpia UV-suojaavuudessa. Referenssikankaat uutena ovat heikompia UV-suojaavuudessa kuin materiaalit 3, 4, 5 ja 6. Pesukerrat kuitenkin lisäsivät referenssikankaissa UPF-arvoa selvästi enemmän kuin muissa materiaaleissa. Kuviosta 29 on kaikkien testattujen materiaalien UPF-arvot sekä uusina että 1 ja 10 pesun jälkeen.

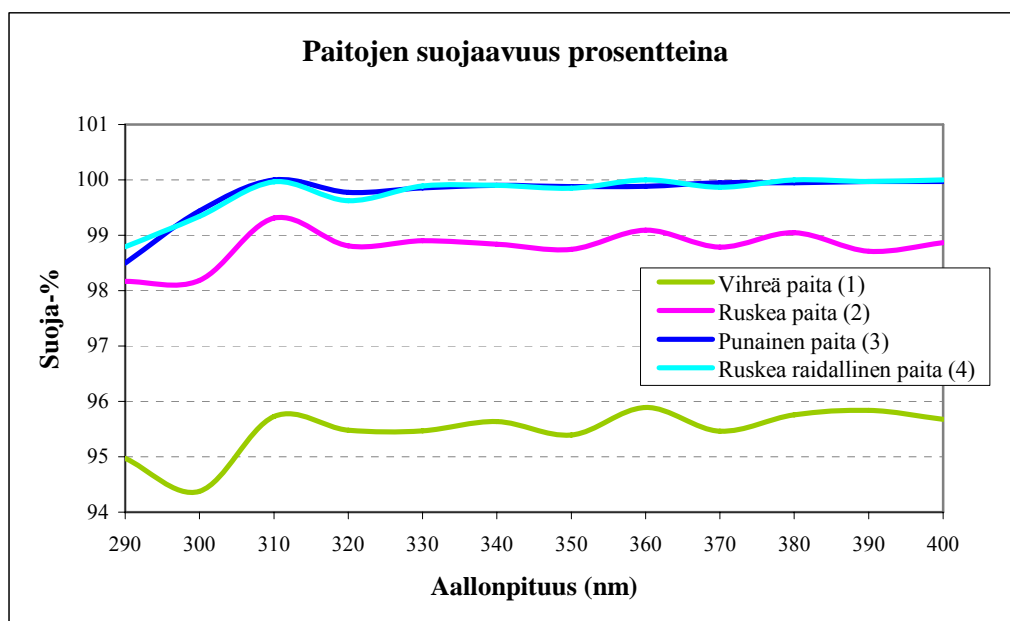


Kuvio 29: Testimateriaalien UPF-arvot

Mittausten mukaan testatuista materiaaleista parhaiten UV-suojaa antaa materiaali numero 3, eli punainen paita. Tämän voisi arvata pelkästään materiaaleja tunnustellessa. Punaisen paidan sidos on tiheää ja paksuhkoa, ja lisäksi punaisen voimakkaiden sävyjen

tiedetään antavan UV-suojaa. Punaisen paidan materiaalin kaupp nimi on Rukka a.w.s Sun, jonka sanotaan antavan suojaa auringon polttavilta UVA- ja UVB-säteiltä. Sen sanotaan myös siirtävän tehokkaasti kehosta haihtuvaa kosteutta ja estävän hikitahrojen syntymistä. Materiaalin UV-suojaperiaatteesta ei saatu tietoa, koska valmistaja pitää sitä tuotesalaisuutena.

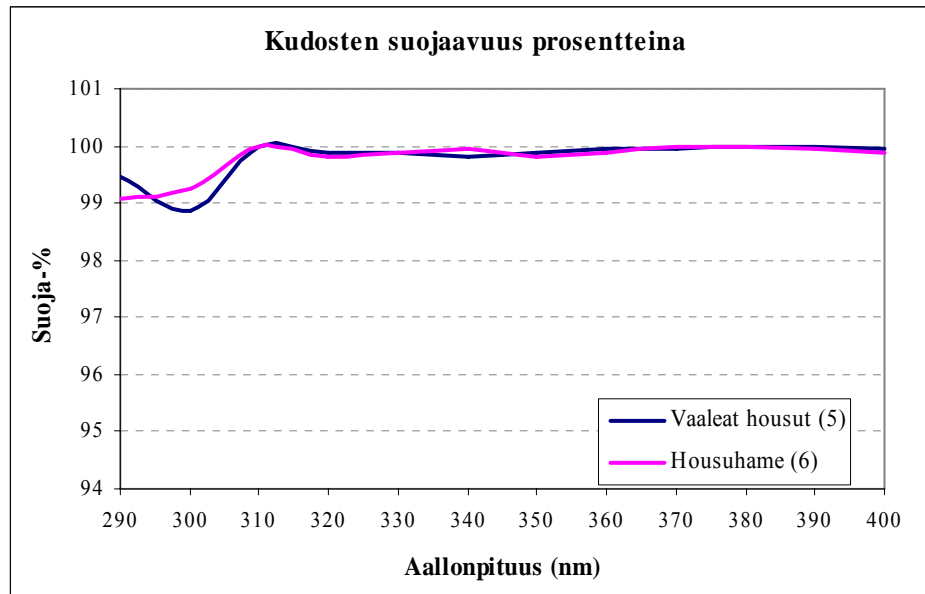
Materiaali 1 ja 2 olivat molemmat pikeeneulosta. Niistä materiaali 2 antoi paremman UV-suojan, mikä selittyy osin tiheämmästä rakenteesta ja suuremmasta neliömassasta, ja osin siitä, että sen materiaali oli myös a.w.s. Sun-kangasta. Pikeesidoksen vuoksi nämä materiaalit antoivat kuitenkin vähäisimmät UV-suojat verrattuna muihin testattuihin materiaaleihin. Pikeesidoksessa oli havaittavissa aukkoja, joista säteily pääsee läpi. Venytettynä tosin sileät puuvillaneulokset (materiaalit 7, 8 ja 9) antoivat alhaisemman UV-suojan kuin pikeeneulokset. Kuviossa 30 on esitetty materiaalien 1, 2, 3 ja 4 UV-säteiltä suojaavuus prosentteina.



Kuvio 30: Paitojen UV-säteiltä suojaavuus prosentteina

Materiaalit 4, 5 ja 6 antoivat suunnilleen samanlaiset UV-suojat. Materiaali 4 oli tiheä, sileä neulos, materiaali 5 oli toimikaskudos ja materiaali 6 oli palttinakudos. Neliömassat materiaalissa 4 ja 6 olivat lähes samanlaiset, materiaali 5 oli vähän

ohuempi. UPF-arvojen samankaltaisuus selittyy osin kankaiden painolla. Suurin UPF-arvoihin vaikuttava tekijä oli kankaiden tiheys. Materiaali 4 oli myös a.w.s Sun-kangasta, ja se sisälsi suurimmaksi osaksi polyamidia, jonka tiedetään absorboivan hyvin UV-säteitä sisältämänsä titaanidioksidin vuoksi. Kuviossa 30 on esitetty materiaalien 5 ja 6 UV-säteiltä suojaavuus prosentteina.

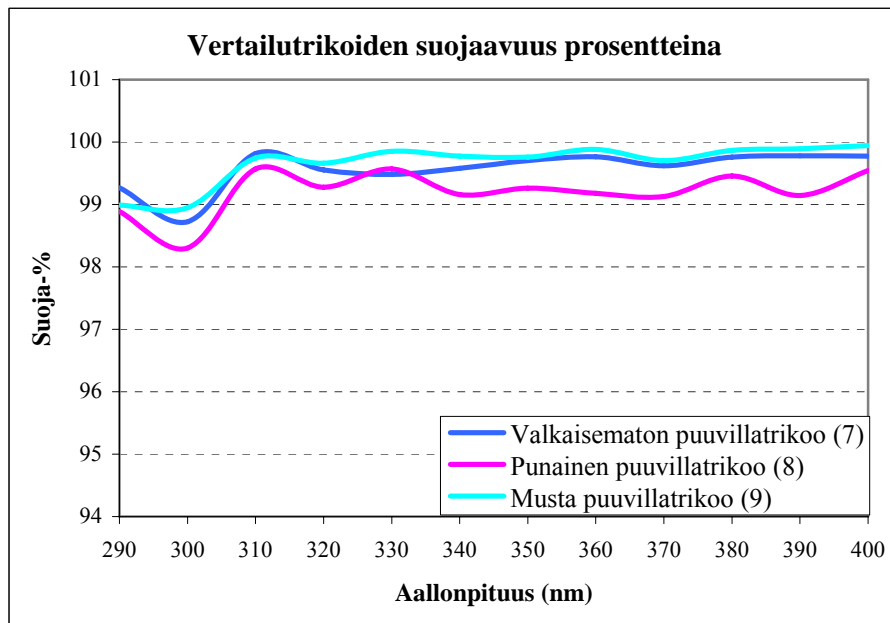


Kuvio 31: Kudosten UV-suojaavuus prosentteina

Materiaalit 7, 8 ja 9 olivat erikseen hankittuja referenssikankaita, joita valittaessa haluttiin hankkia kolme samanlaista kangasta erivärisinä. Aikaisempien tietojen mukaan vaalean värjäämättömän puuvillaneuloksen (materiaali 7) olisi voinut odottaa tarjoavan alhaisemman suojan kuin saman materiaalin värjätyt versiot. Se kuitenkin läpäisi vähiten UV-säteitä. Tämä antaa aihetta miettiä, heijastaako valkoinen väri enemmän UV-säteitä takaisin tekstiilinpinnasta. Optisten kirkasteiden rooli varsinkin vaaleiden kankaiden UV-suojaavuudessa on ilmeinen. Valkaisuaineiden merkityksestä UV-suojaavuudessa ei lähdetiedoista saatu tietoa. Viimeistysaineiden todettiin parantavan UV-suojaa. Puuvilla käy valmistuksen aikana useampia käsittelyjä läpi esikäsitteily-, värjäys- ja viimeistysvaiheessa tekokuituihin verrattuna. Näiden aineiden yhteisvaikutuksella voisi olla UV-suojaa parantava vaikutus.

Puuvilla kuituna päästää UV-säteitä helposti läpi, minkä vuoksi puuvillakankaat suojaavat heikosti UV-säteilyltä. Referenssimateriaalit saivatkin heikoimmat UPF-arvot

verrattuna muihin testimateriaaleihin. Ne olivat kankaista kuitenkin ainoita, joiden suojaavuus nousi merkittävästi pesujen myötä. Tämä johtuu puuvillalle ominaisesta kutistumisesta. Kuviossa 31 on vertailutrikoiden eli materiaalien 7, 8 ja 9 UV-säteiltä suojaavuus prosentteina.



Kuvio 32: Vertailutrikoiden UV-säteiltä suojaavuus prosentteina

Kuvaajista voi havaita kaikkien materiaalien kohdalla UV-suojan olevan alhaisin aallonpituusalueella 290–300 nm. Ultraviolettisäteilyn lyhytaaltoisen pään säteet ovat korkeaaenergiaisempia kuin pitkäaaltoisen pään, joten ne läpäisevät tekstiilin paremmin. UPF-laskennassa tämä on otettu huomioon kaavassa käytetyn punoituserkkyyskerroimen avulla. Punoituserkkyyskerroin on suurempi lyhytaaltoisen säteilyn kohdalla kuin pitkäaaltoisen.

14 Testauksen epävarmuustekijät ja kehitysideat

Opinnäytetyön kehitysideat liittyvät suurimmaksi osaksi standardeihin ja käytettyyn mittalaitteistoon. Testauksessa ilmenneistä epävarmuustekijöistä yksi oli mittalaitteiston eri komponenttien kiinnitys, mihin kiinnitettiin paljon huomiota laitteiston soveltuvuusmittauksissa. Mittalaitteiston komponenttien kiinnitys tuli olla vakaa. Mittalaitteistoon kuuluvien komponenttien tuli pysyä samassa asennossa koko testisarjan ajan. Spektroradiometrimittausten tarkkuuteen vaikuttavat myös kalibrointi ja spektroradiometrin lämpötilaherkkyys.

Mittalaitteiston kehittäminen standardin mukaiseksi on erittäin tärkeä asia. Standardin mukainen mittalaitteisto mahdollistaisi standardin mukaisten UPF-arvojen ilmoittamisen ja vertailun muualla tehtyjen tutkimusten kanssa. Opinnäytetyössä testattujen materiaalien UPF-arvot eivät ole verrattavissa standardien mukaisiin UPF-arvoihin. Työssä käytetty mittalaitteisto mahdollisti vain vertailevan tutkimuksen teon.

Standardin mukaiseen laitteistoon kuuluu integroiva pallo, mikä ottaa huomioon myös säteiden sironnan. Opinnäytetyössä integroivaa palloa ei käytetty, minkä vuoksi säteet pääsivät leviämään eri suuntiin, ja näytämateriaaliin kohdistui vain osa säteistä. Tämä selittää osaksi suuret arvot mitatuissa UPF-luvuissa. Todellisuudessa auringon ultraviolettisäteily kohtaa ihmisen päällä olevan vaatteen useassa eri kulmassa. Tämän vuoksi spektroradiometriset mittaukset tulisi suorittaa kääntäen säteilylähdettä kankaaseen nähden niin, että säteilyn tulokulmia olisi useampia 0–180 asteen välillä. Mittalaitteistoa voisi kehittää liikkuvalla säteilylähteen kulmapenkillä.

Mittalaitteiston anturin avauskulmaa pitäisi suurentaa optisten linssien avulla. Optisen linssin tulisi olla kvartssia, joka ei suodata UV-säteitä. Anturin avauskulman ollessa suurempi materiaalinäyte pystyttäisiin testaamaan suuremmalta alueelta. Näin saataisiin todellisempaa tietoa tekstiilin UV-säteilyn läpäisystä.

Standardien erilaisuus vaikeutti opinnäytetyön tekemistä, koska mittaustavat eivät ole yhtenäisiä. UPF-arvojen vertailu on mahdotonta, jos testaus on tehty eri standardien

mukaan. Markkinoilla on vaatteita, joiden ilmoitetaan suojaavan UV-säteiltä ilman minkäänlaisia lukuarvoja. Tämä ei anna kuluttajille arvokasta tietoa, koska kaikki tekstiilit suojaavat jonkin verran auringon valolta. Tämän vuoksi vaateen olemassa olevan suojakertoimen mittaaminen ja ilmoittaminen on aiheellista. Suojakertoimen määrittämisessä standardin noudattaminen on tärkeää, jotta vaatekappaleita voidaan verrata keskenään UPF-arvojen perusteella. Aiheeseen laadituista standardeista pitäisi kansainvälisesti valita vain yksi, jota käytettäisiin ympäri maailmaa.

Myytavissä vaatteissa on joskus ilmoitettu UPF-arvo, muttei tietoa siitä, minkä standardin mukaan vaate on testattu. Jos standardia on käytetty, olisi erittäin tärkeää ilmoittaa se vaateen myyntilapussa. Myös mahdolliset mittauksia ennen suoritettut pesukerrat ja kulutusmäärät tulisi ilmoittaa tarkasti. Näitä tietoja kuluttajan on hyvin vaikea saada, koska tutkimuslaitokset pitävät tietoja salaisina.

Kun UPF-arvot on ilmoitettu standardiin pohjautumatta, ovat ne hyvin epämääräisiä ja tekstiilin todellinen UV-suojaominaisuus jää epäselväksi.

Vaatteiden tuotekehitystyössä hyvät UV-suojaominaisuudet saavutettaisiin pienelläkin vaivalla. Tutkimusten mukaan suhteellisen ohut T-paitaneulos yksinkertaisena päästää paljon UV-säteilyä läpi, mutta sama neulos kaksinkertaisena saa huomattavasti paremman UPF-arvon. Kasvanut UPF-arvo voisi innostaa optimoimaan vaateen rakenteen antamaan maksimisuojan yksinkertaisella tavalla esimerkiksi käyttämällä kangasta kaksinkertaisena aroissa vartalonkohdissa, kuten olkapäissä. UV-suojavaatteissa tulisi suosia tekokuituja, joilla on hyvä UV-säteiltä suojaava ominaisuus. Luonnonkuiduissa hyvä vaihtoehto puuvillan sijaan olisi hamppu.

15 Loppusanat

Kaikilla vaatteilla on olemassa jonkinlainen UV-säteiltä suojaava ominaisuus, vaikka UPF-arvoa ei ilmoitettaisi vaatteessa. Suojakertoimen ilmoittaminen antaa vaatteelle lisäarvoa. Kevyet, tiheään kudotut vaatekappaleet voivat hyvinkin antaa UPF-arvon 50+ ilman, että valmistajan tarvitsee muuttaa tuotetta mitenkään.

Ilmastonmuutoksen myötä ihon suojaaminen tulee koko ajan tärkeämmäksi, ja vaatteiden valmistajien tulisi kiinnittää ihmisten vaihtuviin tarpeisiin enemmän huomiota. UPF-arvon saaneita tuotteita on jo markkinoilla, mutta vähäisessä määrin. Kuluttajien tietoisuutta pitäisi laajentaa ultraviolettisäteilyltä suojautumisen tärkeydestä.

Yleinen väärä käsitys kuluttajilla on esimerkiksi, että valkoinen T-paita suojaa tarpeeksi UV-säteilyltä niin, että se päällä voi turvallisesti vaikka uida. Märkänä ja venyneenä materiaalin suojakerroin on kuitenkin olemattoman pieni, ja vedessä UV-säteiden vaarallisuus kasvaa heijastuksen vuoksi. Aurinkovarjojen uskotaan myös antavan tarpeeksi UV-suojaa varjon alla nukkuvalla lapselle. Aurinkovarjot suodattavat kuitenkin vain osan haitallisista säteistä.

Ultraviolettisäteilyn aiheuttamiin sairauksiin voidaan vielä vaikuttaa ehkäisevällä toiminnalla. Ihon suojaaminen UV-säteiltä vaikuttaa tulevaisuudessa kansanterveydelliseen ja -taloudelliseen taakkaan.

LÄHTEET

Painetut lähteet

1. Boncamber, Irma 2004. Tekstiili oppi: kuituraaka-aineet. 2. korjattu p. Saarijärvi:Hämeen ammattikorkeakoulu.
2. Forss, Maija, 1993. Tekstiilivärjäyksen uusia tuulia. Helsinki: Painatuskeskus Oy.
3. Gorenssek, Marija & Recelj Petra 2007. Nanosilver Functionalized Cotton fabric. Textile Research Journal 7/2007.
4. Hannuksela, Matti 2006. Hyvä, paha aurinko. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.
5. Hatch, Kathryn L. 1993. Textile science. United States of America: West publishing company.
6. Hietanen, Maila & Hoikkala, Matti 1982. Ultraviolettisäteily. Helsinki: Työterveyslaitos.
7. Hurme, Maisa 1996. Toimiva työ- ja suojavaatetus. Helsinki: Työterveyslaitos.
8. Lassus, Allan 1991. Valoa iholle: Valo on nautintoaine. Uskallatko nauttia siitä? Juva: Wsoy.
9. Lacasse, K & Baumann, W 2004. Textile Chemicals. Environmental Data and Facts. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin.
10. Schindler, W.D. & Hauser, P.J 2004. Chemical Finishing of Textiles. Cambridge: Woodhead Publishing.
11. SFS-EN 13758-1. 2007. Tekstiilit. Auringon ultraviolettisäteilyltä suojaavat ominaisuudet. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
12. Solatell-käyttöohje. Labtronic Oy.

Sähköiset lähteet

13. Allen, Michael W. & Bain, Gordon 2008. Measuring the UV Protection Factor of Fabrics. [online]. [viitattu 21.1.09].
www.thermo.com/eThermo/CMA/PDFs/Articles/articlesFile_6716.pdf
14. Aurinkomatkat. Ihotyypitaulukko. [online]. [viitattu 20.3.09].
<http://213.157.69.145/aurinkomatkat/iho/html/ihotyypitaulukko.html>
15. Bain, Gordon. Integrating Sphere Diffuse Reflectance Technology for use with UV-Visible Spectrophotometry. [online]. [viitattu 21.1.09].
www.thermo.com/eThermo/CMA/PDFs/Articles/articlesFile_6716.pdf
16. Coloria.net. [www-sivu]. [viitattu 13.01.09]. Saatavissa:
<http://www.coloria.net/varjays/elaimet.htm>
17. Columbia Sportswear Company. [www-sivu]. [viitattu 7.4.09]. Saatavissa:
<http://www.columbia.com/>

18. Coolibar Quality Sun Protection. [www-sivu]. [viitattu 10.2.09]. Saatavissa: www.coolibar.com
19. Diffey, BL 2002. Sources and Measurement of Ultraviolet Radiation. A Service of the U.S National Library of Medicine and the National Institutes of Health. [online]. [viitattu 10.01.09]. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12231182?ordinalpos=18&itool=EntrezSystem2.PEntrez.Pubmed.Pubmed_ResultsPanel.Pubmed_DefaultReportPanel.Pubmed_RVDocSum
20. Duodecim Terveyskirjasto. [www-sivu]. [viitattu 13.01.09]. Saatavissa: <http://www.terveyskirjasto.fi/xmedia/duo/duo93214.pdf>
21. Edlich, Richard 2004. Revolutionary Advances in Sun-Protective Clothing- An essential Step in Eliminating Skin Cancer in our World. Journal on Long-Term Effects of Medical Implants 2/2004, 95-105. [online]. [viitattu 21.02.09]. <http://lib.store.yahoo.net/lib/coolibar/revolutionary.pdf>
22. Finlex Valtion Sääöstietopankki. [www-sivu]. [viitattu 7.4.09]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2002/20020294>
23. Fisher, David E. 2006. New insight into skin-tanning process suggests novel way of preventing skin cancer. [www-sivu]. [viitattu 31.3.09]. Saatavissa: <http://www.dana-farber.org/abo/news/press/2006/new-insight-into-skin-tanning-process-suggests-novel-way-of-preventing-skin-cancer.html>
24. Helsinki.fi. [www-sivu]. [viitattu 8.2.09]. Saatavissa: <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/aineistot/metallit/uv-titaani.htm>
25. Meditex Oy. [www-sivu]. [viitattu 15.2.09]. Saatavissa: www.meditex.fi/
26. Mustonen, Riitta. Säteily ja solu - solun toiminta on monimutkaista ja tarkoin säädeltyä. [online]. [viitattu 05.3.09]. <http://www.tsv.fi/ttapaht/011/mustonen.htm>
27. Nanowerk. [www-sivu]. [viitattu 23.3.09]. Saatavissa: <http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=912.php>
28. National Institute of Standards and Technology. [www-sivu]. [viitattu 1.4.09]. Saatavissa: <http://www.nist.gov/index.html>
29. Nozone Clothing Company. [www-sivu]. [viitattu 5.4.09]. Saatavissa: http://www.nozone.ca/noz_canada.htm
30. Nylstar. [www-sivu]. [viitattu 5.4.09]. Saatavissa: <http://www.nylstar.com/all/products/produ-uv.html>
31. Rukka / L-Fashion Group Oy. [www-sivu]. [viitattu 30.3.09]. Saatavissa: <http://www.rukka.com/lfashion/rukka/rukkawww.nsf>
32. Salminen, Kaisa 2002. Uv-lisäainekauppa kasvaa. Tekniikka&Talous. [online]. [viitattu 20.2.09]. <http://www.tekniikkatalous.fi/kemia/article28992.ece>

33. Sarkar, Ajoy K 2004. An Evaluation of UV Protection Imparted by Cotton Fabrics Dyed with Natural Colorants. [online]. [viitattu 12.03.09].
www.biomedcentral.com/1471-5945/4/15
34. Snellman, Erna 2002. Ultraviolettia taivaalta ja lampusta. [pdf]. [viitattu 15.3.09].
Saatavissa: <http://www.terveysportti.fi/xmedia/duo/duo93214.pdf>
35. SOL-Palvelut Oy. [www-sivu]. [viitattu 8.4.09]. Saatavissa: <http://www.sol.fi/>
36. Ilmatieteenlaitos. [www-sivu]. [viitattu 11.3.09]. Saatavissa: <http://www.fmi.fi/>
37. Valoihottumayhdistys Oy. Valolta suojautuminen: kesä piinaa valoherkkää. [www-sivu].
[viitattu 4.4.09]. Saatavissa:
<http://www.valoihottumayhdistys.info/uusi/index.php?itemid=5#vaatteet>
38. UV-standard 801. [www-sivu]. [viitattu 11.1.09]. Saatavissa: www.uvstandard801.de/