



PIENLENTOKONEEN SISUSTUK- SESSA KÄYTETTÄVÄT TEKSTIILIT

Heidi Soili

Opinnäytetyö
Joulukuu 2014
Paperi-, tekstiili-, ja kemian-
tekniikka
Tekstiilitekniikka

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Paperi-, tekstiili- ja kemiantekniikka
Tekstiilitekniikka

SOILI, HEIDI:

Pienlentokoneen sisustuksessa käytettävät tekstiilit

Opinnäytetyö 75 sivua, joista liitteitä 16 sivua
Joulukuu 2014

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli ottaa selvää ilma-aluksissa käytettävien sisustustekstiilien ominaisuuksista ja niille asetetuista vaatimuksista. Lisäksi tarkoituksena oli testata laatuominaisuuksia kahdesta lentokoneen sisustuksessa käytettävästä tekstiilistä. Opinnäytetyön teettäjä oli Tampereen ammattikorkeakoulun kone- ja tuotantotekniikan lehtori ja ilmailuharrastaja Jaakko Mattila. Opinnäytetyö liittyy Mattilan omistamaan nelipaikkaiseen Cessna M172 Skyhawk -pienlentokoneeseen, jota lentokoneerakenteisiin erikoistuneet kone- ja tuotantotekniikan opiskelijat kunnostavat projektityönä.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa on kerrottu lentokoneiden sisustuksessa käytettävistä tekstiileistä ja näihin tekstiileihin kohdistuvista vaatimuksista. Työssä on erityisesti keskitytty paloturvallisuuteen, joten työssä on esitelty tekstiilien palonestomateriaaleja, erilaisia palosuojauksessa käytettäviä kuituja sekä kerrottu tekstiilien palamiseen liittyvistä ominaisuuksista.

Kokeellinen osuus on suoritettu testaamalla kahta lentokoneen sisustuksessa käytettävää verhoilumateriaalia ja mattoa. Verhoilukankaista on testattu laatuominaisuuksia, joita olivat neliömassa, hankauksenkesto, nyppyyntyminen ja värien hankauksenkesto. Pääasiallisena tarkoituksena testauksissa oli kuitenkin materiaalien palo-ominaisuuksien selvittäminen. Palokäyttäytymistä testattiin verhoilukankaista ja matosta. Testaukset suoritettiin Tampereen ammattikorkeakoulun tekstiililaboratorion laitteistoilla vakio-koelosuhteissa.

Testaustuloksia verrattiin tanskalaisen teknillisen instituutin asettamiin luokitteluarvoihin. Tulosten vertailu osoitti, että ainakin testattujen laatuominaisuuksien perusteella materiaalit soveltuvat käytettäväksi lentokoneen sisustuksessa. Palo-ominaisuuksien testauksessa verhoilumateriaalien tai maton koepalat eivät jatkaneet palamista, joten ne ovat käytetyn testausmenetelmän perusteella paloturvallisia. Testaukset eivät kuitenkaan olleet ilmailuviranomaisten suosittelomia, joten palotestausten tulokset eivät takaa, että verhoilumateriaalit olisivat palo-ominaisuuksiltaan turvallisia käyttää ilma-aluksissa.

Testauksien lisäksi osana tätä opinnäytetyötä uudistettiin kunnostettavan pienlentokoneen istuimien verhoilu. Verhoilussa käytettiin toista testattua verhoilukangasta.

Asiasanat: pienlentokoneen tekstiilit, paloturvallisuus, tekstiilien palokäyttäytyminen

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree programme in Paper, Textile and Chemical Engineering
Textile Engineering

SOILL, HEIDI:
Upholstery Textiles Used in Light Aircrafts

Bachelor's thesis 75 pages, appendices 16 pages
December 2014

The aim of this bachelor's thesis was to search information about textiles that are used in aircrafts. There are textiles in seat covers, carpets and curtains and their features are strictly regulated. This thesis was part of project concerning the reconstruction of a light aircraft, commissioned by Jaakko Mattila, a lecturer of Tampere University of Applied Sciences. Reconstruction work was done by aircraft engineering students of TAMK.

The theoretical section consists of the requirements of textiles used in aircraft interiors. Textiles must be durable, light-weight and, above all, flame-resistant. The primary focus of the theoretical section was in the flammability properties of textiles.

In the empirical part, the quality properties of two aircraft interior fabric's were tested in the textile laboratory of TAMK. The determined properties were mass per unit area, abrasion resistance, pilling, colour fastness to rubbing and flammability properties. In addition to the testing process, the upholstery of the seat covers was remodelled and created by using one of the tested upholstery fabrics.

The test results were compared to the Upholstery Fabric Classification: 2013 of Danish Technological Institute. According to the results of quality properties, the tested fabrics are suitable for aircraft interiors. In flammability tests the flame extinguished itself, which indicates that tested fabrics are also flame-resistant. But these tests do not guarantee that the tested fabrics are safe to use in aircraft interiors.

Key words: aircraft interior textiles, flammability, burning behavior of textiles

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	PIENLENTOKONEET JA NIISSÄ KÄYTETTÄVÄT TEKSTIILIT	7
	2.1 Istuinverhoilu ja pehmusteet	7
	2.2 Seinä- ja kattoverhoilu	8
	2.3 Ääni- ja lämpöeristeet	8
3	ILMAILUVIRANOMAISIA	11
4	LENTOKONEISSA KÄYTETTÄVIEN TEKSTIILIEN VAATIMUKSIA.....	13
	4.1 Paloturvallisuus.....	14
	4.2 Palokaasujen myrkyttömyys ja haitattomuus	15
	4.3 Antistaattisuus.....	16
	4.4 Keveys	16
	4.5 Kuosi.....	17
	4.6 UV-valonkesto	17
	4.7 Homeenkesto	18
5	PALOSUOJAUS	19
	5.1 Palonestomateriaalit.....	19
	5.2 Pysyvästi palosuojatut tekstiilit	21
	5.2.1 Kuumuutta kestävät kuidut	21
	5.2.2 Modifioidut kuidut	22
	5.3 Ei-pysyvät palosuojaviimeistykset	23
	5.4 Palonestokemikaaleja.....	24
6	PALAMISEEN VAIKUTTAVAT OMINAISUUDET	25
	6.1 Tekstiilin raaka-aine ja kuitusisältö	25
	6.2 Kankaan ominaisuudet.....	26
	6.3 LOI-arvo	26
	6.4 Ilmailutiedotus AIR T1-10.....	28
7	STANDARDIT JA TESTAUKSET.....	30
	7.1 Neliömassa.....	31
	7.2 Hankauksenkesto	31
	7.3 Nyppyyntyminen	32
	7.4 Värien hankauksenkesto	33
	7.5 Palokäyttäytyminen	34
	7.5.1 Maton palotestaus.....	35
	7.5.2 Verhoilutekstiilien palotestaus.....	38
8	VAATIMUKSET JA RAJA-ARVOT.....	42
9	TESTAUKSIEN TULOKSET	44

9.1 Neliömassa.....	44
9.2 Hankauksenkesto	44
9.3 Nyppyntyminen	48
9.4 Värien hankauksenkesto	49
9.5 Palokäyttäytyminen	50
9.5.1 Matto	50
9.5.2 Verhoilukankaat	52
10 UUDEN KONEEN TEKSTIILIT	54
11 POHDINTA.....	56
LÄHTEET	57
LIITTEET	60
Liite 1. Materiaalinäytteet	60
Liite 2. Mittauspöytäkirjat	61

1 JOHDANTO

Tampereen ammattikorkeakoulun lentokonerakenteisiin erikoistuneet kone- ja tuotantotekniikan opiskelijat kunnostavat projektityönä lehtori Jaakko Mattilan omistaman nelipaikkaisen Cessna M172 Skyhawk -pienlentokoneen. Tämä opinnäytetyö on tehty osana projektia liittyen lentokoneissa käytettävien sisustustekstiilien ominaisuuksiin. Lentokoneissa tekstiilikuituja voidaan käyttää myös muun muassa koneen ulkoverhoilussa, mutta tässä työssä keskitytään sisustuksessa käytettäviin tekstiileihin. Opinnäytetyötä ohjasi TAMK:n lehtori Marja Vanhatalo.

Ilmailu on kansainvälistä toimintaa ja siksi on asetettu ilmailua koskevia lakeja ja vaatimuksia, joiden noudattamista valvotaan tarkasti. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on ottaa selvää ja antaa tietoa ilma-aluksissa käytettävien tekstiilien ominaisuuksista ja niille asetetuista vaatimuksista. Työssä keskitytään erityisesti tekstiilien paloturvallisuuteen, sillä lentokoneissa tekstiilien paloturvallisuus on erittäin tärkeää. Palosuojaukseen liittyen tässä työssä esitellään palonestomateriaaleja, erilaisia palosuojauksessa käytettäviä kuituja ja lisäksi kerrotaan palamiseen vaikuttavista tekstiilien ominaisuuksista.

Teoriaosuuden lisäksi tässä opinnäytetyössä testataan lentokoneen sisustuksessa käytettävien verhoilutekstiilien laatuominaisuuksia. Kahdesta kankaasta testattiin yleisesti käytössä olevia standardeja noudattaen neliömassa, hankauksenkesto, nyppyntyminen ja värien hankauksenkesto. Testauksien pääasiallisena tarkoituksena on kuitenkin materiaalien palokäyttäytymisen selvittäminen. Verhoilumateriaaleille suoritettujen testaus-ten lisäksi polyamidimatton palo-ominaisuuksia testattiin tablettikokeella. Verhoilumateriaalien testaustuloksia verrattiin Tanskassa toimivan tutkimusinstituutin asettamiin laatusuositukseen lentokoneissa käytettäville tekstiileille. Luokittelun perusteella verhoilutekstiilit ovat testatuilta laatuominaisuuksiltaan sopivia käytettäväksi lentokoneissa. Palo-ominaisuuksien testaustuloksia ei voi kuitenkaan suoraan verrata ilmailuviranomaisen asettamiin vaatimuksiin, sillä testausmenetelmät eivät olleet samoja.

Tiedonhaun ja testauksien ohella tämän opinnäytetyön tavoitteena on uudistaa kunnostettavan pienlentokoneen istuimien verhoilu toisella testatulla verhoilukankaalla.

2 PIENLENTOKONEET JA NIISSÄ KÄYTETTÄVÄT TEKSTIILIT

Euroopan lentoturvallisuusvirasto (EASA) asettaa Eurooppaa koskevat tyyppihyväksyntävaatimukset. Opinnäytetyön aiheena oleva ilma-alus kuuluu experimental-luokan ilma-aluksiin, joille ei myönnetä tyyppihyväksyntää. Tyyppihyväksyntä on tarkoitettu sarjavalmistusta varten, joten EASA ei myönnä sitä koe- ja harrasteluokan ilma-aluksille. Koe- ja harrasteluokan ilma-alukset jaotellaan eri ilma-alusluokkiin. Luokittelussa on kullekin ilma-alusluokalle asetettu suurin sallittu lentoonlähtömassa, enimmäispaikkaluku ja maksimisakkausnopeus. (Liikenteen turvallisuusvirasto: Ilma-alusten luokittelu.)

Opinnäytetyön aiheena oleva ilma-alus on experimental-kone, eli harrastaja rakentaa ilma-aluksensa itse. Itse rakentamalla ja kunnostamalla on mahdollista saada juuri haluttuunlainen ilma-alus. Experimental-harrastukseen kuuluu myös itse rakentamisen ja lentämisen lisäksi lentolaitteiden suunnittelu, kokeilu ja paranteleminen. Lentämistä varten experimental-koneen rakentaja tarvitsee Liikenteen turvallisuusvirasto Trafilta rakennusluvan sekä hyväksytyn valvojan työlleen. Koneen valmistuttua se katsastetaan ja sille haetaan rajoitettu lentokelpoisuustodistus, jonka jälkeen konetta voidaan käyttää yksityislentämiseen. (Suomen Ilmailuliitto: Experimental-rakentaminen ja -lentäminen harrastuksena.)

Pienlentokoneissa käytetään tekstiilejä siinä missä suurissa matkustaja- tai rahtikoneisakin. Seuraavissa kappaleissa kerrotaan hieman pienlentokoneiden sisustuksessa käytettävistä tekstiileistä.

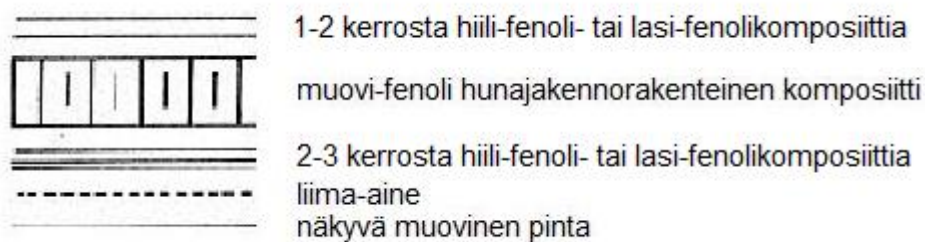
2.1 Istuinverhoilu ja pehmusteet

Lentokoneiden istuinverhoilussa käytettäviä materiaaleja ovat esimerkiksi villa, villasekoitteet ja nahka, koska ne ovat paloturvallisuuden kannalta hyvä valinta. Villaan sekoitetaan tekokuituja, jotta materiaalille saadaan paremmat lujuusominaisuudet ja näin ollen myös kulutuksenkesto paranee. Lisäksi voidaan käyttää palosuojattua tekokuitua, esimerkiksi polyesteriä, jota on mahdollista värjätä. Jos istuimessa on käytetty niin kutsuttua palonestomateriaalia, käytetty materiaali on esimerkiksi Nomex tai Kevlar. Peh-

musteissa käytetään usein uretaanista valmistettua vaahtomuovia. Pehmusteen tulisi olla kevyt ja kestävä. Istuinverhoilun lisäksi myös pehmusteet voivat olla palosuojattuja. (Session III: Drivers for... 1995, 234.)

2.2 Seinä- ja kattoverhoilu

Seinän ja katon rakenteessa on huomioitava ääni- ja lämpöeristys, siksi se muodostuu erilaisista kerroksista, joilla on oma tarkoituksensa. Lentokoneen seinien rakenne voi olla esimerkiksi kuvan 1 mukainen. Eli uloimmassa kerroksessa on yhdestä kahteen kerrosta lämpöä eristävää fenolikomposiittia, jossa lujitekuituna on lasi- tai hiilikuitua. Seinärakenteen ytimenä on muovisesta lujitekuidusta ja fenolimatriisista valmistettu hunajakennorakenteinen komposiitti. Kennon jälkeen on 2-3 kerrosta hiili-fenoli- tai lasi-fenolikomposiittia, liima-ainetta ja sisimpänä kerroksena on muovipinnoite. (Design and Function... 1995, 14).



KUVA 1. Tavanomainen lentokoneen seinän rakenne (Design and Function...1995, 14, muokattu)

2.3 Ääni- ja lämpöeristeet

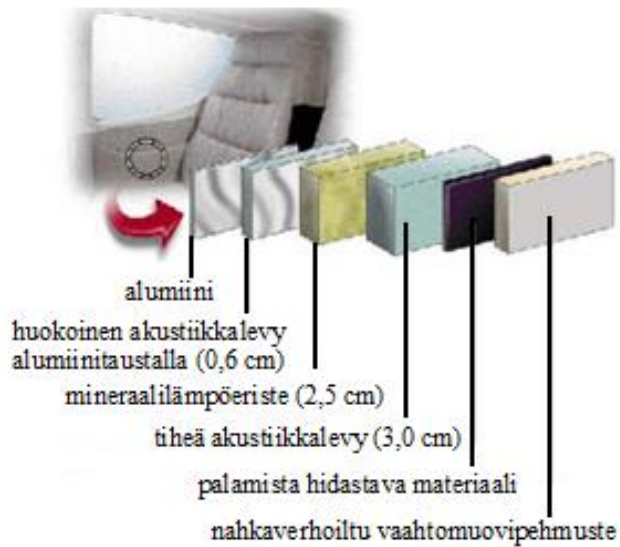
Aiemmin pienlentokoneiden ääni- tai lämpöeristeisiin ei ole panostettu yhtä paljon kuin suurissa matkustajakoneissa, sillä pienlentokoneessa äänieristys voidaan korvata hyvillä kuulokkeilla. Pienlentokoneiden rakentamisessa yksi merkittävä tekijä on lentokoneen massa, eli käytettävien materiaalien tulisi olla kevyitä. Tämän takia tiivis ja hyvin lämpöä ja ääntä eristävä materiaali voi jäädä käyttämättä, jotta lentokoneen kokonaismassa ei nouse liian korkeaksi. Kalifornialainen QuietRide Solutions on yritys, joka on aiemmin perehtynyt autojen ja kuorma-autojen paloeristeisiin, mutta kysynnän takia se tarjo-

aa nykyään myös erilaisiin tarpeisiin suunniteltuja akustiikkaeristeitä. Yrityksen www-sivujen mukaan pienlentokoneissa matkustamoon ja ohjaamoon kantautuvat moottorista ja tuulesta aiheutuvat ääniaallot läpäisevät ohuen rungon helposti. Myös lennonaikaisesta tärinästä aiheutuva katon, ovien ja erilaisten liitosten resonointi aiheuttaa melua. Ennen akustiikkalevyjen asentamista tulee tarkistaa, että rungon rakenne on tasainen ja viimeistelty. Rungossa ei saa olla melua matkustamoon päästäviä aukkoja. Tällaisia aukkoja voi aiheutua esimerkiksi huolimattomasta kohdistuksesta rungon osissa ja ovis- sa tai tiivisteiden huonosta istuvuudesta. (QuietRide Solutions 2007.)

Nykyisten eristysmateriaalien tarkoituksena on äänen ja kuumuuden tai kylmyyden eristäminen, vaimentaminen tai absorboiminen, eli ääni- tai lämpöaaltojen imeminen itseensä. Eristysmateriaalien tavoitteena on lisätä lentomukavuutta mahdollisimman vähäisellä lisäpainolla, joten myös pienlentokoneissa on alettu kiinnittää entistä enemmän huomiota eristäviin materiaaleihin. Lentokoneiden eristyksessä käytetään samoja menetelmiä kuin autojen eristyksessä. Vaimentamisella vähennetään tärinää ja näin ollen rungon osien ja ovi- ja kattopaneelien resonoinnista aiheutuvaa ääntä. Huokoisesta materiaalista valmistetut ääntä absorboivat materiaalit imevät ääniaallot itseensä ja estävät ääniaaltojen kimpoamisen ja leviämisen ympäröivään tilaan. QuietRide Solutions (2007) kertoo www-sivuillaan myös, että ääntä imevien materiaalien raaka-aineena käytetään esimerkiksi lasikuitua ja erilaisia teknisiä kuituja. Lämpöä voidaan eristää heijastavilla esteillä, jotka heijastavat auringon säteilyä aiheutuvan lämmön pois laitteistoista ja matkustamosta. Heijastavien eristeiden valmistuksessa käytetään yleensä hyvin heijastavaa alumiinia. Yhdistämällä nämä edellä mainitut eristysmenetelmät yhdeksi eristeeksi, on mahdollista saada eriste, jossa yhdistyy vaimennus, absorbointi ja heijastus. Tällaisessa eristeessä heijastava alumiinikerros on liitetty lasikuituvahvisteiseen kuitupehmusteeseen bondaamalla, lasikuituverkon avulla materiaalille saadaan myös hyvät lujuusominaisuudet. Monikerroksisen, mutta ohuen, yhdistelmäeristeiden lämpösäteilyn heijastavuus on erittäin hyvä ja äänenvaimennus on huippuluokkaa. (QuietRide Solutions 2007.)

Yhdysvaltalainen Commander Premier Aircraft Corporation esittelee www-sivuillaan lentokoneen eristekokonaisuuden muodostumisen eri materiaaleista valmistetuilla kerroksilla (kuva 2). Uloin kerros on alumiinia ja sen jälkeen sisempi kerros on ääntä eristävä akustiikkalevy, jossa on heijastava alumiinitausta. Akustiikkalevyn jälkeen on paksumpi lämpöeriste ja sen jälkeen on tiheä vaahtokerros, jonka tarkoituksena on vähentää

lentokoneen matkustamoon pääsevää ääntä ja tärinää. Seuraavassa kerroksessa on tulipalon leviämisen estävää palonestoainetta. Lentokoneen matkustajille näkyvä kerros on nahkaa, jossa on vaahtomuovipehmuste. (Commander Premier 2008.)



KUVA 2. Lentokoneen eristekerrokset (Commander Premier 2008, muokattu)

3 ILMAILUVIRANOMAISIA

Koska ilmailu on kansainvälistä toimintaa, valtioiden välillä on oltava yhteiset säännöt ja sopimukset. Yhteisillä säädöksillä voidaan taata ilmailun turvallisuus ja toimivuus. Esimerkiksi vuonna 1944 perustettu kansainvälinen siviili-ilmailujärjestö ICAO (International Civil Aviation Organization) asettaa vähimmäisvaatimuksia ja antaa suosituksia, joiden mukaan kansainvälisen lentoliikenteen tulee toimia. (Liikenteen turvallisuusvirasto: Säädökset.)

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafín www-sivuilla kerrotaan, että Euroopan unionin jäsenmaiden rekisteröityjen ilma-alusten lentoturvallisuutta valvoo yhteinen ilmailuviranomainen, Euroopan lentoturvallisuusvirasto EASA (European Aviation Safety Agency). Virasto julkaisee vastuullaan olevia ilma-aluksia koskevia lentokelpoisuusmääräyksiä, Certification Standards (CS), liittyen turvalliseen suunnitteluun. EASA:n tarkoituksena on yhtenäisen lentoturvallisuustason luominen ja ylläpito. EASA:n lisäksi Euroopan alueella toimii myös Euroopan siviili-ilmailukonferenssi, ECAC. Konferenssi muodostuu yhteistyöorganisaatiosta ja keskustelufoorumista, joiden tarkoituksena on siviili-ilmailun turvallisuuden, tehokkuuden ja kestävä kehityksen edistäminen (Liikenteen turvallisuusvirasto: Ilma-alukset).

Suomen ilmailuviranomainen on Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi, jonka tehtävänä on pitää huolta yleisestä turvallisuudesta, hoitaa lentoliikenteeseen liittyviä asioita edistämällä samalla ilmailun ympäristöystävällisyyttä. Trafi esimerkiksi osallistuu kansainväliseen yhteistyöhön, antaa ilmailumääräyksiä, myöntää lupia, valvoo, neuvoo, tiedottaa ja ylläpitää ilmailun rekistereitä. Ilma-aluksia ja ilmailuvälineitä koskevat ilmailumääräykset julkaistaan AIR-sarjassa, joka sisältää erilaisia lentokelpoisuuteen ja lentokelpoisuuden valvontaan liittyviä määräyksiä. Suomessa noudatetaan ilmailulakia ja EU:n asetuksia, joita Trafi tarkentaa ja täydentää. Trafi tekee yhteistyötä sekä EASA:n että ICAO:n kanssa ja useimmat Suomessa käytettävät ilmailumääräykset pohjautuvat kansainvälisiin standardeihin ja suosituksiin. (Liikenteen turvallisuusvirasto: Säädökset.)

Suomessa toimii myös urheilu- ja harrasteilmailun valtakunnallinen keskusjärjestö, Suomen Ilmailuliitto ry. SIL on perustettu vuonna 1919 ja sen toimintalajeja ovat esimerkiksi experimental-lentotoiminta, ultrakevytlentäminen, laskuvarjourheilu ja purje-

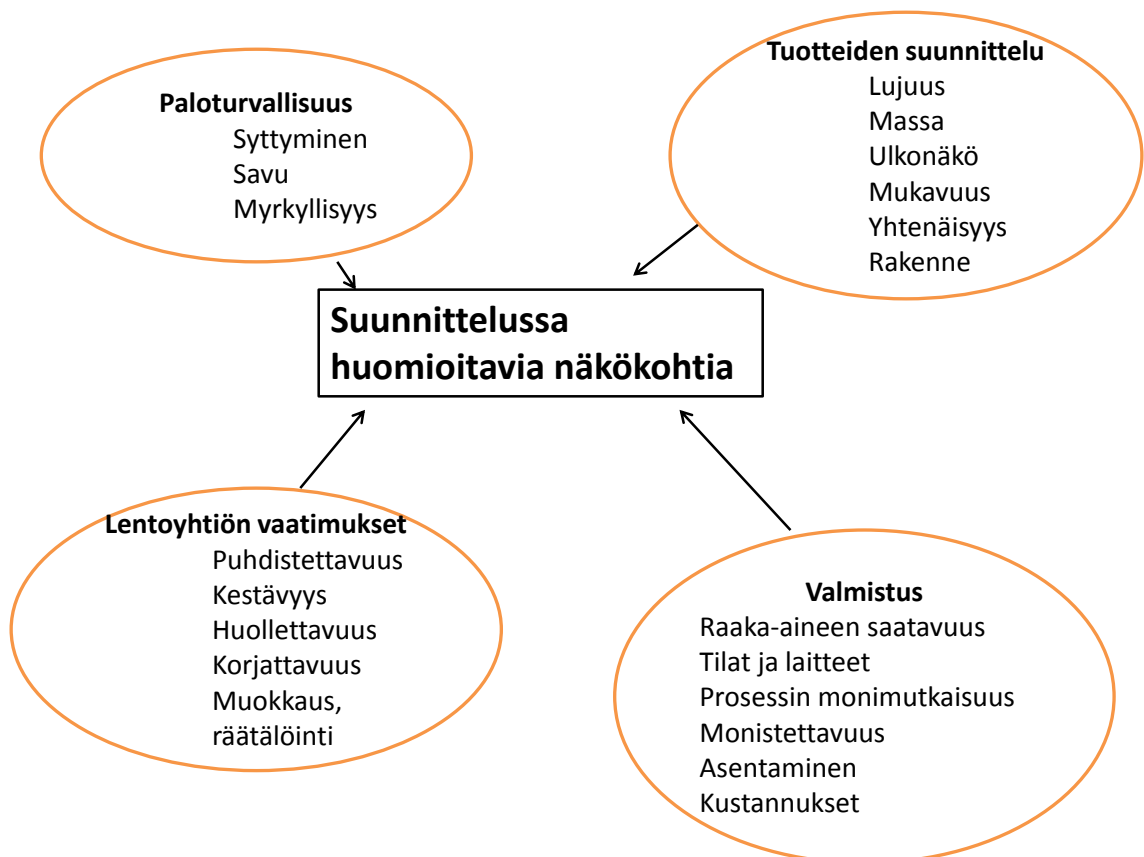
lento. Suomen Ilmailuliitossa on yli 200 jäsenkerhoa, joihin kuuluu noin 10 200 jäsentä. SIL on kansainvälisen ilmailuliiton FAI:n (Fédération Aéronautique Internationale) jäsenjärjestö. (Suomen Ilmailuliitto: Keskusjärjestö pähkinänkuoressa.)

Yhdysvaltain ilmailuviranomainen on Federal Aviation Administration (FAA), jonka tarkoituksena on taata ilmailun turvallisuus ja tehokkuus. Järjestö esimerkiksi säätelee yksityisilmailua, kehittää lentoliikenteen hallintaa ja navigointia sekä kouluttaa lentäjiä. FAA julkaisee ilmailua koskevia määräyksiä, Federal Aviation Regulations (FAR), joita Suomenkin ilmailussa noudatetaan. (FAA 2014.)

Lisäksi Yhdysvalloissa toimii experimental-koneille tarkoitettu kansainvälinen järjestö Experimental Aircraft Association (EAA). Vuonna 1953 perustetulla EAA:lla on maailmanlaajuisesti yli 180 000 jäsentä. Järjestön tarkoituksena on tukea vapaa-ajan ilmailua järjestämällä erilaisia tapahtumia ja kokoamalla yhteen lentämisestä, lentokoneen rakentamisesta ja huollosta kiinnostuneita ihmisiä. (EAA 2014.)

4 LENTOKONEISSA KÄYTETTÄVIEN TEKSTIILIEN VAATIMUKSIA

Ilmailuviranomaiset, lentoyhtiöt, matkustajat ja henkilökunta sekä lentokonevalmistajat asettavat vaatimuksia matkustajalentokoneen sisustuksessa käytettäville tekstiileille. Kuvassa 3 kuvataan asioita, joita lentokoneen sisustusta suunniteltaessa tulee ottaa huomioon. Viranomaisten asettamat vaatimukset vaikuttavat erityisesti turvallisuuteen liittyviin asioihin ja matkustajien mielipiteet taas ulkonäköön ja mukavuuteen vaikuttaviin tekijöihin. Turvallisuuden ja matkustajien tyytyväisyyden lisäksi materiaalien tulisi olla kestäviä helposti puhdistettavissa. Valmistukseen liittyviä seikkoja ovat muun muassa raaka-aineen saatavuus sekä valmistustilojen ja -laitteiden resurssit. Tavallisin rajoite on tietysti raha; kustannukset eivät saa nousta liian korkeiksi. Lentoyhtiöt arvostavat myös, jos tekstiilit on mahdollista saada omalla värivalinnalla tai logolla. (Design and Function... 1995, 12–13.)



KUVA 3. Lentokoneen sisustuksen suunnittelu (Design and Function... 1995, 13, muokattu)

Edellä mainittujen seikkojen lisäksi nykyään myös ympäristöasiat vaikuttavat tekstiilien valintaan, esimerkiksi suunnitteluun, materiaalivalintoihin ja valmistusmenetelmiin kiinnitetään entistä enemmän huomiota, jotta voidaan säästää uusiutumattomia luonnonvaroja ja vähentää päästöjä. Ajattomista kuoseista, kestävästä ja helposti puhdistettavista materiaaleista voidaan valmistaa pitkäikäisiä tuotteita. (Fung 2000, 491–492, 494.) Laatu selvitettyä tekstiilistä testataan värinkesto, nyppyyntyminen, repeytyminen, mittapysyvyys ja puhdistettavuus. Matkustuskäytössä olevien lentokoneiden tekstiilien tahriintumista testataan esimerkiksi huulipunalla, kahvilla, kuulakärkikynän musteella ja erilaisilla öljyillä. (Fung & Hardcastle 2001, 315–316.)

Lisäksi kaikkien edellä mainittujen ominaisuuksien ohella mikään lentokoneessa käytetty materiaali ei saa sisältää korroosiota voimistavia aineita, jotta lentokoneen metallirakenteet eivät vaurioidu. (Fung 2000, 521.)

4.1 Paloturvallisuus

Lentokoneiden tekstiileissä tulee ottaa erityisesti huomioon turvallisuus, tämän takia lentokoneiden verhoilussa ja istuimissa käytettävien tekstiilien tulee täyttää tietyt vaatimukset. Erityisesti palovaatimukseen on kiinnitetty entistä enemmän huomiota vuoden 1987 heinäkuusta lähtien, kun vaatimuksia tiukennettiin. Säädöksen voimaantulon jälkeen kaikkien lentokonesisusteiden tulee täyttää kansainvälisesti hyväksytty palotesti FAR (Federal Aviation Regulation) 25.853 b. (Fung 2000, 520.), eli materiaali ei saa jatkaa palamista syttymislähteen poistuttua. Täysin palamattomia tekstiilikuituja ei ole vielä saatu valmistettua, mutta erittäin korkeita lämpötiloja kestäviä ja vaikeasti palavia kuituja on kehitetty. Tällaisia termisesti kestäviä kuituja voidaan käyttää lentokoneiden sisustustekstiileissä. (Boncamper 2011, 47.) Fungin ja Hardcastlen (2001, 311) mukaan neljännes lentokoneessa tapahtuvista kuolemista kuolinsyy on liitettävissä tuleen. Tulen vaarallisuuteen liittyy liekkien leviämisen lisäksi tukehtuminen myrkyllisiin kaasuihin, palovammat ja lämpörasitus sekä palotilanteesta aiheutuva paniikki (Fung & Hardcastle 2001, 292).

Lentokoneessa palamistilanne lennon aikana voi aiheutua laitteiston toimintahäiriöstä tai maahansyöksyssä polttoaineen syttyessä. Paloturvallisuuteen voidaan vaikuttaa eris-

tämällä tulipaloa edesauttavat tekijät, jotka ovat polttoaine, syttymislähde ja happi. (Tutson, Ferguson & Madden 2011, 19.)

4.2 Palokaasujen myrkyttömyys ja haitattomuus

Lentokoneissa tapahtuneita tulipaloja on tutkittu ja on saatu selville, että todennäköisempi syy vahingoittumiselle on savu ja palamisessa muodostuvat myrkylliset kaasut kuin liekin kosketus. Palamistuotteet lamauttavat uhrin ja estivät heitä pääsemästä turvaan. (Fung 2000, 520.) Palavan aineen kemiallinen koostumus on tärkein savun määrään ja koostumukseen vaikuttava tekijä. Lisäksi materiaalin kosteuspitoisuus ja happipitoisuus vaikuttavat palossa muodostuvan savun määrään. (Rämö & Ylä-Sulkava 1999, 7.)

Tämän takia on tärkeä selvittää, vapautuuko lentokoneen matkustamossa ja ohjaamossa käytetyistä materiaaleista myrkyllisiä yhdisteitä, kuten häkä eli hiilimonoksidi (CO), kloorivety (HCl) ja syaanivety (HCN). Materiaaleissa tulisi suosia vähemmän myrkyllisiä materiaaleja, joita ovat esimerkiksi villa ja aramidit, paljon vaarallisia myrkyttäjä palaessaan vapauttavia materiaaleja ovat muun muassa PVC ja modifioitu akryyli. (Fung 2000, 520.)

Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen VTT:n tiedotteessa todetaan, että palamisessa vapautuneet kaasut voidaan jakaa yleensä kahteen ryhmään: tukahduttaviin ja ärsyttäviin kaasuihin. Tukahduttavia kaasuja ovat esimerkiksi hiilimonoksidi ja syaanivety. Ärsyttäviä kaasuja ovat kloorivety ja akroleiini, jotka heikentävät pakenemiskykyä aiheuttamalla ärsytystä ja vahinkoa silmiin ja ylempiin hengitysteihin. Edellä mainittujen kaasujen lisäksi palamisessa voi muodostua optisesti häiritsevää savua, joka estää pakenemisen ja hidastaa liikkumisnopeutta vähentämällä näkökykyä. (Ryynänen, Kallonen & Ahonen 2001, 51, 55.)

Kaikki palavat tekstiilit, jotka sisältävät hiiltä, vapauttavat palaessaan hiilimonoksidia ja hiilidioksidia. Syaanivetyä vapautuu tyypeä sisältävien tekstiilien palamisessa, tällaisia materiaaleja ovat akryyli, villa, silkki, polyamidi ja selluloosakuidut. Silmiä ja hengitysteitä ärsyttävää akroleiinia muodostuu selluloosakuitujen palamisreaktiossa. Lisäksi ilman happipitoisuuden aleneminen lisää tulipalon vaarallisuutta. Happipitoisuuden las-

ku lamaannuttaa ihmisen ja voi johtaa tajuttomuuteen tai kuolemaan. (Pakkala & Louekari 1983, 18.)

4.3 Antistaattisuus

Myös antistaattisuus eli staattinen sähköistymättömyys on tärkeä ominaisuus erityisesti matkustajalentokoneissa käytettävissä käytävämatoissa. Staattista sähköä eli hankaus-sähköä muodostuu materiaalien hankautuessa toisiinsa. Ominaisuus vaikuttaa pölynkerääntymiseen, joka aiheuttaa harmaantumista, ja voi aiheuttaa kipinöintiä sähkövarauksen purkautuessa. Jotta materiaali ei varautuisi sähköisesti, sen tulisi olla sähköä johtava. Tekstiilin sähkönjohtokyky riippuu raaka-aineesta, eli hyvin kosteutta imevät kuidut johtavat hyvin sähköä eivätkä varaudu sähköisesti, esimerkiksi puuvilla ja viskoosi. Staattisen sähkövarauksen muodostumista voidaan vähentää nostamalla ilman kosteuspitoisuutta, käyttämällä poispeseytyviä antistaattisia aineita tai kuitusekoituksia. Antistaattisten aineiden toiminta perustuu kankaan kosteuspitoisuuden lisäämiseen, joka parantaa materiaalin johtavuutta tai vähentää sähköistä varautumista ja näin ollen myös pölyn keräämistä ja kipinöintiä. Kuitusekoituksissa tekokuidun staattista varautumista vähennetään lisäämällä kankaaseen hyvin sähköä johtavaa luonnonkuitua, metallia tai hiiltä. (Mäkinen, Antikainen, Ilmarinen, Tammela & Hurme 1996, 45, 79, 166). Lentokoneissa istuinten sähköistymiseen halutaan puuttua mukavuuden ja sähkölaitteiden häiriöttömän toimivuuden takaamiseksi. Istuimissa käytetään antistaattisia viimeistysaineita tai sähköä johtavia kuituja. (Fung & Hardcastle 2001, 316.)

4.4 Keveys

Lentokoneissa käytettävien tekstiilien yhtenä tärkeänä tarkoituksena on olla mahdollisimman kevyitä, jotta voidaan säästää painoa ja vaikuttaa esimerkiksi polttoainekustannuksiin ja näin ollen myös yrityksen tulokseen ja toiminnan kannattavuuteen. (Fung 2000, 519). Polttoaineen kulutuksen vähentäminen vaikuttaa myös ympäristöön vähentämällä uusiutumattomien luonnonvarojen käyttöä ja saastumista. Lentokoneen kokonaisuutta voidaan pienentää korvaamalla koneen metallirakenteita komposiiteilla, joiden käytön uskotaan tulevaisuudessa kasvavan entisestään. Komposiittirakenteissa yleisimmin käytettävät kuidut ovat lasi, hiili ja aramidi, tai näiden kuitujen yhdistelmät.

Kangasrakenteissa käytetyllä fenolihartsilla on erittäin hyvä lämmönkestävyys ja palominaisuudet, sitä voidaan käyttää lyhyenä tai pitkänä katkokuituna tai jatkuvana filamenttina. Kuitupituus ja kuitujen asettuminen eli kuituorientaatio vaikuttavat tekstiilin ominaisuuksiin: mitä pitempi kuitu, sitä kestävämpi komposiitti. Fenolihartsia on mahdollista käyttää kudoksena, neuloksena tai kuitukankaana. (Fung & Hardcastle 2001, 281, 286–287, 312.) Tekstiileissä painoa voi säästää esimerkiksi raaka-ainevalinnoilla; synteettiset kuidut ovat kevyempiä kuin luonnonkuidut ja muuntokuidut (Boncamper 2011, 38). Tietysti myös rakenne, kankaan ja langan tiheys sekä viimeistykset vaikuttavat tekstiilin painoon. Verhoilussa ja matoissa käytettävien tekstiilien tulee olla kevyitä, mutta niiden pitää olla myös kestäviä ja toimivia.

4.5 Kuosi

Lentokoneen, kuten muidenkin julkisten kulkuneuvojen, sisustuksessa käytettävien tekstiilien kuosin tulee olla ajaton. Koska materiaaleja ei voida vaihtaa kovin usein, kannattaa välttää ohimeneviä trendejä ja muoti-ilmiöitä. Kuosin suositellaan olevan myös mahdollisimman neutraali, jotta se miellyttäisi useita matkustajia. Kun sekä design että materiaali kestävät aikaa, saadaan pitkäikäisiä tuotteita. (Fung & Hardcastle 2001, 282.)

4.6 UV-valonkesto

Auringon ultraviolettisäteily voi aiheuttaa tekstiilin haurastumista tai värjäytymistä. Säteilyn sisältämä energia aktivoi kemiallisia reaktioita, jotka voivat vaikuttaa kuituun, väriaineisiin tai viimeistysaineisiin. Kuidussa UV-säteilyn vaikutus voidaan huomata lujuuden huonontumisena ja kellastumisena. Väriaineisiin säteily aiheuttaa muutoksia ja viimeistykset voivat menettää alkuperäisen toimintansa viimeistysaineiden hajotessa muiksi aineiksi. (Boncamper 2011, 58.) Lentokoneen tekstiilejä valittaessa on hyvä huomioida myös kankaan UV-valonkesto, jotta tekstiilit säilyttävät ulkonäkönsä ja lujuusominaisuutensa. Esimerkiksi akryylilla ja polyesterilla on parempi valonkesto kuin polyamidilla (Fung & Hardcastle 2001, 293.)

4.7 Homeenkesto

Homesienet voivat aiheuttaa tekstiilin pintaan pilkkuja, jotka ovat yleensä väriltään harmaita, ruskeita, keltaisia tai sinisiä. Likainen tai hikinen tekstiili edesauttaa homeen leviämistä ja tämän takia olisikin tärkeää, että lentokoneen tekstiilit olisivat pestäviä. Homeenkesto huomioitaessa kannattaisi valita tekstiili, jonka raaka-aineena ei ole käytetty selluloosaa sisältäviä kuituja, sillä homesienet käyttävät ravintonaan muun muassa selluloosaa. Home voi vaurioittaa myös tekokuituja, erityisesti selluloosamuuntokuituja asetaattia ja triasetaattia. Parhaiten hometta kestäviä tekstiilikuituja ovat synteettiset kuidut, sillä niissä ei yleensä ole homesienen kehittymiseen tarvittavia entsyymejä. (Boncamper 2011, 59–60.)

5 PALOSUOJAUS

Palosuojauksen tarkoituksena on rajata tekstiilin palavuutta ja parantaa tekstiilin paloturvallisuutta vähentämällä syttymisherkkyyttä ja estämällä tai hidastamalla palon leviäminen jo alkuvaiheessa. Palosuoja-aineiden vaikutus voi perustua esimerkiksi lämmönsitomiseen, joka estää syttymislämpötilan saavuttamisen tai kaasujenmuodostumiseen, joka ehkäisee palamisen torjumalla hapensaannin. Luonnonkuitujen palosuojaus on tehtävä viimeistyskäsittelyllä, mutta tekokuitujen palosuojaus on mahdollista tehdä jo kuidun valmistusvaiheessa, jolloin palosuojauksesta saadaan pysyvämpi. (Ryynänen ym. 2001, 14, 25)

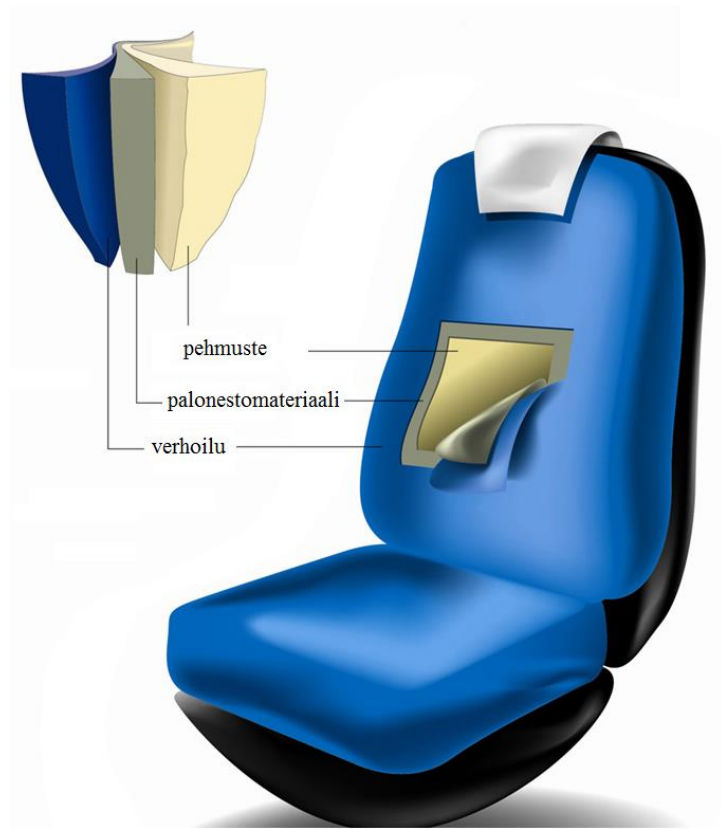
Tällä hetkellä palosuojamateriaalien suurin heikkous on niiden hinta, joka on korkeampi kuin tavallisilla tekstiileillä. Toimivimmat palosuojakemikaalit ja niiden yhdisteet eivät ole halpoja. Jotta kustannukset eivät nousisi liian korkeiksi, erikoiskuituja sekoitetaan yleensä tavallisten kuitujen kanssa. Kuidun palosuojaominaisuus tosin saattaa muuttua sekoitettaessa muihin kuituihin. Myös palaessa muodostuvien kaasujen myrkyllisyys ja valmistuksesta aiheutuvat ympäristövaikutukset ovat haittapuolia. (Fung & Hardcastle 2001, 291–292). Esimerkiksi selluloosakuiduille käytettävät palosuojaviimeistykset alentavat tekstiilin lujuusominaisuuksia, tekevät siitä jäykäntuntuisen ja samentavat useiden värien sävyjä. Lisäksi prosessissa käytettävät aineet ovat tai saattavat olla terveydelle haitallisia eikä palosuojaviimeistys ole välttämättä pesunkestävä. (Boncamper 2011, 48–49.)

5.1 Palonestomateriaalit

Kankaiden tulenestoaineet kehiteltiin ensimmäiseksi lentokoneenistuihin, mutta nykyään myös junissa, linja-autoissa, laivoissa ja muissa liikennevälineissä käytetään tulta hillitseviä ja liekin leviämistä estäviä materiaaleja. Kehityksen myötä markkinoille on saatu palosuojattuja tekstiilejä, jotka ovat ominaisuuksiltaan mukavia ja kevyitä sekä kustannuksiltaan kilpailukykyisiä. (Fung & Hardcastle 2001, 289.)

Jotta lentokoneistuihin olisi mahdollista täyttää niille asetetut tiukat vaatimukset, on alettu käyttää palonestomateriaaleja (fireblockers). Materiaalia käytetään kuvassa 4 nä-

kyvällä tavalla lentokoneen istuimen pehmusteen ja verhoilukankaan välissä, jolloin sen tarkoituksena on suojata istuinta liekiltä ja estää palon leviäminen. Kuitukankaita valmistavan yrityksen, Freudenbergin, palonestomateriaalia käytetään lentokoneiden lisäksi myös junien ja julkisten tilojen tekstiileissä. (Fireblockers for the Protection...).



KUVA 4. Paloturvallisen lentokoneenistuimen rakenne: pehmuste, palonestomateriaali ja verhoilukangas. (Freudenberg: Fireblocker for the Protection of Seat Cushions, muokattu)

Palonestokuituja valmistetaan esioksidoidusta akryylista, tällaisia materiaaleja ovat esimerkiksi Lantor Universal Carbon Fibresin valmistama Panox, DuPontin valmistamat aramidikuidut Nomex ja Kevlar, Zipro-käsitelty villa, PBI-kuitu sekä näiden materiaalien yhdistelmät. Tutkimukset jatkuvat paloturvallisten kuitujen osalta ja tarkoituksena olisi kehittää paloturvallinen, kevyt ja edullinen materiaali. (Fung 2000, 520.)

Palonestoaineiden sijasta lentokoneen istuimien pehmusteissa voidaan käyttää myös palosuojaominaisuuksiltaan erittäin korkealuokkaisia materiaaleja, joita käytettäessä ei tarvita erillistä palonestomateriaalia. Tällaisia pehmusteita voidaan valmistaa esimerkiksi grafiitista. (Fung & Hardcastle 2001, 292.)

5.2 Pysyvästi palosuojatut tekstiilit

Palosuojaus voi olla pysyvä tai ei-pysyvä. Jälkikäsitteilyllä tapahtuva viimeistys voi olla pysyvä, eli kestää pesuja, tai olla pesussa pois huuhtoutuva. Pysyvästi palosuojattuja tekstiilejä saadaan valmistamalla tuote kuumuutta hyvin kestävästä kuidusta, paloturvalliseksi modifioidusta kuidusta tai viimeistelemällä tekstiili pysyvällä palosuoja-aineella. Palosuojauksen ollessa pysyvä, sen tulee kestää koko tuotteen käyttöiän. Palosuojauksen keston vaikuttaa hoito-ohjeen noudattaminen, sillä esimerkiksi kloorivalkaisu, liikkakertymät, pinnan nukkaantuminen ja toisista tekstiileistä irronneet kuidut voivat heikentää palosuojauksia. (Ryynänen ym. 2011, 25, 29.)

5.2.1 Kuumuutta kestävät kuidut

Pysyvästi paloturvallinen kuitu kestää hyvin lämpöä ja on vaikeasti syttyvä tai palava. Näiden termisesti kestävien kuitujen kemiallinen rakenne sisältää aineita, jotka ehkäisevät syttymistä ja hidastavat palamista. Tällaiset kuidut ovat tavallisia tekstiilikuituja huomattavasti kalliimpia ja ne soveltuvat hieman eri tarkoituksiin. Pysyvästi palosuojattuja tekstiilikuituja käytetään esimerkiksi lentokoneiden sisustus- ja eristemateriaalien lisäksi myös tulelta ja kuumuudelta suojaavissa vaatteissa. Pysyvästi paloturvallisia kuituja ovat esimerkiksi aromaattiset polyamidit, eli aramidit, polyimidit, PBI (polybentsimidatsoli), klorokuidut ja hiillytetyt kuidut. (Ryynänen ym. 2001, 25–27.) VTT:n tiedotteessa Sisusteiden paloturvallisuus mainitaan korkeita lämpötiloja kestävien kuitujen kauppanimiä (taulukko 1) (Rämö & Ylä-Sulkava 1999, 18). Kuumuutta kestävien kuitujen rakennetta on muokattu molekyylylitasolla niin, että kuitumolekyylien väliset sidokset kestävätkin hajoamatta tavallista suurempia energiamääriä (Boncamper 2011, 49).

TAULUKKO 1. Kuumuutta kestäviä kuituja ja niiden kauppanimiä

Materiaali	Kauppanimiä
Aramidit	Nomex, Kevlar, Twaron
Bentsimidatsoli	PBI
Fenoli	Kynol
Polyamidi-imidi	Kermel
PVC/PVA	Cordelan

Kuituvalmistaja DuPont esitteli 1960-luvun alussa uuden aramidin kauppanimellä Nomex. Kuidulla on hyvät lujuus- ja lämmönkesto-ominaisuudet, joita hyödynnetään palosuojauksessa. Nomex ei sula kuumuuden vaikutuksesta, mutta se hiiltyy noin 317 °C:ssa. Koska kuidun palaessa siitä ei vapaudu myrkyllisiä kaasuja, Nomexia voidaan käyttää niin kutsuttuna tulibarrierina eli palonestoaineena. Noin kymmenen vuoden kulluttua meta-aramidi Nomexin esittelystä DuPont toi markkinoille muunnelman tästä kuidusta. Para-aramideihin kuuluva Kevlar on erityisen luja kuitu, joka kestää useita liuottimia. Kevlarista on valmistettu erilaisia muunnoksia, joita käytetään tiettyihin sovelluksiin. Kevlarin heikkoutena on huono UV-valonkesto ja huono värjäytyvyys. (Fung & Hardcastle 2001, 285–286.)

5.2.2 Modifioidut kuidut

Kuituja on mahdollista myös modifioida paloturvallisiksi. Eli tekokuidun valmistusvaiheessa palosuojausta parantava aine liitetään polymeeriketjuun. Kun palosuoja-aine on lujasti kiinnitettynä kuituun, palosuojaus pysyy tuotteessa koko käyttöiän. Vaikka palosuojaus on kestävä, se voi silti heikentyä joidenkin viimeistyskäsittelyjen takia. Paloturvallisuutta heikentäviä viimeistyskäsittelyjä ovat esimerkiksi jotkut veden- tai lianhylykivyysskäsittelyt. Palosuojausten kesto on voi vaikuttaa noudattamalla hoito-ohjetta, sillä esimerkiksi kloorivalkaisu, likakertymät, pinnan nukkaantuminen ja toisista tekstiileistä irronneet kuidut voivat heikentää palosuojausta. (Ryynänen ym. 2001, 27–28, 45.)

Tavallisimpia paloturvallisiksi modifioituja kuituja ovat esimerkiksi modakryyli, palosuojattu polyesteri, palosuojattu viskoosi ja polyklaali. (Ryynänen ym. 2001, 27–28) Akryyli on mahdollista modifioida paloturvallisemmaksi lisäämällä kuituun kehräysvaiheessa pienimolekyylisiä palosuoja-aineita. Polyesterin palosuojauksessa palosuoja-aine oksastetaan kuitumolekyylisiin. Palosuojattu viskoosi valmistetaan lisäämällä viimeiseen kehruliemeen aineita, jotka jäävät kuidun pintaan palamista vaikeuttaviksi pisaroiksi tai kiinteiksi hiukkasiksi. Viskoosin palosuojaus ei välttämättä ole pysyvä, vaan se voi heikentä ja poistua 5-10 pesukerran jälkeen. Palosuojaus voi myös heikentää kuidun lujuusominaisuuksia ja kosteudenimukykyä. (Boncamper 2011, 239–240, 309, 323.)

Kuitujen modifiointi paloturvallisemmaksi mahdollistaa palosuojakuitujen käytön vaativammassa tarkoituksissa (Boncamper 2011, 49). Taulukossa 2 on materiaaleja ja niiden kauppanimiä, joita on modifioitu valmistusvaiheessa eli kuitujen valmistuksessa on lisätty palamista vaikeuttavia aineita (Rämö & Ylä-Sulkava 1999, 18).

TAULUKKO 2. Paloturvallisiksi modifioitujen kuitujen kauppanimiä

Materiaali	Kauppanimiä
Palosuojattu polyesteri	Trevira CS, Fidion, Heim, Teijin
Palosuojattu viskoosi	Viscose FR, Visil, Tufbab, FR Corona
Modakryyli	Kanekaron. Teklan, Verel, Lufnen
Klorokuituja	Clevyl, Leavil, Movil, Rhovyl, Thermovyl, Teviron
Palosuojattu vaahtomuovi	CMHR-laatu, PS- ja FR-laadut

5.3 Ei-pysyvät palosuojaviimeistykset

Jälkikäsitellyssä tehtävät palosuojakäsittelyt ja -viimeistykset eivät kaikki ole pysyviä, vaan ne voivat kulua pois pesussa tai menettää suojaustehoa käytössä. Pesunkestävä palosuojausviimeistys tehdään tavallisesti kankaan valmistuksen yhteydessä. Hoito-ohjeen noudattaminen on ehdottoman tärkeää, kun pestään viimeistysaineella käsiteltyjä paloturvallisia kankaita. Paloturvallisuutta parantavat kemikaalit voivat muuttaa kankaan tuntua ja väriä. Kankaan viimeistys palosuoja-aineella on ainoa tapa parantaa luonnonkuitujen paloturvallisuutta tekemällä niistä vaikeasti syttyviä. (Ryynänen ym. 2001, 29.) Kankaille tehtäviä palosuojauksia, joiden pysyvyys edellyttää oikeaa huoltoa, on esitetty taulukossa 3 (Rämö & Ylä-Sulkava, 18).

TAULUKKO 3. Kankaille tehtäviä palosuojaviimeistyksiä

Materiaali	Viimeistyksen kauppanimiä
Puuvilla	Proban, Pyrovatex, Fire-stop
Polyesteri	Extara, Unfla III
Villa	Zipro
Polyesteri/Puuvilla	Flamex

Lisäksi on erilaisia kuluttajien käyttöön suunniteltuja jälkikäsitteilypalosuojauksia, esimerkiksi suihkeita, joilla voidaan parantaa tekstiilin paloturvallisuutta. Tällaiset aineet

eivät kuitenkaan anna tekstiilille pysyvää palosuojaominaisuutta. Jälkikäsitellyssä tehtävän palosuojauksen tarkoituksena on olla vain tilapäinen. (Rämö & Ylä-Sulkava 1999, 19.)

5.4 Palonestokemikaaleja

Palosuojauksessa käytetään kemikaaleja, joiden tarkoituksena on rajoittaa tekstiilin palamista esimerkiksi kiihdyttämällä tekstiilin vetäytymistä kauemmas sytytyslähteestä, muodostamalla suojaavan kerroksen tai jäähdyttämällä ja pysäyttämällä palamisprosessin (Ryynänen ym. 2001, 31-33). Kemikaalien avulla voidaan estää myös jälkihehku ja uudelleensyttyminen. Palamisreaktiossa kemikaalin vaikutuksesta materiaali hiiltyy ja estää ilman ja näin ollen myös hapen pääsyn palavaan kohtaan, jolloin liekki tukahtuu. Esimerkkinä tällaisesta kemikaalista on sinkkiboraatti, joka palaessaan muodostaa lasimaisen pinnan palavan materiaalin pintaan tukahduttaen liekin. Tutkijat ovat hyödyntäneet sinkkiboraatin ominaisuutta ja kehittäneet tuotteita, joihin muodostuu liekinleviämistä estävä pinta. Liekin hapensaantia estävä pinta syntyy jo palamisen alkuvaiheessa materiaalin sulaessa. (Fung & Hardcastle 2001, 290.)

Ryynäsen ym. (2001, 31) mukaan palolta suojaavalla aineella ei saa olla vaikutusta tekstiilin tuntuun tai laskeutuvuuteen, mutta Boncamper (2011, 48) toteaa, että ainakin selluloosakuitujen palosuoja-aineet jäykistävät materiaalin tuntua ja alentavat lujuutta. Lisäksi palosuoja-aine ei saisi aiheuttaa terveydellistä haittaa. Palosuoja-aineet sisältävät usein fosforia, typpeä, klooria, bromia, sinkkiä tai rikkiä. Palonestoaineet voivat estää palamisen esimerkiksi kiihdyttämällä tekstiilin vetäytymistä kauemmas sytytyslähteestä. muodostamalla suojaavan kerroksen tai jäähdyttämällä ja pysäyttämällä palamisprosessin (Ryynänen ym. 2001, 31–33.)

6 PALAMISEEN VAIKUTTAVAT OMINAISUUDET

Tekstiilin ominaisuuksien lisäksi myös ympäröivillä olosuhteilla on vaikutusta palominaisuuksiin. Lämpimässä ja happipitoisessa ilmassa syttyminen tapahtuu helpommin kuin viileässä ja niukkahappisessa tilassa (Meinander 2012, 109). Materiaalin palamiseen vaikuttavat kolme päätekijää ovat syttymislähteen lämpöenergia, materiaalin palamiskyky ja happipitoisen ilmansaanti. Päättökäytännönä palosuojauksessa yleensä on syttyvyyden hallinta. Palamiseen on mahdollista vaikuttaa muuttamalla mitä tahansa edellä mainittua ominaisuutta; nostamalla syttymiseen tarvittavaa lämpötilaa, vaikeuttamalla palamista ja vähentämällä happipitoista ilmaa. Palaminen muodostuu eri vaiheista, jotka ovat syttyminen, liekin kasvaminen, liekin leviäminen ja lopuksi liekin hiipuminen. (Fung & Hardcastle 2001, 289, 291.)

6.1 Tekstiilin raaka-aine ja kuitusisältö

Tekstiilien syttymisherkkyteen vaikuttavat ennen kaikkea tekstiilikuidun raaka-aine eli kuidun palokäyttäytyminen. Tekokuiduista esimerkiksi polyakryyli on herkästi syttyvä, sillä sen hajoaminen tapahtuu jo alhaisissa lämpötiloissa ja palaessa siitä muodostuu runsaasti palamiskykyisiä hajoamistuotteita. Palamiskykyisiä hajoamistuotteita muodostuu paljon myös selluloosakuiduista, kuten puuvillasta ja viskoosista. (VTT: Syttymisherkkyys on osa tekstiilien paloturvallisuutta 2012.)

Jos materiaalin sulamislämpötila on selvästi alhaisempi kuin syttymislämpötila, palamistilanteessa materiaali sulaa pois sytytyslähteestä. Tällaisia sulavia materiaaleja ovat esimerkiksi polyamidi ja polyesteri. Sulamisreaktioon voi kuitenkin vaikuttaa erilaiset väri- tai viimeistysaineet, joiden takia polyamidista tai polyesterista valmistettu tuote voi syttyä helposti ja palaa nopeasti. Myös kuitusekoitteet voivat vaikuttaa palamisominaisuuksiin, esimerkiksi synteettisiin kuituihin sekoitetut selluloosakuidut, puuvilla, viskoosi ja pellava, heikentävät tekstiilin palosuojaominaisuuksia. (Ryynänen ym. 2001, 13–14.)

6.2 Kankaan ominaisuudet

Raaka-aineen ominaisuuksien lisäksi myös kankaan ominaisuuksilla, kuten rakenteella, paksuudella, tiheydellä, neliömassalla ja pinnan sileydellä/ryppyisyydellä, on vaikutusta syttymisherkkyteen ja palamiseen. Esimerkiksi nukkapintaisen puuvillakankaan pinta voi syttyä jo pienestäkin kipinästä aiheuttaen leimahtavan palon kankaan pinnassa. Myös kevyet ja ohuet kankaat syttyvät helposti ja palo etenee nopeasti. Kankaan ollessa tiivis ja painava, palon syttymiseen ja etenemiseen tarvitaan useampia sekunteja verrattuna huokoiseen kankaaseen, jossa on enemmän happea ja vähemmän materiaalia, jolloin palamiseen tarvitaan vähemmän energiaa. Myös kankaasta valmistetun tuotteen malli vaikuttaa palo-ominaisuuksiin, esimerkiksi monikerroksisessa rakenteessa ja kangaskerroksien välissä oleva ilma edesauttaa palonleviämistä. (VTT: Syttymisherkkyys on osa tekstiilien paloturvallisuutta 2012.)

6.3 LOI-arvo

Tekstiilin syttyvyyttä voidaan kuvata happi-indeksillä eli LOI-arvolla (limiting oxygen index). LOI-luku kertoo sen happimäärän, joka ympäröivässä ilmassa tulee olla, jotta kuitu palaa. Mitä pienempi tekstiilin LOI-arvo on, sitä helpommin se syttyy. Materiaalin palamista arvioitaessa LOI-arvoa verrataan ilman happipitoisuuteen, joka on noin 21 %. Tämän perusteella materiaalit, joiden LOI-arvo on suurempi kuin 21 % syttyvät vaikeasti normaali-ilmassa ja ovat paloturvallisempia kuin pienemmän LOI-luvun saavat kuitut. (Ryynänen ym. 2001, 15.)

Materiaalin LOI-arvo voidaan selvittää standardin ASTM D2863-73 mukaisella testillä, jossa testattavaa näytettä puhalletaan happea ja typpeä sisältävällä kaasuseoksella 30 sekunnin ajan. Sitten näyte sytytetään ja sen tulee palaa kokonaan 50 mm pituudelta tai vähintään 3 minuutin ajan. Hapen konsentraatiota vaihtamalla voidaan selvittää palamiseen tarvittava pienin mahdollinen happipitoisuus hapen ja typen seoksessa. Testauksessa käytettävä laite ilmoittaa materiaalin LOI-arvon tilavuusprosenttina. (Rouette 2001, 1281–1282.)

Taulukossa 4 on luonnonkuitujen LOI-arvoja huoneen lämpötilassa mitattuna. Käsittelemättömistä luonnonkuiduista suurin LOI-arvo on villalla, eli 25. Villa on vaikeasti

syttyvä eikä se ylläpidä palamista (Boncamper, 2011, 173). Villaakin parempi palosuojaava luonnonkuitu on mineraalikutuihin kuuluva asbesti, joka ei syty lainkaan. Tekemällä villalle Zipro-käsittely, sen LOI-arvo nousee 30:een. Puuvillan ja pellavan LOI-luku on pienempi kuin 21, joten kuidut eivät ole paloturvallisia. Käsittelemätön puuvillakuitu syttyy helposti ja palaa nopeasti (Boncamper 2011, 108).

TAULUKKO 4. Luonnonkuitujen LOI-arvoja

Kuitu	LOI-arvo	Käsitelty kuitu	LOI-arvo
Puuvilla	19	Puuvilla (Pyrovatex- tai Proban-viimeistelty)	28 – 30
Pellava	19		
Villa	25	Zipro-käsitelty villa	30
Silkki	23		
Asbesti	ei syty		

Taulukossa 5 on kootusti Fung:n ja Hardcastlen (2001, 285) sekä Boncamperin (2011, 48) mainitsemia LOI-arvoja tekokuiduille. Taulukossa tekokuidut on jaoteltu muuntokuituihin, synteettisiin kuituihin ja epäorgaanisiin kuituihin. Tavallisten kuitujen lisäksi taulukossa on myös palosuojatun viskoosin ja palosuojatun polyesterin LOI-luvut. Taulukosta voidaan huomata, että suurin LOI-arvo on polytetrafluorieteenillä (PTFE), kauppanimeltään Teflon, jonka LOI-arvo nousee jopa 90:een. Epäorgaanisiin kuituihin kuuluva lasikuitu ei syty lainkaan. Polyolefiineihin kuuluvilla polyeteenillä ja polypropeenilla on matala LOI-arvo, Boncamperin (2011, 331, 334) mukaan polyeteeni alkaa sulaa jo 100 °C lämpötilassa ja polypropeeni sulaa noin 165 °C.

TAULUKKO 5. Tekokuitujen LOI-arvoja

	Kuitu	LOI-arvo
Muuntokuidut	Viskoosi	18–20
	Modaali	18–20
	Palosuojattu viskoosi	27–30
	Visil (modifioitu viskoosi)	28–33
	Synteettiset kuidut	Akryyli
	Polyesteri	22
	Palosuojattu polyesteri	28–30
	Polyamidi	20–22
	Aramidi (Nomex)	28–30
	Modakryyli	25–30
	Klorokuitu	35–48
	Polypropeeni	18,5
	Polyeteeni	17,5
	PTFE (Teflon)	80–90
	Basofil (BASF)	33
Epäorgaaniset kuidut	Lasikuitu	ei syty

6.4 Ilmailutiedotus AIR T1-10

Entisen Ilmailulaitoksen Lentoturvallisuushallinto on julkaissut 26.11.1986 pienlentokoneiden sisustusmateriaalina käytettävien tekstiilien paloturvallisuutta koskevan ilmailutiedotuksen AIR T1-10. Lentokelpoisuusvaatimuksen mukaan ilma-aluksissa käytet-

tävien sisustusmateriaalien on täytettävä tietyt palonkestovaatimukset ja tiedotuksen tarkoituksena on selventää palokoevaatimusten soveltamista sekä antaa ohjeita sisustusmateriaalien valintaan, erityisesti koskien pieniä ilma-aluksia. Tekstiilien paloturvallisuutta koskeva lentoturvallisuusvaatimus käsittää verhoilumateriaalien lisäksi myös istuinten pehmusteet, äänieristysmateriaalit ja matot. Lentokoneiden, joiden matkustajapaikkojen lukumäärä on korkeintaan yhdeksän, sisustusmateriaalien on oltava turvallisissa rajoissa palamattomia. Määritelmän mukaan materiaali saa palaa liekkiä ylläpitäen vain turvallisissa rajoissa, eli palon on oltava helposti hallittavissa ja sammutettavissa. Kytevä materiaali ei saa syttyä uudestaan muodostaen liekkiä. Pienkoneisiin tarkoitettujen sisustusmateriaalien palokokeista on yleisohjeet, jotka löytyvät Yhdysvaltain ilmailuviranomaisen Federal Aviation Administrationin (FAA) Advisory Circular 23-2A:sta. Jotta materiaalia voidaan käyttää pienlentokoneen sisustuksessa, tulee sen täyttää AC 23-2A kohdan b. flame-resistant -vaatimukset. (Ilmailutiedotus AIR T1-10 1986, 1-2.)

7 STANDARDIT JA TESTAUKSET

Tässä luvussa kerrotaan materiaaleille suoritetuista testauksista. Päähuomio kiinnitetään palotestauksiin ja lisäksi selvitetään materiaalien laatuominaisuuksia; hankauksenkesto, värien hankauksenkesto (kuiva ja märkä) ja nyppyyntyminen. Laatuominaisuuksia testaamalla materiaaleja on mahdollista verrata lentokoneen sisustuksessa käytettäville tekstiileille asetettuihin vaatimuksiin. Palokäyttäytymistä selvittäessä käytetyt testausmenetelmät eivät ole lentokelpoisuusvaatimusten mukaisia, sillä palo-ominaisuuksien testaaminen ilmailutiedotteessa mainitulla menetelmällä ei ole mahdollista tekstiililaboratorion tiloissa. Verhoilukankaille tehdyt testaukset ja standardit on esitetty taulukossa 6.

TAULUKKO 6. Testaukset ja standardit

Testaus	Standardi
Neliömassa	SFS 3192
Hankauksenkesto	SFS-EN ISO 12947-2
Nyppyyntyminen	SFS-EN ISO 12945-2
Värien hankauksenkesto	SFS-EN ISO 105-X-12
Palokäyttäytyminen	matto: SFS 3187 verhoilukankaat: SFS-EN ISO 6941

Laatuominaisuuksia testataan kahdesta opinnäytetyön teettäjän toimittamasta verhoilumateriaalista. Toinen kankaista on pääväriltään sininen kuviollinen kangas ja toinen on sininen kangas. Kankaita käytetään lentokoneen istuimien verhoiluun. Sininen kangas on valmistettu villan ja polyamidin sekoitteesta, jossa on 85 % villaa ja 15 % polyamidia. Kuviollisesta materiaalista ei ole raaka-ainetietoja tiedossa, mutta luultavasti siinäkin on pääasiassa villaa ja lisäksi jotakin synteettistä kuitua. Kumpaakin materiaalia oli riittävästi, joten testauksiin tarvittavat näytepalat saatiin otettua standardin mukaisesti. Testauksia käsiteltäessä materiaaleista käytetään nimiä ”sininen” ja ”kuviollinen” erotamisen helpottamiseksi. Verhoilukankaiden lisäksi polyamidimatosta testataan palo-ominaisuuksia. Materiaalien hoito-ohje ei ole tiedossa, mutta yleensä lentokoneissa käytettävät tekstiilit puhdistetaan kemiallisesti. Hoito-ohjeen puuttumisen takia kankaista ei testattu värien pesunkestoa tai määritetty pesussa tapahtuvaa mittamuutosta.

Testaukset on suoritettu Tampereen ammattikorkeakoulun tekstiililaboratorion vakio- koeolosuhteissa, eli lämpötila on 20 ± 2 °C ja kosteusprosentti 65 ± 2 %. Ennen testauksia materiaalit ilmastoidaan vakio- koeolosuhteissa. Testaukset perustuvat yleisesti käytössä oleviin standardeihin, jotka mainitaan taulukossa 6. Seuraavissa kappaleissa kerrotaan käytetyistä testausmenetelmistä.

7.1 Neliömassa

Neliömassan mittauksessa noudatetaan standardia SFS 3192 ”Tekstiilit. Tasomaisten tekstiilituotteiden neliömassan ja juoksumetrimassan määrittäminen”. Neliömassa kuvaa tekstiilin massaa grammoina yhtä neliometriä kohti. Standardin mukaan mittaus voidaan tehdä yhdestä suuresta näytteestä tai vaihtoehtoisesti useasta pienestä näytteestä. Standardia käytetään kaikenlaisten tekstiilituotteiden neliömassa selvittämiseen. Neliömassan mittaamista varten testattavasta materiaalista leikataan neliö, jonka sivu on vähintään 0,5 m. Kappale mitataan 1 millimetrin tarkkuudella leveys- ja pituussuunnassa. Useita pieniä koepaloja mitattaessa, koepalojen pinta-alan tulee yhteensä olla vähintään 250 cm². Mittauksen jälkeen kappale punnitaan ja sen jälkeen materiaalille voidaan mitaustuloksien keskiarvoista laskea neliömassa. (SFS 3192:1974.)

VirtuaaliAMK:n oppimateriaalin mukaan tekstiilituotteen neliömassaan voi vaikuttaa useat eri tekijät, joita ovat esimerkiksi käytetyn raaka-aineen tiheys ja kuituhienous, langan numero ja kertauksien määrä sekä tietysti materiaalin tiheys, paksuus ja valmistuksessa käytetty sidos. (VirtuaaliAMK: Tekstiilien testaus 2007.)

7.2 Hankauksenkesto

Standardin SFS-EN ISO 12947-2 ”Tekstiilit. Kankaiden hankauksenkestävyyden määrittäminen Martindale-menetelmällä. Osa 2: Näytteen rikkoutumisen määrittäminen” mukaan hankauslujuus voidaan selvittää yksinkertaisella periaatteella, eli rakenneauriomenetelmällä. Menetelmän mukaan koepalaa hangataan villakangasta vasten tietyllä kuormalla ja materiaalissa tapahtuvaa vaurioitumista tarkkaillaan tietyn kierroslukumäärän kuluttua. Tarkoituksena on selvittää se kierroslukumäärä, jonka testattava materiaali kestää ilman rakenneaurioita. Testausta varten näytteestä leikataan pyöreät halkaisijaltaan 38 mm

kokoiset koepalat. Lisäksi testausta varten tarvitaan hankauskangasta ja alustana toimivaa villahuopaa, joista leikataan halkaisijaltaan 140 mm olevat pyöreät kappaleet. Näytepitiimiin tarvitaan myös koepalojen alle asetettavat pyöreät vaahtomuovialustat. Alustojen halkaisija on 38 mm. Näytepalat asetetaan vaahtomuovialustan kanssa näytepitiimiin niin, että lankajärjestelmät ovat samassa suunnassa Martindale-koneen rungon reunojen kanssa. Hankauslujuuden testauksen aloituksen jälkeen hankaus keskeytetään, kun etukäteen asetettu hankauskierrosmäärä saavutetaan. Näytteen rikkoutumista tutkitaan mikroskoopin avulla ja hankausta jatketaan kunnes rikkoutumista havaitaan tai saavutetaan sovittu loppupiste. Kudotuissa kankaissa näytteen rikkoutumispiste saavutetaan, kun kaksi erillistä lankaa on täysin poikki ja neuloksissa, kun yksi lanka on poikki. Jos hankaustesti kestää yli 50 000 kierrosta, hankauskangas tulee vaihtaa joka 50 000 kierroksen jälkeen ja jokaiseen uuteen testiin vaihdetaan uusi hankauskangas. (SFS-EN ISO 12947-2:1999.)

VirtuaaliAMK:n oppimateriaalissa kuvataan hankauksenkeston, eli hankauslujuuden, kuvaavan tekstiilin ominaisuutta kestää pintaan kohdistuvaa ulkopuolista hankaavaa rasitusta. Lisäksi oppimateriaalissa mainitaan, että tekstiilimateriaalin vaurioituminen ei tapahdu yhtäkkisesti vaan kulumalla hitaasti käytössä, joten testauksen tarkoituksena on selvittää kuinka paljon materiaali kestää toistuvaa rasitusta. Hankauslujuus ilmoitetaan kierroslukujen avulla; mitä suurempi kierrosmäärä saadaan lopputulokseksi, sitä paremmin materiaali kestää kulutusta. (VirtuaaliAMK: Tekstiilien testaus 2007.) Boncamperin (2011, 28) mukaan materiaalin käyttökohde vaikuttaa hankauksenkeston vaatimustasoon.

Materiaalin hankauslujuutta voidaan parantaa sekoittamalla raaka-aineeseen jotain lujempaa kuitua. Boncamper (2011, 42) kertoo esimerkkinä kuinka villaan lisätään polyesteriä villan hankauksenkeston parantamiseksi. Kuitusekoitusten lisäksi hankauslujuuteen on mahdollista vaikuttaa lanka- ja sidosrakenteella sekä viimeistelyllä.

7.3 Nyppyntyminen

Tässä opinnäytetyössä testattavien materiaalien nyppyntymistä testataan noudattaen standardia SFS-EN ISO 12945-2 ”Tekstiilit. Kankaiden nöyhtäytymis- ja nyppyntymisalttiuden määrittäminen. Osa 2: Muunnettu Martindale-menetelmä”. Standardin mu-

kaan tekstiilin nyppyyntyessä tekstiilin pinnalla olevat kuidut nukkaantuvat ja sotkeutuvat toisiinsa palloiksi. Nyppyyntymiseen vaikuttaa tekstiilin raaka-aineen, kuidun, langan ja kankaan ominaisuuksien lisäksi myös tuotteen käyttökohde ja sen altistuminen hankaukselle. Käytön lisäksi materiaalin pinnan ulkonäkö saattaa muuttua pesussa tai kemiallisessa pesussa. Tekstiilin alttiutta hankauksesta johtuvalle nyppyyntymiselle ja nöyhtäytymiselle voidaan testata Martindale-hankauksenkestolaitteistolla. Testausta varten testattavasta materiaalista leikataan vähintään kolme pyöreää koepalaa, joiden halkaisija on 140 mm. Testattavat materiaalinäytteet asetetaan kiinnitysrenkaiden avulla hankauslaitteen näytepitimiin. Kudotuilla kankailla käytetään näytepitimen (155 ± 1) g lisäksi lisäpainoa, jonka massa on (206 ± 1) g. Näytepitimen ja lisäpainon yhteispaino on (415 ± 2) g. Koepaloja hangataan joko itseään tai villaista hankauskangasta vasten. Testausta varten tarvitaan vähintään kolme koepalaparua, joiden nyppyyntymistä arvioidaan visuaalisesti määriteltyjen testauskierrosten jälkeen. Kierrosmäärät, joiden jälkeen materiaalin nyppyyntymistä arvioidaan, ovat 125, 500, 1000, 2000, 5000 ja 7000 kierrosta. Kullekin koepalalle annetaan sen nyppyyntymistä kuvaava arvosana jokaisessa arvosteluvaiheessa. Arvosanat kirjataan ylös ja saaduista arvosanoista lasketaan keskiarvo, joka kuvaa materiaalin nyppyyntymistä. Arvosteluasteikko on 5-1, 5 on paras eli koepalan ulkonäössä ei ole tapahtunut muutosta ja huonoin arvosana 1 kuvaa erittäin nyppyyistä pintaa, jossa erikokoiset nypyt peittävät koepalan pinnan. (SFS-EN ISO 12945-2:2001.)

Standardissa mainittujen nyppyyntymiseen vaikuttavien tekijöiden lisäksi VirtuaaliAMK:n oppimateriaalissa mainitaan myös esimerkiksi materiaalin sähköistyvyys ja tuotteen viimeistys. (VirtuaaliAMK: Tekstiilien testaus 2007) Boncamperin mukaan (2011, 42) lyhyiden kuitujen käyttäminen lisää materiaalin nyppyyntymistä, sillä lyhyiden kuitujen päät nousevat helposti pystyyn aiheuttaen muutoksen materiaalin ulkonäössä. Muita nyppyyntymiseen vaikuttavia ominaisuuksia ovat esimerkiksi materiaalin sidosrakenne ja viimeistysaineet. Nyppyyntymistä on mahdollista vähentää valmistamalla tuote tiukkakierteisestä langasta, myös materiaalin hankausta tulisi välttää.

7.4 Värien hankauksenkesto

Standardin SFS-EN ISO 105-X12 ”Tekstiilit. Värinkestot. Osa X12: Värien hankauksenkesto” menetelmällä voidaan määrittellä värien hankauksenkesto, eli tahriiko materi-

aali hankauksessa. Testissä näytettä hangataan testauslaitteen edestakaisella suoraviivaisella hankausliikkeellä sekä kuivalla että märällä hankauskankaalla. Hankauskankaan tulee standardinmukaisesti olla puuvillainen, liisteritön, valkaistu ja viimeistelemätön. Testausta varten hankauskankaasta leikataan 50 mm x 50 mm -kokoisia paloja. Hankauskangas asetetaan halkaisijaltaan 16 mm olevan sylinterinmuotoisen akryylitapin päähän niin, että kudokset on yhdensuuntaisesti hankaustapin suunnan kanssa. Seuraavaksi testattavaa materiaalia hangataan tapilla 10 kertaa edestakaisin 10 sekunnin aikana. Tapin liikkuma matka tekstiilimateriaalin pinnalla on 100 mm ja tapin aiheuttama alaspäin kohdistuva voima on 9 N. Testi suoritetaan testattavalle materiaalille sekä kuteen että loimen suuntaisesti, ensin kuivalla ja sitten tislatulla vedellä kastellulla hankauskankaalla. Ennen arviointia hankauskangas kuivataan ja siitä poistetaan arviointia mahdollisesti häiritsevät irtonaiset kuidut. Arvostelussa hankauskankaan alla käytetään kolmea kerrosta valkoista hankauskangasta. Arvostelu tapahtuu harmaa-asteikolla, eli tahriutumisen näytteen ja puhtaan puuvillakankaan sävyeroa verrataan harmaa-asteikon sävyeroihin. Arvosteluasteikko on 1-5, jossa 5 on paras. Jos puuvillakangas on erityisen tahriutunut, voidaan päätellä, että testattavasta materiaalista lähtee irtoväriä ja, jos tahriutumista ei ole tapahtunut, väri on kiinnittynyt hyvin eikä sitä irtoa käytössä. (SFS-EN ISO 105-X12:2003.)

7.5 Palokäyttäytyminen

Kuidun palo-ominaisuus on tärkeä selvittää, sillä kunkin kuidun palokäyttäytyminen on yksilöllistä. Useat käyttökohteet vaativat, että käytettävät materiaalit ovat paloturvallisia tai kuitujen tulee kestää korkeita lämpötiloja ja olla vaikeasti palavia. Palotestauksissa voidaan selvittää kuitumateriaalin syttymispiste, syttymistapa, palamistapa, palon jatkuminen ilman liekkikosketusta, palossa syntyvät aineet ja palojäännös ja sen jälkihehku. (Boncamper 2011, 47.)

Meinanderin (2012, 109) mukaan paloturvallisuutta selvittäessä voidaan selvittää lisäksi syttymisherkkyys, palonleviämisenopeus, palamistilanteessa kehittyvä lämpöenergia, palaessa muodostuvat myrkylliset kaasut ja savu, palon jälkeinen kytminen ja sammuttaminen.

7.5.1 Maton palotestaus

Ilmailutiedotteen mukaan pienlentokoneisiin tarkoitettut sisustusmateriaalit tulee testata FAA:n asettamien ohjeiden mukaisesti. Myös ei-ilmailumateriaaleille on omat vaatimukset, jotka niiden tulee täyttää, jotta materiaalia voidaan käyttää lentokoneen sisustuksessa. Ilmailutiedotuksen mukaan ilma-aluksessa voidaan käyttää myös auto- ja huonekaluteollisuudessa käytettäviä materiaaleja. Materiaali testataan kansainvälisen ISO 3795 tai amerikkalaisen FMVSS 302 standardin mukaisesti. Jotta materiaali voidaan hyväksyä, palokokeessa mitattu suurin palamisnopeus saa olla korkeintaan 100 mm/min. (Ilmailutiedotus AIR T1-10 1986, 1-2.)

Ilmailutiedotteessa mainittu kansainvälinen standardi ISO 3795 on yhtäpitävä standardin SFS 5337 ”Ajoneuvot. Moottoriajoneuvojen sisusteiden palo-ominaisuudet” kanssa. Standardin SFS 5337 menetelmässä testataan viisi 100 mm x 356 mm -kokoista koepalaa. Testausmenetelmän tarkoituksena on selvittää koepalan vaakasuuntainen palamisnopeus polttokammiossa pientä sytytyslähdettä käyttäen. Testissä liekin korkeudeksi säädetään 38 mm ja sytytysaika on 15 sekuntia. Testin aikana seurataan liekin etenemistä koepalan pinnalla ja lopuksi mitataan vaurioituneen alueen pituus, josta lasketaan palamisnopeus. (SFS 5337:1987.)

Opinnäytetyön aiheena olevan pienlentokoneen maton palokäyttäytymistä testataan kuitenkin standardin SFS 3187 ”Tekstiilimatot. Syttyvyyden määrittäminen. Tablettikoe.” mukaisesti. Testistä saatavia tuloksia voidaan kuitenkin pitää vain suuntaa-antavina, sillä testausmenetelmä ei ole sama kuin ilmailutiedotteessa mainitussa standardissa. Vaadittu menetelmä ja testauksissa käytetty menetelmä eroavat toisistaan monin eri tavoin, mutta Tampereen ammattikorkeakoulun tekstiililaboratorion tiloissa ei pystytä tekemään vaatimusten mukaisia testauksia lentokoneissa käytettäville tekstiileille. Ilma-aluksessa käytettävän maton palokäyttäytymistä haluttiin kuitenkin selvittää edes jotenkin. Tämän takia testausmenetelmäksi valittiin tekstiilimattojen syttyvyyttä määrittävä tablettikoe, joka voidaan suorittaa tekstiililaboratoriossa.

Tablettikokeessa pieni sytytyslähde asetetaan koepalan pinnalle ja sytytyslähde sytytetään. Testissä seurataan koepalan palokäyttäytymistä sytytyslähteen sammumisen jälkeen ja mitataan tapahtumassa vaurioitunut alue. Standardin SFS 3187 mukaisesti testataan kahdeksan 230 mm x 230 mm ± 3 mm -kokoista koepalaa. Standardissa esitetyn

menetelmän mukaan koepalat ilmastoidaan vakiokoeolosuhteissa tai lämpökaapissa kuivaamalla. Kuivauksessa koepalat ovat lämpökaapissa 105 ± 2 °C lämpötilassa kahden tunnin ajan, jonka jälkeen näytteet siirretään vähintään tunnin ajaksi eksikkaattoriin (kuva 5) jäännöskosteuden poistamiseksi. Standardissa mainitaan, että testi on lämpökaapissa kuivatulle koepalalle ankarampi kuin ilmastoiduille koepaloille. (SFS 3187:1983.)



KUVA 5. Maton näytepalat eksikkaattorissa (Kuva: Heidi Soili 2014)

Standardin mukaan testausolosuhteissa lämpötilan tulee olla 10–30 °C ja ilman suhteellisen kosteuden pitää olla 20–65 %. Testaukset suoritetaan vetokaapissa olevassa polttokammiossa, joka on valmistettu palamattomasta materiaalista. Polttokammion sisämitat ovat 300 mm x 300 mm x 300 mm. Testaus aloitetaan asettamalla näytepala kulutus-pinta ylöspäin polttokammiossa olevan palamattoman levyn päälle. Koepalan pintakuidut tai nukka harjataan kädellä pystyyn. Seuraavaksi koepalan päälle asetetaan palamatonta materiaalia oleva 230 mm x 230 mm -kokoinen kehys, jonka keskellä on hal-

kaisijaltaan 205 mm oleva pyöreä aukko. Palamatonta materiaalia oleva polttokammio ja kehys ovat kuvassa 6. (SFS 3187:1983.)



KUVA 6. Vetokaapissa oleva polttokammio (Kuva: Heidi Soili 2014)

Kun kehys on asetettu näytteen päälle, kehysten keskipisteeseen asetetaan sytytyslähde, joka sytytetään. Standardin 3187 mukaan sytytyslähteenä käytetään meteeniamiinitablettia (heksaetyleenitetramiinia), jonka massa on 105 ± 5 mg ja halkaisija 6 mm. Kuvassa 7 näkyy testaustilanne, jossa meteeniamiinitabletti palaa näytepalan keskellä.



KUVA 7. Maton palokäyttäytymisen testausta tablettikokeella (Kuva: Heidi Soili 2014)

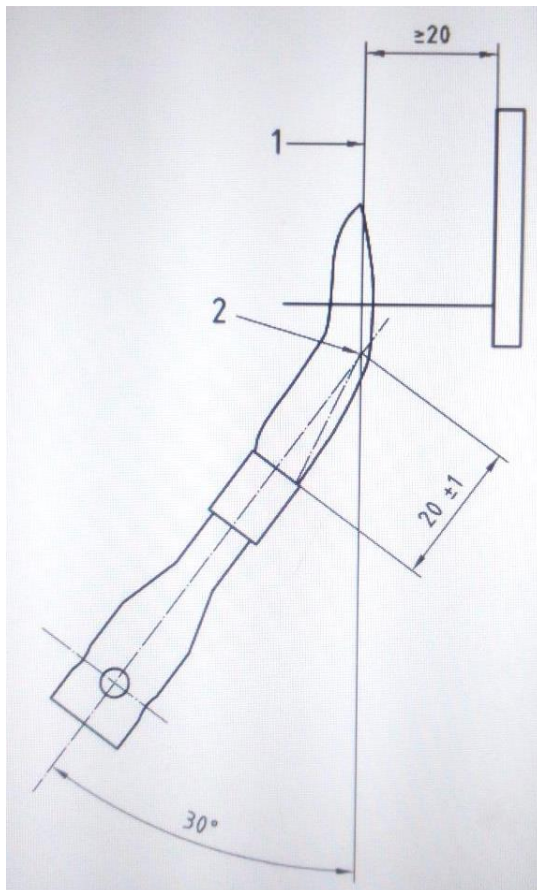
Testissä tarkkaillaan näytteen palamista eli kuinka materiaali käyttäytyy sytytyslähteen sammumisen jälkeen. Kun palaminen tai hehkuminen on loppunut tai kunnes palaminen tai hehkuminen on edennyt kehyksen reunaan, testi lopetetaan. Testauksen aikana selvitetään aika, joka kuluu sytytyslähteen sytyttämisestä palamisen loppumiseen tai etene- miseen kehyksen asti. Lisäksi mitataan vaurioitunut alue millimetreinä koepalan keski- pisteestä palaneen alueen reunaan. (SFS 3187:1983.)

7.5.2 Verhoilutekstiilien palotestaus

Ilmailutiedotuksen AIR T1-10 mukaan pienlentokoneiden sisustusmateriaalina käytet- tävien tekstiilien palotestaus suoritetaan noudattaen FAA:n ilmailutiedotuksen 23-2A:n ohjeita. Menetelmässä testataan kolme koepalaa, jotka ilmastoidaan 65–75 °F (18,3– 23,9 °C) lämpötilassa. Koepalan koko on 12½ tuumaa (317,5 mm) loimen suuntaan ja 4½ tuumaa (114,3 mm) kuteen suuntaan. Testausta suoritettaessa liekin korkeuden tulee olla 1½ tuumaa (38,1 mm), kun se kohdistetaan pystysuoraan vaakatasossa olevan koe- palan reunaan. Tekstiilimateriaali voidaan hyväksyä, jos näytepala ei jatka palamista 15 sekunnin sytytyksen jälkeen tai, jos kaikkien kolmen koepalan palamisnopeus on alle 4 tuumaa minuutissa (101,6 mm/min). Edellä kuvattua testausta ei ole mahdollista suorit- taa Tampereen ammattikorkeakoulun tekstiililaboratorion tiloissa, joten tilalle on valittu testausmenetelmä, joka voidaan toteuttaa tekstiililaboratorion laitteilla.

Verhoilutekstiilin palotestaus suoritetaan standardin SFS-EN ISO 6941 ”Tekstiilit. Palo- ominaisuudet. Liekin leviämisoimaisuuksien mittaaminen pystysuorilla näytteillä” mukai- sesti. Standardin mukaisessa menetelmässä tarkoituksena on mitata liekin leviämisaikaa pystysuorassa olevalla tekstiilinäytteellä. Määrätynlainen liekki kohdistetaan näytteen pintaan tai alareunaan 10 sekunnin ajaksi. Testissä on tarkoitus mitata liekin leviämis- aika sekunteina liekin edetessä näytteen pinnalla. Mittauksia varten materiaalista leika- taan kuusi (560 x 170) ± 2 mm kokoista koepalaa, joista kolme on pituussuuntaan ja kolme on poikkisuuntaan. Testauksessa käytettävän kaavion avulla koepaloihin merki- tään koepalan kiinnityksessä tarvittavien piikkien paikat. Koepalat tulee ilmastoida vä- hintään 24 tunnin ajan tilassa, jossa lämpötila on 20 ± 2 °C ja suhteellinen kosteus on 65 ± 5 %. Testausolosuhteissa lämpötilan tulee olla 10–30 °C ja suhteellisen kosteuden 35– 65 %. Lisäksi on huomioitava, että testausliekillä on vakaat oltavat, joten ilman liikkeen tulee olla alle 0,2 m/s. (SFS-EN ISO 6941:2004.)

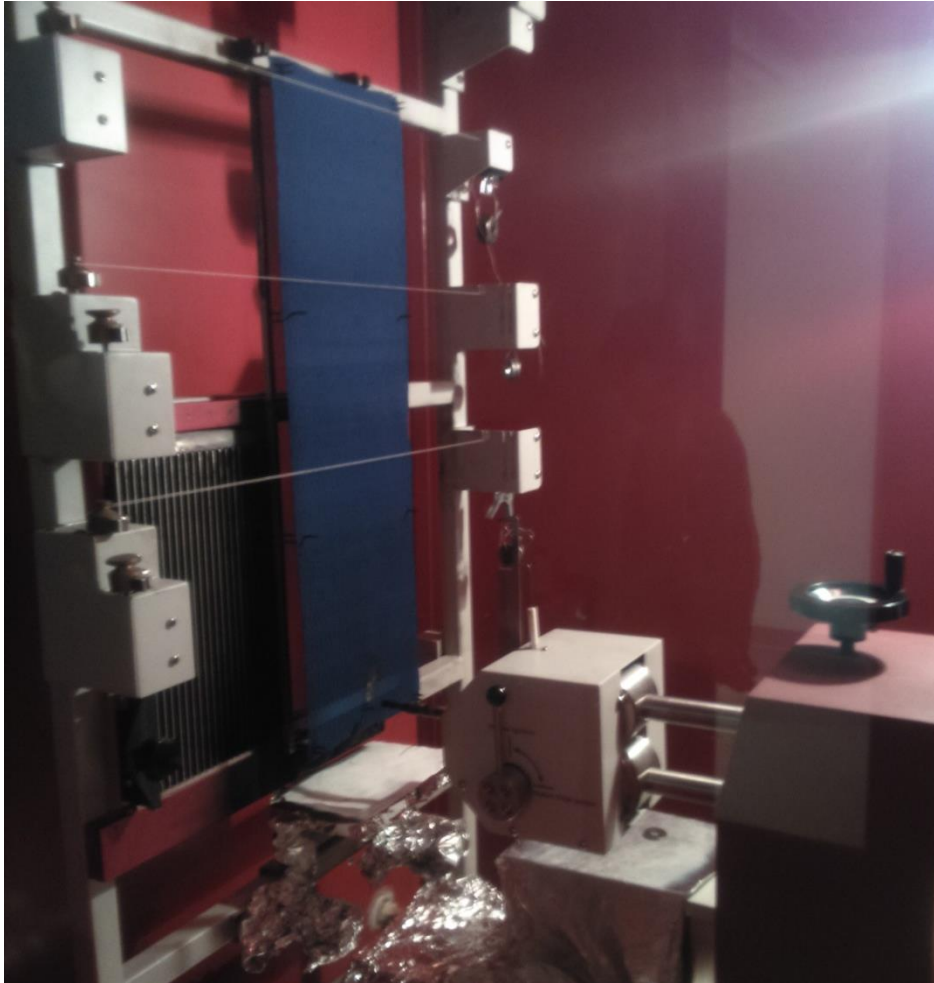
Standardin SFS-EN ISO 6941 mukaan menetelmää voidaan käyttää pinta- tai reunasytytyksessä. Molemmissa sytytysmenetelmissä testattava koepala kiinnitetään kehykseen ja kehys kiinnitetään testaustelineeseen pystysuoraan. Pintasuorassa sytytyksessä polttin asetetaan niin, että se on kohtisuorassa näytepalan pintaa vasten. Standardissa on määritetty, että polttimen toiminta-asennossa polttimen pään tulee olla näytteen pinnasta 17 ± 1 mm etäisyydellä ja liekin vaakasuoran pituuden tulee olla 25 ± 2 mm. Reunasytytyksessä polttimen ollessa toiminta-asennossa, se on koekappaleen edessä kuvan 8 mukaisella tavalla. Kuvassa 8 on merkattu koekappale (1) ja liekin sytytyspaikka (2). Liekin korkeudeksi säädetään 40 ± 2 mm pystysuorassa asennossa mitattuna. (SFS-EN ISO 6941:2004.)



KUVA 8. Liekin paikka reunasytytyksessä (SFS-EN ISO 6941:2004)

Liekin ja laitteiston säätämisen jälkeen ensimmäinen näytepala asetetaan koekappalekehykseen, johon kiinnitetään myös merkkilangat, joiden avulla seurataan liekin etenemisnopeutta. Testauksessa liekki kohdistetaan koekappaleeseen 10 sekunnin ajaksi. Testauksessa selvitetään aika sytytyksestä ensimmäisen merkkilangan katkeamiseen, sytytyksestä toisen merkkilangan katkeamiseen ja sytytyksestä kolmannen merkkilan-

gan katkeamiseen. Kuvassa 9 on testauslaite liekin sammumisen jälkeen. (SFS-EN ISO 6941:2004.)



KUVA 9. Atlas Auto Flamm –palonkeston testauslaite (Kuva: Heidi Soili 2014)

Taulukkoon 7 on koottu standardin SFS-EN ISO 6941 ja ilmailutiedotuksen 23-2A testausmenetelmien eroavaisuuksia. Taulukosta voidaan huomata, että ilmailutiedotuksen menetelmässä koepala on hieman pienempi. Ilmailutiedotuksessa koepalojen lukumääräksi ilmoitetaan vähintään kolme, mutta jos valmistus-/poikkisuunnassa on eroa, testataan kumpikin suunta. Standardin SFS-EN ISO 6941 mukaan koepaloja on yhteensä kuusi, joista kolme on pituussuuntaan ja kolme poikkisuuntaan, mutta tekstiilin pintojen ollessa erilaiset ja esikokeiden perusteella niiden palo-ominaisuudet eroavat toisistaan, kummaltakin puolelta testataan kuusi koepalaa. Ilmastointi tapahtuu molemmissa menetelmissä melko samanlaisissa olosuhteissa 24 tunnin ajan. Standardin SFS-EN ISO 6941 menetelmässä testaus tapahtuu Atlas Auto Flamm -palonkeston testauslaitteella ja ilmailutiedotuksen AC 23-2A testaus tapahtuu vedottomassa koekaapissa. AC 23-2A:n menetelmässä liekki on pystysuorassa vaakatasossa olevaa koepalaa vasten ja liekin kor-

keus on 38 mm. Standardin SFS-EN ISO 6941 mukaan testaus tapahtuu joko pinta- tai reunasytytyksellä. Verhoilumateriaalien testauksessa käytettiin pintasytytystä, jossa liekin vaakasuoraksi pituudeksi säädetään 25 ± 2 . Standardissa SFS-EN ISO 6941 liekin vaikutusaika on 10 sekuntia ja AC 23-2A:n menetelmässä sytytys liekki kohdistetaan koepalaan 15 sekunniksi.

TAULUKKO 7. Palotestausmenetelmien vertailua

	SFS-EN ISO 6941	AC 23-2A
Koepalan koko	560 x 170 mm	114,3 x 317,5 mm
Koepalojen lukumäärä	6 (3 pituussuuntaan, 3 poik- kisuuntaan)	vähintään 3/suunta
Ilmastointi	24 h, 20 ± 2 °C, 65 ± 5 %	24 h, 21 ± 3 °C, 50 ± 5 %
Testausolosuhteet	10-30 °C, 35-65 %	ei mainittu
Testauslaite	Atlas Auto Flamm	Horizontal Bunsen Burner Test Cabinet
Liekin korkeus	vaakasuorassa 25 ± 2 mm	pystysuorassa 38 mm
Sytytysaika	10 s	15 s

Kummassakin aiemmin mainitussa palo-ominaisuuksia testaavassa menetelmässä selvitetään liekin leviämisaikaa koepalassa. Standardissa SFS-EN ISO 6941 liekin leviämisenopeus selvitetään kolmen merkkilangan avulla ja menetelmässä AC 23-2A koepalaan piirrettyjen kahden viivan avulla.

8 VAATIMUKSET JA RAJA-ARVOT

Lentokoneissa käytettäville tekstiileille on asetettu laatusuosituksia, jotka materiaalin tulisi täyttää. Tanskassa toimiva suuri yksityinen teknologiapalveluita tarjoava tutkimusinstituutti (Danish Technological Institute, DTI) on laatinut verhoilussa käytettäville tekstiileille luokittelujärjestelmän yhdessä verhoilukankaiden ja huonekaluvalmistajien sekä hankintatoimen ammattilaisten kanssa. Luokittelun toteutuksessa on käytetty hyväksi laboratoriotuloksia ja kokemuksia tekstiilien käyttökohteissa. Sopivan verhoilutekstiilien valinta voi olla vaikeaa, siksi vuodesta 1980 lähtien teollisuuden edustajat ovat alkaneet käyttää apunaan luokittelujärjestelmää, josta käy ilmi käyttökohteelle asetetut vähimmäisvaatimustavoitteet. (Upholstery Fabric Classification: 2013, 1.)

Instituutin luokittelujärjestelmässä on otettu huomioon mekaanisia, fyysisiä ja kemiallisia ominaisuuksia. Luokittelujärjestelmä on laadittu sekä yksityisten että julkisten tilojen tekstiileille. Yksityisissä tiloissa on otettu huomioon tilan käyttöaste ja julkisissa tiloissa on eritelty eri kohteita, esimerkiksi: hotellihuoneet, sairaalan odotushuoneet, toimistot, teatterit ja lentokoneet. (Upholstery Fabric Classification: 2013, 2.) Koska luokittelussa on julkisissa tiloissa mainittu lentokoneet, luokittelua voidaan käyttää hyväksi arvioitaessa testattavien materiaalien soveltuvuutta pienlentokoneen istuimien verhoiluun.

Julkisissa tiloissa käytettävät tekstiilit on jaoteltu eri ryhmiin hankauksenkestovaatimusten perusteella. Lentokoneessa käytettävät tekstiilit ovat samassa ryhmässä toimistojen, opettajanhuoneiden, neuvotteluhuoneiden, luentosalien, ruokaloiden, elokuvateatterien ja teatterien kanssa. Edellä mainituissa tiloissa hankauksenkeston tulisi verhoilukankaan luokittelun mukaan olla vähintään 25 000-35 000 kierrosta standardin EN ISO 12947-2 mukaisesti testattuna. Luokittelun mukaan esimerkiksi sairaalan vuodeosastoilla ja hoitokodeissa hankauksenkeston voi olla vähintään 10 000-25 000 kierrosta, kun taas esimerkiksi junissa, busseissa ja kouluissa vähimmäisvaatimukset hankauksenkestolle ovat 30 000-45 000 kierrosta. (Upholstery Fabric Classification: 2013, 4.)

Taulukkoon 8 on koottu testattavien ominaisuuksien vähimmäisvaatimukset DTI:n verhoilukankaan luokitteluohjeen mukaan. Luokittelussa mainitaan vähimmäisvaatimuksia

myös muille tekstiilien laatuominaisuuksille, mutta taulukossa on mainittu vain tämän opinnäytetyön puitteissa tehtyjen testauksien vaatimukset.

TAULUKKO 8. Testattavien ominaisuuksien vaatimukset

Ominaisuus	Standardi	Vaatimus
Hankauksenkesto	EN ISO 12947-2	pehmeä: min. 25 000 jäykkä: min. 35 000
Nyppyntyminen	EN ISO 12945-2	min. 3-4
Värien hankauksenkesto	EN ISO 105-X12	kuiva: min 4 märkä: min 3-4

9 TESTAUKSIEN TULOKSET

Seuraavissa alaotsikoissa kerrotaan testaustuloksista. Testaukset on suoritettu Tampereen ammattikorkeakoulun tekstiililaboratorion tiloissa vakiokoeolosuhteissa aiemmin kuvattujen standardien mukaisesti. Kaikkien testausten mittauspöytäkirjat ovat kokonaisuudessaan liitteessä 2. Testaustuloksia verrataan tanskalaisen tutkimusinstituutin asettamiin laatusuosituksiin ja arvioidaan niiden sopivuutta käytettäväksi lentokoneen sisustuksessa.

9.1 Neliömassa

Neliömassa selvitetään mittaamalla ja laskemalla koepalan pinta-ala, jonka jälkeen koepala punnitaan. Mittausten jälkeen saatu koepalan pinta-ala muutetaan neliömetreiksi ja lasketaan pinta-alaa vastaava massa. Kaikkien koepalojen neliömassa, keskiarvotulos ja keskihajonta esitetään taulukossa 9. Testattavien materiaalien neliömassan selvittämisessä on käytetty kolmea koepalaa. Sinisen ja kuviollisen verhoilukankaan kaikki mitaustulokset löytyvät neliömassan mittauspöytäkirjasta liitteestä 2.

TAULUKKO 9. Koepalojen neliömassa, keskiarvo ja keskihajonta

	SININEN	KUVIOLLINEN
Koepala	Neliömassa g/m ²	Neliömassa g/m ²
1.	336,8	465,4
2.	334,9	463,5
3.	339,6	458,7
Keskiarvo	337,1	462,5
Keskihajonta	1,9	2,8

9.2 Hankauksenkesto

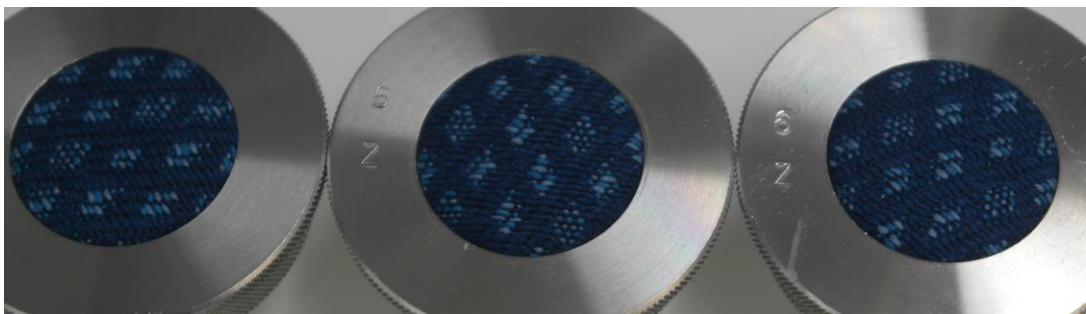
Hankauslujuutta mitattaessa Martindale-laitteistolla rakenneauriomenetelmällä testaustuloksessa ilmoitetaan kunkin näytepalan saama kierroslukumäärä. Eli se kierroslukumäärä, jolloin koepala on vielä ehjä. Tämän lisäksi kerrotaan kaikkien näytteiden kier-

roslukujen keskiarvo. Mittaustulosta varten lasketaan kullekin näytepalalle se kierrosmäärä, jolloin rakenne oli vielä ehjä. Liitteestä 2 löytyvästä mittauspöytäkirjasta voidaan lukea testin aikana tehdyistä havainnoista. Testauksessa materiaalin vaurioitumista tarkkaillaan mikroskoopilla. Sinisessä kankaassa ensimmäinen koepala edustaa sidoksen kohtaa, jossa on lyhyet loimijuoksut (kuva 10) ja toisessa koepalassa on pitkät loimijuoksut.



KUVA 10. Sinisen kankaan 1. näytepala vasemmalla ja 2. näytepala oikealla (Kuva: Heidi Soili 2014)

Kuviollisessa kankaassa loimi- ja kudejuoksut ovat tasaisia koko materiaalissa ja kuvio-kin on niin pieni, että se mahtuu kokonaan yhteen koepalaan. Tämän takia kaikki koepalat edustavat samalla tavalla testattavaa materiaalia. Kuvassa 11 on kaikki kuviollisen kankaan näytteet näytepitimissä ennen hankaustestin aloittamista.



KUVA 11. Kuviollisen kankaan näytepalat 1, 2 ja 3 ennen testauksen aloittamista (Kuva: Heidi Soili 2014)

Testattavat materiaalit ovat verhoilukankaita, joten testauksessa käytetään lisäpainoa, eli näytepitimen ja kuormituspainon kokonaismassa on (795 ± 7) g ja testauksen nimellispaine on 12 kPa. Koepalat ovat käsittelemättömiä ja ne on ilmastoitu tekstiililaboratori-

on vakiokoeolosuhteissa. Testattavien materiaalien neliömassa on pienempi kuin 550 g/m², joten näytepitimissä käytetään standardin mukaisesti vaahtomuovitaustaa koepalojen kanssa.

Hankauksenkeston testaaminen lopetettiin 50 000 kierroksen jälkeen, koska DTI:n tekemän laatu järjestelmän mukaan lentokoneessa käytettävän verhoilutekstiilin tulee kestää vähintään 25 000 kierrosta (Upholstery Fabric Classification: 2013, 4).

Taulukosta 10 voidaan todeta, että sininen kangas kesti 50 000 kierrosta ilman rakennevauriota eli testin aikana ei katkennut kahta erillistä lankaa. Testauksen aikana laaditun mittauspöytäkirjan (Liite 2.) mukaan näytteistä kuitenkin irtosi nöyhtää ja hankauskangas tahriutui testauksessa.

TAULUKKO 10. Sinisen kankaan hankauksenkesto

Näyte	1.	2.	3.	Keskiarvo
Lopputulos	≥ 50 000	≥ 50 000	≥ 50 000	≥ 50 000

Testauksen aikana sinisestä kankaasta irtosi nöyhtää, mutta ei kuitenkaan niin paljon, että testaus olisi jouduttu keskeyttämään. Lisäksi hankauskankaat tahriutuivat näytepaloilla hangatessa. Kuvassa 12 näkyy koepalojen 1 ja 2 hankausalustat ja irronnutta nöyhtää.



KUVA 12. Sinisen kankaan näytepaloista irronnutta nöyhtää hankausalustoissa (Kuva: Heidi Soili 2014)

Kuviollisen kankaan 3. näytepalassa havaittiin rakennevaurio 45 000 kierroksen jälkeen ja tarkasteluvälin ollessa 5 000 kierrosta, näytepalan 3. mittaustulokseksi saadaan 40 000 kierrosta. Testausta lopetettaessa 1. näytepalassa todettiin rakennevaurion olevan

muodostumassa näytteen ollessa kahden säikeen varassa toisen langan katkeamisesta. Tästä voidaan päätellä, että kuviollisen materiaalin hankauksenkesto ei ole paljoa yli 50 000 kierrosta. Taulukossa 11 kuvataan kuviollisen kankaan hankauksenkeston tulokset.

TAULUKKO 11. Kuviollisen kankaan hankauksenkesto

Näyte	1.	2.	3.	Keskiarvo
Lopputulokset	≥ 50 000	≥ 50 000	40 000	46 667

Hankauksenkestoja testatessa kuviollisesta kankaasta irtosi nöyhtää ja kuvassa 13 näkyy koepalasta 3 irronnutta nöyhtää. Nöyhtämisen lisäksi näytepalat tahrasivat hankauskangasta, samoin kuin sinisen kankaan näytepalat.



KUVA 13. Kuviollisen kankaan 3. näytepalasta irronnutta nöyhtää ja väriä hankauskankaassa (Kuva: Heidi Soili 2014)

Testatuista materiaaleista sinisellä kankaalla on parempi hankauksenkesto, sillä sinisen kankaan näytteissä ei havaittu rakenneauriota testauksen aikana, kun taas kuviollisessa kankaassa kolmannen näytepalan hankaaminen lopetettiin 40 000 kierroksen jälkeen rakenneaurion takia. Testauksien vertailupohjana käytetyn DTI:n laatujärjestelmän mukaan lentokoneessa käytettävän verhoilutekstiilin tulee kestää vähintään 25 000 kierrosta ja molemmat materiaalit kestivät tämän vähimmäisvaatimuksen. (Upholstery Fabric Classification: 2013, 4.)

9.3 Nyppyntyminen

Kummastakin materiaalista testattiin kaksi koepalaa, joiden nyppyntymistä arvioi yksi arvostelija. Näytteet ovat käsittelemättömiä ja ne on ilmastoitu tekstiililaboratorion vaikiokoeolosuhteissa.

Testissä materiaaleja hangattiin standardivillakangasta vasten. Koska testattavat materiaalit ovat kudottuja kankaita, testauksessa käytetään erillistä kuormittavaa massaa. Näytepitimen ja ohjaintapin yhteismassa on (155 ± 1) g ja, kun siihen lisätään ruostumattomasta teräksestä valmistetun teräslevyn massa (260 ± 1) g, saadaan kuormittavaksi massaksi yhteensä (415 ± 2) g.

Tarkasteluvälien jälkeen koepaloille annetaan nyppyntymistä kuvaavat arvosanat, jotka on kirjattu mittauspöytäkirjaan (liite 2). Arvosanat ovat myös taulukossa 12, josta voidaan huomata koepalojen nyppyntymisen olevan vähäistä. Verhoilumateriaaleilla 5000 kierroksen jälkeen annettava nyppyntymistä kuvaava lopullinen arvosana on koepalojen keskiarvo. Kummallakin testattavalla materiaalilla loppuarvosana on 4-5, eli standardin SFS-EN ISO 12945-2 mukaan ”5: Ei muutosta, 4: Kevyesti nöyhtänyt pinta ja/tai osittain muodostuneita nyppyjä”.

TAULUKKO 12. Sinisen ja kuviollisen kankaan koepalojen nyppyntymisen arvosanat

Kierrokset	SININEN		KUVIOLLINEN	
	1. koepala	2. koepala	1. koepala	2. koepala
125	4-5	4-5	4-5	4-5
500	4-5	4-5	4-5	4-5
1000	4-5	4-5	4-5	4-5
2000	4-5	4-5	4-5	4-5
5000	4-5	4-5	4-5	4-5

Testattavat materiaalit ovat melko lujia, jolla saattaa olla vaikutusta lopulliseen nyppyntymisarvosanaan. Myös kankaan sidos ja valmistuksessa käytettyjen loimi- ja kudelankojen ominaisuudet vaikuttavat nyppyntymiseen. DTI:n laatiman laatujärjestelmän mukaan lentokoneissa käytettävän verhoilukankaan nyppyntymisen vähimmäisvaatimus on arvosana 3-4 (Upholstery Fabric Classification: 2013, 4). Kumpikin testattu kangas täyttää laatujärjestelmän vaatimuksen nyppyntymisen osalta.

9.4 Värien hankauksenkesto

Värien hankauksenkestossa selvitetään kuiva- ja märkähankauksella irtoaako testattavasta materiaalista irtoväriä valkoiseen testikankaaseen. Testaus suoritetaan loimen- ja kuteen suuntaan. Arviointi tapahtuu harmaa-asteikon avulla, jonka valkoisen ja erisävyisten harmaiden värieroa verrataan puhtaan ja tahriutuneen testikankaan eroon. Värinkestoa kuvataan arvosanalla 1-5, jossa 5 on paras, mutta tahriutumisarvosana voi olla myös kahden luvun välillä, esimerkiksi 3-4.

Seuraavissa taulukoissa (13 ja 14) kuvataan molempien materiaalien värien hankauksenkestoa sekä loimen suuntaan kuiva- ja märkähankauksella että kuteen suuntaan kuiva- ja märkähankauksella. Taulukossa esitettyjen tulosten perusteella voidaan huomata, että sininen materiaali ei merkittävästi tahraa valkoista testikangasta kuivahankauksessa loimen tai kuteen suuntaan. Märällä testikankaalla hangatessa kankaasta siirtyi jonkin verran irtoväriä valkoiseen testikankaaseen.

TAULUKKO 13. Sinisen kankaan värien hankauksenkeston arvosanat

Tahriutuminen	kuiva	märkä
loimen suuntaan	4-5	3-4
kuteen suuntaan	4-5	3-4

Seuraavasta taulukosta ilmenee kuinka kuviollinen kangas tahraa valkoista testikangasta hankauksessa. Kuviollisen kankaan kuivahankaus on loimen ja kuteen suuntaan hyvä, arvosana 4-5, mutta märkähankaus on huonompi, arvosana 2-3. Siniseen materiaaliin verrattuna kuviollinen kangas tahraa märkähankauksessa enemmän eli kuviollisesta kankaasta siirtyy enemmän irtoväriä hankaavaan kankaaseen.

TAULUKKO 14. Kuviollisen kankaan värien hankauksenkeston arvosanat

Tahriutuminen	kuiva	märkä
loimen suuntaan	4-5	2-3
kuteen suuntaan	4-5	2-3

Sinisen ja kuviollisen kankaan värien hankauksenkeston mittauspöytäkirjat ovat liitteessä 2.

DTI:n laatiman luokittelujärjestelmän mukaan lentokoneen verhoilussa käytettävän tekstiilin tulisi saada värien hankauksenkeston tulokseksi kuivahankauksessa vähintään arvosana 4 ja märkähankauksessa vähintään 3-4 (Upholstery Fabric Classification: 2013, 4). Tämän laatuja järjestelmän perusteella kuviollinen kangas ei sopisi lentokoneen verhoilussa käytettäväksi, koska sen arvosana värien hankauksenkestossa märällä testikankaalla (2-3) on huonompi kuin instituutin asettama minimitulokseksi 3-4. Luokittelun perusteella sininen verhoilukangas täyttää lentokoneen verhoilutekstiileille asetetun vähimmäisvaatimuksen sekä kuivalla että märällä hangatessa. Molemmat testatut materiaalit kuitenkin täyttävät luokittelujärjestelmän vaatimuksen kuivahankauksessa.

9.5 Palokäyttäytyminen

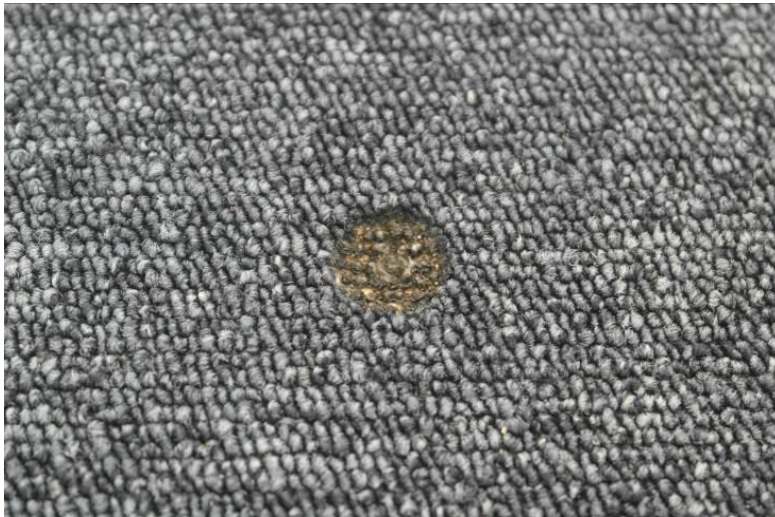
Palokäyttäytymistä testataan edellä kuvattujen verhoilumateriaalien lisäksi matosta. Matto on kokolattiamattoa, jossa on lyhyt polyamidinukka. Matto on käyttämätön, mutta siihen on säilytyksessä päätyntä koirankarvoja ja hiekkaa. Ennen testauksia näyte on pesty tasopesuna vesi-imurilla, jotta karvat eivät pääse vaikuttamaan palokäyttäytymisen testaustuloksiin.

9.5.1 Matto

Tässä testauksessa koepalat ilmastoidaan lämpökaapissa 105 ± 2 °C lämpötilassa kahden tunnin ajan ja sen jälkeen jäädytetään eksikkaattorissa huoneenlämpötilassa yhden tunnin ajan. Ennen varsinaisten testauksien aloittamista yhdelle koepalalle suoritetaan esitestaus, jotta voidaan arvioida testien kulku, eli palaako näyte voimakkaasti vai kenties sammuuko se heti sytytyslähteen lopetettua palaminen. Esitestissä koepalan pinnalle asetettu meteeniamiinitabletti paloi sytyttämisen jälkeen 93,09 sekuntia ja tabletin sammumisen jälkeen näyte ei jatkanut palamista tai hehkumista. Testauksen aikana mittauspöytäkirjaan otettiin ylös seuraavat tiedot: tabletin palamisaika sekunteina, kokonaispaloaika sekunteina, vaurioitunut alue millimetreinä ja syttyikö vai eikö koepala syttynyt. Mittauspöytäkirja on liitteessä 2.

Taulukossa 15 on esitetty kaikkien kahdeksan koepalantestaustulokset. Koepaloja testatessa huomioitiin myös maton valmistussuunta, joka on merkitty taulukkoon nuolella.

Kuvasta 9 voidaan huomata, että polyamidimatton pinta on sulanut alueelta, johon meteeniamiinitabletin liekki on testauksen aikana vaikuttanut. Liekki ei palanut läpi koepalasta, mutta joidenkin koepalojen taustapuolella saattoi havaita pientä tummumista tabletin kohdalla.



KUVA 14. Meteeniamiinitabletin aiheuttama palamisjälki koepalassa (Kuva: Heidi Soili 2014)

Ilmailutiedotteessa AC 23-2A mainitun testausmenetelmän mukaan tekstiili on paloturvallinen, jos näyte ei jatka palamista tai sammuu itsestään. Testaustulokset saatiin kuitenkin käyttäen eri menetelmää, joten testaustuloksien perusteella testattua materiaalia ei voida suoraan pitää sopivana käytettäväksi pienlentokoneen sisustuksessa.

9.5.2 Verhoilukankaat

Verhoilukankaiden palo-ominaisuuksia testattiin standardin SFS-EN ISO 6941 mukaan. Testauksessa käytettiin standardissa kuvattua pintasytytysmenetelmää, jonka avulla voidaan selvittää liekin leviämisaika.

Verhoilukankaiden palonkeston testaustulokset ovat taulukoituna liitteessä 2. Mittauspöytäkirjaan merkittiin merkkilangan katkeaminen, aika merkkilangan katkeamiseen ja syttyikö näyte. Mittauspöytäkirjoissa on sinisen kankaan tulokset loimen ja kuteen suuntaan ja kuviollisen kankaan oikealle sekä nurjalle puolelle tehdyt testaukset loimen ja kuteen suuntaan.

Kuviollisen verhoilukankaan pinnat ovat erilaiset, joten kankaan molemmille puolille suoritettiin esikoe. Esikokeessa nurja puoli näytti siltä, että se saattaisi syttyä, joten kumpikin puoli päätettiin testata kuudella koepalalla. Kuitenkin testauksia suoritettaessa yksikään kuviollisen kankaan koepala ei syttynyt. Syttymistä ei tapahtunut kummallakaan pinnalla loimen tai kuteen suuntaan.

Sinisessä kankaassa pinnoilla ei ole eroavaisuutta, joten testaukset voidaan suorittaa vain yhdelle pinnalle. Testaus suoritetaan kuudella koepalalla, joista kolme on pituus-suuntaan ja kolme poikkisuuntaan. Sinisen kankaan testaustulokset ovat liitteessä 2. Testauksissa sinisestä kankaasta loimen suuntaan leikatut koepalat eivät syttyneet testauksissa. Kuteen suuntaan olevista koepaloista kaksi ensimmäistä jatkoivat hetken palamista liekin sammuttua 10 sekunnin kuluttua sytytyksestä. 1. ja 2. koepala siis syttyivät, mutta 3. koepala ei jatkanut palamista liekin sammumisen jälkeen. Syttyneet koepalat paloivat kuitenkin vain hetkellisesti eikä syttyminen aiheuttanut merkkilankojen katkeamista. Kummankin verhoilumateriaalin palokäyttäytymisen testaus aiheutti pistävän hajuista savua.

Suoritettujen palotestausten perusteella testattuja materiaaleja ei voida pitää paloturvallisina verhoilukankaina, sillä käytetty testimenetelmä ei ole tarkoitettu verhoilukankaille. Testausmenetelmä ei ollut sama kuin ilmailutiedotteessa mainittu, joten verhoilumateriaaleille suoritettut testaukset ovat vain suuntaa-antavia ja niitä ei tule verrata ilmailutiedotteessa mainitun menetelmän 23-2A vaatimukseen. Palotestauksista saatujen tulosten mukaan verhoilukankaat ovat paloturvallisia, mutta tulokset eivät kuitenkaan riitä todistukseksi, että verhoilukankaita voitaisiin paloturvallisuuden perusteella käyttää lentokoneen sisustuksessa. Jotta olisi mahdollista saada selville luotettavasti materiaalien paloturvallisuus, testaukset tulisi tehdä käyttäen testimenetelmää 23-2A ja suorittaa testaukset sekä pesemättömälle että pestylle materiaalille.

10 UUDEN KONEEN TEKSTIILIT

Tämän opinnäytetyön osana kankaille suoritettavien testauksien lisäksi on myös pienlentokoneen tekstiilien uusiminen. Alkuperäinen verhoilu on kulunut ja tarkoituksena on suunnitella ja valmistaa uudet istuinsuojat. Koneessa on kaksi etuistuinta ja yksi kahdelle hengelle tarkoitettu leveämpi takaistuin. Koneessa oli aluksi ruskeasävytteinen verhoilu, joka uusittiin Finnairin käytöstä poistetulla kuviollisella sinisellä verhoilukankaalla. Vanhassa verhoilussa on käytetty nahkaa ja samettia. Kuvassa 15 näkyy vanhaa istuinsuojaa sekä istuimien pehmusteita.



KUVA 15. Vanha istuinsuoja ja pehmusteita (Kuva: Heidi Soili 2014)

Istuimista poistettiin vanhat verhoilut ja ne purettiin, jotta niitä voitiin hyödyntää kaavojen tekemisessä. Istuinten verhoiluun ei tarvinnut tehdä suuria muutoksia; takapenkin istuinosan kiinnitys vaihdettiin metallikoukuista tarranauhaan. Uusi kiinnitystapa on siistimpi, sillä kiinnitykseen tarkoitettuja koukkuja oli tarpeettoman paljon. Selkänöjien alkuperäiset verhoilut oli liimattu kiinni pehmusteisiin, joten käyttöä helpottamaan kiinnitystavaksi vaihdettiin tarrakiinnitys. Tarrojen ansiosta selkänöjan verhoilu voidaan tarvittaessa irrottaa helposti. Etuistuinten istuinosien verhoilut kiinnitettiin ruuvein alkuperäisellä metallikehikolla. Kuvissa 16 ja 17 näkyy etuistuimen uusittu verhoilu.



KUVA 16. Etuistuimen uusittu verhoilu (Kuva: Heidi Soili 2014)



KUVA 18. Istuinosan verhoilun kiinnitys metallikehikolla (Kuva: Heidi Soili 2014)

11 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää lentokoneissa käytettävien tekstiilien ominaisuuksia ja tutustua niihin liittyviin paloturvallisuusvaatimuksiin. Työssä esitellään tekstiilien käyttökohteita pienlentokoneissa sekä esitellään ilmailuun vaikuttavaa kansallista ja kansainvälistä viranomaistoimintaa. Työssä kerrotaan lentokoneissa käytettävien tekstiilien vaatimuksista ja paloturvallisuuteen liittyen kuvataan erilaisia tekstiileille tehtäviä palosuojausmenetelmiä. Lisäksi kerrotaan mitkä ominaisuudet vaikuttavat tekstiilien palamiseen.

Testausosiossa testaukset on suoritettu yleisesti käytössä olevien standardien mukaisesti, jotta tulokset ovat vertailukelpoisia. Testatut verhoilukankaat ovat testatuilta laatuominaisuuksiltaan sopivia käytettäväksi lentokoneen sisustuksessa. Tanskalaisen teknologiainstituutin mukaan lentokoneessa käytettävän pehmeän verhoilumateriaalin tulee kestää hankausta 25 000 kierrosta ja jäykän materiaalin 35 000. Kumpikin testatuista verhoilukankaasta kesti yli 40 000 kierrosta, joten hankauksenkeston perusteella kankaita voidaan käyttää lentokoneen sisustuksessa. Nyppyntymisen testauksessa kummankaan materiaalin koepaloissa ei tapahtunut merkittävää muutosta. Kummankin materiaalin nyppyntymistä kuvaa arvosana 4-5 ja DTI:n laatiman luokittelusysteemin mukaan nyppyntymisen arvosanan tulee olla vähintään 3-4. Ainoa heikompi tulos tuli värien hankauksenkestossa. Luokittelujärjestelmän mukaan lentokoneessa käytettävän verhoilumateriaalin tulee saada kuivassa hankauksessa vähintään arvosana 4 ja märässä hankauksessa vähimmäisarvosana on 3-4. Kuviollisen kankaan märkähankauksenkesto (2-3) on alle vähimmäisvaatimuksen, mutta sinisen kankaan arvosana on sama kuin vähimmäisvaatimus, eli 3-4. Kuivalla hangatessa testatuista kankaista ei siirtynyt valkoiseen testauskankaaseen merkittävästi väriä, vaan molempien kankaiden kuivahankauksen arvosana on 4-5. Värien hankauksenkeston perusteella sininen kangas olisi parempi vaihtoehto käytettäväksi lentokoneen sisustuksen verhoilussa. Testauksia suoritettaessa standardeista ei ole poikettu, eli tuloksia voidaan verrata DTI:n tekemään luokitteluun.

Opinnäytetyöhön liittyen uusittiin pienlentokoneen istuimien verhoilu. Uudet istuinsuojat ovat siistit ja irrotettavuuden ansiosta käytännöllisemmät kuin vanha istuimiin ja pehmusteisiin liimattu verhoilu.

LÄHTEET

Boncamper, I. 2011. Tekstiilioppi. Kuituraaka-aineet. 1. painos. Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu.

Commander Premier Aircraft Corporation. 2008. Commander 115 Features – Fit and Finishing: Interior and Exterior Protection. Luettu 28.11.2014.
http://commanderpremier.com/115/features_fnf.htm

Danish Technological Institute (DTI). Upholstery Fabric Classification: 2013.

Design and Function Requirements for Aircraft Interior Materials. 1995. Teoksessa Fire- And Smoke-Resistant Interior Materials for Commercial Transport Aircraft. Washington: National Academy Press, 12-21.

Experimental Aircraft Association (EAA). 2014. About EAA. Luettu 30.9.2014.
<http://www.eaa.org/en/aaa/about-aaa>

Federal Aviation Administration (FAA). 2014. Safety: The Foundation of Everything We Do. 24.7.2014. Luettu 30.9.2014. http://www.faa.gov/about/safety_efficiency

Freudenberg. Fireblocker for the Protection of Seat Cushions. Luettu 20.2.2014.
<http://www.freudenberg-nw.com/en/solutions/Pages/Fireblocker-IN.aspx>

Fung, W. 2000. Textiles in transportation. Teoksessa Horrocks, A.R. & Anand, S.C. (ed.) Handbook of Technical Textiles. Cambridge Englanti: Woodhead Publishing Limited, 491-492, 494, 519-521.

Fung, W. & Hardcastle, M. 2001. Textiles in Automotive Engineering. 1. painos. Cambridge Englanti: Woodhead Publishing Limited.

Imailutiedotus AIR T1-10. 1983. Ilma-alusten sisustusmateriaalit. Imailulaitos.

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi. Säädökset. Luettu 4.3.2014.
<http://www.trafi.fi/ilmailu/saadokset>

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi. Yksityisilmailu: Ilma-aluksen lentokelpoisuus. Luettu 30.1.2014. <http://www.yksityisilmailu.fi/ilma-alukset>

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi. Yksityisilmailu: Ilma-alusten luokittelu. Luettu 15.4.2014. <http://www.yksityisilmailu.fi/ilma-alukset/luokittelu>

Meinander, H. Vaatteiden toimivuus ja tekninen vaatetutkimus. Teoksessa Koskennurmi-Sivonen, R. (toim.) Johdatuksia pukeutumisen tutkimukseen. Tekstiilikulttuuriseuran julkaisuja, Nro 6/2012. Helsinki: Tekstiilikulttuuriseura, 109.

Mäkinen, H., Antikainen, T., Ilmarinen, R., Tammela, E. & Hurme, M. 1996. Toimiva työ- ja suojavaatetus. 1. painos. Helsinki: Työterveyslaitos.

Pakkala, L. & Louekari, M. 1983. Tekstiilien paloturvallisuus. 1. painos. Kouvola: Suomen palontorjuntaliitto.

QuietRide Solutions. 2007. Aero Acoustics 101. Luettu 17.4.2014.

http://www.quietride.com/quietflight/web-content/pages/aero_acoustics_101.html

Rouette, H-K. 2001. Encyclopedia of Textile Finishing. G-Q. Berlin: Springer-Verlag.

Ryynänen, T., Kallonen, R. & Ahonen, E. 2001. Palosuojatut tekstiilit. Espoo: Valtion tieteellinen tutkimuskeskus (VTT).

Rämö, J. & Ylä-Sulkava, J. 1999. Sisusteiden paloturvallisuus. Espoo: Valtion tieteellinen tutkimuskeskus (VTT).

Suomen Ilmailuliitto. Experimentaalrakentaminen ja -lentäminen harrastuksena. Luettu 16.1.2014. <http://www.ilmailuliitto.fi/index.php?mid=260>

Session III: Drivers for Materials Development. 1995. Teoksessa Improved Fire- and Smoke-Resistant Interior Materials for Commercial Transport Aircraft. Washington: National Academy Press, 12-21.

SFS 3187. Tekstiilimatot. Syttyvyyden määrittäminen. Tablettikoe. 1983. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS 3192. Tekstiilit. Tasomaisten tekstiilituotteiden neliömässän ja juoksumetrimässän määrittäminen. 1974. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS 5337. Ajoneuvot. Moottoriajoneuvojen sisusteiden palo-ominaisuudet. 1987. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN ISO 105-X12. Tekstiilit. Värinkestot. Osa X12: Värien hankauksenkesto. 2003. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN ISO 12945-2. Tekstiilit. Kankaiden nöyhtäytymis- ja nyppyyntymisalttiuden määrittäminen. Osa 2: Muunnettu Martindale-menetelmä. 2001. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN ISO 12947-2. Tekstiilit. Kankaiden hankauksenkestävyyden määrittäminen Martindale-menetelmällä. Osa 2: Näytteen rikkoutumisen määrittäminen. 1999. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN ISO 6941. Tekstiilit. Palo-ominaisuudet. Liekin leviämisoiminaisuuksien mittaus pystysuorilla näytteillä. 2004. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Suomen Ilmailuliitto. Keskusjärjestö pähkinänkuoressa. Luettu 30.9.2014.

http://ilmailuliitto.fi/fi/suomen_ilmailuliitto

Tutson, A. L., Ferguson, D. E. & Madden, M. 2011. Fire Protection: Passenger Cabin. AERO 4/2011, 19-23.

VTT Expert Services Oy. 2012. Syttymisherkyys on osa tekstiilien paloturvallisuutta. 11.12.2012. Luettu 8.1.2014.

http://www.vttexpertservices.fi/news/201211_syttymisherkyys_tekstiili_turvallisuus.jsp

Änkö, A., VirtuaaliAMK. 2007. Tekstiilien testaus. 23.2.2007. Luettu 27.3.2014.
<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/030507/1086702378009.html>

LIITTEET

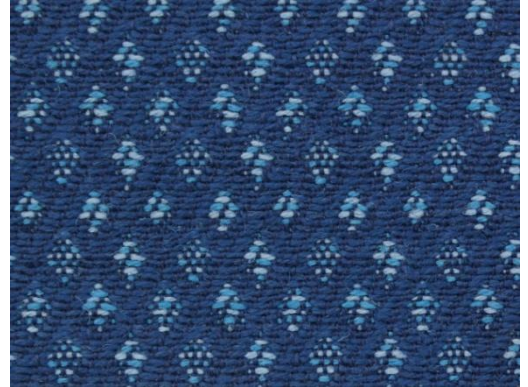
Liite 1. Materiaalinäytteet

”SININEN”

85 % WO / 15 % PA



”KUVIOLLINEN”



MATTO

100 % PA



Liite 2. Mittauspöytäkirjat

1 (15)

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Testaattaja	Jaakko Mattila
Testaaja	Heidi Soili
Päiväys	28.8.2014
TESTAUS	Neliömassan määrittäminen
Standardi	SFS 3192
MATERIAALI	85 % WO / 15 % PA, SININEN

Mittaus	2500 cm ² :n paino g:na	Neliömassa g/m ²
1.	84,2	336,8
2.	83,7	334,9
3.	84,9	339,6
Ka	84,3	337,1

(jatkuu)

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Testauttaja Jaakko Mattila

Testaaja Heidi Soili

Päiväys 2.9.2014

TESTAUS Neliömassan määrittäminen

Standardi SFS 3192

MATERIAALI KUVIOLLINEN

Mittaus	2500 cm ² :n paino g:na	Neliömassa g/m ²
1.	116,3	465,4
2.	115,9	463,5
3.	114,7	458,7
Ka	115,6	462,5

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Testaattaja	Jaakko Mattila
Testaaja	Heidi Soili
Päiväys	16.9.2014 ->

TESTAUS**Hankauksenkesto**

Standardi	SFS-EN ISO 12947-2
Menetelmä	Martindale
Käytetty paine	12 kPa
Esikäsitteleminen	Vakiokosteus
Tarkasteluväli	5000 kierrosta

MATERIAALI**85 % WO / 15 % PA, SININEN****Koepalat**

1.

2.

3.



Kierrokset	Mittauksen havainnot
5 000	Koepaloissa ei näy muutosta.
10 000	Koepaloista irtoaa nöyhtää.
20 000	Kuituja pystyssä ja irtoaa nöyhtää. Hankauskangas on tahriutunut.
45 000	Koepaloista irtoaa aika paljon nöyhtää.
50 000	

Standardin mukaan tulokset ilmoitetaan näytteen rikkoutumisesta (= kudotuilla kankailla kaksi lankaa poikki, neuloksilla yksi lanka poikki) edeltävänä kierros määränä.

Tulokset

Koepala	1.	2.	3.	Ka
[Kierr.]	≥ 50 000	≥ 50 000	≥ 50 000	≥ 50 000

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Testaattaja	Jaakko Mattila
Testaaja	Heidi Soili
Päiväys	16.9.2014 ->

TESTAUS**Hankauksenkesto**

Standardi	SFS-EN ISO 12947-2
Menetelmä	Martindale
Käytetty paine	12 kPa
Esikäsitteily	Vakiokosteus
Tarkasteluväli	5000 kierrosta

MATERIAALI**KUVIOLLINEN****Koepalat**

1.

2.

3.



Kierrokset	Mittauksen havainnot
5 000	Kuituja noussut hieman pystyyn.
20 000	Kuituja pystyssä ja irtoaa nöyhtää. Hankauskangas hieman tahriutunut
35 000	Langoista katkennut säikeitä.
40 000	Kudelangoissa katkenneita kuituja.
45 000	1. koepalassa yksi kudelanka poikki, koepala 3:ssa kaksi loimilankaa poikki, lisäksi ulkonäkö epäsiisti ja nyppyinen
50 000	Koepala 1 kahden säikeen varassa toisen kudelangon katkeamisesta.

Standardin mukaan tulokset ilmoitetaan näytteen rikkoutumista (= kudotuilla kankailla kaksi lankaa poikki, neuloksilla yksi lanka poikki) edeltävänä kierrosmääränä.

Tulokset

Koepala	1.	2.	3.	Ka
[Kierr.]	≥ 50 000	≥ 50 000	40 000	46 667

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Testaaja Heidi Soili

Päiväys 5.9.2014

TESTAUS**Nyppyntymisen määrittäminen**

Standardi SFS-EN ISO 12945-2

Menetelmä Martindale

Kuormittava massa 415 ± 2 g

Hankauskangas

MATERIAALI**85 % WO / 15 % PA, SININEN**

Arvosteluasteikko 1–5, 5 = paras

Kierrokset	1.	2.
125	4-5	4-5
500	4-5	4-5
1000	4-5	4-5
2000	4-5	4-5
5000	4-5	4-5

Lopullinen arvosana 4-5; ” 5: Ei muutosta, 4: Kevyesti nöyhtänyt pinta ja/tai osittain muodostuneita nyppyjä”

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Testaaja Heidi Soili
Päiväys 5.9.2014

TESTAUS**Nyppyntymisen määrittäminen**

Standardi SFS-EN ISO 12945-2
Menetelmä Martindale
Kuormittava massa 415 ± 2 g
Hankauskangas materiaali itse

MATERIAALI**KUVIOLLINEN**

Arvosteluasteikko 1–5, 5 = paras

Kierrokset	1.	2.
125	4-5	4-5
500	4-5	4-5
1000	4-5	4-5
2000	4-5	4-5
5000	4-5	4-5

Lopullinen arvosana 4-5; ”5: Ei muutosta, 4: Kevyesti nöyhtänyt pinta ja/tai osittain muodostuneita nyppyjä”

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Testaattaja	Jaakko Mattila
Testaaja	Heidi Soili
Päiväys	11.9.2014

TESTAUS**Värien hankauksenkesto**

Laite	A.A.T.C.C. Crockmeter
Standardi	SFS-EN ISO 105-X12

MATERIAALI**85 % WO / 15 % PA, SININEN**

Materiaalinäyte:

**Tahriutuminen**

Asteikko	1-5, 5 = paras
Harmaa-valkea-asteikko	

Loimen suuntaan

kuiva

märkä

4-5**3-4**

Kuteen suuntaan

kuiva

märkä

4-5**3-4**

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Testaattaja	Jaakko Mattila
Testaaja	Heidi Soili
Päiväys	11.9.2014

TESTAUS**Värien hankauksenkesto**

Laite	A.A.T.C.C. Crockmeter
Standardi	SFS-EN ISO 105-X12

MATERIAALI**KUVIOLLINEN**

Materiaalinäyte:

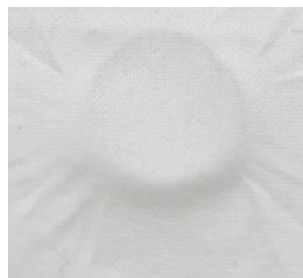
**Tahriutuminen**

Asteikko 1-5, 5 = paras
Harmaa-valkea-asteikko

Loimen suuntaan

kuiva

märkä

4-5**2-3**

Kuteen suuntaan

kuiva

märkä

4-5**2-3**

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Testaattaja Jaakko Mattila
 Testaaja Heidi Soili
 Päiväys 26.11.2014

TESTAUS

Standardi
 Laite
 Lämpötila
 Suhteellinen kosteus
 Ilmastointiolosuhteet

Tablettikoe

SFS 3187
 Testauskehikko
 22,5 °C
 27,2 %
 105±2 °C 2 h lämpökaapissa, jäähdytys huoneenlämmössä 1 h eksikkaattorissa

MATERIAALI**matto, 100 % PA**

	Valmistus- tusuun- ta	Tabletin palamis- aika / s	Liekin- leviämis- aika /s	Koko- naispalo- aika / s	Vaurioi- tunut alue Ø mm	Materiaali syttyi / ei syttynyt
1.	↑	92,91	-	92,91	8,5	ei syttynyt
2.	←	89,06	-	89,06	8	ei syttynyt
3.	↓	88,25	-	88,25	9	ei syttynyt
4.	→	91,69	-	91,69	8,5	ei syttynyt
5.	↑	90,59	-	90,59	8,5	ei syttynyt
6.	←	92,69	-	92,69	8,5	ei syttynyt
7.	↓	93,28	-	93,28	8,5	ei syttynyt
8.	→	85,09	-	85,09	8,5	ei syttynyt

Erityishavainnot: Vetokaapin imu ei ollut aivan täysin suljettu.

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Testaattaja Jaakko Mattila
 Testaaja Heidi Soili
 Päiväys 4.12.2014

TESTAUS**Liekin leviämismäämittaaminen
 pystysuorilla näytteillä**

Standardi SFS-EN ISO 6941, pintasytytys
 Laite Palonkeston testauslaite Atlas Auto Flamm
 Lämpötila 21,4 °C
 Suhteellinen kosteus 28,5 %
 Kaasu Propaani

MATERIAALI**85 % WO / 15 % PA, SININEN**

LOIMEN SUUNTAAN

Näytteet	1			2			3		
Merkkilanka	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Katkesiko merkkilanka	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei
Aika merkkilangan katkeamiseen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Syttyikö	ei			ei			ei		

KUTEEN SUUNTAAN

Näytteet	1			2			3		
Merkkilanka	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Katkesiko merkkilanka	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei
Aika merkkilangan katkeamiseen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Syttyikö	kyllä			kyllä			ei		

LOIMEN SUUNTAAN

1

2

3



KUTEEN SUUNTAAN

1

2

3



MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Testaattaja Jaakko Mattila
 Testaaja Heidi Soili
 Päiväys 4.12.2014

TESTAUS

Standardi
 Laite

Lämpötila
 Suhteellinen kosteus
 Kaasu

**Liekin leviämismominaisuuksien mittaaminen
pystysuorilla näytteillä**

SFS-EN ISO 6941, pintasytytys
 Palonkeston testauslaite Atlas Auto Flamm

21,4 °C
 28,5 %
 Propaani

MATERIAALI**KUVIOLLINEN, oikea puoli**

LOIMEN SUUNTAAN

Näytteet	1			2			3		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Merkkilanka	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei
Katkesiko merkkilanka	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei
Aika merkki- langan kat- keamiseen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Syttyikö	ei			ei			ei		

KUTEEN SUUNTAAN

Näytteet	1			2			3		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Merkkilanka	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei
Katkesiko merkkilanka	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei
Aika merkki- langan kat- keamiseen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Syttyikö	ei			ei			ei		

LOIMEN SUUNTAAN

1

2

3



KUTEEN SUUNTAAN

1

2

3



MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Testaattaja Jaakko Mattila
 Testaaja Heidi Soili
 Päiväys 4.12.2014

TESTAUS

Standardi **Liekin leviämiso-minaisuuksien mittaaminen
 pystysuorilla näytteillä**
 Laite SFS-EN ISO 6941, pintasytytys
 Palonkeston testauslaite Atlas Auto Flamm
 Lämpötila 21,4 °C
 Suhteellinen kosteus 28,5 %
 Kaasu Propaani

MATERIAALI**KUVIOLLINEN, nurja puoli**

LOIMEN SUUNTAAN

Näytteet	1			2			3		
Merkkilanka	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Katkesiko merkkilanka	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei
Aika merkkilangan katkeamiseen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Syttyikö	ei			ei			ei		

KUTEEN SUUNTAAN

Näytteet	1			2			3		
Merkkilanka	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Katkesiko merkkilanka	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei
Aika merkkilangan katkeamiseen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Syttyikö	ei			ei			ei		

LOIMEN SUUNTAAN

1

2

3



KUTEEN SUUNTAAN

1

2

3

