



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 4/2022

Future Bio-Arctic Design – luonnonmukainen älytekstiili

Loppuraportti

Susan Kunnas, Reeta Sipola, Ana Nuutinen, Risto Korpinen,
Ritva Jääskeläinen, Jenni-Liisa Yliniva, Emma Napari, Anna-Liisa Välimaa,
Jaana Liimatainen, Marika Laurila, Soile Sääsä, Mika Mört,
Virpi Kempainen ja Heidi Pietarinen

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 4/2022

Future Bio-Arctic Design – luonnonmukainen älytekstiili

Loppuraportti

Susan Kunnas, Reeta Sipola, Ana Nuutinen, Risto Korpinen, Ritva Jääskeläinen, Jenni-Liisa Yliniva, Emma Napari, Anna-Liisa Välimaa, Jaana Liimatainen, Marika Laurila, Soile Sääski, Mika Mört, Virpi Kemppainen ja Heidi Pietarinen



Viittausohje:

Kunnas, S., Sipola, R., Nuutinen, A., Korpinen, R., Jääskeläinen, R., Yliniva, J.-L., Napari, E., Välimaa, A.-L., Liimatainen, J., Laurila, M., Sääsäki, S., Mört, M., Kemppainen, V. & Pietarinen, H. 2022. Future Bio-Arctic Design – luonnonmukainen älytekstiili : Loppuraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 4/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 67 s.

Susan Kunnas, ORCID ID, <https://orcid.org/0000-0002-5958-4384>



ISBN 978-952-380-353-4 (Painettu)
ISBN 978-952-380-354-1 (Verkkójulkaisu)
ISSN 2342-7647 (Painettu)
ISSN 2342-7639 (Verkkójulkaisu)
URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-354-1>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Susan Kunnas, Reeta Sipola, Ana Nuutinen, Risto Korpinen, Ritva Jääskeläinen, Jenni-Liisa Yliniva, Emma Napari, Anna-Liisa Välimaa, Jaana Liimatainen, Marika Laurila, Soile Sääsäki, Mika Mört, Virpi Kemppainen ja Heidi Pietarinen

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2022

Julkaisu vuosi: 2022

Kannen kuva: Emma Napari

Painopaikka ja julkaisumyynti: PunaMusta Oy, <http://luke.juvenesprint.fi>

Tiivistelmä

Susan Kunnas¹⁾, Reeta Sipola²⁾, Ana Nuutinen³⁾, Risto Korpinen⁴⁾, Ritva Jääskeläinen³⁾, Jenni-Liisa Yliniva³⁾, Emma Napari³⁾, Anna-Liisa Välimaa⁵⁾, Jaana Liimatainen⁴⁾, Marika Laurila⁵⁾, Soile Sääski⁶⁾, Mikä Mört⁶⁾, Virpi Kempainen²⁾ ja Heidi Pietarinen³⁾

¹⁾ Luonnonvarakeskus (Luke), Ounasjoentie 6, 96200 Rovaniemi, susan.kunnas@luke.fi

²⁾ Lapin ammattikorkeakoulu (Lapin AMK), Jokiväylä 11, 96300 Rovaniemi, reeta.sipola@lapinamk.fi

³⁾ Lapin yliopisto (Lay), Yliopistonkatu 8, 96300 Rovaniemi, ana.nuutinen@ulapland.fi; ritva.jaaskelainen@ulapland.fi; jenni-liisa.yliniva@ulapland.fi; heidi.pietarinen@ulapland.fi

⁴⁾ Luonnonvarakeskus (Luke), Tietotie 2, 02150 Espoo, risto.korpinen@luke.fi; jaana.liimatainen@luke.fi

⁵⁾ Luonnonvarakeskus (Luke), Paavo Havaksen tie 3, 90570 Oulu, anna-liisa.valimaa@luke.fi; marika.laurila@luke.fi

⁶⁾ Lapin ammattikorkeakoulu (Lapin AMK), Tietokatu 1, 94600 Kemi, soile.saaski@lapinamk.fi; mika.mort@lapinamk.fi

Future Bio-Arctic Design (F.BAD) -projektissa (2018–2021) tutkittiin pohjoisen luonnon kasveista yhdisteitä, jotka voisivat korvata nykyisin käytettyjä haitallisia ja vaarallisia kemikaaleja tekstiiliteollisuudessa. Projektin älysovellutuksissa merkittäviksi nousivat kasviuutteiden mahdollisuudet luonnonmukaisina homeenestoaineina, UV-suojina tai hyönteisten karkotteina. Esimerkiksi hyttysten ja tuholaisten torjuntaan soveltuvia tekstiilejä on jo olemassa, mutta niissä käytetään mm. ympäristölle, kaloille ja vesielioille erittäin vaarallista permetriiniä.

F.BAD -projektissa tutkittaviksi kasvimateriaaleiksi valittiin suopursu, väinönputken juuri, pietaryrtti ja nokkonen, joista uutettiin vesi-, etanoli- ja öljypohjaisia kasviuutteita erilaisilla vihreän kemian tekniikoilla. Uutteiden koostumukset määritettiin kaasukromatografilla, johon oli liitetty massaspektrometri (GC-MS), ja koostumusten perusteella pystyttiin arvioimaan hyönteiskarkotevaikutuksia sekä UV-suojaominaisuuksia. Lisäksi uutteen antimikrobiset ominaisuudet eli niiden kasvunestovaikutukset valittuja bakteereja, hiivoja ja homeita vastaan analysoitiin. Potentiaalisimmiksi kasviuutteiksi älytekstiilisovelluksiin osoittautuivat tutkimustulosten perusteella suopursun, väinönputken juuren ja pietaryrtin vesihöyrytislätyt eteeriset öljyt sekä yli-kriittisellä hiilidioksidilla uutetut uutteen, joiden antimikrobisuusominaisuudet olivat laajakirjoiset, mutta uutepesifiset.

F.BAD -projektissa luotiin luonnonmateriaaleista älytekstiiliprototyyppisiä, joiden valmistamisessa olivat tiiviisti mukana lappilaiset tekstiili- ja vaatetusalan yritykset. Yritykset valitsivat tutkimusmateriaaleiksi karstavillaneulerakenteen ja jacquard-tekstiilirakenteen, jonka valmistuksessa käytettiin puuvilla- ja pellavalankoja. Yritykset pääsivät hankkeen työpajoissa tutustumaan jacquard-tekstiilin kutomiseen niin Lapin yliopiston laitteistolla kuin teolliseen kudontaan Annala Oy:ssä. Lisäksi yritykset antoivat panoksensa hankkeen kahteen näyttelyyn materiaalien, kuosien ja tuoteaihioiden valmistamisen kautta.

Projektin tuloksena valmistettiin älytekstiilimateriaaleja, joissa potentiaalisimmat aktiiviset kasviuutteet kiinnitettiin jacquard- ja villatekstiilikuituihin mikrokapselointitekniikan avulla ja villamateriaaliin lanoliinikantajan avulla. Uutteiden kiinnittymiset tekstiilikuituihin todennettiin erilaisten kuvantamistekniikoiden ja spektroskopian menetelmien avulla.

Tämä loppuraportti on tuotettu osana Lapissa toteutettua Future Bio-Arctic Design – luonnonmukainen älytekstiili (F.BAD) – EAKR -hanketta (2018–2021). Rahoitus hankkeelle on saatu Euroopan aluekehitysrahoituksesta (EAKR) Kestävää kasvua ja työtä 2014–2020.

Asiasanat: Toiminnalliset materiaalit, vihreä kemia, kasvivärijäys, tekstiilit, tekstiiliala, tekstiilitaide



F.BAD – painokuosi, suunnittelija Emma Napari 2020.

Sisällys

1. Johdanto	7
1.1. Älytekstiilit	7
1.1.1. Hyönteiskarkoteominaisuus	8
1.1.2. Antimikrobisuus	8
1.1.3. UV-suojausominaisuudet	9
1.2. Kasvien öljyliukoisten yhdisteiden mahdollisuudet älytekstiileissä	9
2. F.BAD – hankkeen tarve ja tavoitteet	11
3. F.BAD – hankkeen toteutus ja toimenpiteet.....	13
3.1. Osatoteuttajat	13
3.2. Yritysverkoston muodostaminen ja yhteistyöyritykset.....	13
3.3. Työpaketit	14
3.4. Resurssit.....	17
4. F.BAD – hankkeen tulokset	18
4.1. Future Bio-Arctic: luonnonmateriaalit ja kemiallinen testaus	18
4.1.1. Luonnonmateriaalien valinta.....	18
4.1.2. Uuttomenetelmät	18
4.1.3. Uutteiden pääkomponentit	22
4.1.4. Uutteiden antimikrobiset ominaisuudet	24
4.2. Future Design: tekstiilimallikappaleiden valmistus yhdessä yritysten kanssa	26
4.2.1. Työpaja 1: Tekstiilimallikappaleet	27
4.2.2. Työpaja 2: Teollinen kudonta.....	28
4.2.3. Yhteenveto työpajoista	30
4.3. Future Bio-Arctic Design: luonnonmukainen älytekstiili.....	30
4.3.1. Vesi- ja etanolikasviuutteiden kiinnittäminen tekstiilikuituihin kasviväjästekniikoilla.....	30
4.3.2. Eteeristen öljyjen ja ylikriittisten hiilidioksidiuutteiden kiinnittäminen tekstiilimateriaaliin	35
4.3.3. Älytekstiiliprototyyppien kuitujen ja niihin kiinnittyneiden yhdisteiden todentaminen mikroskopian ja spektroskopian avulla.....	38
4.4. Tiedottaminen ja yhteistyö.....	46
4.4.1. Yhteenveto tiedottamisesta	46
4.4.2. F.BAD-hankkeen esittelypiste Helsinki Design Weekilla	51
4.4.3. F.BAD – hankkeen päätösnäyttely.....	53
4.4.4. Päätöswebinaari	54

5. F.BAD – hankkeen arviointi.....	56
5.1. Itsearviointi.....	56
5.2. Ohjausryhmän palaute.....	59
6. F.BAD – hankkeen johtopäätökset.....	61
Viitteet.....	62

1. Johdanto

Tekstiilikankaiden käsittelyssä käytetään tuhansia kemikaaleja, joista suuri osa on haitallisia sekä ihmiselle että ympäristölle. Lisäksi kemikaalien kuormitukselle altistutaan joka päivä mm. lääkkeiden, kosmetiikan, ravinnon ja ympäristön kautta. (Koniecki ym. 2011, Ladaresta ym. 2018, KEMI 2014) Näiden yhdisteiden pitkäaikais- ja yhteisvaikutuksista ei ole vielä riittävästi tietoa. Kaikki tekstiilien valmistuksessa käytettävät kemikaalit eivät ole välttämättömiä eivätkä kaikki kulkeudu elimistöön. Kuitenkin, jos valmistaja käyttää tekstiilien valmistuksessa haitallisia kemikaaleja, kuluttajan on vaikea niiltä suojautua. Kemikaaleilla lisätään tekstiilin käyttökäytävyyttä ja kestävyyttä mm. erilaisilla viimeistelymenetelmillä. Kankaaseen tehdään erilaisten puhdistusmenettelyjen lisäksi esim. homeenestokäsittelyjä, antistaattisuuskäsittelyjä, biologista suojausta, siliävyyden/rypistyvyyden/pehmeuden lisäämistä, palosuoja-, veden hylkimis- ja vanumattomuuskäsittelyjä. Esimerkiksi pitkien kuljetusmatkojen ja varastointien aikana tekstiilit ovat alttiita mm. mikrobeille, homeille, sienille ja erilaisille hyönteisille. Tällöin biologinen suojaus tehdään esimerkiksi orgaanisilla kloori-, tina- ja kromiyhdisteillä, jotka ovat erittäin haitallisia ihmiselle ja ympäristölle. (Ladaresta ym. 2018, KEMI 2014)

EU:n kemikaalivirasto ylläpitää listaa tekstiileissä käytetyistä terveydelle haitallisista kemikaaleista. REACH-asetus tuli voimaan 1.6.2007 ja se koskee kemikaalien rekisteröintiä, arviointia, lupamenettelyjä ja rajoituksia. Asetus asettaa tiukan tavoitteen tekstiilialalle, sillä se vaatii kaikkien kemikaalien turvallisuuden varmistamista, parempaa läpinäkyvyyttä ja ympäristöystävällisempien innovaatioiden löytämistä. (ECHA 2021) Lisäksi osana Euroopan vihreän kehityksen ohjelmaa EU:n komissio on julkaissut maaliskuussa 2021 uuden kemikaalistrategian Kestävyttä edistävä kemikaalistrategia – Kohti myrkytöntä ympäristöä. Sen ydintavoitteena on kehittää ja saada käyttöön kestäviä kemikaaleja, jotka mahdollistavat vihreän ja digitaalisen siirtymän, ympäristönsuojelun, ihmisten (erityisesti haavoittuvien ryhmien) terveyden suojelun, kemianteollisuuden innovoinnin ja sen arvoketjujen vihreään siirtymään vauhdittamisen mm. tekstiiliteollisuudessa. EU:n aiempaa kemikaalipolitiikkaa on kehitettävä ja on aiempaa nopeammin ja tehokkaammin vastattava vaarallisten kemikaalien aiheuttamiin haasteisiin. (EU:n neuvosto 2021)

1.1. Älytekstiilit

Tekstiilimateriaali on älykäs, kun se reagoi ympäristöönsä. Älytekstiilirakenne pystyy aistimaan ja reagoimaan ympäristöstä tuleviin ärsykkeisiin ja muutoksiin. Yleensä tällaisen materiaalin mielletään sisältävän elektroniikkaa kuten sensoreita ja johtoja. (Nissi-Rantakömi 2017, Syduzzaman ym. 2015)

Älymateriaalit voidaan luokitella monin eri tavoin, mutta yleensä ne jaotellaan passiivisiin, toiminnallisiin ja erittäin älykkäisiin materiaaleihin. Passiiviset materiaalit ovat kuin tunnistimia, aistien suoraan ympäristön olosuhteita ja ärsykeitä. Ne ilmoittavat muutoksista esimerkiksi värin, muodon tai lämpötilan vaihtamisella. Toiminnalliset älymateriaalit taas pystyvät myös vastaamaan ympäristön muutoksiin ja niissä onkin yleensä sensoreita ja säätimiä. Erittäin älykkäät materiaalit pystyvät adaptoitumaan ympäristöönsä, omaksumaan tietoa ja muotoilemaan itseään uudelleen ympäristöä varten tunnistamisen ja reagoinnin lisäksi. (Nissi-Rantakömi 2017, Jääskeläinen 2019, Syduzzaman ym. 2015) F.BAD -hankkeessa älykkyyys ja funktionaalisuus tekstiiliin tulevat luonnonkasveista saatavista biologisesti aktiivisista yhdisteistä ja uuteista ilman elektroniikkaa. Jatkohankkeissa päästään myös tutkimaan sitä, miten tämä älykkyyys reagoi ympäristönsä kanssa.

1.1.1. Hyönteiskarkote ominaisuus

Yleisesti niveljalkaiset, kuten hyttyset, kärpäset, punkit, kirput, muurahaiset jne. kantavat parasitteja ja patogeeneja, jotka aiheuttavat pureman kautta ihmisiä tappavia tauteja ympäri maailmaa. Näistä niveljalkaisista hyttyset ovat maailman vaarallisimpia eläimiä, jotka tartuttavat mm. malariaa, denguetta ja zika-kuumetta. (Xin & Wang 2018, Maheswaran ym. 2008) Vuosittain yli puoli miljardia ihmistä saa tartunnan hyttysestä ja yli kolme miljoonaa kuolee hyttysten välittämiin infektioihin. (WHO 2013) Tämän lisäksi noin puolet maailman väestöstä on vaarassa sairastua hyttysvälitteisiin tauteihin. Ilmaston lämpenemisen edetessä, viruksia kantavat hyönteiset siirtyvät vähitellen tropiikista myös pohjoisille leveysasteille.

Hyönteiskarkotetekstiilit ovat tekstiilimateriaaleja, joita käytetään suojana nelijalkaisten hyönteisten puremiin ja jaetaan kahteen tyyppiin ominaisuuksiensa perusteella, hyönteiskarkotetekstiileihin ja hyönteismyrkkyllä käsiteltyihin tekstiileihin. Sisustustekstiilit on yleensä käsitelty synteettisellä hyönteismyrkkyllä esimerkiksi permetriinillä, organofosfaateilla ja karbamaateilla. Nämä yhdisteet ovat kuitenkin ympäristölle ja ihmisille vaarallisia, ja vaihtoehtoisten hyönteiskarkotteiden tutkimukseen on tarvetta. (Oxborough 2015) Toinen tapa karkottaa hyönteiset ovat kemikaalit, jotka tuoksuominaisuuksilla sekoittavat ihmisen ominaistuoksun ja karkottavat hyönteisiä. Lämminveristen ihmisten ja eläinten erittämät hiilidioksidi ja maitohappo (2-hydroksipropaanihappo) toimivat houkuttelevina komponentteina hyönteisille. Synteettisiä karkotteita tähän tarkoitukseen ovat esimerkiksi DEET, pikaridiini, DEPA jne., ja ne ovat tutkimuksessa osoittautuneet haitallisiksi suoraan iholle laitettuna ja tekstiileissä niillä on erilaiset suojaajat eri hyönteisille, vaikutusajat ovat lyhyitä eivätkä niillä käsitellyt tekstiilit kestä pesua. (Thite & Gudiyawar 2015, Xin & Wang 2018)

Hyönteisiä voidaan karkottaa myös tekstiilin rakenteen ja/tai kuosin avulla. Yksinkertaisimmillaan suoja hyönteisiltä perustuu riittävän tiheästi kudottuun tai neulottuun kankaaseen tai hyönteisten pitämiseen riittävän kaukana ihosta (hyttysverkot). Esimerkiksi Rynoskin Total valmistaa tiheästä, verkkomaisesta nylon-lycrasekoitteesta alusasuja, joiden luvataan ehkäisevän 98% hyönteisten pistoista. (Rynoskin Total n.d.) Myös grafeenin käyttöä tekstiileissä hyönteisten pistojen estämiseksi on tutkittu Brownin yliopistossa. Tutkijat laminoivat hyvin ohuen grafeenioksidikalvon tekstiiliin. Oletus oli, että grafeeni muodostaa hyttysille fyysisen esteen. Kävi ilmi, että grafeenikalvo esti hyttysiä myös haistamasta kankaan läpi, joten hyttyset eivät olleet kiinnostuneita pistämisestä lainkaan. Kalvo ei kuitenkaan kastuessaan estänyt hyttysten pistoja, joten lisätutkimuksia tarvitaan. (Stacey 2019)

Seepran raitojen on todettu hämäävän kärpäsiä ja paarmoja, jotka löytävät kohteensa näköaistin avulla. Seeprakuosia on testattu niin hevosilla kuin naudoilla, jotka kärsivät laiduntaessa hyönteisten puremista. Naudoille maalattu seeprakuviointi vähensi iholle laskeutuvien hyönteisten määrää 50 % verrattuna kuvioimattomiin eläimiin. Toisessa tutkimuksesta huomattiin yllättäen myös harmaakarvaisen hevosen houkuttelevan vähemmän hyönteisiä kuin muunväristen hevosten, koska mustavalkoraidat näyttävät kaukaa katsottuna harmailta. (Caro ym. 2019, Kojima ym. 2020) Mielenkiintoinen näkemys hyönteiskarkotekuosisuunnitteluun olisi myös tekstiilin heijastusominaisuus. YLE:n luontoillan asiantuntijan Jaakko Kullbergin mukaan vedellä täytetty läpinäkyvä muovipussi hajottaa auringon UV-säteet, mikä saattaa häiritä ampiaisten UV-valon avulla tapahtuvaa suunnistamista. (Porttila 2018)

1.1.2. Antimikrobisuus

Tekstiilit voivat toimia kasvualustana monille bakteereille ja homesienille pitkien kuljetusmatkojen ja varastoinnin aikana. Synteettiset kuidut ovat kestävämpiä kuin luonnonkuidut mikroorganismeja vastaan hydrofobisen luonteensa ansiosta. (Räisänen ym. 2015, Yip & Luk 2016)

Synteettisinä antimikrobisina yhdisteinä tekstiileissä käytetään mm. erilaisia lääkeaineita, kemiaaleja sekä metalleja ja niiden suoloja, polyheksametyyleeniä sekä kvaternäärisiä ammoniumyhdisteitä, mutta näiden yhdisteiden sivuvaikutukset niin ihmiselle kuin ympäristölle ovat alkaneet herättää huolta. (Morais ym. 2016, Räisänen ym. 2015, Yip & Luk 2016)

Yleisimmät antimikrobiset kasviperäiset yhdisteet ovat fenolisia yhdisteitä tai alkaloideja. (Upadhyau ym. 2014, Räisänen ym. 2015) Nämä yhdisteet toimivat myös väriaineina tai ovat mukana värinmuodostuksessa esimerkiksi kopigmenttinä. (Räisänen ym. 2015) Monet luonnon kasvien eteeriset öljyt voivat olla antimikrobisia. Antimikrobisten ominaisuuksien lisäksi monilla eteerisillä öljyillä on iholla viilentäviä tai lämmittäviä ominaisuuksia, jotka perustuvat esimerkiksi pintaverenkierron tehostamiseen. (Yip & Luk 2016)

1.1.3. UV-suojausominaisuudet

Viime vuosien aikana on ryhdytty tekstiiliteollisuudessa kehittämään myös UV-säteilyltä suojaavia ominaisuuksia tekstiileihin johtuen auringonvalon haittavaikutuksista ja ihosyöpien lisääntymisestä. (Räisänen ym. 2015, Hannuksela 2000, Kuusisto 2010) Lisäksi UV-säteily hajottaa tekstiilikuituja, mikä täytyy huomioida etenkin sisustustekstiileissä. (Räisänen ym. 2015, Kuusisto 2010) UV-säteilyn tärkeimmät rajakohdat ovat 280–290 nm (UVC–UVB), 310–320 nm (UVB–UVA) ja 380–400 nm (UVA – näkyvä valo), joista UVB-säteily aiheuttaa ihon palamisen. Mitä pidempiaaltoisempaa UV-säteily on, sitä syvemmälle ihoon se tunkeutuu, mutta otsonikerros suodattaa eniten energiaa sisältävät UVC-säteet. (Räisänen ym. 2015, Hannuksela 2000, Kuusisto 2010)

Kasvien sekundaariaineenvaihdunnan tuotteet, kuten luonnon väriaineet, suojaavat kasveja stressitekijöiltä esim. säteilyltä. Ne absorboivat UV-säteilyä alueella 100–400 nm johtuen konjugoituneista kaksoissidoksista, ja tämä ominaisuus siirtyy luonnon väriaineen mukana tekstiiliin. Flavonoideissa merkittävän absorptio UV-alueella aikaan saavat flavonoidien aglykonit, mutta heikosti värittyneet tai värittömät flavonoidit (flavonolit, flavonit, isoflavonoidit) suojaavat UVB-säteilyltä paremmin kuin värilliset flavonoidit. (Räisänen ym. 2015, Delgano-Vargas ym. 2010, Delgano-Vargas & Paredes-López 2003)

Villalla ja polyesterillä on huomattavan korkea UV-suojakerroin, sillä ne imevät erittäin paljon UV-säteitä. Auringonvalo kuitenkin katkoo villan kystiini- eli aminohapposidoksia, ja happi aiheuttaa hapetusreaktioita molekyyliketjuissa. Auringonvalon vaikutuksesta villa kellastuu, haurastuu ja sen lujuus alenee. Villa kestää auringonvaloa paremmin kuin puuvilla. Polyesterin auringonvalon- ja säänkesto on synteettisten kuitujen toiseksi parhain, mihin vaikuttaa polyesterin rakenteessa oleva bentseenirengas. Polyakryylit kestävätkin auringonvaloa ja erilaisia sääolosuhteita paremmin kuin muut synteettiset ja luonnonkuidut. (Räisänen ym. 2015, Kuusisto 2010)

1.2. Kasvien öljyliukoisten yhdisteiden mahdollisuudet älytekstiileissä

Eteerisiä öljyjä voidaan uuttaa mm. kasvien ja puiden lehdistä, juurista, kukinnoista, hedelmistä, siemenistä. Niitä on yleisesti käytetty luonnonmukaisissa biosideissa, hyönteiskarkotteissa, parfyymeissa, kosmetiikassa, hyvinvointituotteissa, saippuoissa, lääkeaineina ja elintarvikkeiden makuaineina. (Franz & Novak 2010, Pandey ym. 2017) Esimerkiksi väinönputkea (*Angelica archangelica* L.), suopursua (*Rhododendron tomentosum*, syn. *Ledum palustre*) ja pietaryrttiä (*Tanacetum vulgare*) on käytetty Suomessa perinteisesti kansanlääkinnässä ja mausteina (Teixeira

da Silva ym. 2005, Chandra & Saklani 2017, Kowal ym. 2017, Damp & Luczkiewicz 2013, Stevović ym. 2009). Väinönputki on etenkin pohjoisen alueen tärkeä lääkekasvi, joka on tunnettu myös korkeista vitamiini- ja hivenainepitoisuuksista. Lisäksi suopursua ja pietaryrttiä on käytetty hyönteiskarkotteina ja perinteisissä kasvivärijäystekniikoissa. (Damp & Luczkiewicz 2013, Stevović ym. 2009, Räisänen ym. 2020)

Eteeristen öljyjen ominaisuudet, joita voidaan hyödyntää em. tavoilla, ovat kasvien sekundaarimetabolian ansiota. Öljyjen kemiallinen koostumus on monimutkainen ja ne saattavat sisältää satoja erilaisia yhdisteitä, mutta pääryhmät ovat terpeenit, terpenoidit, alkaloidit ja fenoliset yhdisteet. (Jan ym. 2021, Croteau ym. 2015, Zwenger & Basu 2008)

ISO 9235:2013 -standardin mukaan eteeriset öljyt valmistetaan höyrytislauksella tai kuivatuslauksella luonnonraaka-aineesta, tai mekaanisella prosessilla sitrushedelmien epikarpeista (ISO 9235:2013, Schmidt 2010). Kuitenkin saannot vaihtelevat laajasti noin 0,2–9,0 % ja riippuvat useista eri tekijöistä, kuten uutettavista kasvinosista, esikäsittelymenetelmistä, keräysajankohdasta, ilmastosta, maaperästä ja viljelytekniikoista jne. (Schmidt 2010). Vaikka eteeristen öljyjen positiiviset ominaisuudet eivät vaadi välttämättä määrällisesti paljon vaikuttavaa ainetta lopputuotteeseen, alhaiset saannot ja matalat uutotehokkuudet voivat estää hyvälaatuisen ja potentiaalisen kasvimateriaalin kokonaisvaltaisen hyödyntämisen (Uwineza & Waśkiewicz 2020). Lisäksi perinteiset tislusmenetelmät voivat vaikuttaa eteeristen öljyjen kemialliseen koostumukseen esimerkiksi termisen hajoamisen tai hydrolyysin kautta. Näin ollen, myös muita uutomenetelmiä, kuten ylikriittistä hiilidioksiduuttoutta, kannattaa tutkia, koska näidenkin menetelmien uutteissa voi olla hyödynnettäviä ominaisuuksia, vaikka eivät olekaan standardin mukaisia eteerisiä öljyjä. (Korpinen ym. 2021) Ylikriittisen hiilidioksiduuttomenetelmän eduiksi luetaan nimenomaan bioaktiivisten kasviuutteiden tuottaminen paremmalla saannolla, lyhyt uuttoaika ja minimoitu yhdisteiden hajoamisriski. (Guan ym. 2007, Khajeh ym. 2010, Glišić 2007) Ylikriittisen hiilidioksiduuton lopputuote (konkreetti) voi sisältää eteeristen öljyjen lisäksi myös rasvahappoja ja niiden estereitä, vaha-aineita ja kumariineja jne., joka voi osittain selittää myös suurempia saantoja (Doneanu & Anitescu 1998, Javelle ym. 2011). Pienten ja keskisuurten yritysten kannalta haasteena on suuret ylikriittisen uuttolaitteiston perustamiskustannukset (Khaw ym. 2017, Azwanida 2015).

F.BAD -tutkimuksessa halutaan hyödyntää luonnon kasvien suojaominaisuuksia kestäväällä tavalla ja tutkia niiden mahdollisuuksia korvata haitallisia synteettisiä kemikaaleja esimerkiksi tekstiili- ja/tai kosmetiikkateollisuudessa. Biopohjaiset kemialliset yhdisteet ja materiaalit eivät automaattisesti tarkoita kestävä tuotantoa tai myrkyttömyyttä, mutta nämä asiat selvitetään seuraavissa hankkeissa (mm. F.BAD II -hanke 2021–2023), joissa perehdytään enemmän F.BAD -hankkeessa valmistettujen älytekstiiliprototyyppien turvallisuuteen, niistä tehtyjen tuotteiden ja niiden valmistusprosessien ympäristövaikutuksiin ja lainsäädäntöön.

2. F.BAD – hankkeen tarve ja tavoitteet

Lapin luonnon puhtaus ja turvallisuus ovat merkittäviä arvoja, joita hyödynnetään monella alalla markkinoinnissa ja brändäyksessä. Arktista laatua on myös aloitettu tieteellisesti todentaa niin luonnonvaroista kuin palveluissa ja matkailussa. Lappi tarvitsee kehittyäkseen uusia innovaatioita ja teknologiaa. Future Bio-Arctic Design (F.BAD) -projektissa luodaan luonnonmateriaaleista myrkyttömiä ja luonnonmukaisia älytekstiiliprototyyppejä, joissa aktiiviset arktiset kasvit ja yhdisteet ovat mukana. Projektin tavoitteena on vähentää ympäristölle, eläimille ja ihmisille haitallisten ja vaarallisten kemikaalien käyttöä tekstiiliteollisuudessa ja vähentää kemikaalikuormitusta edistämällä vihreän kemian menetelmien kehittämistä ja korvaamalla jatkossa haitallisia kemikaaleja kestävämmillä vaihtoehdoilla.

Projektissa etsitään luonnonkasveista yhdisteitä, jotka voisivat korvata nykyisin käytettyjä haitallisia ja vaarallisia kemikaaleja. Projektin sovellutuksissa merkittäviksi nousevat kasviuutteiden ja -kuitujen mahdollisuudet esimerkiksi luonnonmukaisina homeenestoaineina, UV-suojina tai hyttyskarkotteina. Esimerkiksi hyttysten ja tuholaisten torjuntaan soveltuvia tekstiilejä on jo olemassa, mutta niissä käytetään ympäristölle, kaloille ja tietyille nisäkkäille erittäin vaarallista permetriiniä. Tässä projektissa keskitytään myrkyttömiin menetelmiin ja yhdisteisiin. Samalla luodaan arktisen alueen tekstiili- ja vaatetusosalalle uusia materiaali- ja tuoteaihioita sekä kehitetään Lapin tutkimus-, osaamis- ja innovaatiokeskittyviä alueellisten vahvuuksien pohjalta. Tarkoituksena on nostaa Future Bio-Arctic Design -yhteistyö kansainvälisesti mielenkiintoiseksi tutkimussektoriksi.

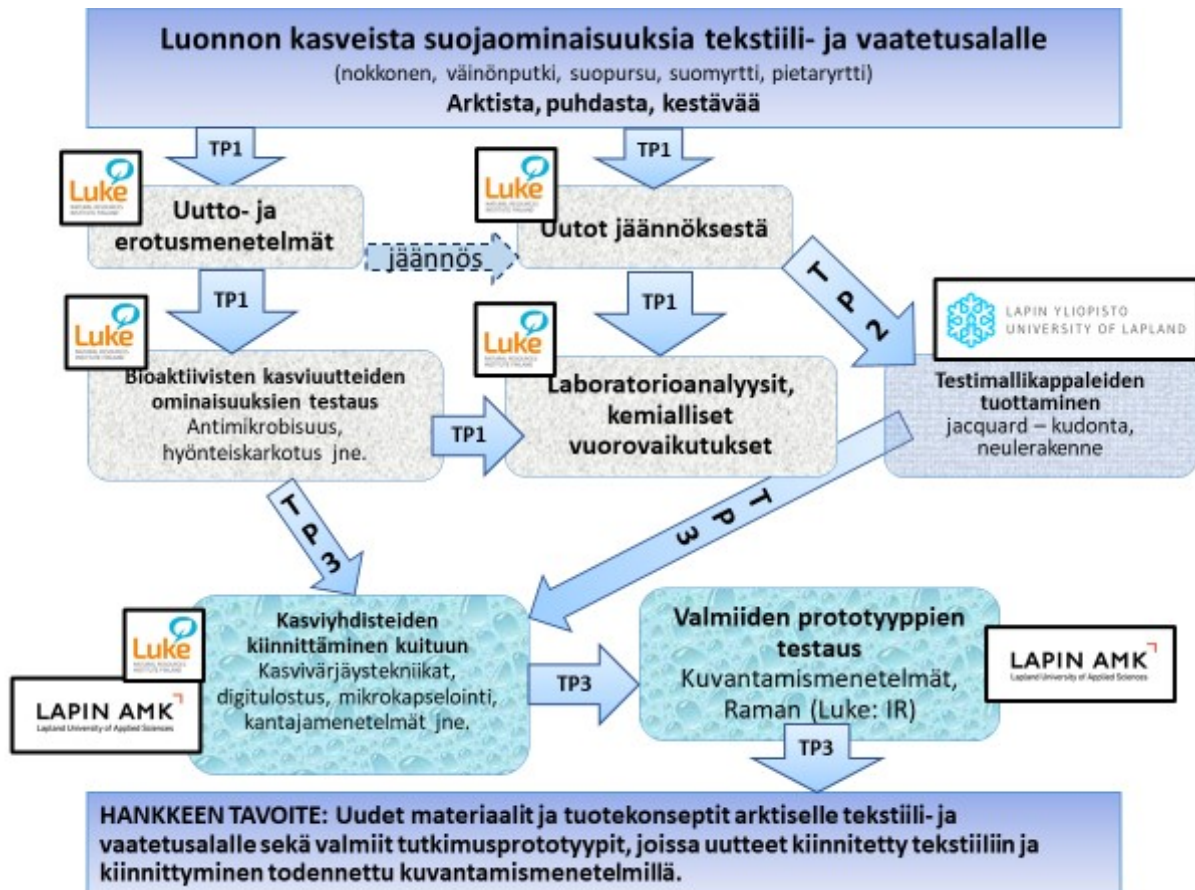
F.BAD-projektin keskiössä, eli luonnon tehoaineiden ja niiden materiaalisovellutusten yhdistämisessä tekstiilisuunnitteluun, ovat monikerroksellisten kankaiden ominaisuudet ja siihen liittyvä materiaalitutkimus ja tuotekehitys. Tekstiili on älykäs tai vuorovaikutteinen, kun se reagoi jollakin tavalla ympäristöönsä. Materiaalien ominaisuuksia käsittelevässä tutkimuksessa painotetaan pohjoisen luonnosta saatavien materiaalien ja kasvien ekologisia ominaisuuksia sekä kasviperäisten uutteiden ja kuitujen vaikutuksia. Lappilaiset tekstiilialan ja käsi- ja taideteollisuusalan yritykset tuovat projektiin testattavaksi ja kudottavaksi omia materiaalejaan, joista tehdään tekstiiliprototyyppien mallikappaleet. Samalla yritykset tutustuvat Lapin yliopistossa ja K&H Annala Oy:n tiloissa teolliseen jacquard-kudontatekniikkaan.

Future Bio-Arctic Design (F.BAD) -kokonaisuus on uusi lappilainen poikkitieteellinen yhteistyö, jossa luodaan Lappiin uutta osaamista ja innovaatioita yhdistämällä Luonnonvarakeskuksen kasvifysiologian, kemian ja biokemian tuntemus sekä uutto- ja erotustekniikoiden hallinta, Lapin ammattikorkeakoulun luonnonvara-alan ja tekniikan osaaminen sekä Lapin yliopiston taideteiden tiedekunnan, tekstiili- ja vaatetussuunnittelun sekä teollisen muotoilun tutkimus kansainvälisesti mielenkiintoiseksi ja merkittäväksi kokonaisuudeksi (Kuva 1).

Projektikokonaisuuden tulevaisuuden tavoitteina on:

- Vähentää ympäristölle, eläimille ja ihmisille haitallisten ja vaarallisten kemikaalien käyttöä tekstiiliteollisuudessa.
- Vähentää kemikaalikuormitusta, jolle ihmiset altistuvat joka päivä mm. lääkkeiden, kosmetiikan, ravinnon, tekstiilien ja ympäristön kautta.
- Löytää luonnosta (kasveista, puista, marjoista) myrkyttömiä yhdisteitä ja kuituja, jotka voisivat korvata nykyisin käytetyt haitalliset ja vaaralliset kemikaalit tekstiiliteollisuudessa esimerkiksi homeenesto-, hyönteiskarkote-, UV-suojauskäsittelyissä.

- Kehittää arktiselle alueelle tekstiili- ja vaatetuslalle uusia materiaali- ja tuoteaihoita, ja edistää näin myös käsityöteollisten start-up-yritysten syntyä.
- Kehittää Lapin tutkimus-, osaamis- ja innovaatiokeskittymiä alueellisten vahvuuksien pohjalta ja nostaa Future Bio-Arctic Design-yhteistyö kansainvälisesti mielenkiintoiseksi tutkimussektoriksi.



Kuva 1. F.BAD -hankkeen vuokaavio.

3. F.BAD – hankkeen toteutus ja toimenpiteet

3.1. Osatoteuttajat

Luonnonvarakeskus (Luke) edustaa projektin FUTURE BIO-ARCTIC - osaa yhdessä Lapin AMK:n kanssa. Projekti on osa Luonnonvarakeskuksen Biokiertotalous -tutkimusohjelmaa, joka tarjoaa ratkaisuja uusiutuviin luonnonvaroihin pohjaavan biotalouden kehittämiseen hyödyntämällä tehokkaasti biomassat ja niiden sisältämät yhdisteet uutta liiketoimintaa synnyttäen. F.BAD -projektissa hyödynnetään mm. Euroopan aluekehitysrahaston (EAKR) – Laatusormenjälki arktiselle luonnon raaka-aineelle (Arctic FingerPrint) -projektin luonnontuotealan yritysverkostoa sekä Euroopan sosiaalirahaston (ESR) – HerääPahvi! -projektia, jossa esiteltiin erilaisten elintarviketeollisuuden sivuvirtojen, kuten kauran ja ohran kuoren sekä kasvihuonevihreän käyttöä toiminnallisten pakkausmateriaalien valmistuksessa.

Lapin AMK:n Tulevaisuuden biotalous -osaamisryhmän TKI-toiminta nojaa vahvasti arktisten luonnonvarojen älykkään käytön ja biotalouden edistämiseen ja maaseutuelinkeinojen kehittämiseen. Suomen yksi harvoja luonnontuotealan korkeakouluopintoja tarjoava oppilaitos on jo pitkään toteuttanut luonnontuotealan hankkeita sekä alueellisesti että valtakunnallisesti, ja sillä on henkilöstössään vahvaa luonnontuotealan osaamista sekä toimintakentän tuntemusta. Lapin AMK:n toimintaan kuuluvat lisäksi mm. tekniikan alan kehittämis- ja testausympäristöt sekä Uudistuvan teollisuuden ja Vastuullisten palvelujen osaamisryhmät, jotka täydentävät kokonaisuutta materiaalien tutkimuksen, olosuhdetestauksen, kuvantamisten ja prototyypin tuotekehityksen innovaatioprosessin tukemisen osalta.

Lapin yliopisto edustaa FUTURE DESIGN -osaa Future Bio-Arctic Design -kokonaisuudessa ja projekti vahvistaa Lapin yliopiston taiteiden tiedekunnassa soveltavaa tekstiili- ja vaatetus suunnittelun tutkimusta ja tuotekehitystä sekä toimii kontaktina tekstiili- ja vaatetusalan sekä -teollisuuden yrityksiin. Muoti, tekstiilitaide ja materiaalitutkimus –koulutusohjelman osallistava, taidelähtöistä, tutkivaa ja kokeilevaa työskentelyä yhdistävä, tulevaisuusorientoitunut lähestymistapa tuottaa innovatiivista, moniaistista käyttäjä- ja materiaalilähtöistä tutkimusta ja tuotekehitystä. Lapin yliopistolla on lähes 10 vuoden kokemus innovaatiotyöpajatyöskentelystä mm. Annala Oy:n kanssa. Yhteistyön tuloksena on uusia tuotteita, jatkuvasti kehittyvä ymmärrys eri osapuolten työskentelykulttuureista, suunnittelu- ja tuotantoprosessin näkyväksi tekeminen, yrittäjien hiljaisen tiedon & yliopisto-opiskelijoiden taiteellisen ajattelun ja tutkimuksen sanallistaminen.

3.2. Yritysverkoston muodostaminen ja yhteistyöyritykset

Projektikokonaisuuden idea työstettiin EAKR – Arctic Smartness Excellence (ASE) -hankkeen puitteissa Lapin yliopistolla kansainvälisellä innovaatioleirillä marraskuussa 2016. Strategisten askeleiden avulla tavoitteena oli kansainvälistyminen ja tiedon välittäminen Lapin alueen yrityksiin. Keväällä 2017 Future Bio-Arctic Design -kokonaisuutta vietiin eteenpäin Luonnonvarakeskuksen, Lapin yliopiston ja Lapin ammattikorkeakoulun yhteisissä työpajoissa ja palaverissa. Niiden yhteydessä oltiin yhteydessä yrityksiin, joista seuraavat yritykset ilmaisivat jo alkuvaiheessa kiinnostuksensa sitoumuksin yhteistyökumppaneiksi tähän projektiin: Vanhalan lammastila, Arctic Crafts (Oukku) tmi, TaitoLappi ry, Arctic Design Shop ja K&H Annala Oy. Lisäksi tunnistettiin hankkeen tulosten hyödyntämistahot seuraavissa vaiheissa, mm. porotalous, huonekalu-, sisustus- ja vaatetusalan yritykset, luonnontuoteala ja koruteollisuus. Hankkeen tuloksia hyödyntävistä tahoista kiinnostuksensa hankkeen tuloksiin

ilmaisivat myös Jokipiin Pellava Oy, Puolustusvoimat, Safartica Oy, Lapland Safaris, Narkauksen paliskunta, Avec-Shoe Oy – Topman Oy.

Hankkeen tavoitteena oli, että lappilaiset käsi- ja taideteollisuusyritykset tuovat projektiin tuottamiaan materiaaleja, joihin testataan kasviuutteita. Samalla lappilaiset yritykset tutustuvat työpajoissa tietokoneohjattuun jacquard-kudontatekniikkaan, jota käytetään tekstiiliteollisuudessa kankaiden valmistuksessa. Lapin yliopistossa on Lapin alueen ainoa jacquard-kudontalaitteisto, jolla ensimmäisen vaiheen mallikappaleet kudottiin. Lisäksi projektissa on mukana teollinen yritys K&H Annala Oy, jonka tiloissa lappilaiset yritykset saivat opastusta teolliseen jacquard-kudontaan.

Hankkeessa olivat mukana tuomassa verkostoaan myös lappilaiset käsi- ja taideteollisuusyritykset, jotka edistävät suomalaista ja etenkin lappilaista käsityökulttuuria taitona ja elinkeinona yhdistettynä mm. matkailuun. Lapissa ei ole enää perinteistä tekstiili- ja vaatetusteollisuutta, vaan tekstiilit valmistetaan ulkomailla ja hankitaan yrityksiin valmiina. Tässä hankkeessa mallikappaleet, joihin kasvien vaikuttavat yhdisteet liitetään, on oltava puhtaita ylimääräisistä kemikaaleista, joten hankkeeseen kirjallisesti sitoutuneet yhteistyöyritykset toivat hankkeeseen omia pohjamateriaaleja.

Hankkeen aikana yritysverkosto laajeni työpajoihin ja webinaareihin osallistuneilla yrityksillä sekä F.BAD II -jatkohankkeeseen sitoutuneiden yritysten kautta (yhteensä 22 yhteistyöyritystä).

3.3. Työpaketit

Projekti on jaettu seuraaviin työpaketteihin (TP):

Työpaketti 1. Future Bio-Arctic (luonnonmateriaalit, kemiallinen testaus) v. 2018–2021

Työpaketista 1 ja sen toimenpiteistä vastaa Luonnonvarakeskus Rovaniemi.

1. Määritellään 3–5 kpl arktisen alueen (Suomi, painotus Lapissa) luonnonmateriaaleja (kasvi-, marja- ja puumateriaalit, villa jne.) sekä niiden kuidut ja tehoaineet, jotka voisivat soveltua luonnonmukaiseen monikerrokselliseen älykangasmateriaaliin ominaisuuksiensa perusteella.

Määriteltäviä luonnonmateriaaleja voisivat olla:

- kuituominaisuuksiensa perusteella mm. humala, nokkonen, hamppu, havupuiden sivuvirtamateriaalit (neulaset, kuori), jäkälät, sammalet, villa.
- bioaktiivisten yhdisteiden lähteenä mm. humala, nokkonen, havupuiden sivuvirtamateriaalit (neulaset, kuori), väinönputki, suopursu, suomyrtti.

2. Kehitetään ja optimoidaan tässä projektissa tarvittaville luonnon materiaalien bioaktiivisille yhdisteille erotus- ja uuttomenetelmät, joissa käytetään vain myrkyttömiä ja kierrätettäviä liuottimia (vesi, etanoli, hiilidioksidi, glyseroli), jolloin prosessit ovat EU-hyväksytyjä.

- Uuttomenetelminä ovat paineistettu ja paineistamaton liuotinaineutto (panosuutto ja läpivirtausuutto)

3. Todennetaan ja testataan kemiallisesti projektissa valittujen luonnon materiaalien ja kuitujen homeenestoon, säilyvyyteen, aromiaineiden vaikutuksiin, UV-suojaan ja hyttysten karkottamiseen liittyvät tehoaineet ja niiden ominaisuudet, myrkyttömyys sekä säilyvyys. (Projektissa pyritään valitsemaan ja rajamaan luonnon yhdisteet niin, että yhdellä yhdisteellä on monta ominaisuutta.)

- Uutteet ja mahdolliset puhtaat komponentit analysoidaan käyttämällä sekä nestekromatografi- että kaasukromatografi-massaspektrometriä, tarvittaessa myös kaasukromatografi-massaspektrometriä, johon on liitetty pyrolysaattoriosia
- Uutteiden antimikrobisuus testataan malliorganismeiksi valittuja mikrobeja, kuten homeita, vastaan. Uutteiden antimikrobisuus mitataan valittujen mikrobin kasvun estymisenä kasvatusalustalla.
- Tehoaineiden valonkesto- ja UVA/UVB-testit standardien mukaisesti
- Tekstiiliprototyypin kuvantaminen käsittelyjen aikaansaannoksista ja funktionaalisuudesta.

Työpaketti 2. Future Design (tekstiilimallikappaleiden valmistus yhdessä yritysten kanssa), v. 2018–2020

Työpaketista 2 vastaa Lapin yliopiston tekstiili- ja vaatetusalan koulutusohjelma. Toimenpiteet ovat:

1. Tekstiilimallikappaleiden kutominen tietokoneohjatulla jacquard-kudontatekniikalla Lapin yliopistossa yhdessä lappilaisten yritysten kanssa

Mainittua kudontatekniikkaa ei ole käytössä Lapin yrityksissä, vaikka merkittävä osa tekstiilimateriaaleista kudotaan jacquard-tekniikalla. Lapin tekstiili- ja vaatetusalan yritykset tutustuvat jacquard-kudontatekniikkaan ja sen mahdollisuuksiin Lapin yliopistossa järjestettävässä työpajassa. Yritykset tuovat työpajaan tuottamia materiaaleja, joista valmistetaan hankkeessa (työpaketissa 3) tarvittavia mallikappaleita testaukseen.

2. Testimallikappaleiden pohjamateriaalien valmistaminen yritysten kanssa teollisesti

Järjestetään työpaja Lapin yrityksille K & H Annala Oy:n tiloissa, jossa yritykset ja sidosryhmäkumppanit pääsevät tutustumaan teolliseen tekstiilikudontaan ja soveltamaan tietoa omaan yritystoimintaansa. Työpajassa valmistetaan hankkeessa (työpaketissa 3) tarvittavia teollisesti valmistettuja mallikappaleita testaukseen.

Työpaketti 3. Future Bio-Arctic Design (luonnonmukainen älytekstiili, prototyyppien valmistus ja kuvantaminen) v. 2019–2021

Työpaketin 3 toimenpiteistä 1 vastaa Luonnonvarakeskus ja toimenpiteistä 2 ja 3 vastaa Lapin ammattikorkeakoulu.

1. Projektissa tehdään kirjallisuuskatsaus ja analyysi siitä, miten luonnonmateriaalien tehoainemolekyylit saadaan sitoutumaan tekstiilin kuituihin. (Luke)

Selvityksen pääkohdat ovat:

- Molekyylien vuorovaikutukset pintamateriaalin kanssa (millaisia sidoksia ja vuorovaikutuksia molekyyli voi tekstiilipinnan kanssa muodostaa, millaisia apuaineita ja käsittelyitä tarvitaan, materiaalin huokoisuus jne.)
- Kemiallisten menetelmien suunnittelu (molekyylien kiinnittyminen tekstiilin pintaan tai huokosrakenteisiin pysyvästi, tehoaineiden säilyvyys)

Näitä tietoja käytetään toimenpiteissä 2 ja 3.

2. Kasvivärijäystekniikan testaaminen kasviyhdisteiden kiinnittämiseksi materiaalikuituihin ja älytekstiiliprototyyppiäihoiden valmistus. (Lapin AMK)

- Kasvivärimolekyyleilla on hankkeessa haettavaan älyominaisuuksiin liittyvää bioaktiivisuutta. Jo olemassa olevilla kasvivärystekniikoilla ja -menetelmillä voidaan testata molekyylin kiinnittymistä tekstiilikuituihin.

Työpaketissa 2 valmistettuja tekstiilimallikappalepohjia "värjätään" työpaketissa 1 valmistetuilla uutteilta ja kasvikuuduilla perinteisiä kasvivärysmenetelmiä modifioiden (esikokeet).

Edellisen kohdan esikokeiden tulosten perusteella valitaan toimivat yhdistelmät digitaaliseen tekstiilitulostusvaiheeseen Metropolia AMK:n tiloissa ja laitteistolla (Kuva 2). Tässä projektissa testataan uusinta tekniikkaa, digitaalista tekstiilitulostusmenetelmää, bioaktiivisten yhdisteiden kiinnittämiseen kuituihin. Tekstiilien valmistuksessa ja kuosisuunnittelussa tämä menetelmä tulee lähivuosina korvaamaan perinteiset painotekniikat, joten lappilaiset tekstiili- ja vaatetuspuolen yritykset kutsutaan tutustumaan Metropolia AMK:n digitaaliseen tekstiilitulostusmenetelmään. Tekstiilitulostuksessa pigmentti- ja reaktiivivärejä tulostetaan luonnonkuitumateriaaleille.

Tässä projektissa kehitettyjen kasviuutteiden vaikuttavia aineita voidaan mahdollisesti ohisyöttää tulostuksessa, injektoida suoraan väritankkiin tai lisätä jälkikäteen tekstiilikuituun. Tutkimushaasteina nousevat seuraavat asiat: miten kasviuutteen vaikuttavat aineet säilyvät, miten ne saadaan toimimaan tulostetussa tekstiilissä, miten ne reagoivat reaktiivi- ja pigmenttivärien kanssa ja jälkikäsittelyssä lämmön kanssa.

3. Älytekstiiliprototyyppien kuitujen ja niihin kiinnittyneiden yhdisteiden kuvantaminen mikroskopian avulla.

- Tekstiiliin liitettyjä bioaktiivisia yhdisteitä kuvataan mikroskooppimenetelmillä ja todennetaan niiden kiinnittyminen.



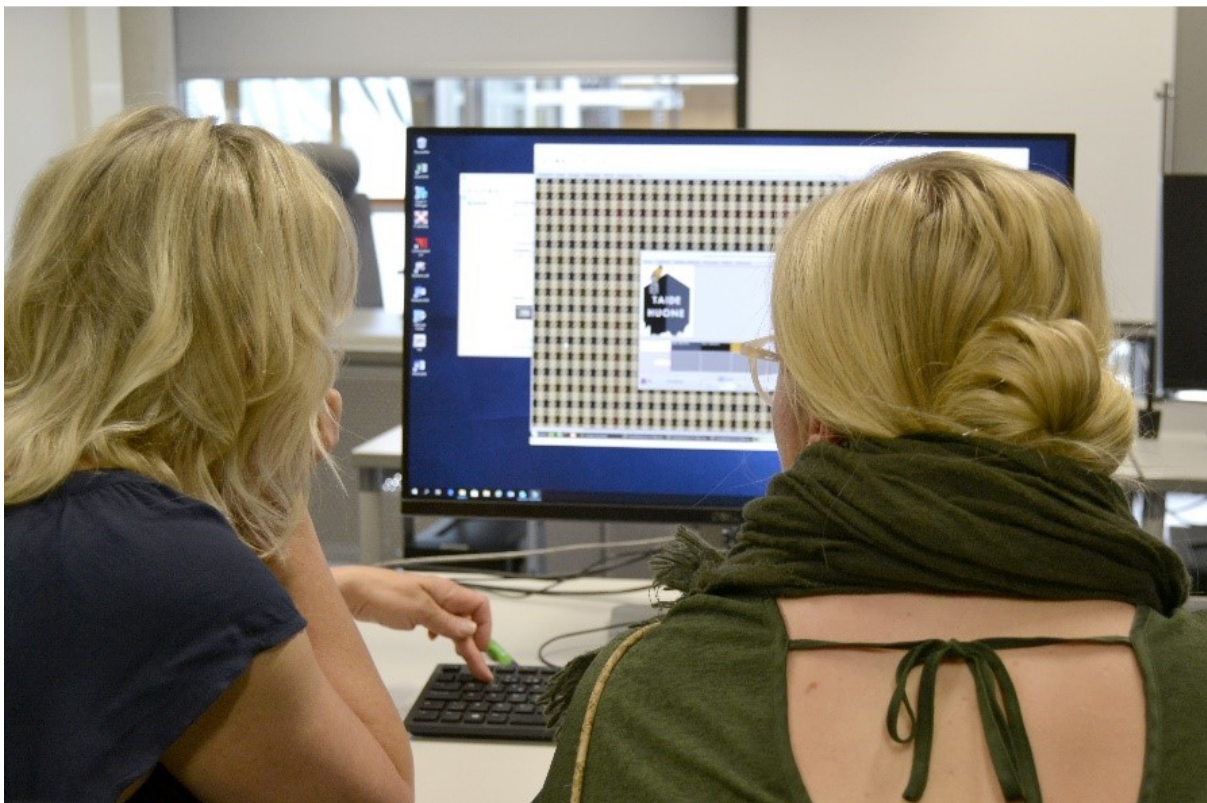
Kuva 2. F.BAD -hankkeen innoittaman ja Christa Elorannan suunnitteleman Itikka-kuosin digitaalinen tekstiilitulostus kankaalle Metropolia AMK:ssa. Kuva: Jenni-Liisa Yliniva.

3.4. Resurssit

Taulukossa 1 on esitetty F.BAD -hankkeen kustannusarvio ja rahoitussuunnitelma syksyn 2020 muutoshakemuksen jälkeen. Henkilöstöresurseista suurin osa oli Luken, Lapin yliopiston ja Lapin AMK:n tutkijoiden ja laboratoriohenkilöstön palkkakustannuksia. Ostopalveluihin kuuluivat mm. graafiset palvelut ja *ArahWeave* -jacquardkudonnan suunnitteluohjelma (Kuva 3).

Taulukko 1. Hankkeen kustannusarvio ja rahoitussuunnitelma.

Kustannukset	Yhteensä €	Rahoitus	Yhteensä €	% nettokustannuksista
Palkkakustannukset	304 125	EAKR:n ja valtion rahoitus	318 093	80
Ostopalvelut	6 000	Kuntien rahoitus	0	0
Kone- ja laiteinvestoinnit	0	Muu julkinen rahoitus: tuensaajan omarahoitus	79 526	20
Muut kustannukset	14 500	Yksityinen rahoitus: tuensaajan omarahoitus	0	0
Flat rate	72 994			
Kustannukset yhteensä	397 619	Rahoitus yhteensä	397 619	100



Kuva 3. *ArahWeave* -kudontasuunnitteluohjelman koulutustilaisuus Lapin yliopistossa keväällä 2019. Kuva: Emma Napari.

4. F.BAD – hankkeen tulokset

4.1. Future Bio-Arctic: luonnonmateriaalit ja kemiallinen testaus

4.1.1. Luonnonmateriaalien valinta

Hankkeen alussa tehtiin kirjallisuuskatsaus suopursun (*Rhododendron tomentosum*, syn. *Ledum palustre*), suomyrtin (*Myrica gale*), pietaryrtin (*Tanacetum vulgare*) ja pelto-ohdakkeiden (*Cirsium palustre*, *C. arvense*), poronjäkälän (*Cladonia rangiferina*), valkoporonjäkälän (*Cladonia arbuscula*) ja palleroporonjäkälän (*Cladonia stellaris*) sekä männyn (*Pinus sylvestris*) ja kuusen (*Picea abies*) hyönteiskarkote-, antimikrobisuus- ja UV-suojausominaisuuksista tekstiileissä hyödyntämisen näkökulmasta. Lisäksi selvitettiin yritysverkoston kautta eri lankamateriaalien ominaisuuksia. Materiaali- ja kasviraaka-ainevalinnoissa otettiin huomioon hankkeen asettamien rajoitusten (budjetti, aika, maantieteellisesti pohjoinen alue), materiaalien kemiallisten ja fysikaalisten ominaisuuksien lisäksi raaka-aineiden saanti ja keruun kestävyys sekä yrityksissä ja teollisuudessa käytettävät menetelmät ja materiaalien sopivuus teollisiin prosesseihin. Kuvassa 4 on esitetty F.BAD-hankkeeseen valitut materiaalit suopursu, nokkonen, väinönputken juuri ja pietaryrtti sekä yritysten valitsemat lankamateriaalit pellava-, karstavilla- ja puuvillalangat.



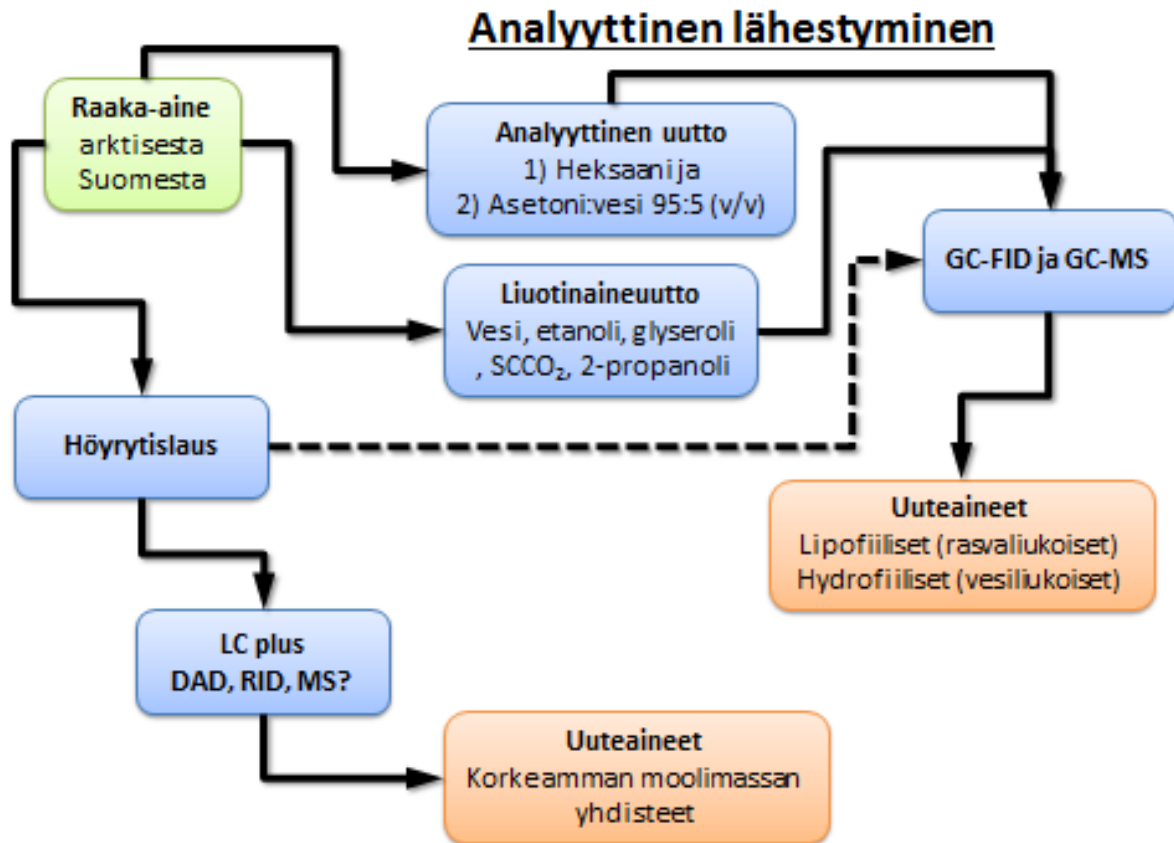
Kuva 4. F.BAD -hankkeeseen valitut kasviraaka-aineet (ylhäällä vasemmalta oikealle) suopursu, nokkonen, väinönputken juuri ja pietaryrtti sekä lankamateriaalit (alhaalla vasemmalta oikealle) pellava-, karstavilla- ja puuvillalangat. Kuvat: Virpi Kempainen.

4.1.2. Uttomenetelmät

Uttomenetelmien ja -liuottimien valinnassa tärkein kriteeri oli se, että käytetään vain myrkyttömiä ja kierrätettäviä liuottimia (vesi, etanoli, hiilidioksidi) vihreän kemian periaatteiden

mukaisesti. Liuottimet on luokiteltu niiden ympäristöystävällisyyden ja myrkyttömyyden mukaan (Prat ym. 2016).

Kuvassa 5 on esitetty projektin suunnitteluvaiheen analyttistä lähestymistapaa uuttotekniikoihin.



Kuva 5. Analyttinen lähestymistapa F.BAD -hankkeen uuttotekniikoihin.

Hankkeen alkuun tehtiin laboratoriossa nopeat uuttokokeilut eri uuttolaitteistoilla, joissa testattiin käytännössä kasvimateriaalien soveltuvuus eri uuttotekniikoihin. Tulosten perusteella uuttotekniikoiksi valittiin väinönputken juurelle, suopursulle ja pietaryrtille vesihöyrytisläus (eng. hydrodistillation) ja ylikriittinen hiilidioksiduutto (eng. supercritical carbon dioxide extraction, scCO₂) sekä lisäksi suopursulle, nokkoselle ja pietaryrtille ultraääniavusteiset vesi- ja etanoliuutot työpaketin 3 kasvivärjäyskokeisiin.

4.1.2.1. Kasvimateriaalien esikäsittelyt

Väinönputken juuret hankittiin Arctic Warriors Oy:lta Narkauksen kylästä Lapista, jossa väinönputken juuret oli viljelty ja nostettu elokuussa 2020. Juurten nostamisen jälkeen ne pestiin huolellisesti elintarvikelaatuisella vedellä ja pilkottiin pienemmiksi paloiksi, jonka jälkeen ne ilma-kuivattiin 20 °C:ssa 48 tuntia ja jauhettiin jauhatusmöllyssä 2 mm:n seulalla. Kuivatut ja jauhettut väinönputken juuret vesihöyrytislattiin (näyte 1B) ja uutettiin ylikriittisellä hiilidioksidilla (näyte 1C). (Korpinen ym. 2021)

4H-yhdistys Oulu keräsi suopursut luonnonvaraisena Ylikiimingistä, Pohjois-Pohjanmaalta, heinäkuussa 2019 heti kukinnan jälkeen. Suopursut tuorepakastettiin välittömästi keruun jälkeen

ja säilytettiin -20 °C:ssa käyttöön tai kuivaukseen asti. Tuorepakastettuja suopursuja käytettiin sellaisenaan manuaalisesti pienemmiksi paloitetuna vesihöyrytislauksissa (näyte 2A) sekä vesi- ja etanoliuutoissa työpaketissa 3. Osa suopursuista ilmakeivattiin 20 °C:ssa 9 vuorokautta kuivauskaapissa ja jauhettiin jauhatusmyllyssä 0,75 mm:n seulalla. Kuivattua ja jauhettua suopursua (lehdet ja varret) käytettiin vesihöyrytislauksissa (näyte 2B) ja ylikriittisissä hiilidioksidiuutoissa (näyte 2C). (Korpinen ym. 2021)

Lapin AMK keräsi pietaryrtin kukinnot luonnonvaraisena Rovaniemeltä, Lapista heinäkuussa 2019 ja 2020. Kukinnot tuorepakastettiin välittömästi keruun jälkeen ja säilytettiin -20 °C:ssa käyttöön tai kuivaukseen asti. Tuorepakastettuja pietaryrtin kukintoja käytettiin sellaisenaan manuaalisesti pienemmiksi paloitetuina vesihöyrytislauksissa (näyte 3A) sekä vesi- ja etanoliuutoissa työpaketissa 3. Vuonna 2020 kerätyt pietaryrtin kukinnot ilmakeivattiin 25 °C:ssa 9 vuorokautta kuivauskaapissa, jauhettiin jauhatusmyllyssä 2 mm:n seulalla ja käytettiin vesihöyrytislauksissa (näyte 3B) ja ylikriittisissä hiilidioksidiuutoissa (näyte 3C). (Korpinen ym. 2021)

4.1.2.2. Eteeristen öljyjen vesihöyrytislaukslaboratoriomittakaavassa

Vesihöyrytislauksessa (kasvimateriaali on tislauksen ajan vedessä) käytettiin Clevengerin menetelmää (Kuva 6). Tislauksia toistettiin 5–10 kertaa per kasviraaka-aine (noin 40–50 g näytettä 2A, 150–160 g näytettä 3A tai 100–150 g näytteitä 1–3B 1000 ml:ssa ionivaihdettua vettä). Tislauksajat ja saannot on esitetty taulukossa 2. (Korpinen ym. 2021)



Kuva 6. Clevengerin tisluslaitteisto ja -menetelmä. Kuva: Susan Kunnas.

Taulukko 2. Höyrytislautulokset (KA = keskiarvo ja KH = keskihajonta). (Korpinen ym. 2021)

	Näyte A (tuorepakastettu) tislusaika (h) / saanto (% w/w, KA ± KH)	Näyte B (kuivattu ja jauhettu) tislusaika (h) / saanto (% w/w, KA ± KH)
Näyte 1 (väinönputken juuri)	-	4,5 h / 1,0 ± 0,3 %
Näyte 2 (suopursu, lehdet ja varret)	5 h / 1,2 ± 0,3 %	5 h / 1,8 ± 0,1 %
Näyte 3 (pietaryrtin kukinnot)	4,5 h / 0,20 ± 0,05 %	3,5 h / 0,76 ± 0,08 %

Koska saantojen perusteella höyrytislauista näytteistä ilma-kuivatut raaka-aineet (näytteet 1–3B) tuottivat paremman saannon, vain niistä tehtiin tarkemmat laboratorioanalyytit.

4.1.2.3. Ylikriittinen CO₂-uutto laboratoriomittakaavassa

Hankkeessa käytetty ylikriittisen hiilidioksidiuuton laboratoriomittakaavan menetelmä (Kuva 7) on aiemmin kuvattu kirjallisuudessa (Kilpeläinen ym. 2014a, Kilpeläinen ym. 2014b). Ilma-kuivattu ja jauhettu näyte (15,0 g näyte 1C, 10,0 g näyte 2C tai 15,0 g näyte 3C) pakattiin ylikriittisen uuttolaitteiston 50 ml:n uuttokapseliin ja kapseli laitettiin laitteiston uunitilaan. Uuttolämpötila oli 60 °C ja ylikriittisenä liuottimena käytettiin 120 ml paineistettua hiilidioksidia (paine 170 bar ja virtaus 2 ml/min). Uute kerättiin punnittuun erlenmeyer-astiaan, ja lisäksi laitteiston huuhtelussa käytettiin 50 ml asetonia, josta uuttotuote erotettiin pesuliuottimesta pyöröhaihduttimessa ja edelleen vakuumiunissa. Uuttosaanto on laskettu yhteensä päätuotteen ja huuhtelun kautta saadun tuotteen punnitustuloksista taulukossa 3. (Korpinen ym. 2021)



Kuva 7. Laboratoriomittakaavan uuttolaitteisto ylikriittisiin CO₂-uuttoihin. Kuva: Risto Korpinen.

Taulukko 3. Ylikriittisten CO₂-uuttojen tulokset. (KA = keskiarvo ja KH = keskihajonta) (Korpinen ym. 2021)

	Näyte C saanto (% w/w, KA ± KH)
Näyte 1 (väinönputken juuri)	2,05 ± 0,24 %
Näyte 2 (suopursu, lehdet ja varret)	8,69 ± 0,11 %
Näyte 3 (pietaryrtin kukinnot)	2,63 ± 0,28 %

4.1.3. Uutteiden pääkomponentit

Höyrytlattujen näytteiden 1–3B ja ylikriittisten CO₂-uutteiden 1–3C pääkomponentit määritettiin kromatografisesti kaasukromatografilla (Kuva 8), johon oli liitetty massaspektrometri (GC-MS). (GC-kolonne oli Zebron ZB-5MSplus kolonne (Phenomenex; 30 m × 0,25 mm × filmin paksuus 0,25 µm) ja ajo-ohjelma oli määritetty seuraavasti: aloituslämpötila 30 °C → 230 °C, 10 °C/min, pitoaika 5 min, 230 °C → 300 °C, 40 °C/min, pitoaika 2 min. Näytteen injektio-
lämpötila oli 230 °C ja injektio-tilavuus 1 µl. Heliumin, jota käytettiin kantajakaasuna, virtausnopeus oli 1,2 ml/min.) Yksittäisten yhdisteiden identifiointi toteutettiin vertaamalla niiden retentio-aikoja ja massaspektrejä referenssiyhdisteiden (β-myrrseeni, α-fellandreeni, p-symeeni, γ-terpineeni, bornyyliasetaatti and trans-karyofylleeni) vastaaviin. Lisäksi yhdisteiden massaspektrejä verrattiin kaupallisiin massaspektrikirjastoihin. (Korpinen ym. 2021) Korpinen ym. 2021 on julkaissut näytteiden 1–3B ja 1–3C tarkemmat GC-MS-analysit sekä -grammit, joista seuraavaksi esitetään päätulokset.



Kuva 8. Näytteet kromatografisessa analyysissa GC-MS-laitteistossa. Kuva: Risto Korpinen.

Väinönputken juurten höyrytisleidien (1B) pääkomponentit olivat monoterpeenejä, β - and α -fellandreeni (268 mg/g ja 208 mg/g, tässä järjestyksessä), α -pineeni (111 mg/g), sabineeni (87 mg/g), p-symeeni (84 mg/g), 3-kareeni (74 mg/g) ja D-limoneeni (46 mg/g). Ylikriittisen CO₂-uuton uutteissa taas haihtuvien yhdisteiden pitoisuus oli matala (yhteensä 57 mg/g), ja pääkomponentti ei ollut terpeeniyhdiste, vaan kumariiniyhdiste ostoli (11 mg/g). Myös muita kumariineja havaittiin silyloidusta näytteestä. Väinönputken juurten eteerisestä öljystä eli höyrytisleistä ja ylikriittisen CO₂-uuton lopputuotteesta löytyi ainoastaan neljä samaa yhdistettä β -fellandreeni, p-symeeni, bornyyliasetaatti ja α -kopaeeni. (Korpinen ym. 2021)

Suopursuöljyn koostumuksen tiedetään vaihtelevan raaka-aineen kasvupaikasta johtuen. (Judžentienė ym. 2012) Terpenoidianalyysin perusteella tässä tutkimuksessa käytetyn suopursun kemotyyppi oli odotetusti tyypillistä pohjoiseurooppalaista alkuperää: höyrytislatusuopursuöljyn (2B) pääkomponentteina olivat palustroli (491 mg/g), β -myrseeni (399 mg/g) ja ledoli (202 mg/g). Myös ylikriittisen CO₂-uuton lopputuotteen (2C) pääkomponentit olivat palustroli (251 mg/g) ja ledoli (178 mg/g), mutta β -myrseeni puuttui kokonaan. Muut samat yhdisteet näytteissä 2B ja 2C olivat cis-p-menta-2,8-dien-1-oli (isolimonenoli), 2-metyyli-6-metyleeni-1,7-oktadien-3-oni, 2,6-dimetyyli-1,5,7-oktatrien-3-oli, 9-epi- β -karyofylleeni, ledeeni, viridifloroli/globuloli ja (epi)-syklokolorenoni. Lukuun ottamatta (epi)-syklokolorenonia, näiden yhdisteiden pitoisuus oli korkeampi höyrytisleessä kuin ylikriittisessä CO₂-uutteessa. Koska palustrolin ja ledolin (molemmat seskviterpenoideja) pitoisuudet olivat korkeat sekä näytteessä 2B että 2C, seskviterpenoideja oli molemmissa näytteissä enemmän kuin monoterpenoideja. (Korpinen ym. 2021)

Aiemmin on määritetty, että pietaryrtin tyypillisen pohjoissuomalaisen kemotyypin eteerisen öljyn pääkomponentti on kamfori. (Keskitalo ym. 2001) Myös tässä tutkimuksessa pietaryrtin kukintojen höyrytisleen pääkomponentit olivat monoterpenoidit kamfori (435 mg/g), trans-krysantenyliasetaatti (194 mg/g) ja eukalyptoli (98 mg/g). Ylikriittisen CO₂-uuton uutteessa pääkomponentit olivat kamfori (74 mg/g) ja trans-krysantenyliasetaatti (31 mg/g). Näyte 3B ei sisältänyt seskviterpenoideja lainkaan, mutta näytteessä 3C niitä esiintyi kolme. (Korpinen ym. 2021)

Yhteenvedona voidaan todeta, että eteeristen öljyjen tuottamiseen tarkoitettulla standardin mukaisella höyrytislusmenetelmällä väinönputken juuren ja pietaryrtin kukintojen öljyissä on enemmän haihtuvia yhdisteitä kuin ylikriittisen hiilidioksidiuuttojen lopputuotteissa, joissa esiintyy enemmän kumariineja, alkaaneja, rasvahappoja ja -alkoholeja. Suopursuöljyssä sitä vastoin löytyi seskviterpenoidit palustroli ja ledoli molemmista lopputuotteista 2B ja 2C, mutta β -myrseeni puuttui kokonaan ylikriittisen hiilidioksidiuuton lopputuotteesta. Näin ollen, suopursu osoittautui erittäin potentiaalisesti raaka-aineeksi molempiin uuttomenetelmiin, mutta myös väinönputken juuren ja pietaryrtin kukintojen ylikriittiset hiilidioksidiuutteet voivat ominaisuuksiensa perusteella soveltua hankkeen jatkotutkimuksiin. (Korpinen ym. 2021)

4.1.3.1. Uutettujen yhdisteiden hyönteiskarkote- ja UV-suojaominaisuudet

Luonnonmukaisia karkotteita ja UV-suoja-aineita etsitään aktiivisesti pyrittäessä löytämään yhdisteitä, jotka ovat turvallisia ja ympäristöystävällisiä. Suopursu, väinönputken juuri ja pietaryrtin kukinnot sisältävät useita eteerisiä öljyjä, jotka ovat useiden haihtuvien orgaanisten yhdisteiden seoksia, joita vapautuu kasvusta, jos sitä uhkaa vaara, esim. hyönteisten invaasio. Tällöin kasvi alkaa syntetisoida sekundääriyhdisteitä eli metaboliitteja: terpeenejä, kuten monoterpeeneitä, seskviterpeeneitä ja fenoleita. Suurimmalla osalla näistä yhdisteistä, esimerkiksi edellisessä kappaleessa määritetyillä suopursun, väinönputken juuren ja pietaryrtin kukintojen öljy-

yhdisteiden pääkomponenteilla, on konjugoituneita kaksoissidoksia, jotka antavat kasville myös UV-suojaominaisuuden.

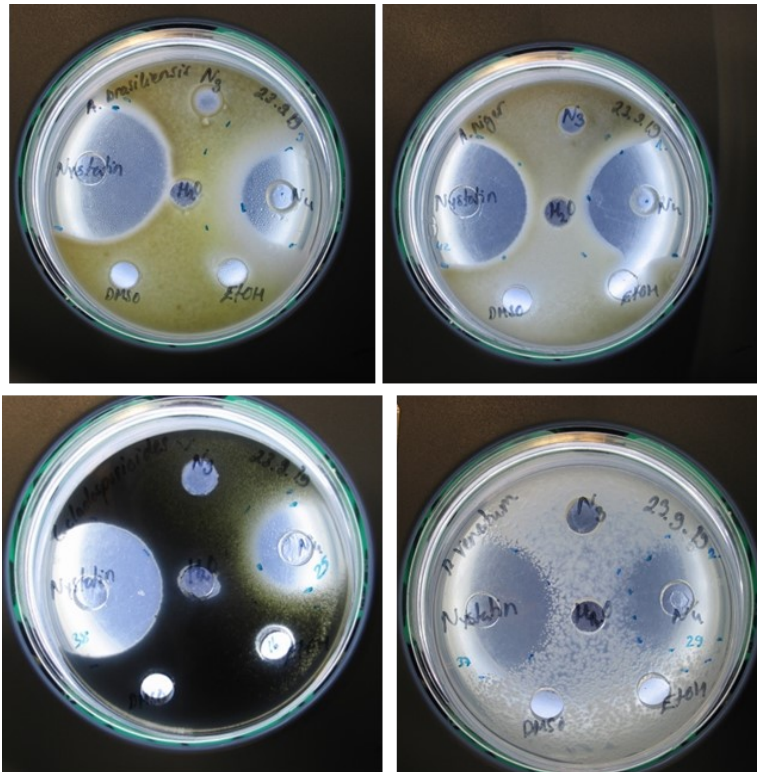
Terpentiinit ovat suurin kasvien kemiallinen ryhmä, jolla on myös suuri vaikutus ympäristöön ja sen säätelyyn (Rehman ym. 2014, Gershenzon & Dudareva 2007). Myös fenolit vaikuttavat useisiin niveljalkaisiin. Flavonoidit on toinen merkittävä yhdisteiden ryhmä, joilla voi olla hyönteisiä tappava tai karkottava vaikutus. Kolme tärkeintä hyönteisiä karkottavaa ryhmää ovat flavonoidit, iso-flavonoidit ja tanniinit (Debboun ym. 2014). Monoterpeenit ja seskviterpeenit muodostuvat isopreeni-alayksiköistä (C₅H₈). Monoterpeenit ovat pääkomponentteja kasvien öljyissä ja sen vuoksi tärkeitä hyönteiskarkotteen lähteitä. Seskviterpeenit toimivat hyvin hyttysillä ja muilla niveljalkaisilla (Debboun ym. 2014). Monoterpeenit kuten limoneeni ja sitronella ovat niveljalkaisten karkottimia (Jaenson ym. 2006). Seskviterpeeneistä b-karyofylleeni on hyvä punkkikarkotin (Ashitani ym. 2015).

Edellisessä kappaleessa määritetyt suopursun, väinönputken öljyn ja pietaryrtin kukintojen öljyutteen pääkomponentit ovat aiemmissa tutkimuksissa määritetty aktiivisiksi hyönteiskarkoteyhdisteiksi. (da Silva & Ricci-Júnior 2020) Esimerkiksi Ruotsissa tehdyissä tutkimuksissa suopursun haihtuva öljy karkotti puutiaisia ja hyttysiä tehokkaasti (Jaenson ym. 2005, 2006). Suopursuöljyn pääyhdisteet olivat myrseeni (34,4 %) ja palustroli (22,8 %), ja se karkotti puutiaista (*Ixodes ricinus* L.) 70–95 %:n tehokkuudella 70–95 %:n tehokkuudella (Jaenson ym. 2005). Laboratorio-oloissa testattuna suopursun etyyliasetaattiuute karkotti hyttyslajia *Aedes aegypti* 83,5 %:n tehokkuudella; verrokkina olivat mm. kaupallisten hyttyskarkotteiden tehoaine, 19 % DEET, jonka karkottavuus oli 90 %, sekä suomyrtilin etyyliasetaattiuute 82,1 % karkottavuudella (Jaenson ym. 2006). Saman tutkimuksen kenttäoloissa tehdyssä testauksessa suopursun etyyliasetaatti-, metanoli- ja heksaaniuute karkottivat luontaisesti esiintyneitä hyttyslajeja tilastollisesti merkitsevästi, kuten myös suomyrtilin heksaaniuute. Suopursuöljyn 1 % asetoniuuttella karkotevaikutus ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Suopursun haihtuvan öljyn pääkomponenteiksi tutkimuksessa tunnistettiin p-kymeeni, sabineeni ja terpinyyliasetaatti käytettäessä SPME (Solid phase microextraction) -keräysmenetelmää.

Usein ongelmana on se, että kasvien eteeriset öljyt ovat helposti haihtuvia ja niiden vaikutus on lyhytaikainen. Samoin eteeristen öljyjen haju voi olla liian voimakas ihmiselle, kun taas jotkut voiva olla täysin hajuttomia kuten etyylibutyylisetyyliaminopropionaatti (IR3535) (PubChem n.d.). Lisäksi eteeristen öljyjen tuntokokemus voi olla epämiellyttävä iholla tai aiheuttaa ihon ärtymistä. Onkin tärkeä tutkia, mahdollistaako karkottimen liittäminen tekstiiliin, esimerkiksi kapseloinnilla tai muulla tekniikalla, sen turvallisen käytön (Paumgarten & Delgado 2016).

4.1.4. Uutteiden antimikrobiset ominaisuudet

Näytteiden 1–3B ja 1–3C antimikrobisten ominaisuuksien tarkempi tarkastelu ja tutkimustulokset sekä menetelmät on esitetty julkaisussa Korpinen ym. 2021. Antimikrobisuuden testipatteristo sisälsi Gram-positiivisista ja Gram-negatiivisista bakteereista malliorganismieina *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* (ATCC 6538) - ja *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853) -bakteerit. Lisäksi *Aspergillus niger* (ATCC 6275), *Cladosporium cladosporioides* (ATCC 16022) ja *Penicillium venetum* (ATCC 16025) toimivat malleina homeorganismista ja *Candida albicans* (ATCC 10231) toimi hiivamalliorganismina. Uutteiden aiheuttamat mahdolliset kasvunestovaikutukset määritettiin kasvunestovyöhykkeen säteenä niin, että mitä suurempi säde, sitä suurempi kasvunestovaikutus (Kuva 9). Tulokooste on esitetty taulukossa 4. (Korpinen ym. 2021)



Kuva 9. Antimikrobisuusmääritykset. Kuva: Tiina Väyrynen.

Taulukko 4. Kasviuutteiden antimikrobisuustestien tulokset. (Korpinen ym. 2021)

Mikrobi	Näyte 1B	Näyte 1C	Näyte 2B	Näyte 2C	Näyte 3B	Näyte 3C
<i>Staphylococcus aureus</i> subsp. <i>aureus</i> (bakteeri)	kohtuullinen vaikutus	heikko vaikutus	kohtuullinen vaikutus	äärimmäisen voimakas vaikutus	kohtuullinen vaikutus	kohtuullinen vaikutus
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (bakteeri)	ei vaikutusta	-	heikko vaikutus	heikko vaikutus	ei vaikutusta	-
<i>Aspergillus niger</i> (home)	voimakas vaikutus	ei vaikutusta	voimakas vaikutus	heikko vaikutus	-	ei vaikutusta
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (home)	kohtuullinen vaikutus	ei vaikutusta	heikko vaikutus	voimakas vaikutus	-	ei vaikutusta
<i>Penicillium venetum</i> (home)	voimakas vaikutus	ei vaikutusta	-	voimakas vaikutus	voimakas vaikutus	heikko vaikutus
<i>Candida albicans</i> (hiiva)	kohtuullinen vaikutus	ei vaikutusta	voimakas vaikutus	erittäin voimakas vaikutus	heikko vaikutus	ei vaikutusta

Näytteet 1B: kuivatun väinönputken juuren höyrytisle, 1C: kuivatun väinönputken juuren ylikr. CO₂-uute, 2B: kuivattujen suopursun lehtien ja varsien höyrytisle, 2C: kuivattujen suopursun lehtien ja varsien ylikr. CO₂-uute, 3B: kuivattujen pietaryrtin kukintojen höyrytisle, 3C: kuivattujen pietaryrtin kukintojen ylikr. CO₂-uute.

Ei vaikutusta: kasvunestorenkaan halkaisija < 7 mm, heikko vaikutus: kasvunestorenkaan halkaisija 7–14 mm, kohtuullinen vaikutus, kasvunestorenkaan halkaisija 15–21 mm, voimakas vaikutus: kasvunestorenkaan halkaisija 22–28 mm; erittäin voimakas vaikutus: kasvunestorenkaan halkaisija 29–35 mm; äärimmäisen voimakas vaikutus: kasvunestorenkaan halkaisija 36–42 mm, (-): ei määritetty).

Yhteenvedona antimikrobisuustuloksista voidaan todeta, että kaikilla uutteilla kasvunestovaikutukset olivat laajakirjoiset, mutta uutepesifiset. Kuten kirjallisuuden perusteella odotettiin, kasviuutteet osoittivat vahvempaa vaikutusta Gram-positiivisiin kuin Gram-negatiivisiin bakteereihin. Väinönputken juuren ja pietaryrtin kukintojen höyrytisleet (1B ja 3B, tässä järjestyksessä) osoittivat voimakkaampia kasvunestovaikutuksia kuin niiden ylikriittiset CO₂-uutteet (1C ja 3C, tässä järjestyksessä). Tämä voi johtua haihtuvien yhdisteiden vähäisemmästä määrästä ylikriittisissä CO₂-uutteissa sekä näiden yhdisteiden erilaisesta pitoisuusprofiilista eri uutteissa. Poikkeuksena oli suopursu, jonka ylikriittinen CO₂-uute (2C) osoitti moninkertaisia vaikutuksia testattuihin mikrobeihin (*Staphylococcus aureus* subsp. *aureus*, *Cladosporium cladosporioides*, *Penicillium venetum*, *Candida albicans*) verrattuna sen höyrytisleeseen (2B). Esimerkiksi äärimmäisen voimakas kasvunestovaikutus havaittiin suopursun ylikriittisen CO₂-uuton uutteella (2C) *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* -bakteeriin, kun taas sama uute osoitti vain heikkoa vaikutusta samassa kokeessa *Pseudomonas aeruginosa* -bakteeria kohtaan. Mielenkiintoinen tulos oli myös suopursun höyrytisleen (2B) voimakas kasvunestovaikutus *Aspergillus niger* -mikrobia vastaan, kun taas suopursun ylikriittinen CO₂-uute (2C) osoitti vain heikkoa kasvunestovaikutusta. (Korpinen ym. 2021)

4.2. Future Design: tekstiilimallikappaleiden valmistus yhdessä yritysten kanssa

Lapin yliopiston taiteiden tiedekunta järjesti kaksi työpajaa lappilaisille tevanake(tekstiili-, vaate-, nahka- ja kenkä)-alan mikroyrittäjille 2018–2021 välisenä aikana. Ensimmäinen työpaja (TP1) järjestettiin lähityöpajana Lapin yliopistossa 23.–24.5.2019 (19 osallistujaa) ja toinen työpaja (TP2) COVID-19 -rajoitusten vuoksi webinaarimuotoisena 2.9.2020 (19 osallistujaa). TP1 keskittyi jacquard -kudonnan suunnitteluprosessiin ja tekstiilimallikappaleiden valmistukseen. TP2:n sisältönä ja tavoitteena oli tutustuminen teolliseen kudontaan Annala Oy:ssä.

Yritystyöpajat valmisteltiin mm. Lapin yliopiston taiteiden tiedekunnan tiimin suunnittelutyöpajassa Keropirtissä (14.–18.1.2019). Muotoilun apulaisprofessori (an Associate Professor of Design) Helene Day-Fraser kanadalaisesta Emily Carr-yliopistosta esitteli Keropirtillä järjestetyssä työpajassa improvisoivaa työtapaa materiaalien manipuloinnissa. Hänen ohjauksessaan tehdyissä kokeiluissa käytettiin vapaata kirjontaa (freestyle embroidery, surface embroidery). Vapaa kirjonta on kankaan (ja muiden materiaalien, esim. paperin, nahkan) koristelua kirjonta-ompeleilla. Ompeleisiin voidaan käyttää mitä tahansa lankoja, ompeleita sekä kuviointia. Se mahdollistaa niin kolmiulotteisten pintojen luomisen kuin kerroksellisten rakenteiden kehittämisen, joka on ominaista myös jacquard-tekstiilisuunnittelulle. Tutkimusapulainen Emma Naparin "Mikroskoopilta kankaalle" -opus (Napari 2020) kokoaa yhteen suunnittelu- ja yritystyöpajoissa testattua materiaalityöistä suunnittelua.

Yritystyöpajojen tavoitteiksi hankesuunnitelman tavoitteiden lisäksi asetettiin mm. yritysten suunnitteluhaasteet, yritysten innovatiivisten suunnitteluongelmien ratkaisumallit, ja kriittinen tuotekehitys- ja suunnitteluratkaisujen jatkokehitysmahdollisuuksien tarkastelu. Työpajojen tarkoitus oli toimia myös palautekanavana hankkeen eri tahojen välillä niin, että taiteellinen ja tutkimuksellinen yhteistyö luo yhteisvaikutusta vuorovaikutteisen tekstiilin tutkimukselle. Työmenetelmiksi yritystyöpajoihin suunniteltiin esimerkiksi:

- ekologinen materiaalityöläinen suunnittelu (luonnokset, nopeat prototypoinnit)
- materiaalin pinnan käsitteleminen esimerkiksi ommellen / pistoilla uuden mallin tekemistä (esteettinen)

- monikerroksinen rakenne: kokeiluja materiaalin teknisiä muutoksia ajatellen (rakenne, funktio)
- kokeileminen muutoksen tekemiseksi niin, että älykkyyks voitaisiin saada aikaan myös kankaan rakenteella (esim. materiaalin rakenne, käyttötarkoituksen monipuolistaminen, käytettävyyden parantaminen)
- käyttökokemuksen kehittäminen

Luonnospiirrokset ovat yleinen ja ainakin yleisimmin tunnettu tapa tehdä luonnoksia tulevista tuotteista. Taitava piirtäminen on siis yksi erinomainen avu suunnittelijalle, sillä se on mitä oivallisinta muistiinpano- ja kommunikointimenetelmä. Kyky suunnitella tuotteita ja kyky piirtää ovat kuitenkin eri asioita. Alun alkaen tuotteita suunnittelevat ihmiset ovat itse olleet myös niiden tekijöitä, käsityöläisiä. Käsityöläisen työprosessi on usein materiaalilähtöistä, toisin sanoen materiaalien tarjoamien mahdollisuuksien tutkiminen ja kokeileminen antaa inspiraatiota tuotteeseen. Tällainen suunnittelijan ja tekijän ykseys jää vähäiseksi tuotekeskeisestä suunnittelusta, jossa päätavoitteena on esineiden suunnittelu ja muotoilu. Käyttäjakeskeisessä suunnittelussa lähtökohtana pidetään puolestaan käyttäjien toiveita ja tarpeita.

Materiaalilähtöinen suunnittelu tarkoittaa sitä, että eri materiaalien ominaispiirteet määrittävät tuotteen lopullisen olemuksen. Materiaalilähtöinen lähestymistapa perustuu näkemykseen, jonka mukaan materiaalista, rakenteesta ja muodosta kehittyvä suunnitteluprosessin erottamaton kokonaisuus, jossa erilaisilla käsityömenetelmillä on merkittävä osuus. Kokeilevassa materiaalilähtöisessä muotoilussa kokeilut ovat arvokkaita juuri siksi, että ne eivät jää pelkän nopean luonnostelun tasolle, vaan niitä testataan myös käytännössä, prosessin aikana. Materiaalivetoinen prosessi mahdollistaa myös kestävä, ekologisesti ja eettisesti läpinäkyvän, ja materiaalilähtöisen suunnittelun. Äärimmäisenä esimerkkinä tästä on *zero waste* -periaate, jonka toteuttaminen käytännössä tarkoittaa kokonaisvaltaista, systemaattista lähestymistapaa hukkan tai jätteen eliminointiin. Tuote suunnitellaan niin, ettei leikkuujätettä synny ollenkaan. Materialisoiminen tarkoittaa tässä ns. perinteisestä suunnittelun työtavasta (tuote- tai piirroskeskeinen työtapa) poikkeavaa työtapaa. Siinä keskiössä ovat työskentelyn aikana tehtyjen havaintojen ja kokemusten nopea tulkinta sekä näiden tulkintojen tekoon sopivien ilmaisukeinojen tilannekohtaisten ratkaisujen keksiminen. Tärkein tavoite on siis materialisoida eli tehdä syntynyt idea tai tehty havainto näkyväksi itselle ja muille hankkeen osapuolille. Materiaalin käytettävyys ja sen kauneus ovat oleellisia sekä vaatetus- että sisustustekstiileissä. Tärkeät näkökulmat kehittämistyössä ovat myös tekstiilipinnan esteettisen ilmeen ja vuorovaikutteisuuden suunnittelu.

4.2.1. Työpaja 1: Tekstiilimallikappaleet

TP1:n sisältönä ja tavoitteena oli tekstiilimallikappaleiden kutominen tietokoneohjatulla jacquard-kudontatekniikalla Lapin yliopistossa yhdessä mikroyrittäjien kanssa. Työpajassa osallistujat saivat tietoutta ja materiaalia FBAD -hankkeesta sekä jacquard-kudontaan liittyvistä asioista, kuten käsin ja teollisesti kudotun jacquard-kankaan suunnitteluprosessista eli perusteista, valmistuksesta ja valmistuttamisesta. Työpajassa osallistujat tutustuivat myös *ArahWeave* -kudontaohjelmaan. Ohjelmalla käsiteltiin kudottava malli, kuten yrityksen logo *Thread Control* (TC-1) -laitteelle sopivaan kudottavaan muotoon (Kuva 10).



Kuva 10. Yritystyöpajassa 1 yrittäjät siirsivät oman yrityksensä logon *ArahWeave* -kudontaohjelman kautta tekstiiliin kudottavaan muotoon. Kuva: Emma Napari.

Työpajan 1 keskustelun perusteella valittiin F.BAD -hankkeen materiaaleiksi puuvilla-, pellava- ja karstavillalanka sekä neulahuovutettu villa. Lisäksi puuvilla- ja pellavalangoista kudottiin jacquard-tekstiilipohjanäytteitä ja karstavillalangasta neulottiin neulenäytteitä tutkimusprototyyppeihin työpakettiin 3 ja päätösnäyttelyyn.

4.2.2. Työpaja 2: Teollinen kudonta

Hankkeen toinen yritystyöpaja muuttui webinaarimuotoiseksi Covid-19 pandemian vuoksi. Lapin yliopiston vetämä webinaari toteutettiin etäyhteyksin (2.9.2020) ja mukaan kutsuttiin yrittäjiä ja organisaatioita. Moderaattorina toimi professori Ana Nuutinen.

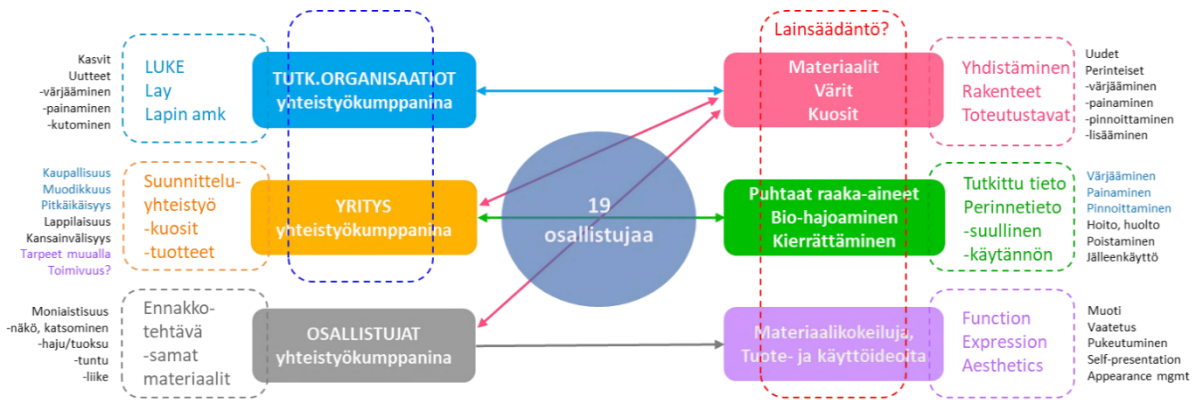
Webinaarissa esiteltiin hanketta ja teollista kankaan kudontaa K&H Annala Oy:ssä (tj. Hanna-Maria Kortesoja) sekä käytiin keskustelua, jonka tavoitteena oli ideoida älytekstiilituotteita. Tavoitteena oli antaa yrittäjille teollisen jacquard-kudonnan tietopaketti Annala Oy:n välityksellä ja tietoa mahdollisuuksista kutoa teollisuuden kanssa yhteistyössä jacquard-kankaita. Webinaariin liittyi myös ennakoon valmistettava tuoteideointitehtävä, jota varten halukkaille lähetettiin tarvikepaketti. Tarvikepaketti sisälsi tuoksunäytteet hankkeessa tutkittavista pohjoisen kasveista (kuivattu suopursu, nokkonen ja pietaryrtti), kangasmateriaalia (lankaa ja neulan), "Mikroskoopilta kankaalle" -oppaan (Napari 2020) ja kyselylomakkeen. Näiden materiaalien pohjalta osallistujia pyydettiin vastaamaan kysymyksiin tuoksujen miellyttävyydestä, missä kehonosassa tuoksua voisi käyttää, sekä ideoimaan hyttysiä karkottava, tuoksuva käyttötuote. Lisäksi motivoitiin suunnittelemaan, millaisia mahdollisuuksia on sitoa orgaanista materiaalia ja tuoksua kankaaseen kutomalla, ompelemalla, tikkaamalla tai kuviokirjomalla (Kuva 11). Ennakotehtävän tarkoitus oli edistää moniaistista kuituihin, tekstiilimateriaaleihin ja rakenteisiin liittyvää käyttäjä- ja materiaalilähtöistä kehittämistyötä. Ennakotehtäväpaketin avulla luotiin tavoitteellisesti aistikokemuksia ja pohdittiin yhdessä mm. moniaistisuutta, siihen liittyviä kokemuksia ja mitä merkityksiä, hyötyjä tai käyttötarkoituksia moniaistisuudella voisi olla. Moniaistisuus -keskustelu toimi palautteena kehittäen uusia ideoita ja kerryttäen kokemustietoa hankkeeseen. Moniaistisuuteen liittyvä keskustelu sisälsi myös näkökulmia siitä, millaisia tuotteita tai tuotteiden ominaisuuksia voidaan ideoida esim. esteettisyyden, tuoksun, tunnun ja toiminnallisuuden näkökulmista.



Kuva 11. Kuvia Emma Naparin suunnittelemissa materiaalilähtöisistä ja monikerroksellisista tuoksu-tekstiileistä, joihin kasvinäytteet on viety tekstiiliin sisään eri tekniikoilla. Kuvat: Emma Napari.

Kaksituntinen webinaari oli antoisa ja eri alojen asiantuntijoiden välinen keskustelu vilkasta. Tuoksunäytteistä mieluisimpina koettiin suopursu ja pietaryrtti, joskin suopursu koettiin myös melko voimakkaana, jopa ärsyttävänä tuoksuna. Keskustelussa pohdittiin erilaisia kudontateknisiä ratkaisuja, joilla tuoksua tai tuoksuva kasvia voitaisiin tuoda mukaan tekstiiliin teollisesti, pohdittiin kuosisuunnittelun ja väritysten, myös metallinhoitoisten tekstiilien mahdollisuuksia hyttysten karkottamiseksi. Mielenkiintoisena uutena näkökulmana esiin nousi miellelyhtymä perinnepukeutumiseen, jossa vaatteiden päntien, hihansuiden ja helmojen koristelun on ajateltu suojaavan pahoilta hengiltä. Lisäksi keskustelussa sivuttiin tuotteiden ja kemiallisten yhdisteiden kierrätettävyyttä. Ennakkotehtävään liittyvä keskustelu ja Naparin ”Mikroskoopilta kankaalle” -opas kiteyttivät ”redesign” -näkökulman ja käsitteen eli miten läheinen luontosuhde, kulttuuri- ja tekstiili- ja vaatetusalan historian tunteminen voi määrittää uudelleen suunnittelua ja muotoilua (Kuva 12).

Osanottajat kommentoivat ja ideoivat hyttyskarkotetuotteita oman asiantuntijuutensa näkökulmasta. Uusina konsepteina syntyi idea eräkorusta, joka voidaan kiinnittää haluttuun kohtaan vaatetusta, huovutetuista villatuotteista, joihin olisi mahdollista lisätä tuoksua villanhoitoaineen mukana sekä erävaatetukseen sopiva tekstiilipaikka, jossa on hyttyskarkoteominaisuus. Uutena materiaalina, hankkeen tutkimien tekstiilimateriaalien rinnalle nostettiin vaneri, jonka pintaan tuoksua voisi imeyttää öljyjen tai vahojen muodossa.



Kuva 12. Yritystyöpajan 2 yhteenvetokaavio.

4.2.3. Yhteenvedo työpajoista

Työpajat käynnistivät ja mahdollistivat luovan ja innovatiivisen materiaali-, taide- ja tutkimuslähtöisen vuoropuhelun. Tuloksena syntyi koulutustapahtumasarja yrittäjille sekä tekstiilipohjia, joita hyödynnettiin työpaketissa 3 älytekstiiliprototyypin valmistuksessa.

Merkittävä tulos oli lappilaisten mikroyrittäjien osallistaminen koulutuspäiviin. Yrittäjät ideoivat tuoteaihoita (vaatteet, asusteet, tekstiilit), joissa liike-elementti tuli mukaan tuoteideointiin ja sitä kautta ideoita jatkokehitettiin esimerkiksi Arktikumin näyttelyyn ja jatkokehitetään edelleen F.BAD II -hankkeessa. Tuoteaihojen ideointi yhdessä osallistujien kanssa mahdollistui FBAD-puheenvuoroissa: European Textile Network (2019) ja Kansainvälisessä taideyliopistojen Cumulus (2019) konferensseissa. Kuluttajakyselyä toteutettiin myös FBAD -näyttelyissä galleria Kopiossa (2019) ja galleria Valossa (2020) Lapin yliopistossa sekä FBAD pop-up-itikkarastitapahtumissa Helsinki Design Week (2019) aikana Helsingin rautatientorilla. Kohtaamisissa yhteisinä keskusteluaiheina olivat kaupallisuus, muoti, ilmastonmuutos, arvot, tuotteiden turvallisuus ja elinkaarijattelu. Eryteisesti yrittäjillä kantavana teemana oli tuotteen elinkaaren huomioiminen, kuten puhtaiden raaka-aineiden saatavuus, kestävä keruu, tuotteiden biohajoavuus, vihreä talous ja kierrättäminen. Myös hiljainen perinnetieto koettiin merkittäväksi arvoksi. Yhteiskehittäminen, -ideointi ja -suunnittelu eri alojen ammattilaisten kanssa on ollut luontevaa, positiivista optimismia ja inspiroivaa.

4.3. Future Bio-Arctic Design: luonnonmukainen älytekstiili

4.3.1. Vesi- ja etanolikasviuutteiden kiinnittäminen tekstiilikuituihin kasvivärijästekniikoilla

Kasviväriaineita voidaan luokitella eri tavoin, mutta kemiallisen rakenteensa perusteella pääryhmät ovat bentsopyraani johdannaiset (mm. flavonoidit), tetrapyrrolijohdannaiset (mm. klorofyllit) ja isoprenoidijohdannaiset (mm. karotenoidit ja kinonit). (Räisänen ym. 2015, Delgado-Vargas ym. 2000) Nämä yhdisteet ovat bioaktiivisia eli ne omaavat mm. antimikrobisuus- (hormeen esto) ja UV-suojainomaisuuksia. Näiden ominaisuuksien on joissain tapauksissa todettu myös siirtyvän tekstiiliin värijäksen yhteydessä. (Khan ym. 2012, Gupta ym. 2004)

Yleensä värijäyksissä käytetään metallisuoloja puretteina. Tähän tutkimukseen valittiin perinteinen (kali)aluna ($KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$) ja tanniineja, joihin on kumuloitunut mm. alumiinia, rautaa tai kuparia. Tanniinien fenoliset hydroksyyli-ryhmät saavat aikaan voimakkaita sidoksia kuitujen

ja väriaineiden välille ja ne lisäävät väriaineen absorptiota kuidun pinnalle. (Islam ym. 2013, Aminoddin 2010)

Hankkeessa tutkittiin ultraääniavusteisesti matalassa lämpötilassa uutettujen vesi- ja etanoli-pohjaisten kasviuutteiden kiinnittämistä tekstiilikuituihin. Tutkimuksessa haluttiin selvittää, saadanko etanoli- ja vesiuutolla uutettua kasvien bioaktiivisia yhdisteitä ja jos saadaan, siirtyvätkö ominaisuudet värjäysten kautta tekstiiliin. Värjäyskokeisiin tutkittaviksi kasvimateriaaleiksi valittiin TP1:n kirjallisuusselvityksessä suopursun verso, nokkosen verso ja pietaryrtin kukinnot aiemmissa tutkimuksissa todettujen antimikrobisten, hometta estävien, UV-suojaus- ja hyönteiskarkoteominaisuuksien perusteella. (Mavi ym. 2004, Kratchanova ym. 2010, Pålsson ym. 2008, Laurila 2018, Damp & Luczkiewicz 2013, Stevović ym. 2009, Räisänen ym. 2020)

Kiinteä-nesteuuttojen uuttonopeutta voidaan nostaa mm. lämpötilaa nostamalla, sekoitusta lisäämällä ja kiinteän materiaalin partikkelikokoa pienentämällä. Koska kasvien bioaktiiviset yhdisteet ovat herkkiä valolle ja korkealle lämpötilalle, ja hankkeen ydinajatuksena oli vihreä kemia, uutot tehtiin matalissa lämpötiloissa (<40 °C), mutta niiden uuttonopeutta nostettiin tekemällä uutot ultraäänihauteessa. Ultraääntä käytetään yleisesti vihreän kemian menetelmänä mm. elintarvike- ja lääkekemiassa tehostamaan bioaktiivisten yhdisteiden, kuten vitamiinien, polyfenolien ja fytokeemikaalien, uuttumista kasvimateriaaleista matalissa lämpötiloissa. Ultraääni nopeuttaa ja tehostaa uuttoa rikkomalla kasvisolujen rakenteita ja vapauttamalla bioaktiiviset yhdisteet uuttoluokseen. (Chemat ym. 2017)

Värjäytymiseen vaikuttavat monet asiat kuten kuidun kemiallinen rakenne (esim. funktionaaliset ryhmät, morfologia, huokoisuus) sekä tekstiilin rakenne ja tiiveys. (Räisänen ym. 2015) Luonnonkuidut värjäytyvät synteettisiä kuituja paremmin kasviuutteilla, minkä lisäksi ne ovat biohajoavia ja siten soveltuvat F.BAD -hankkeen tavoitteisin synteettisiä kuituja paremmin. Tutkittaviksi kuituiksi valittiin luonnonkuidut karstavilla-, rohdinpellava- ja puuvillalanka sekä työpakettissa 2 tehdyt tekstiilipohjat (neulahuovutettu villa, neulerakenne villalangasta sekä jacquard -tekstiili puuvilla- ja pellavalangoista). Proteiineista koostuva villa sisältää useita erilaisia aminohapporyhmiä, joiden vuoksi se sitoo hyvin väriaineita ilman korkeita lämpötiloja tai voimakkaita happo- tai emäksisittelyjä. Kasvipäristen selluloosakuitujen pellavan ja puuvillan koostumus on erilainen kuin villan, eivätkä ne tavanomaisessa kasvivärjäyksessä sido kasvivärejä aivan yhtä hyvin kuin villa. Väriaineiden tehokkaampaan kiinnittämiseen käytetään tavanomaisessa kasvivärjäyksessä usein korkeampia lämpötiloja ja joskus emäksistä värjäyslientä. Selluloosakuidut kuitenkin imevät hyvin kosteutta, jonka vuoksi kuidut ottavat hyvin vastaan uutteisessä olevia väri- ja apuaineita. Tätä ominaisuutta on hyödynnetty F.BAD -hankkeen tutkimuksessa, jossa uutokset kiinnitettiin kuituihin ultraääniavusteisesti matalissa lämpötiloissa ilman pH-tason muuttamista. (Räisänen ym. 2015, Tetri & Tuomi 2016, Kempainen 2020)

F.BAD -hankkeessa tutustuttiin myös Metropolia AMK:n digitaaliseen tekstiilitulostukseen Dupontin Artistry 2020 -tulostimella. Tulostin tulostaa reaktiivivärejä, jotka vaativat höyrytyksen 100 °C vesihöyryssä sekä keittopesut kiinnittyäkseen kankaalle. Näin ollen, korkeissa lämpötiloissa hajoavien kasvien bioaktiivisten yhdisteiden injektoiminen värikasettiin ja tulostaminen kankaalle värin mukana voisi onnistua, mutta tuotoksessa ei todennäköisesti olisi enää kasviuutteen bioaktiivisuusominaisuuksia. Aine tulisi tulostaa kankaalle sellaisenaan ja välttää viimeistyksiä, mikä tarkoittaa, että uutetta tulisi olla melko suuria määriä. Lisäksi printterin lämpöpatteri, joka kuivattaa painomusteen, olisi kytkettävä pois päältä. Näin ollen, digitaalisen tekstiilitulostuksen ei todettu soveltuvan ainakaan tässä vaiheessa luonnon kasvien uutteiden kiinnitysmenetelmäksi, vaan tässä hankkeessa ensimmäiset kokeet tehtiin perinteisiä kasvivärjäysmenetelmiä soveltaen.

4.3.1.1. Lankojen ja tekstiilimateriaalien esikäsittelyt

Langat ja tekstiilipohjat pestiin sooda- ja ecover -pesuaineliuoksilla ennen kasviuutteilla käsittelyä epäpuhtauksien, kuten kehruuöljyn ja kuitujen käsittelyssä käytettyjen kemikaalien, poistamiseksi. Vesi lämmitettiin ensin +50 °C:een, seuraavaksi lisättiin pesuaineet lanka/villamateriaalimäärän mukaan (soda 6 % lankamateriaalin painosta + Ecover Zero Sensitive Wool & Delicates Laundry Liquid, villapesu: 5 ml / 5 litraa vettä ja puuvilla/pellavapesu: 35 ml / 5 litraa vettä). Lisäyksen jälkeen pesuaineet sekoitettiin huolellisesti veteen, sekoituksen jälkeen lisättiin vedellä esikostutetut langat/villa lämpimään pesuaineveteen. Keittolevyllä pesuaineveden lämpötila nostettiin +85 – +95 °C:een. Saavutetun lämpötilan jälkeen lankoja keitettiin 50 minuuttia pesuveden lämpötilaa edelleenkin seuraten (< +95 °C). Keittämisen jälkeen langoille/villalle tehtiin huolelliset huuhtelut juoksevalla vedellä. Huuhteluiden päätteeksi jokainen lankavyöhyke puristeltiin varovaisesti ylimääräisestä vedestä ennen kuin lankavyöhykkeet nostettiin kuivaustelineille kuivumaan. (Kempainen 2020)

Pesun jälkeen langat esipuretettiin, osa männynkuoresta Luken Bioruukissa uutetulla tanniiniliuoksella, ja osa aluna-viinikiviliuoksella. Lankojen puretuksella syvennetään kasveista saatavia värisävyjä ja parannetaan värisävyjen kiinnittymistä lankoihin. Esipuretettuja lankoja voi säilyttää jopa vuoden. Koska esipuretusaineilla voi olla antimikrobisia ominaisuuksia ja tanniiniliuos oli myös väriliuos, tehtiin referenssinäytteet myös ilman puretuskesittelyä. Lisäksi puretusaineista viinikivi ei ole varsinainen puretusaine, vaan sitä käytetään yhdessä alunan kanssa, jotta aluna liukenisi paremmin veteen ja imeytyisi paremmin lankaan. (Kempainen 2020)

Tanniiniliuosta (3–4 litraa) käytettiin sellaisenaan ja aluna-viinikiviliuos tehtiin suhteessa 75 grammaa alunajauhetta ja 37,5 grammaa viinikivijauhetta viiteen litraa vettä. Aluna-viinikivijauhe -dekantterilasiin (1 000 ml) lisättiin 900 millilitraa lähes kiehuvaa ionivaihdettua (iv) vettä, sekoitettiin hyvin lasisauvalla ja sen jälkeen hyvin liuennot aluna-viinikiviliuos kaadettiin kattilaan, jossa oli 4,1 litraa iv-vettä. (Kempainen 2020)

Esipuretettavat näytelankaniput siirrettiin tanniini- ja aluna-viinikivikattiloihin, jonka jälkeen laitettiin keittolevy päälle ja odotettiin lämpötilan nousua +80 °C. Saavutetun lämpötilan jälkeen näytelankanippuja keitettiin 60 minuuttia lämpötilan pysyessä alle +90 °C:ssa. Tunnin keittämisen jälkeen kattilat nostettiin syrjään jäähtymään ja lankaniput jätettiin vielä vuorokaudeksi kattiloihin puretusaineiden tehon voimistamiseksi. Seuraavana päivänä esipuretettavat näytelankaniput puristeltiin ylimääräisestä nesteestä ja lankaniput pujotettiin keppien varaan kuivumaan ilmastavasti. Pestyt ja esipuretettavat lankanäytteet niputettiin kymmenen gramman eriin uutokesittelyä varten. (Kempainen 2020)

4.3.1.2. Kasvien keruu ja esikäsittelyt

4H-yhdistys Oulu keräsi suopursut luonnonvaraisena Ylikiimingistä, Pohjois-Pohjanmaalta, heinäkuussa 2019 heti kukinnan jälkeen. Suopursut pakastettiin välittömästi keruun jälkeen ja säilytettiin -20 °C:ssa käyttöön (uuttoihin ja kasvivärjäyksiin) asti.

Lapin AMK keräsi pietaryrtin kukinnot ja nokkosen versot (alle 25 cm) luonnonvaraisena Rovaniemeltä, Lapista, heinäkuussa 2019 ja 2020 (Kuva 13). Kukinnot pakastettiin välittömästi keruun jälkeen ja säilytettiin -20 °C:ssa käyttöön asti.

Uutospohjiksi valittiin vesi ja etanoli, joilla saatiin erotettua kasveista veteen ja alkoholiin uutuvia aineita. Vesipohjaisten kasviuutteiden valmistamista varten jokaisesta kasvista valmistettiin erillinen uutosto. Uutteista pyrittiin tekemään mahdollisimman vahvoja, joten nestettä lisättiin sen verran että kasvit peittyivät (nokkonen: 100 g kasvimateriaalia / 300 millilitraa vettä,

suopursu: 100 g kasvimateriaalia / 350 millilitraa vettä, pietaryrtti: 100 g kasvimateriaalia / 300 millilitraa vettä). Dekanterilaseja, joissa oli kasvimassat ja vesi em. suhteessa, pidettiin 55–60 min ultraäänihauhteessa, jonka jälkeen kasvien annettiin uuttua vielä vuorokausi huoneenlämmössä. (Kempainen 2020)

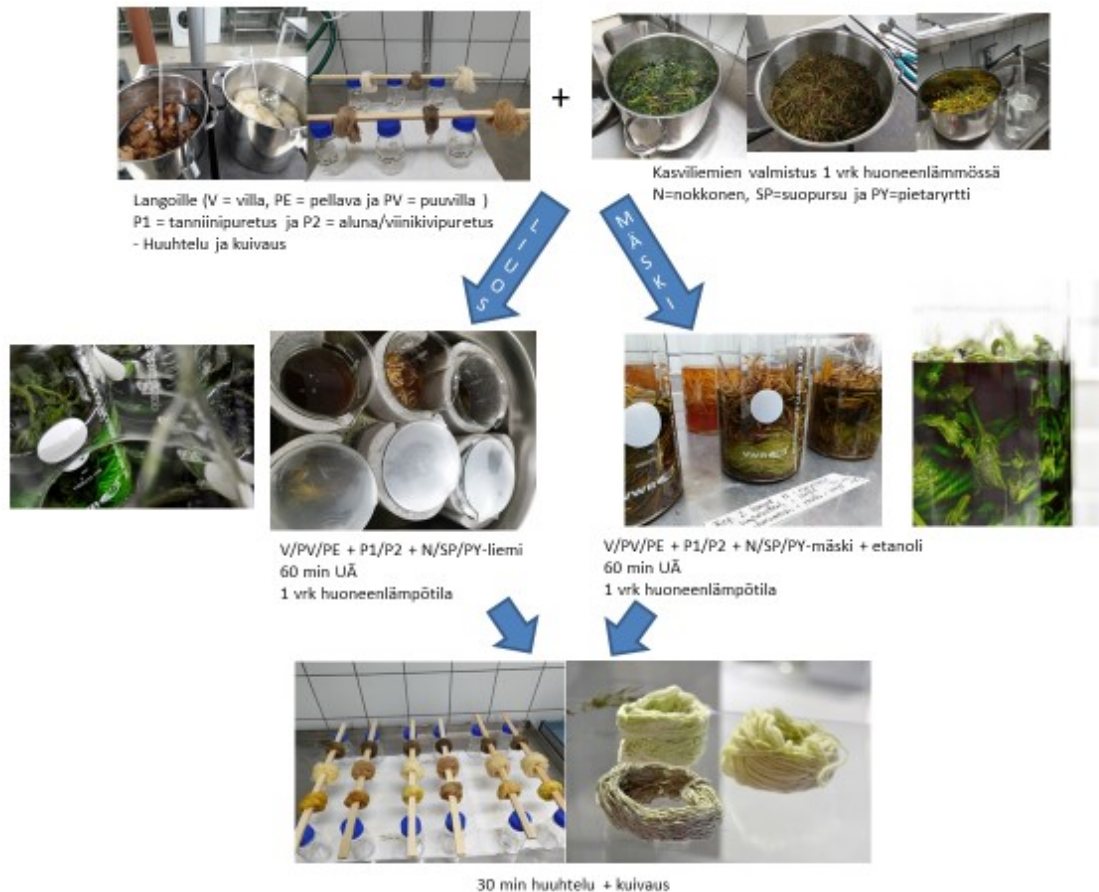


Kuva 13. Kasvimateriaalien keruuta ja esikäsittelyä Rovaniemellä 2019. Kuva: Virpi Kempainen.

4.3.1.3. Kasvivärjykset lankamateriaaleille

Kasviuuttojen ja värjäysten koeasetelman kaaviokuva lankamateriaaleille on esitetty kuvassa 14. Uuttamisen jälkeen kasvit siivilöitiin pois ja dekanterilaseihin annosteltiin kasvivesiuutetta ja lankanäytteet. Tämän jälkeen siivilöidyt kasvimassat hyödynnettiin vielä etanoliuutosten valmistamiseen. Kasvimassoja lisättiin dekanterilaseihin kerroksittain lankanäytteiden kanssa, ja peitettiin etanolilla (Etax AA). Lasit peitettiin parafilmillä, jotta etanoli ei haihtuisi jatkokäsittelyn aikana.

Molemmilla menetelmillä uutetut liuokset ja lankanäytteet käsiteltiin seuraavaksi ultraäänihauhteessa. Dekanterilasit asetettiin ultraäänitehosteiseen vesihauhteeseen, jossa lankoja käsiteltiin enintään 60 minuuttia, kunnes veden lämpötila oli korkeintaan 40 °C.



Kuva 14. Ultraääniavusteisten kasviuuttojen ja lankojen värjäysten koasetelman vuokaavio. Kuvat: Susan Kunnas, Virpi Kempainen ja Emma Napari.

4.3.1.4. Kasvivärjäykset tekstiilipohjille

Neule (karstavilla)-, neulahuovutettu villa- ja jacquard (puuvilla + pellava) -tekstiilipohjille värjäykset tehtiin kappaleen 4.3.1.2. kasvivesiuutteesta niin, että dekantterilasiin laitettiin 100 ml kasvivesiuutetta ja 2 kpl jokaista tekstiilimateriaalia (iv-vedellä esikostutettuna), ja värjäyksen annettiin tekeytyä noin vuorokauden huoneenlämmössä, jonka jälkeen tekstiilipalojen annettiin kuivua noin 5 vuorokautta (Kuva 15). (Kempainen 2020)

Etanolikasvivärjäykset tehtiin kasvivesiuutoksesta jääneestä kasvimäskistä niin, että noin 100 g kasvimäskistä ja 300 ml etanolia (Etax AA) laitettiin dekantterilasiin ja uutettiin ultraäänihauuteessa max. 60 min (< 40 °C) ja huoneenlämmössä vuorokauden ajan. Tekstiilipohjien värjäys tehtiin kuten edellisessä kappaleessa tehtiin kasvivesivärjäys tekstiilipohjille. (Kempainen 2020)

Kasvivesiuutetta käytettiin myös luonnonmukaisten painopastojen tekoon ja F.BAD-kuosin painantaan tekstiilipohjiin. Niistä saa lisätietoa F.BAD -hankkeeseen liittyvästä Lapin AMK:n Agrobiologi-tutkimuksen opinnäytetyöstä (Kempainen 2020).



Kuva 15. Tekstiilipohjat kuivumassa värjäyksen jälkeen. Kuva: Virpi Kempainen.

4.3.1.5. Kasviuutteiden ja kasvivärjättyjen tekstiilien antimikrobisuus

Vesi- ja etanolikasviuutteille sekä niillä värjätyille langoille tehtiin kappaleessa 4.1.6. esitetyt antimikrobiset testaukset. Vesi- ja etanolipohjaiset uutteet eivät osoittaneet sellaisia antimikrobisia ominaisuuksia kuin öljypohjaiset uutteet. Näin ollen perinteisillä kasvivärjäyksillä tässä hankkeessa ei ole mahdollista valmistaa tekstiiliä, jossa olisi bioaktiivisia ominaisuuksia. Ultraäänivusteinen kasvivärjäysmenetelmä vesi- ja etanolikasviliuoksille matalissa lämpötiloissa osoittautui kuitenkin todella hyväksi väriyhdisteiden vihreän kemian kiinnittämismenetelmäksi ja tuloksia hyödynnetään seuraavissa hankkeissa. Etenkin nokkosen etanoliliuos ja pietaryrtin vesiliuos osoittautuivat erityisen värikylläisiksi liuoksiksi. Huokoinen neulahuovutettu villa ja neuletekstiili värjäytyivät tasaisimmin. Jacquard-tekstiilissä pellava on jo alkujaan tummempi materiaali, joten värjäys näkyi lähinnä loimipuolella, joka oli puuvillaa. Kappaleessa 4.3.3.1. on kerrottu lisää kasvivärjäystuloksista kuvantamisen ja spektroskopian analyysien kautta.

4.3.2. Eteeristen öljyjen ja ylikriittisten hiilidioksidiuutteiden kiinnittäminen tekstiilimateriaaliin

Uutteita voidaan kiinnittää materiaaleihin erilaisilla fysikaalisilla ja kemiallisilla menetelmillä, esimerkiksi pinnoittamalla, injektoimalla, spray-tekniikoilla, kyllästämällä, printtaamalla ja kantaja-aineen avulla sekä koaservaatiolla ja polymerisaatiolla. (Yip & Luk 2016, Bakry ym. 2016) Koska F.BAD -tutkimuksessa kyseessä ovat mahdollisesti valon ja lämmön vaikutuksesta hajotuvat yhdisteet, on uute suojattava joko kantaja-aineella, koaservaatiolla, polymerisaatiolla ja/tai mikrokapseloinnilla. Suojauksen jälkeen menetelmät mikrokapselien tai kantaja-aineseoksen liittämiseen tekstiilimateriaaliin ovat samanlaiset kuin edellä on mainittu.

Mikrokapselointi on nopeasti laajeneva teknologia tekstiiliteollisuudessa ja menetelmää on paljon käytetty myös elintarvike-, lääke- ja kosmetiikkateollisuudessa. (Podgornik & Starešinič 2015, Bakry ym. 2016) Mikropartikkelien koko on määritelty niin, että niiden halkaisijan tulee olla välillä 1–1000 μm . (Massella ym. 2019) Mikrokapselit ovat pieniä säilytysastioita halutulle

kiinteälle, kaasulle tai nestemäiselle yhdisteelle, joka vapautetaan kontrolloidusti (esim. ajan, määrän ja keston suhteen) haluttuun tarkoitukseen. Vapautusmekanismi sisältää liukenemisen, diffuusion ja osmoottisen paineen. Aluksi vapautuneen öljyn pitoisuus on suuri, mutta sitten se hitaasti saavuttaa vakion. Vapautumisnopeus on riippuvainen kapselin kuori- ja ydinmateriaaleista ja ympäristön olosuhteista (lämpötila, kosteus, pH). Lisäksi kapselointi estää yhdisteen hapettumisen ennen ja jälkeen tekstiiliin lisäämisen. (Podgornik & Starešinič 2015, Yip & Luk 2016, Bakry ym. 2016) Mikrokapselointiprosessia voidaan kuvata funktionaalisen muurin rakentamisena ytimen ja kuorimateriaalin välille, niin että fysikaaliset, kemialliset tai mekaaniset reaktiot eivät vaikuta itse kuorimateriaaliin. Öljyille yleisesti käytetyt kuorimateriaalit ovat synteettisiä polymeereja tai luonnon biomateriaaleja, kuten hiilihydraatteja ja proteiineja. (Bakry ym. 2016) Esimerkiksi kitosaani, gelatiini, albumiini ja alginaatti ovat erittäin yleisiä kuorimateriaaleja lääketeollisuudessa ja sitä kautta myös tekstiiliteollisuudessa, kun on haluttu valmistaa erilaisia tekstiilisovelluksia kiinnittämällä kosmeettisia aineita, lääke- ja ihonhoitoyhdisteitä tekstiileihin. Ne ovat biohajoavia ja myrkyttömiä luonnon polymeereja, joilla on kuorimateriaalina hyvät kestävyys-, vapautus- ja bioyhteensopivuusominaisuudet. (Massella ym. 2019)

Mikrokapselointimetodia on käytetty etenkin kasveista peräisin olevien öljyjen lisäämiseen tekstiiliin. Tutkimuksissa on käytetty mm. sitruunaruohon lehdistä eristettyä sitronellaöljyä sekä sitruuna-, vanilliini-, rosmariini-, piparminttu, basilika-, teepuu-, laventeli-, neemsiemen-, timjami-, eukalyptus- ja neilikkaöljyä, joista on muodostettu ensin emulsio ja/tai koaservaatti. (Davies 1957, Yang ym. 2013, Yuen ym. 2012, Souza ym. 2014, Bakry ym. 2016, Podgornik & Starešinič 2015, Yip & Luk 2016)

Mikro- ja nanoemulsiot ovat valoa taittamattomia ja läpinäkyviä johtuen pienestä pisarakoosta. Kun vettä, öljyä ja pinta-aktiivista ainetta sekoitetaan sopivassa suhteessa sopivalla nopeudella, saadaan stabiili emulsio. Kahden toisiinsa liukenemattoman faasin vapaa energia riippuu rajapintojen pinta-alasta. Tällainen systeemi pyrkii mahdollisimman pieneen energiaan, joka mahdollistuu mahdollisimman pienessä pisaramuodossa. Nämä pallomaiset pisarat pyrkivät liittymään edelleen toisiinsa. Seokseen lisätty pinta-aktiivinen aine (emulgaattori) estää eri faasien erottumisen niin, että sen hydrofiilinen pää suuntautuu vesifaasiin ja hydrofobinen pää öljyfaasiin faasien rajapinnalla, jolloin syntyy miselli. Emulgaattorit ovat joko anionisia, kationisia, amfoteerisia tai ei-ionisia. Jokaiselle pinta-aktiiviselle aineelle on määritelty kriittisen misellikonentraation lukuarvo, jonka ylittyessä misellin muodostus alkaa. Energiaa saadaan pienennettyä lisäksi sekoituksella. Sekoituslaitteeksi sopivat homogenisaattori, mekaaninen sekoittaja tai ulträänisekoittaja, riippuen olosuhteista. Emulsiossa täytyy olla riittävästi emulgaattoreita, jotta emulsio säilyy käytön ja varastoinnin aikana. (Davies 1957, Podgornik & Starešinič 2015, Yip & Luk 2016)

Luonnon raaka-aineiden öljyistä valmistetussa öljy vedessä (eng. oil in water, O/W) -emulsioissa on käytetty pintajännitystä alentavina aineina sukroosialkyylimestereitä, sorbitaanialkyyliesteriä (etoksyloituja tai ei), glyseriialkyylimestereitä, etoksyloituja alkyylimestereitä tai -eettereitä, sitruunahapon alkyylimestereitä, fosforihapon alkyylimestereitä jne. Synteettisten etoksyloitujen yhdisteiden, joita kutsutaan myös nimellä polyetyleeniglykolit, PEG, käyttö on kielletty luonnonkosmetiikassa, sillä ne sisältävät pieniä jäämiä karsinogeenista 1,4-dioksaania. Lisäksi itse etyleenioksidi on myrkyllinen ja karsinogeeninen yhdiste. (Sonneville-Aubrun 2004) Tekstiiliteollisuudessa on käytetty emulsioissa emulgaattoreina mm. Tween- (polyetoksyloitu sorbitaaniesteri) ja Span- (sorbitaaniesteri) yhdisteitä. Spanit ja Tweenit ovat mietoja ei-ionisia surfaktantteja, ja ne on todettu turvallisiksi elintarvike- ja lääketeollisuudessa. (Podgornik & Starešinič 2015, Bakry ym. 2016)

4.3.2.1. Kasviuutteiden kiinnittäminen villaan lanoliinin avulla

Lanoliini koostuu lammasrasvasta ja vedestä, ja sitä käytetään villatekstiilien hoitoon ja huoltamiseen. Lanoliinivillanhoitoaine on biohajoavaa ja sillä villasta saadaan vettä ja likaa hylkivä. Ominaisuuksiltaan se voisi olla sopiva kantajamateriaaliksi rasvaliukoisen kasviuutteen kiinnittämiseen villakuituun. Näin ollen, suopursun ylikriittisellä hiilidioksidiuutteella tehtiin koesarja lanoliinin (Sonett villanhoitoaine) kanssa ja kiinnitettiin seos neulahuovutettuun villaan. Taulukossa 5 on esitetty koesarja uutteiden kiinnittämiseksi villanäytteisiin. Näyte 1 oli käsittelemätön villanäyte ja näyte 2 tehtiin lämmittämällä Sonett-villanhoitoainetta dekantterilasissa varovasti vesihauteessa (70 °C) ja lisäämällä siihen iv-vesi sekoittaen, jonka jälkeen seos jäähdytettiin. Dekantterilasiin lanoliiniin laitettiin neulahuovutettua villaa rinnakkaisnäytteineen, laitettiin seos 20 minuutiksi ultraäänihauteeseen huoneenlämpötilassa ja annettiin tekeytyä vielä 40 minuuttia ilman ultraäänihaudetta (yhteensä 1 h käsittely). Näyte 3 valmistettiin lämmittämällä Sonett-villanhoitoainetta dekantterilasissa varovasti vesihauteessa. Kun hauteen lämpötila oli n. 70 °C, laitettiin suopursu-uutetta liuokseen koko ajan sekoittaen ja jäähdytettiin liuos sekoittaen. Tämän jälkeen liuokseen lisättiin lämmitetty iv-vesi huolellisesti sekoittaen. Dekantterilasiin lanoliini-suopursu -uutteeseen laitettiin neulahuovutettua villaa rinnakkaisnäytteineen, laitettiin seos 20 minuutiksi ultraäänihauteeseen huoneenlämpötilassa ja annettiin tekeytyä vielä 40 minuuttia ilman ultraäänihaudetta (yhteensä 1 h käsittely). Tämän jälkeen kaikkia villanäytteitä 1–3 huuhdeltiin iv-vedellä 20 minuuttia ja kuivatettiin huoneenlämmössä.

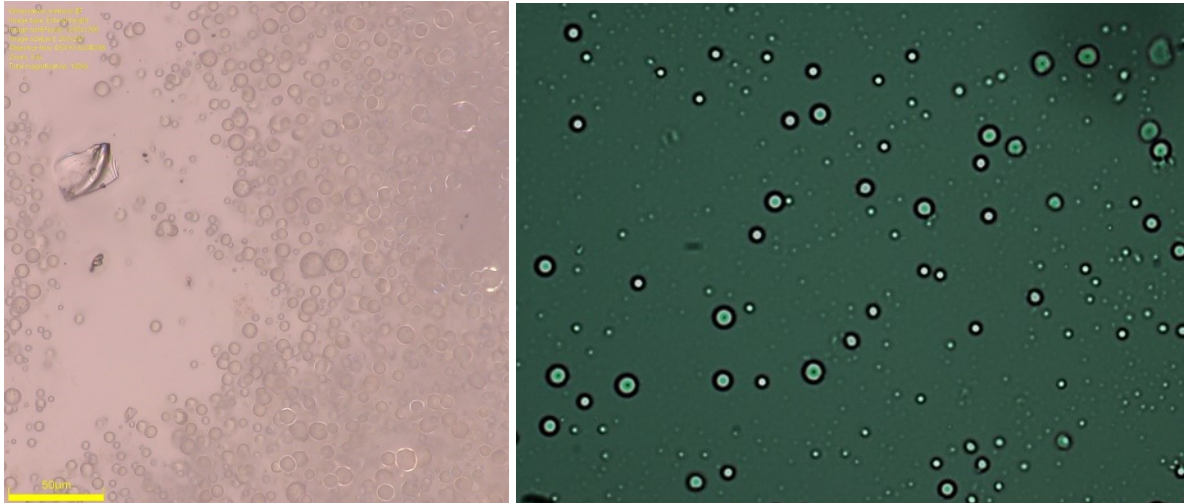
Taulukko 5. Lanoliini-suopursuvillanäytteiden koesarja.

Näyttenro	Näytenimi	Reagenssien määrät
1.	Käsittelemätön villa	
2.	Lanoliinikäsitelty villa	10 g Sonet + 200 ml iv-vesi
3.	Lanoliini-suopursu-uutekäsitelty villa	200 mg suopursu-uute + 5 g Sonet + 100 ml iv-vesi

4.3.2.2. Kasviuutteiden kiinnittäminen tekstiilikuituihin koservaatiolla ja mikrokapselointimenetelmällä

Mikrokapselien kuorimateriaaliksi valittiin ominaisuuksiensa vuoksi kitosaani, joka toimii kirjallisuuden perusteella hyvin niin jacquard- kuin villamateriaalille mikrokapseloiden kuorimateriaalina. Mikrokapselointimenetelmäksi valittiin koservaatio mukaillen Souza ym. 2014 ja Valen ym. 2021 menetelmiä. (Souza ym. 2014, Valley ym. 2021)

Kitosaani liuotettiin etikkahappoliuokseen, jonka jälkeen liuokseen lisättiin surfaktanttina eli pinta-aktiivisena aineena Lutensol30:a. Liuosta sekoitettiin Ultra Turraxilla (11 000 rpm) ja samalla lisättiin hitaasti väinönputken juuren tai suopursun ylikriittisen CO₂-uutosta saatua öljyä (näytteet 1C ja 2C). Sekoitusta jatkettiin 10 minuuttia (19 000 rpm), jonka jälkeen emulsio kaadettiin pisaroittain NaOH-liuokseen ja annettiin sekoittua magneettisekoittajalla (100 rpm) 45 minuuttia. Näytteestä otettiin 0,5 ml:n näyte digitaalimikroskoopille, jossa havaittiin, että kapselit ovat oikean kokoisia (halkaisija < 10 µm) ja muotoisia (pyöreitä) (Kuva 16).



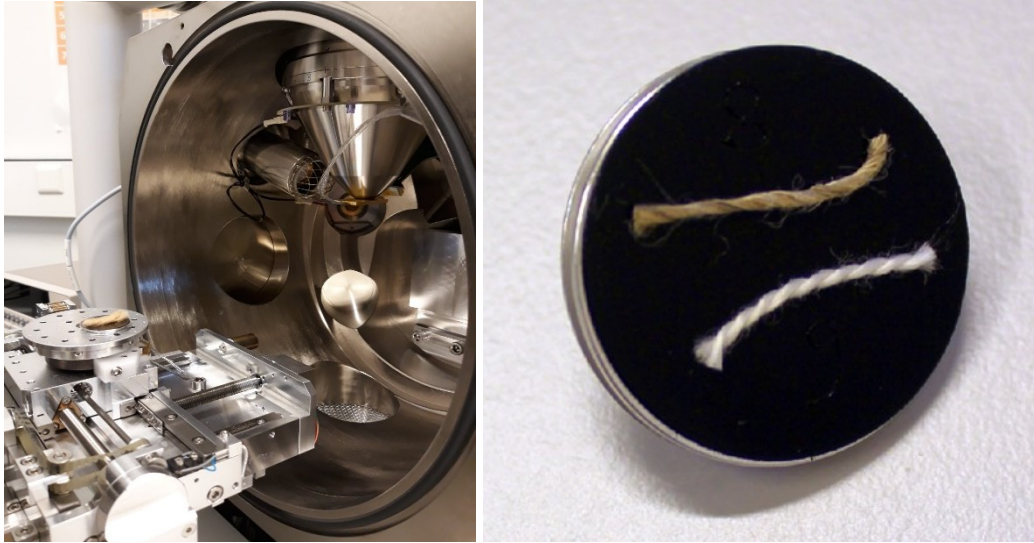
Kuva 16. Väinönputkiöljyä sisältävät mikrokapselit kuvattuna digitaalimikroskoopilla ja suosursuöljykapselit kuvattuna valomikroskoopilla. Kuvat: Kalle Kaipainen ja Susan Kunnas.

Mikrokapseliliuos sentrifugattiin (5 min, 2000 rpm), poistettiin mikrokapselimassan päällä oleva liuos ja huuhdeltiin mikrokapseleita iv-vedellä 3 kertaa poistamalla huuhteluvesi sentrifugin avulla.

Jacquard- ja villaneuletekstiilipohjat kasteltiin iv-vedellä, jonka jälkeen mikrokapseleita sisältävää vesiliuosta painettiin mankeloimalla tekstiiliin. Mankelin avulla mikrokapselit saatiin tekstiilirakenteen sisään ja vesi puristettua kuitujen välistä ulos. Käsittelyn jälkeen mikrokapselitekstiilinäytteet kuivattiin huoneenlämpötilassa.

4.3.3. Älytekstiiliprototyyppien kuitujen ja niihin kiinnittyneiden yhdisteiden todentaminen mikroskopian ja spektroskopian avulla.

Näytteet kuvattiin Lapin AMK:n ELMA-laboratoriossa FEI Quanta Feg 450 -pyyhkäisyelektronimikroskoopilla (FESEM). Kuvausta varten tekstiilinäytteistä leikattiin noin 10 mm x 10 mm kokoinen ja lankanäytteistä noin 10 mm pituinen kappale, joka kiinnitettiin hiiliteipillä näytepitiimeen (Kuva 17). Näytteet kuvattiin hiilestämättöminä erilaisilla suurennuksilla 1,25–1,50 kV kiihdytysjännitteellä, mutta joitakin näytteitä jouduttiin hiilestämään varautumisen ehkäisemiseksi pinnoituslaitteella Leica EM ACE600. Näytteistä valmistettiin myös märkäpreparaatit käänteismikroskoopille Leica DMI5000 M, jossa nesteinä käytettiin PEG-400-liuosta. Lisäksi villa-lanoliininäytteet analysoitiin ELMA-laboratoriossa Thermo Scientific DXR -Raman-mikroskoopilla. Mikroskopointia varten näytteestä irrotettiin kuituja, jotka kiinnitettiin preparaattilasille vedellä ja toisella preparaattilasilla litistäten.



Kuva 17. Vasemmalla kuvassa näyte telakalla menossa FESEM-mittaukseen ja oikealla on näytepitimellä olevalle hiiliteipille kiinnitetty lankanäyte. Kuvat: Reeta Sipola ja Soile Sääsä.

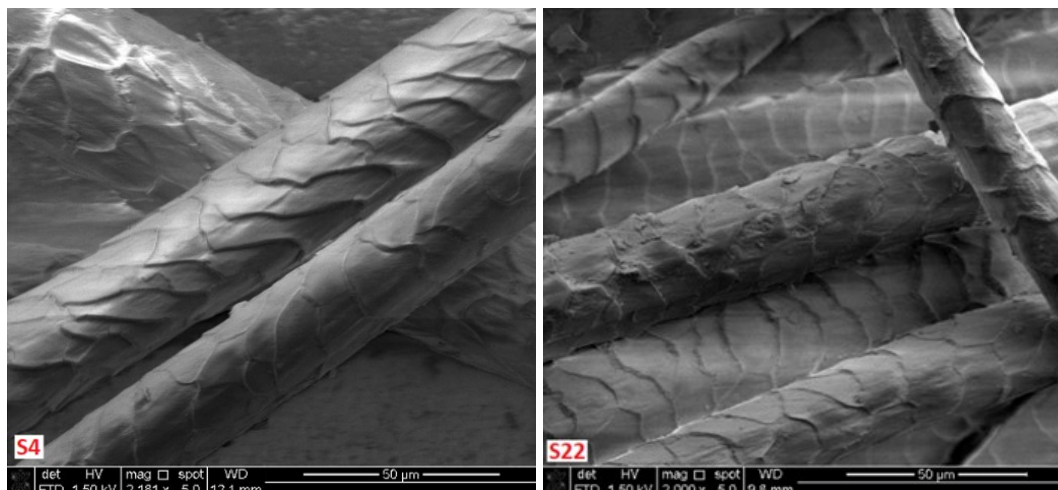
Osa mikrokapselointinäytteistä kuvattiin myös alustavasti Luken Olympus-digitaalimikroskooppilla erilaisilla suurennoksilla. Lisäksi näytteiden IR (infrared)-spektroskopian siirtymät analysoitiin myös ATR (attenuated total reflection) -menetelmällä Shimadzu IRPrestige-21 FTIR (Fourier transform infrared spectroscopy) spektrometrillä ja väri Konica Minolta CM-700d Spektrofotometrillä (Kuva 18).



Kuva 18. Vasemmalla kuvassa käsitelty jacquard-tekstiilinäyte ATR-mittauksessa ja oikealla käsitelty neulahuovutettu villanäyte värimittauksessa. Kuvat: Susan Kunnas ja Virpi Kemppainen.

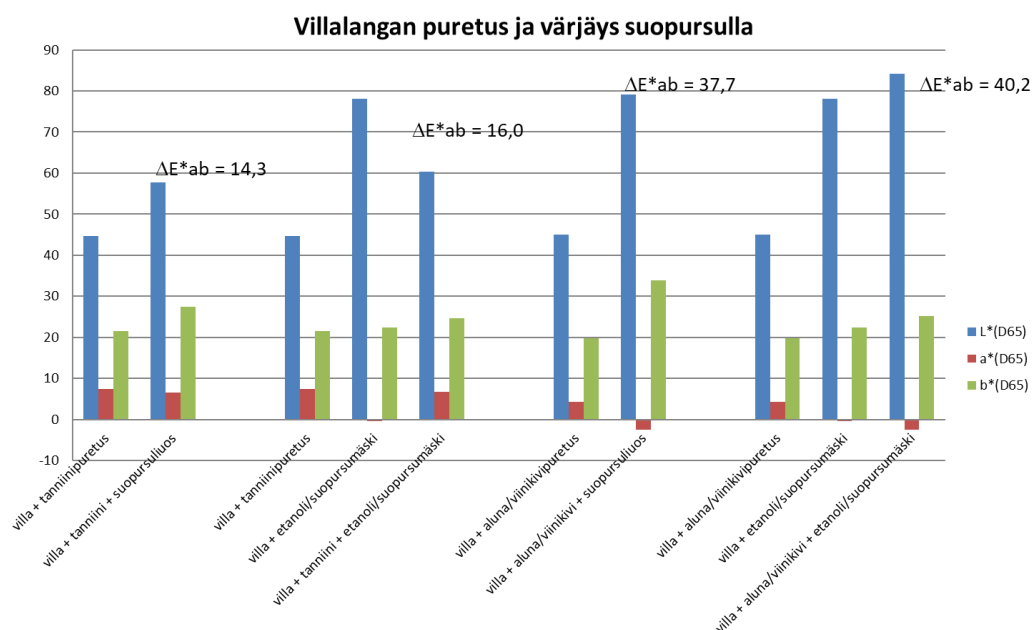
4.3.3.1. Kasvivärjäysprototyypit

Kasvivärjättyjä lanka- ja tekstiilinäytteitä valmistettiin hankkeessa toistasataa kappaletta ja niitä analysoitiin FESEM-, ATR- ja värimittaranalyseilla. FESEM-kuvissa ei näkynyt villa-, puuvilla- ja pellavakuitujen pinnoissa muutoksia värjäyskäsittelyiden jälkeen (Kuva 19), mutta värimittaus- tekniikalla tehtiin alustavia havaintoja puretteiden, lankamateriaalien ja uutteen vaikutuksista värin voimakkuuteen ja värjäytyvyyteen sekä ATR-tekniikalla tunnistettiin materiaalin pintaan kiinnittyneitä kasvien väriuutteen aromaattisten yhdisteiden aiheuttamia siirtymiä.



Kuva 19. Vasemmillä kuvassa FESEM-kuva aluna-viinikivi-puretetusta villalangan kuidusta ja oikealla kuva samasta langasta etanoli-nokkosvärjäyksen jälkeen. Kuvat: Jaana Kauppi.

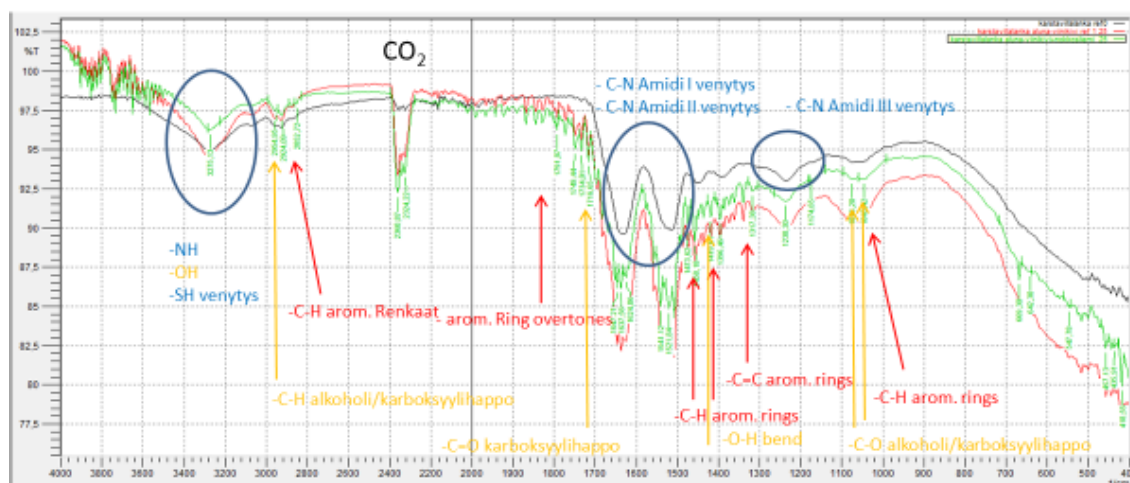
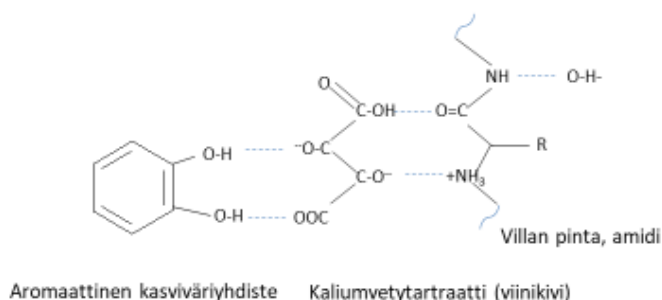
Koska tanniinipuretus värjää lankoja jo puretusvaiheessa, suurin värimuutos värimittarilla mitattuna saatiin aluna-viinikivipuretuksella esikäsitellyistä langoista. Suopursun, nokkososen ja pietaryrtin etanoli/ultraääniavuste -kasvimäskimenetelmällä värjäytyissä puuvilla-, pellava- ja villalangoissa sekä tekstiilimateriaaleissa havaittiin voimakkaimmat värit. Näin ollen, etanoli uutaa kasvista parhaiten väriyhdisteitä matalissa lämpötiloissa ultraääniavustuksella. Esimerkiksi kuvassa 20 on esitetty värimittaustuloksia villalangan tanniini- ja aluna-viinikivipuretuksien sekä ultraääniavustettujen suopursu- ja suopursuetanoli-värjäysten jälkeen. Voimakkain väri saadaan villalangalle aluna-viinikivipuretuksella etanoli-suopursumäskivärjäyksellä. Villalangan värimittauksissa näkyy esimerkiksi tanniinin tuoma a^* -ulotteisen (puna-vihreä) lukeman kasvu suopursu-vesiliuoksella värjätessä kun taas etanoli-suopursumäskivärjäyksessä tätä ei havaita. Samansuuntaiset tulokset havaittiin villalangalle myös nokkos- ja pietaryrttivärjäyksissä.



Kuva 20. Kaaviokuva värimittaustuloksista villalangan tanniini- ja aluna-viinikivipuretuksien sekä ultraääniavustettujen suopursu- ja suopursuetanoli-värjäysten jälkeen. ΔE^*ab = värjäyskäsittelyn aiheuttama väriero tanniinilla/aluna-viinikivellä puretettuun lankaan nähden.

Kaikista värjätyistä lanka- ja tekstiilinäytteistä analysoitiin myös ATR-spektrit, joista havaittiin materiaalille ominaisen sormenjäljen muuttuvan värjäysprosessissa. Koska mittaus tehdään tekstiilimateriaalin pinnalta, jossa on monien eri yhdisteiden ja yhdisteryhmien IR-siirtymät päällekkäin, yksittäisiä yhdisteitä ei pysty tunnistamaan, mutta lankojen pintarakenteessa tapahtunut kemiallisten yhdisteiden kiinnittyminen (funktionaaliset ryhmät) pystyttiin havaitsemaan vertaamalla käsiteltyjä ja käsittelemättömiä lankoja ja tekstiilimateriaaleja. Kasviväriyhdisteiden aromaattiset ryhmät sekä hydroksyyli(-OH)ryhmät sekä aluna-viinikivellä ja tanniinilla purettujen lankojen karakteristiset IR-siirtymät löytyivät spektreistä, joten tästä voidaan päätellä pureteaineiden ja väriyhdisteiden kiinnittyminen tekstiilimateriaalin kuituihin. Kuvassa 21 on esimerkki karstavillalangan (musta spektri), aluna-viinikivipuretetun karstavillalangan (punainen spektri) ja nokkosvärjätyyn aluna-viinikivipuretetun karstavillalangan (vihreä spektri) ATR-spektreistä. Kuvassa on esitetty villamateriaalin amidiryhmien venytysvärähdys siirtymät ympyröitynä sinisellä spektrissä, viinikiven eli kaliumvetytartraatin karboksyylihapporyhmien venytysvärähdysten siirtymät keltaisilla nuolilla ja kasviväriyhdisteiden aromaattisten hiilivetyrenkaiden aiheuttamat siirtymät punaisilla nuolilla.

Tulosten perusteella vesi- ja etanolipohjaiset nokkos-, suopursu- ja pietaryrttiuutteet saatiin kiinnitettyä kaikkiin testattuihin lanka- ja tekstiilimateriaaleihin, mutta koska uutteissa ei todennettu bioaktiivisuutta, prototyyppisiä ei voida kutsua vielä tässä vaiheessa älytekstiiliprototyypeiksi. Kasvivärjäysmenetelmät toteuttivat kuitenkin vihreän kemian periaatteita, tuloksilla saatiin uutta tietoa perinteisten kasvivärjäysmenetelmien rinnalle ja mikä tärkeintä, menetelmillä saatiin kauniita värejä ja yrittäjien ideoimia ja valmistamia tuotteita F.BAD -hankkeen näyttelyihin (Kuva 22).



Kuva 21. Kuva karstavillalangan (musta spektriviiva), aluna-viinikivipuretetun karstavillalangan (punainen spektriviiva) ja nokkosvärjätyyn aluna-viinikivipuretetun karstavillalangan (vihreä spektriviiva) ATR-spektreistä sekä siirtymien tunnistamisesta.

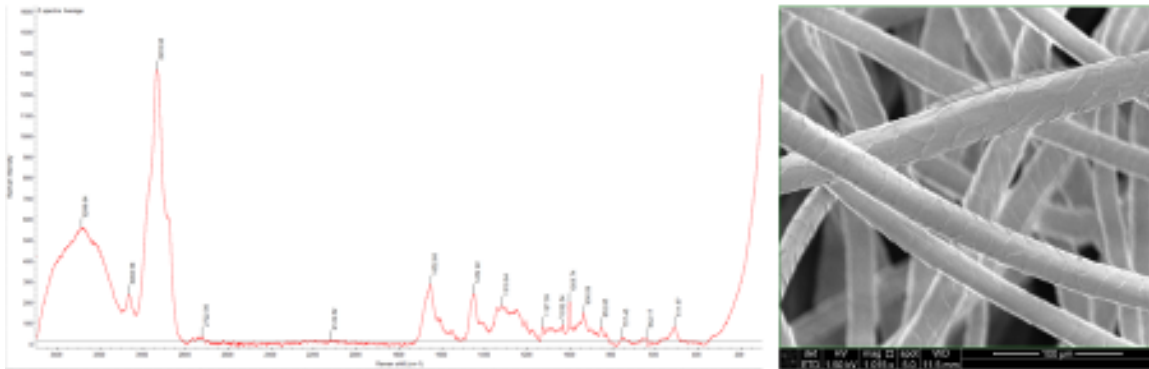


Kuva 22. Arctic Crafts (Oukku) yrityksen Maria Keskipoikelan suunnittelemat ja neulomat asusteet (huppukauluri, rannekkeet, säärystimet) F.BAD -hankkeessa etanoli-nokkosvärjätystä kars-tavillalangoista, esimerkiksi suojaamaan hyttysiltä. Kuva: Ritva Jääskeläinen.

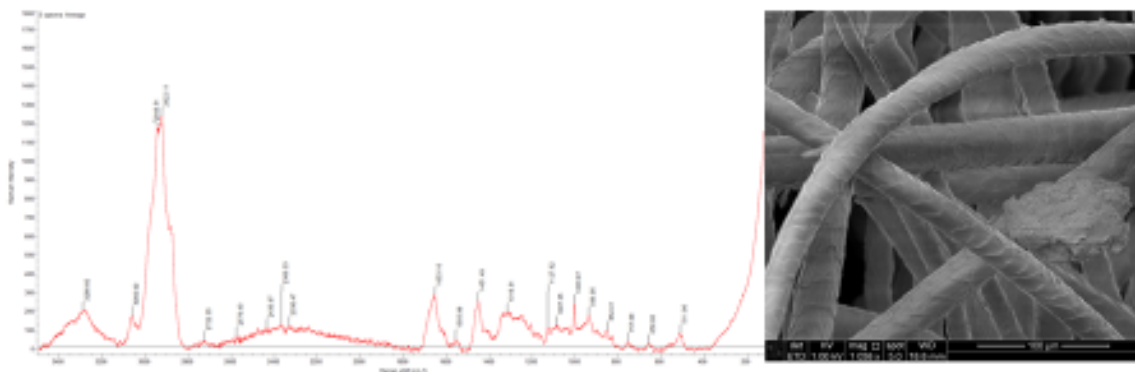
4.3.3.2. Villalanoliiniprototyypit

Taulukossa 5 esitetyt näytteet 1–3 kuvattiin FESEM-laitteistolla ja analysoitiin Raman-laitteistolla. Lisäksi näytteet analysoitiin ATR-spektroskopian avulla, mutta laitteiston herkkyys ei riittänyt suopursu-uutteen tunnistamiseen villanäytteestä. Raman-spektroskopian avulla villanäytteistä kuitenkin pystyttiin osoittamaan suopursu-uutteen läsnäolo ja kiinnittyminen. Kuvan 23 FESEM-kuvista voidaan havaita, että näytteen 1 villasuomut ovat auki ja lanoliinikäsittelyn sekä lanoliini-suopursu-uutekäsittelyn jälkeen näytteissä 2 ja 3 suomut ovat kiinni ja villakuitujen pinta on sileä. Lisäksi näytteiden 2 ja 3 kuvissa nähdään lanoliinikasautumia kuidun pinnalla.

Näyte 1: käsittelemätön villa



Näyte 2: lanoliinikäsitelty villa



Näyte 3: lanoliini-suopursu-uutekäsitelty villa



Kuva 23. Villalanoliininäytteiden 1–3 Raman-spektrit ja FESEM-kuvat.

Suopursu-uutteen läsnäolo havaitaan Raman-analyysissä. Taulukossa 6 on esitetty näytteiden 1–3 siirtymät ja niiden merkitykset kuvan 23 spektreistä. Näytteen 3 spektrissä esiintyy villan, lanoliinin ja suopursu-uutteen aiheuttamat siirtymät. Kun näytteiden 1 ja 2 spektrien avulla havaitut villan ja lanoliinin aiheuttamat siirtymät pystytään tunnistamaan spektrissä 3, jäljelle jäävät suopursu-uutteen aiheuttamat siirtymät.

Taulukko 6. Näytteiden 1–3 Raman-analyysi. (Tummennetulla fontilla suopursu-uutteen siirtymät. Siirtymän voimakkuutta kuvaavat s = strong (vahva), m = medium (keskivahva) ja w = weak (heikko), vw = very weak (erittäin heikko).)

Näytteen 3 siirtymät		Suopursu-uutteen siirtymät näytteessä 3	Näytteen 1 siirtymät (villan siirtymät)		Näytteen 2 siirtymät (lanoliinin siirtymät)	
3282.83	s		3288.64	s	3224.17	vw
3067.94	s		3066.58	s		
2934.86	s		2933.96	s		
2882.15	s				2882.15	s
					2851.18	
			2722.30	vw	2722.77	
2434.26	w	R-C-O venytys				
1652.41	m		1652.66	m	1658.38	vw
1619.28	w	C=C venytys				
1548.25	w	CH₃/CH₂ taivutus				
1452.93	m		1452.22	m	1440.55	m
1319.72	w		1319.64	m		
1298.4	w		1250.00	w	1296.33	
1250.84	w	Ar-O venytys tai =CH keinunta				
1208.20	w	Ar-O venytys tai =CH keinunta				
1157.41	w		1127.39	vw	1128.36	vw
1087.20	m		1032.54	vw	1064.01	vw
1004.22	m		1003.74	w		
937.7	m		936.09	w		
857.82	vw		852.85	w		
830.99	vw	renkaan muodonmuutos				
757.29	vw		757.45	vw		
643.83	w		642.17	vw		
559.92	m	renkaan muodonmuutos				
512.09	w		511.57	w		

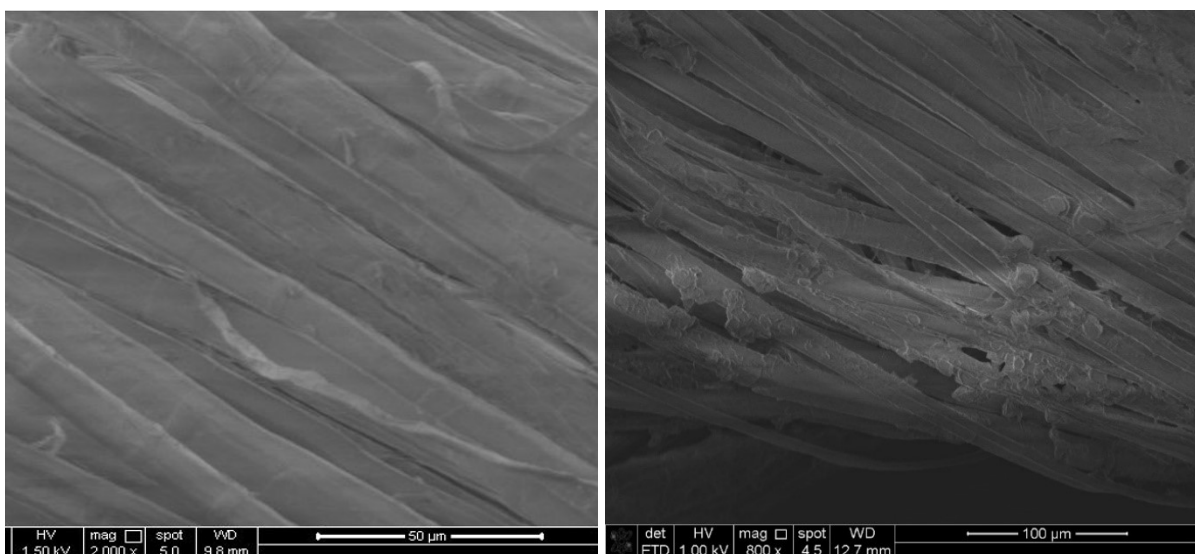
Tulosten perusteella suopursu-uute, jolla on hankkeessa todennettu olevan bioaktiivisuutta, on kiinnittynyt villamateriaaliin lanoliinin avulla ja näin ollen syntyneitä tekstiileitä voidaan pitää alustavasti luonnonmukaisena älytekstiiliprototyypinä.

4.3.3.3. Mikrokapselitekstiiliprototyypit

Väinönputken juuren ja suopursun öljyt kiinnitettiin kitosaanilla mikrokapseloituina jacquard- ja villatekstiilipohjiin. Materiaaleja analysoitiin kuvantamalla ne digitaalimikroskoopilla Lukessa ja FESEM-laitteistolla Lapin AMK:n ELMA-laboratoriossa. Kuvissa 24 ja 25 on esitetty väinönputken öljyutteesta valmistettujen kitosaanimikrokapseleiden kiinnittyminen jacquard-tekstiilimateriaaliin. Tulosten perusteella väinönputken öljy- ja suopursuöljy-uutteet, joilla on hankkeessa todennettu olevan bioaktiivisuutta, ovat kiinnittyneet jacquard- ja villatekstiilimateriaaleihin ja näin ollen syntyneitä tekstiileitä voidaan pitää alustavasti luonnonmukaisina älytekstiiliprototyyppeina. Seuraavassa F.BAD II -hankkeessa tutkitaan tässä hankkeessa syntyneitä älytekstiiliprototyyppeja ja niiden ominaisuuksia lisää.



Kuva 24. Kuvassa vasemmalla käsittelemätön jacquard-tekstiili (puuvillakuidut kuvassa valkoisia ja pellavakuidut ruskeita) ja oikealla väinönputkenöljymikrokapseleilla käsitelty jacquard-tekstiili. Kuvat: Kalle Kaipainen ja Susan Kunnas.



Kuva 25. Kuvassa vasemmalla käsittelemättömän jacquard-tekstiilin pellavakuituja ja oikealla väinönputkenöljymikrokapselit kiinnittyneinä jacquard-tekstiilin pellavakuituihin. Kuvat: Soile Sääsä.

4.4. Tiedottaminen ja yhteistyö

4.4.1. Yhteenveto tiedottamisesta

Projektin tiedotus on toteutettu projektisuunnitelman mukaisesti.

Hankkeella on omat suomen- ja englanninkieliset internet-sivut

- Lukessa <https://www.luke.fi/projektit/f-bad/>
- Lapin yliopistossa <https://www.ulapland.fi/FI/Yksikot/Taiteiden-tiedekunta/Taiteen-ja-muotoilun-tutkimus/Projektit/Future-Bio-Arctic-Design-%e2%80%93-FBAD>
- Lapin AMK:ssa <https://www.lapinamk.fi/en/Cooperation/RDI/Projects?RepoProject=4208000091>.

TV, radio:

- YLE Lappi Radio 20.10.2020 klo 14.00–14.30, Nyt loppui ininä – näyttely F.BAD, Valo-galleria Arktikum, Rovaniemi. (livehaastattelussa Heidi Pietarinen ja Emma Napari)

Lehdistötiedotteet, uutiset, aikakauslehtijutut:

- Kunnas, S. Luonnonmukaisia älytekstiilejä Lapista. Arctic Smartness Excellent News – tabloid, Lappilaisen Älykkään Erikoistumisen Menestystarinoita, s. 15. https://arcticsmartness.eu/wp-content/uploads/2018/03/AS-tabloid_suomi_web.pdf
- Kunnas, S. Organic Smart Textiles from Lapland. Arctic Smartness Excellent News – tabloid, Success Stories of The Lapland's Smart Specialisation, s. 15. https://arcticsmartness.eu/wp-content/uploads/2018/03/AS-tabloid_english_web.pdf
- Kunnas, S., Pietarinen, H. & Sipola, R. Luonnonmukaisia älytekstiilejä Lapista. Uutinen luke.fi/Facebook/Twitter 7.6.2018. <https://www.luke.fi/uutinen/luonnonmukaisia-alytekstiileja-lapista/>.
- Kunnas, S., Pietarinen, H. & Sipola, R. Luonnonmukaisia älytekstiilejä Lapista. Uutinen ulapland.fi/Facebook/Twitter 8.6.2018. <https://www.ulapland.fi/news/Luonnonmukaisia-alytekstiileja-Lapista/40708/076794b5-a2b0-4a43-97d7-27eb28318db4>.
- Luonnonmukaisia älytekstiilejä Lapista. Euroopan komission newsroom 21.6.2018.
- Developing smart, natural textiles in Lapland. Euroopan komission newsroom 21.6.2018.
- Luonnonmukaisia älytekstiilejä Lapista. Lappilainen 26.9.2018, s. 3.
- Tiedote EU Innovation Trends sivustolla 21.6.2018.
- Lapissa suunnitellaan luonnonmukaisia älytekstiilejä. Kide 3/2018, s. 44.
- Born of tradition, fuelled by the future. Scan Magazine 11/2018. <https://scanmagazine.co.uk/annala-nov-2018/>.

- Kemikaaleille etsitään myrkyttömiä vaihtoehtoja – Älytekstiilejä luonnosta. Ekoelo 05/2018, s. 36–38.
- Tekstiilien viimeistelyaineita luonnosta. Tekstiililehti 3/2018, s.18.
- Nyt loppui ininä. KIDE 2/2019, s.6.
- Lehdistötiedote 8.10.2020. Nyt loppui ininä – Future Bio-Arctic Design -näyttely Valo-galleriassa 15.10.–14.11. Lapin yliopisto Facebook, twitter. <https://www.ulapland.fi/news/Taiteiden-tiedekunnan-Arktikum-in-gallerioissa-kolme-uutta-nayttelya-loka-marraskuussa/42854/1d2adb78-913d-4997-9008-f99407bbaa60>.
- Lehdistötiedote 13.10.2020. Nyt loppui ininä – Luonnonmukaisia älytekstiilejä Lapista Arktikum-in näyttelyssä Rovaniemellä. Future Bio-Arctic Design -näyttely Valo-galleriassa 15.10.–14.11.2020. Luke Facebook, twitter. <https://www.luke.fi/uutinen/nyt-loppui-inina-luonnonmukaisia-alytekstiileja-lapista-arktikumin-nayttelyssa-rovaniemella-15-10-8-11/>.
- Eläimellisiä suhteita – Tutkijan suhde eläimiin on paitsi ammatillinen usein myös henkilökohtainen. KIDE 1/2020, s. 18–19.
- Mitä jos älyvaate karkottaisi sääskiä? – Näyttely Arktikumissa esittelee, miten sellainen suunnitellaan. Lapin Kansa 20.10.2020.
- Suoja-aineita suoraan luonnosta ja metsäteollisuuden sivuvirroista – Luke kehittää biopohjaisia antimikrobisia pinoitteita. Lehdistötiedote 20.5.2021 Luke. (uutinen, twitter, facebook)

Julkaisut ja tutkimusraportit:

- Nuutinen, Ana; Pietarinen, Heidi; Kunnas, Susan; Korpinen, Risto; Sipola, Reeta. 2021. No more whining – natural smart textile. In: Cumulus Conference Proceedings Series. Design Culture(s) 2 07/2021: 1301–1307.
- Kempainen, V. 2020. Vesi- ja etanolipohjaisten kasvivärijäysmenetelmien vertailu – Pohjoisen kasvien kemiallisten yhdisteiden ja niiden ominaisuuksien liittäminen villatekstiileihin. Lapin AMK: Opinnäytetyö, Maaseutuelinkeinot Agrologi (AMK). 70s.
- Korpinen, R. I., Välimaa, A.-L., Liimatainen, J. & Kunnas, S. Essential Oils and Supercritical CO₂ Extracts of Arctic Angelica (*Angelica archangelica* L.), Marsh Labrador Tea (*Rhododendron tomentosum*) and Common Tansy (*Tanacetum vulgare*)—Chemical Compositions and Antimicrobial Activities. *Molecules* **2021**, 26, 7121.

Esitelmät, konferenssiesitykset, posterit, hankkeen esittelyt:

- Susan Kunnas, Jonna Häkkinen, Tuula Jyske, Heikki Konttaniemi, Risto Korpinen, Mika-Petri Laakkonen, Marika Laurila, Ana Nuutinen, Heidi Pietarinen, Reeta Sipola; Future Bio-Arctic Design (F.BAD) – a proposal for natural, non-toxic and functional textiles.
- Conference on Non-Timber Forest Products and Bioeconomy, 28–30 November 2017, Rovaniemi, Finland. Konferenssijulkaisu: <http://jukuri.luke.fi/handle/10024/540956>. Tallenne (esitys, posterit): <https://www.youtube.com/watch?v=YyrPRcTj8mk>.

- Marika Laurila. Voiko muita kosteikkokasveja hyödyntää tai viljellä? Kihokin viljelyä lääkekasviksi Pohjois-Satakunnan heikkotuottoisilla turvemailla -seminaari, 5.3.2019, Kankaanpää, Suomi. (esitys)
- Kunnas S., Korpinen R., Pihlava J.-M., Välimaa A.-L., Laurila M., Sipola R., Yliniva J.-L., Jääskeläinen R., Nuutinen A. & Pietarinen H. FUTURE BIO-ARCTIC DESIGN – NON-TOXIC PLANT- AND TREE-DERIVED SMART TEXTILES WITH PROTECTIVE PROPERTIES. AUTEX2019 conference, 11.–15.6.2019 Ghent, Belgium. (Posteri, pidennetty abstrakti)
- Pietarinen, H., Kunnas S., Korpinen R., Pihlava J.-M., Välimaa A.-L., Laurila M., Sipola R., Yliniva J.-L., Jääskeläinen R. & Nuutinen, A. F.BAD Future Bio-Arctic Design. Cumulus2019 Conference, 27.5.–1.6.2019, Rovaniemi, Finland. (Posteri, esitys, abstrakti)
- Jääskeläinen, R. & Yliniva, J.-L. Future Bio-Arctic Design Project (F.BAD). European Textile Network Conference 2019, 28.–31.7.2019, Haslach, Austria.
- Napari E. & Nuutinen, A. SUPER GLOBAL FASHION WORKSHOP, 7.–13.10. Yamaguchi Prefectural University, Japan. (Kuva 26)
- Kunnas, S., Pietarinen, H., Sipola, R., Nuutinen, A., Yliniva, J.-L., Jääskeläinen, R. & Korpinen, R. Future Bio-Arctic Design. Arctic Design Week 2020, Rovaniemi, Finland. (suullinen esitys valmisteltiin, mutta COVID19-pandemia peruutti tapahtuman ja posterit oli esillä tapahtuman internet-sivustolla.)
- Kunnas, S., Pietarinen, H. & Sipola, R. Future Bio-Arctic Design (F.BAD). Seminar of Design group at Swedish School of Textiles(SST), University of Borås, 22.09.2020.
- Kunnas, S. & Korpinen, R. Smartness from nature – green textile finishing agents. Lapland Green Week Webinar: Cleanest air in the world – today and tomorrow, Session II: The voice of research – How research, technology and education boost sustainable development in Lapland, 28.05.2021.
- Pietarinen, Heidi. No more whining – natural smart textile. Cumulus Conference 2021.
- Kunnas, S., Pietarinen, H. & Sipola, R. Älyä luonnosta -kohti luonnonmukaista älytekstiiliä, Future Bio-Arctic Design -projektin päätöswebinaari, Suomi, 28.09.2021.
- Kunnas, S. Sustainable Future & well-being from renewable natural resources (F.BAD-hankkeen esittely). Aroma preliminary meeting 23.9.2021, EAKR – Pohjois-Karjalan ja Japanin Naganon metsäbiotalousyhteistyön kehittäminen 2020–2022 -hanke.
- Pietarinen, H., Miettinen, S. & Sarantou, M. 2021. BioARTech Laboratory (per. 2021). Taiteiden tiedekunta. Lapin yliopisto. Rovaniemi.
<https://www.ulapland.fi/EN/Webpages/BioARTech-Laboratory>.
- Pietarinen, H., Grant, M., Youncha, A. & Sandgren, N. 2021. Atmospheric Encounters -näyttely. Galleria BOM, Birmingham, UK, 18.5.–28.9.2021.
<https://www.bom.org.uk/event/high-altitude-bioprospecting-returns/>.
- Pietarinen, H., Grant, M., Youncha, A. & Sandgren, N. 2021. Atmospheric Encounters -näyttely, Galleria SOLU, BioARTSociety, Helsinki, 8.10.–5.11.2021.
<https://www.bioartsociety.fi/activities/high-altitude-bioprospecting-hab-atmospheric-encounters>.

- Pietarinen, H., Miettinen, S. & Sarantou, M. 2022. BioARTEch. Meta. Morf Trondheim international biennale for art and technology. <https://metamorf.no/2022/>.
- Pietarinen, H., Grant, M., Youcha, A. & Sandgren, N. 2022. Atmospheric Encounters. Meta. Morf. Trondheim international biennale for art and technology. <https://metamorf.no/2022/>.
- Pietarinen, H. 2022. The Textile Center residency (TC-2 jacquard weaving): The Icelandic Textile Center 1.2.–31.3.2022. Blönduós, Iceland. <https://www.textilmidstod.is/en>.
- Pietarinen, H. 2021. Tekoäly, biotaide ja ryijyt. Superwood 1.–3.10.2021, <https://www.superwoodfestival.com/>.
- Pietarinen, H., Heikkilä-Rastas, M., Timonen, E. & Nuutinen, A. 2021. Sustainable Design and Lifestyle in Finland exhibition. Yamagutchi Prefectural University & Rovaniemi Design Week 10.–12.12.2021, Yamagutchi Prefectural University, Japan.

Some, blogit:

- Sipola, R. Älytekstiilien kehittämisestä uusi tutkimusavaus Lapissa. Lapin AMK Blogi 30.1.2018. <https://www.lapinamk.fi/fi/Esittely/Ajankohtaista/Pohjoisen-tekijat---Lapin-AMKin-blogi?ln=dottwdnc&id=e7edd399-34d3-4b39-9000-0e1681de439c>.
- Tiedote ArcticFinland Suomi twitter 11.6.2018.
- Tiedote Annala Oy Facebook-sivustot 9.6.2018.
- Uutinen F.BAD – hanketiimin vierailusta Luken laboratoriotiloihin Otaniemessä sekä tutustumisesta Aaltoyliopiston Ioncell-kuidun kehittämiseen ja Metropolia AMKin digitaalisen tekstiilitulostuksen mahdollisuuksiin 23.1.2019. Luken, Lapin AMK:n ja Lapin yliopiston Facebook, twitter. <https://www.facebook.com/groups/1401632833231053/permalink/2058043377589992/>
- Verkostoitumispäivä 12.2.2019. Luken, Lapin AMK:n ja Lapin yliopiston Facebook, twitter.
- Hankeviestintää Lapin AMK Biotalous Facebook, twitter 20.2.2019. <https://www.facebook.com/groups/1401632833231053/permalink/2097334326994230/>
- "Nyt loppui ininä"-lehdistöiedote 12.9.2019. Lapin yliopisto Facebook, twitter. <https://www.epressi.com/tiedotteet/kulttuuri-ja-taide/syksyn-toinen-nayttelykokonaisuus-avautuu-taiteiden-tiedekunnan-f-talon-gallerioissa.html>

Hankkeessa järjestetyt tapahtumat, näyttelyt, työpajat ja webinaarit:

- F.BAD-tutkimusryhmän vierailu Aalto-yliopistossa ja Metropolia AMK:ssa 23.1.2019.
- Future Bio-Arctic Design -hankkeen verkostoitumistilaisuus Lapin alueen tekstiili- ja vaatetusalan yrityksille Lapin yliopistolla 12.2.2019.
- ArahWeave-koulutus Lapin yliopiston taiteiden tiedekunnan opetus- ja tutkimushenkilökunnalle 26.–28.2.2019.

- Jacquard-työpaja (F.BAD – hankkeen työpaja I): Lapissa sijaitsevat tekstiili- ja vaatetusalan pienyritykset tutustuivat jacquard-kudontatekniikkaan ja sen mahdollisuuksiin Lapin yliopistossa 23.–24.5.2019.
- "Nyt loppui ininä" -hytysrastit pop-up -tapahtuma Helsingin Rautatien torilla 5.–6.9.2019, Helsinki Design Week 2019.
- "Nyt loppui ininä" – F.BAD hankkeen näyttely 24.9.–10.10.2019, Galleria Kopio, Lapin yliopisto, Rovaniemi, Suomi.
- Älyä luonnosta kaikin aistein -webinaari 2.9.2020 (F.BAD -hankkeen työpaja II).
- "Nyt loppui ininä" – näyttely 14.10.2020–08.11.2020, Valo-galleria, Arktikum, Rovaniemi, Suomi.
- Älyä luonnosta -kohti luonnonmukaista älytekstiiliä, Future Bio-Arctic Design -projektin päätöswebinaari, Suomi, 28.09.2021.

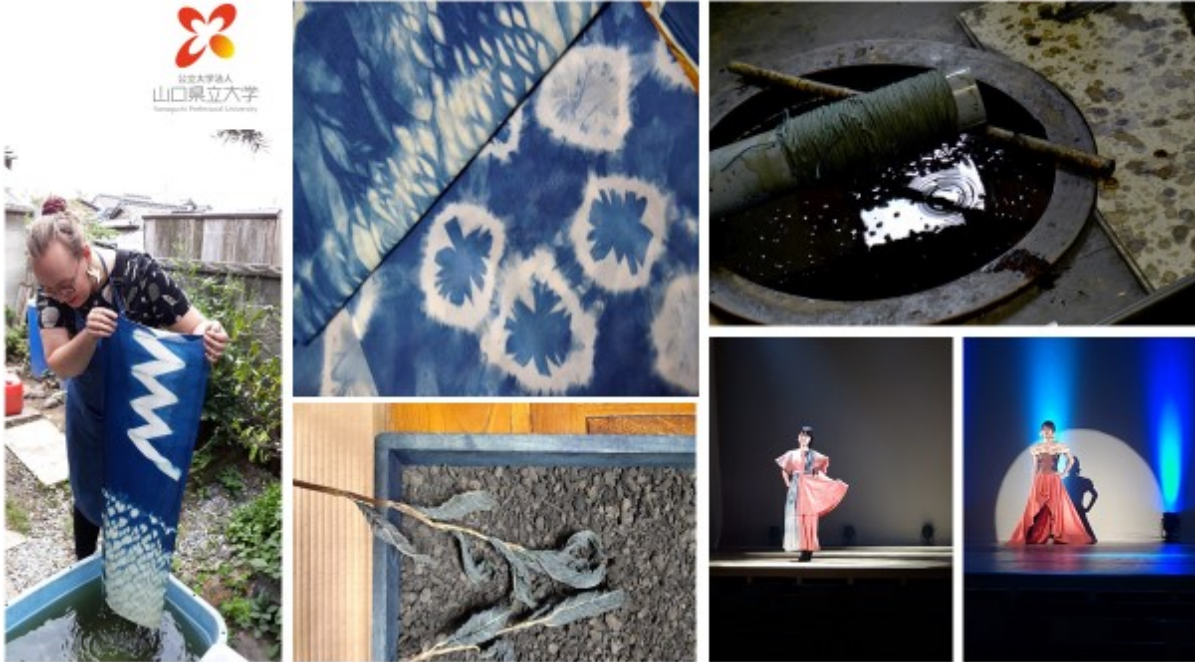
Esitteet ja muut materiaalit:

- F.BAD A3 taulu organisaatioiden tiloihin Luke, Lapin yliopisto, Lapin AMK.
- Hankkeen esite verkostoitumistilaisuuteen 12.2.2019.
- Roll-upit (2 kpl), esitteet, hytysrastitarrat ja hahmot, esitteet ja tuubihuvit HDW-pop-up-tapahtumaan 5.–6.9.2019 sekä F.BAD-hankkeen näyttelyyn Galleria Kopiossa 24.9.–10.10.2019.
- Galleria Kopion näyttelyyn esiteltävät tekstiilit ja materiaalit 24.9.–10.10.2019.
- Tarvikepaketti Älyä luonnosta kaikin aistein -webinaariin 2.9.2021.
- Arktikumin näyttelyyn esiteltävät tekstiilit ja materiaalit
- Napari, Emma. Mikroskoopilta kankaalle – Jacquard-tuoksutekstiilikokeilut -esite, 2019.
- Napari, Emma. Näyttelysuunnitelma 2.0, Arktikum 2020, 25.2.2020.
- Napari, Emma. Future Bio-Arctic Design. Nyt loppui ininä – näyttelyn esite, Arktikum Valo-galleria 15.10.–14.11.2020.
- Napari, Emma. Future Bio-Arctic Design Nyt loppui ininä – näyttelyn juliste, Arktikum Valo-galleria 15.10.–14.11.2020.

F.BAD -hanke on ollut esillä seuraavissa yhteistyöverkostoissa

- **Nordic Design Research Society (Nordes):** Nordes is a network of people interested in design research and participating in the Nordes conferences, the Nordes Summer schools or other Nordes activities. Nordes is an open network that started with the first Nordic Design Research Conference in Copenhagen 2005. In addition to organising the bi-annual Nordes conferences and Summer schools Nordes promotes the publication and dissemination of design research through the Nordes Digital Archive (ISSN-number 1604-9705).
- **The Swedish School of Textiles**, Borås, Sweden (Delia Dumitrescu, professor).

- **Umeå Institute of Design**, Umeå Univeristy, Sweden, Arctic5.
- **Tallinnan taideakatemia & Cirrus -verkosto** (Kristi Kuuk, Piret Puppert, textile and clothing design professors).



Kuva 26. Indigo- ja värimataravärjäystä perinteisin menetelmin Yamaguchi Prefectural -yliopistossa Japanissa. Kuvat: Emma Napari & Ana Nuutinen.

4.4.2. F.BAD-hankkeen esittelypiste Helsinki Design Weekilla

F.BAD-hankkeen esittelypiste (hyttysrasti) oli esillä Helsinki Design Weekilla (HDW) Helsingin Rautatien torilla 5.–6.9.2019. Esittelypisteelle vapaaehtoisesti pysähtyneet ohikulkijat (noin 50 henkilöä) tutustuivat hankkeen aihepiiriin ja osallistuivat siihen liittyvän tutkimusaineiston keruuseen (3 tehtävää) sekä ideoivat hankkeen tutkijoiden kanssa hyttyskarkotetekstiilejä ja -tuotteita prototyypointia varten (Kuva 27).

HDW:n rastilla oli kolme tehtävää, jotka pohjustivat tuoteideoita seuraavasti. Ensimmäinen tehtävä, ihmiskehon suojaaminen hyttysiltä, sai monen osallistujan spontaanisti muistelemaan erilaisia tilanteita ja tapahtumia elämän varrella, niin hyönteisten pistosten aiheuttamiin allergisiin reaktioihin liittyviä kokemuksia kuin koulussa saatuja oppeja, ohjeita ja neuvoja. Tuoksunäytteet nostivat jatkotutkimuksen aiheiksi esimerkiksi sen, missä muodossa kemikaaleja voitaisiin lisätä kuituihin, materiaaleihin tai valmiisiin tuotteisiin (upottaa, sivellä, suihkuttaa, kapseloida), miten pysyviä kemikaalien ominaisuudet ovat sekä millä tavalla ja millä rytmillä kemikaalikäsittelyä pitää mahdollisesti vahvistaa (uudistaa, lisätä). Tällä taustoituksella osallistujat ideoivat vaatteille peittävyttä, suojaavuutta ja toiminnallisuutta (funktionaalisuutta) parantavia ominaisuuksia. Ominaisuuksien kolme tärkeintä paikkaa vartalolla olivat pää, kädet ja nilkat. Ominaisuuksien suhteen keskusteltiin niiden vaikutuksesta toiminnallisuuteen, koskien erityisesti kasvoja ja käsiä, joita ei välttämättä voida tai haluta peittää.



Kuva 27. F.BAD -hyttysrastit Helsinki Design Week 2019 -tapahtumassa.

Toinen tehtävä oli tuoksutehtävä, jossa osallistujat arvioivat aistinvaraisesti neljää näytettä (suopursu-, nokkos- ja tanniinijauhe sekä kaupallinen hyttyskarkote), pohtivat niiden miellyttävyyttä sekä käyttökohteita keholla. Jatkotutkimusaiheita ajatellen osallistujat ideoivat sekä vaatteeseen kiinnitettäviä karkoteannostelijoita (teknologian ohjaamia karkoteratkaisuja, kemikaalia ruiskuttava kiinteä väline) että vaateen yksityiskohtia (irrotettavia yksityiskohtia, joissa hyttyskarkotetta, tai taskuun laitettavia karkotetyynyjä) sekä molempia edellisiä yhdistäviä ideoita (tereitä, joiden avulla karkotekemikaalia voidaan pumpata materiaaliin tai ilmaan).

Kolmas tehtävä oli keskittyä yhdessä hankkeen tutkijoiden kanssa ideoimaan hyttyskarkotetekstiilejä (materiaaleja, vaatteita, asusteita), joita voitaisiin kehittää prototyyppinä erilaisia testauksia silmällä pitäen. Kun suunnittelussa lähtöajatuksena oli suojaavuus ja peittävyys, ideoitiin erilaisia yläosan vaatteita (takit, anorakit, puserot) ja alaosan vaatteita (housut) sekä täydellisemmän suojan mahdollistavia haalareita. Kun suunnittelun perustana oli kemikaalit ja tuokset, ideoitiin erilaisia asusteita, kuten päähineitä (lierihattu, lippis, hiuspanta, tuubihuivi), rannekkeita ja kynsikkäitä sekä sukkia ja säärystimiä. Lisäksi koruja ideoitiin jonkin verran.

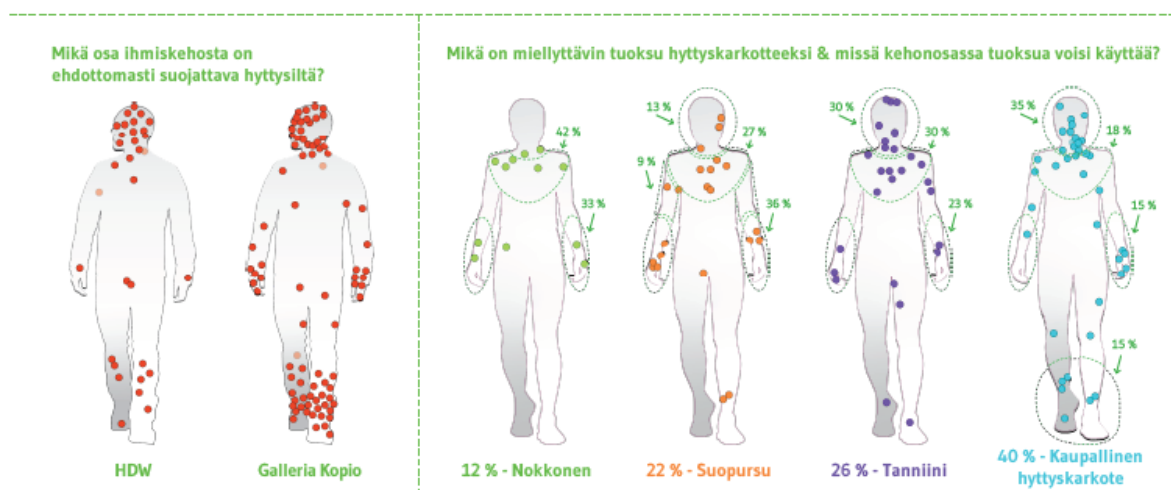
Kolmannessa tehtävässä keskusteltiin vaatteille asetetuista ominaisuuksista, kuten puettavuudesta, muunneltavuudesta, säädettävyydestä ja huollettavuudesta sekä esteettisyydestä ja muodinmukaisuudesta. Näihin ominaisuuksiin kietoutui kaupallisiin hyönteisvaatteisiin kohdistuva kritiikki: hyönteisvaatteet ovat muiden vaatteiden päälle puettavia, usein verkkomateriaaleista valmistettuja hattuja, anorakkeja ja housuja. Lisäksi saatavilla on verkkohansikkaita tai -kintaita ja sukkamaisia jalkineita. Koko keho on mahdollista peittää kauttaaltaan verkkokankaalla, mutta jatkotutkimuksessa voisi vaate- ja asustetarjontaa ajatellen kiinnittää enemmän huomiota esteettisyyteen. Samoin kuin materiaalien hengittävyys, keveyden tai ohuuteen.

Luonnonmukaisuuteen liittyvät ideat nostivat esiin värien käytön sekä väriyhdistelmät ja kuosit, joiden avulla hyttysiä voidaan karkottaa ilman kemikaaleja. Värivalinnoilla on merkitystä. Tummien sävyjen tiedetään vetävän hyttysiä puoleensa, kun taas vaaleat sävyt pitävät hyttysset paremmin loitolla. Kaupallisille hyönteisvaatteille on kuitenkin ominaista se, että ne ovat sävyiltään yleensä tumman vihreitä, yksivärisiä tai maastokuvioituja. Värivalinnoissa näkökulmana on käyttäjän maastoutuminen luontoon, mutta epäselväksi jää, miten ne karkottavat hyönteisiä.

Helsinki Design Week -tapahtuman lisäksi hyttysrastit olivat Galleria Kopion näyttelyn avajaisissa Rovaniemellä syksyllä 2019. Tilastollinen yhteenveto molempien tapahtumien tuloksista on esitetty kuvassa 28. Näiden edellä kuvattujen erilaisten tuoteideoiden ja niiden ominaisuuksien kehittäminen jatkuu hankkeen jatko-osassa. F.BAD II-hankkeessa tuotteita valmistetaan yrityksissä hyödyntäen elinkeinoelämälle suunnattuja kehittämissympäristöjä Luonnonvarakeskuksessa, Lapin yliopistossa ja Lapin ammattikorkeakoulussa. F.BAD II-hankkeen työpaketeissa lappilaisten yritysten kanssa tunnistetaan ne alueet, joilta tulevaa kasvua halutaan, jotta ideointia saadaan ohjattua ja yritykset vastaanottavaisiksi uusille avauksille.

Hyttysrastiesittelypisteissä käytetyt tutkimusmenetelmät ovat hyviä käytäntöjä, joita voidaan kehittää hankkeen jatko-osassa. HDW:lla käytettiin asiakaslähtöistä, osallistavaa (ohjattua, fasilitoitua) muistelumenetelmää, jossa osallistujat kertoivat erilaisia menneitä asioita ja tapahtumia hankkeen tutkijoille jakaen. Muistelua olisi mahdollista tehdä myös ryhmässä, jolloin voisi tarkastella yhteisiä näkemyksiä, perusteluja, normeja ja arvoja.

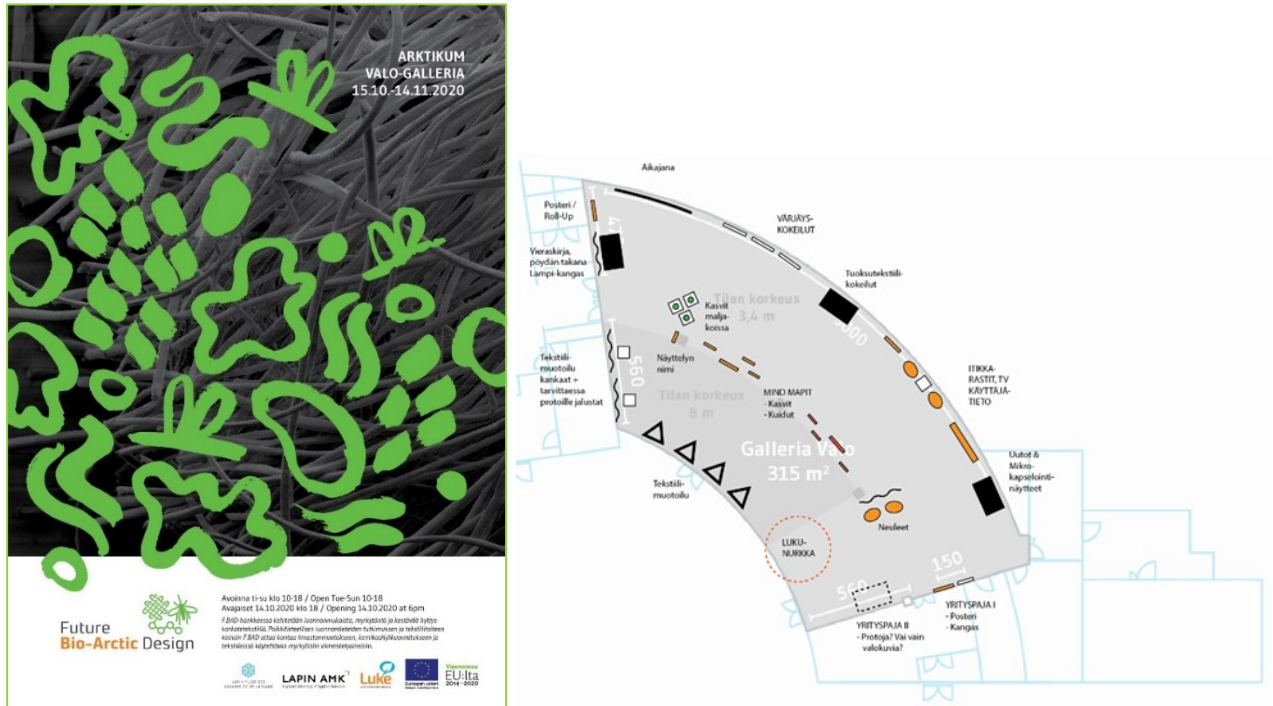
Toinen menetelmä oli aistinvarainen analyysi, jota muun muassa käytetään elintarviketeollisuudessa raaka-aineiden ja lopputuotteiden ominaisuuksien, miellyttävyyden tai laadun tarkkailussa ja arvioimisessa (näkö-, tunto-, haju-, maku- ja kuuloaistit). Kiinnostuksen kohteena ovat joko tuotteen ominaisuudet (analyttinen mittaus) tai koehenkilön suhtautuminen tuotteeseen (mieltymys tai muu subjektiivinen arvio). Aistinvaraista analyysia voisi hyödyntää analyttisten menetelmien rinnalla tuotekehitysprosessissa, kun esimerkiksi arvioidaan karkotkemikaalien voimakkuutta tai määritellään tuoteinnovaatioille aistinvaraisen laadun kokonaiskuvaa.



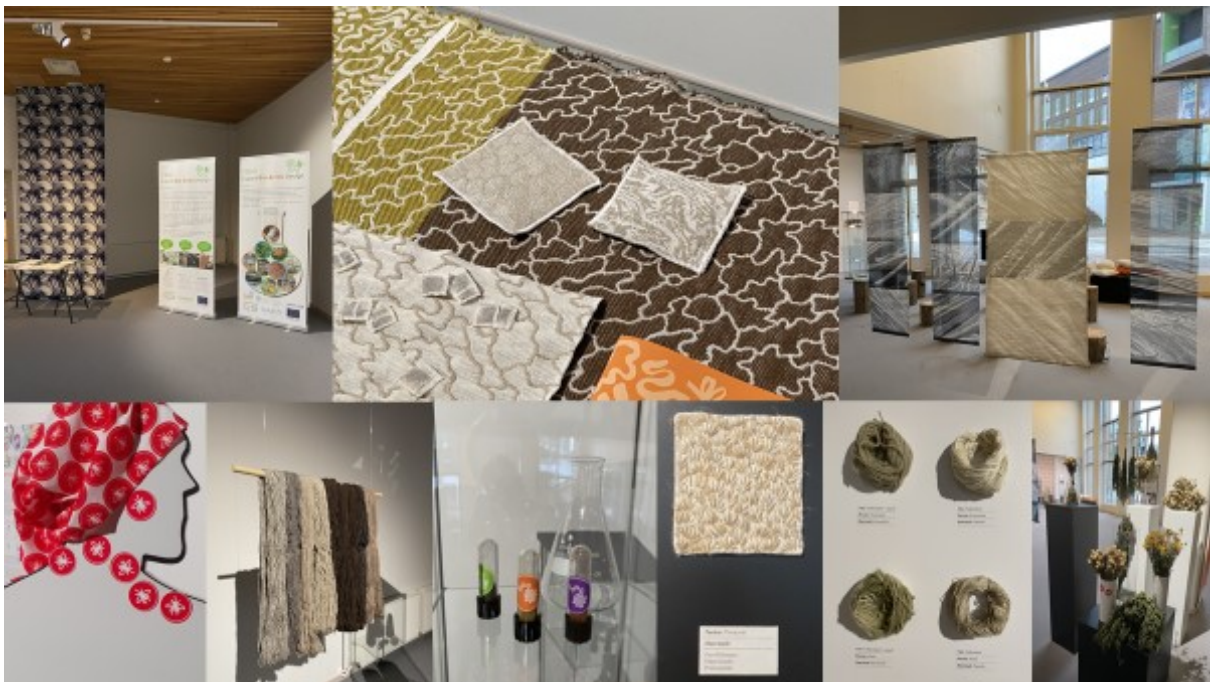
Kuva 28. Yhteenveto hyttysrastien tuloksista.

4.4.3. F.BAD – hankkeen päätösnäyttely

F.BAD -hankkeen näyttelyssä Rovaniemellä Tiedekeskus Arktikumin Valo-galleriassa 15.10.–14.11.2020 kävi 850 vierailijaa. Kuvassa 29 on esitetty Emma Namarin suunnittelema näyttelyjuliste ja tilasuunnitelma. Kuvassa 30 on esitetty kuvakollaasi näyttelystä.



Kuva 29. Vasemmalla F.BAD -näyttelyn näyttelyjuliste ja oikealla ote tilasuunnitelmasta. (Emma Napari 2020)



Kuva 30. Kuvakollaasi F.BAD – hankkeen päätösnäyttelystä Rovaniemellä Tiedekeskus Arktikum in Valo – galleriassa syksyllä 2020. Kuvat: Ritva Jääskeläinen.

4.4.4. Päätöswebinaari

F.BAD -hankkeen päätöswebinaari, "Älyä luonnosta – kohti luonnonmukaista älytekstiiliä", pidettiin 28.9.2021 ja osallistujia oli 20. Webinaarissa esiteltiin uusia tekstiili- ja luonnontuotealan innovaatioita sekä poikkitieteellistä tutkimusta, joka avaa uusia mahdollisuuksia. Webinaari oli

tarkoitettu kaikille luonnonraaka-aineista, tekstiilimateriaaleista ja niiden jalostamisesta kiinnostuneille. Moderaattorina toimi Ana Nuutinen ja puhujia webinaarissa oli hanketiimin lisäksi Metsähallitukselta, Spinnova Oyj:sta, Arctic Warriors Oy:sta ja K&H Annala Oy:sta. Keskustelu oli aktiivista ja kuvassa 31 on kiteytys F.BAD -hankkeesta työskentelystä Emma Namarin esityksestä.



Kuva 31. Emma Namarin yhteenveto F.BAD -hankkeesta työskentelystä päätösseminaarissa. Kuva: Emma Napari.

5. F.BAD – hankkeen arviointi

5.1. Itsearviointi

F.BAD -hankkeen itsearviointi on kuvattu taulukossa 7. Siinä on mm. otettu huomioon hakemusvaiheessa määritetyt numeeriset indikaattorit.

Taulukko 7. F.BAD -hankkeen itsearviointi. (Pääkkö & Makkonen 2003)

Arvioitava suorite	Hankkeen tavoitteet suoritteiden osalta	Toteutuksessa saavutettu taso
PROJEKTIN TOIMINTAMALLI JA YHTEISTYÖN ALUEET		
Osallistujien ja yritysten valinta	<p>Kolmen organisaation monitieteellinen yhteistyö</p> <p>Aiesopimuksen tehneet yritykset hakemusvaiheessa 5 kpl</p>	<p>++</p> <p>Tutkimus, taide ja prosessit eivät ole enää erillisiä, vaan ovat hankkeen aikana nivoutuneet yhteen. Tässä on yhteistyössä yhdistyneet sekä onnistunut erilaisten prosessien välille löytynyt vuorovaikutus, mutta myös hyvät henkilöiden väliset työkäytännöt.</p> <p>++</p> <p>Yhteistyöyrityksiä hankkeessa 22 kpl, jotka osallistuivat aktiivisesti hankkeen sisältöön ja työpajoihin. Yritykset tuottivat hankkeeseen tekstiilipohjien lisäksi myös kuoseja ja tuoteprototyyppeihioita F.BAD – hankkeen idean inspiroimina.</p>
Työnjako ja vastuukysymysten toimivuus	<p>Ohjausryhmän perustaminen</p> <p>Hankehakemusvaiheessa suunniteltu henkilöstöresurssien riittävyys ja pysyvyys</p> <p>Organisaatioiden välinen vastuunjako</p>	<p>+</p> <p>Ohjausryhmä monitieteellinen ja tukenut hanketta. Etenkin yrittäjien edustajien näkemykset ovat vieneet hanketta eteenpäin.</p> <p>+/-</p> <p>COVID19-pandemiasta huolimatta resurssit riittivät ja saatiin hyödynnettyä. Henkilöt eivät ole vaihtuneet hankkeen aikana, joten pysyvyys on ollut erittäin hyvä.</p> <p>+</p> <p>Vastuut suunniteltiin hyvin ja toteutus onnistui erittäin hyvin. Vastuunjako on ollut toisiaan tukevaa ja rajapinnat saatu hyvin toimimaan.</p>

Tiedottaminen	3 kpl tieteelliset julkaisut ja raportit, 5 kpl lehdistötiedotteet, 12 kpl esiintymiset, lehtijutut ja some, 3 kpl tapahtumien järjestäminen	++ Tavoitteet ylittyivät ks. tiedottamisen yhteenvedo kohdasta 4.4.1.
Moniaistinen tutkimusviestintä	Hankkeessa panostetaan viestinnässä moniaistiseen ilmeeseen, jossa otetaan huomioon visuaalisuus, tuoksut, äänet jne.	++ Hallittu moniaistinen ilme on toteutunut kautta projektin. Etenkin visuaalisuus esityksissä, tekstiileissä, esitteissä jne. on saanut kiitosta.
Verkottuminen	Hanke on verkottunut muihin hankkeisiin ja tekstiilialan toimijoihin alueellisella ja kansallisella tasolla sekä kansainvälisellä tasolla.	+ / - Hanke on verkottunut aktiivisesti ja yhteistyötä on tehty. Vuorovaikutus on ollut toivotun laajuista. Verkottumisessa on ollut tilanteita, joissa on tartuttu hetkeen ja saatu luotua uusia näkökulmia, aiheita, ideoita, joita voidaan jatkossa hyödyntää.
TULOKSET JA HYÖTY		
Ensisijaisten kohderyhmien tavoittaminen	Tekstiili- ja vaatetusalan yritykset, käsi- ja taideteollisuusyritykset, puolustusvoimat, matkailuyritykset, luonnontuoteala ja maaseudun yritykset (kasvien kerääjät, viljelijät ja tehoaineiden uuttajat, lampurit).	+ Hankkeessa on verkostoiduttu aktiivisesti hyödyntäjätahoihin alusta lähtien ja kohderyhmä on saavutettu hyvin. Puolustusvoimat ja matkailuyritykset ovat varsinaisena kohderyhmänä vasta seuraavissa kehitysasteissa, kun tutkimus ja tuote on saatu kehitettyä.
Osallistuvat yritykset	6 kpl	++ 22 kpl yrityksiä osallistui yhteistyöhön ja/tai koulutuksiin hankkeessa
Yritykset, jotka ovat aloittaneet T&K&I – toiminnan tutkimusorganisaatioiden kanssa hankkeen tulosten jälkeen	2 kpl	++ 13 kpl
Merkittävimmät vahvuustekijät	Luken, Layn ja Lapin AMK:n vahva osaaminen, avoimuus ja kehittämisasenne sekä erinomaiset verkostot alan toimijoihin	++ Hankkeen lähtökohta, innovaatio sekä vahva yhteistyö, avoimuus ja vuorovaikutus hanketoteuttajien välillä on säilynyt hankkeen aikana. Kaikki toteuttajat ovat kartuttaneet osaamistaan ja tietotaitoa edelleen hankkeen aikana. Tulokset ovat johtaneet uusiin innovaatiomahdollisuuksiin yrityksissä, organisaatioiden tutkimuksen kehittämiseen ja luonnonmukaisten älytekstiiliprototyypin tutkimuksen jatkamiseen kohti tuotteistamista.
Työpakettien toteutus	TP1 Raportti ja analyysi valittujen luonnon raaka-aineiden rakenteesta ja ominaisuuksista.	TP1 Raportti/kirjallisuuskatsaus tehty hankkeen alussa (ei julkaistu kokonaan, mutta raportoitu rahoittajalle ja julkaistu osin loppuraportissa).

	<p>Testatut ja optimoidut luonnon raaka-aineiden bioaktiivisten yhdisteiden erotus- ja uuttomenetelmät</p> <p>Uutteet prototyyppien valmistukseen</p> <p>TP2 Yritystyöpajat 2 kpl, joiden kautta lappilaiset tekstiili- ja vaatetusalan yritykset saavat koulutusta teollisuudessa käytystä jacquard-kudontatekniikasta. Lapin yliopistossa paikallisten yritysten raaka-aineista valmistetut ja teollisesti valmistetut tekstiilimallikappaleet, joihin bioaktiiviset yhdisteet kiinnitetään.</p> <p>TP3 Prototyypit luonnonmukaisesta älytekstiilistä ja menetelmät niiden valmistamiseksi.</p> <p>Mikroskooppikuvat ja analyysitulokset bioaktiivisten yhdisteiden kiinnittymisestä tekstiilikuituihin.</p> <p>Konferenssiesitykset ja julkaisut, seminaarit ja tulosten esittely.</p> <p>Näyttely F.BAD-kokonaisuudesta</p>	<p>Optimoidut vesihöyrytislous- ja ylikriittiset CO₂-uuttomenetelmät suopursulle, väinönputken juurelle ja pietaryrtille laboratorio-mittakaavassa. (6 kpl)</p> <p>Pilottimittakaavan ylikriittiset CO₂-uuttomenetelmät suopursulle ja väinönputken juurelle. (2 kpl)</p> <p>Vesi-, etanoli- ja rasvaliukoisten yhdisteiden uutteet prototyyppien valmistukseen.</p> <p>Uutteiden GC-MS- ja antimikrobisuus-analyysitulokset sekä UV-suojaus- ja hyönteiskarkoteominaisuuksien tarkastelu tulosten ja kirjallisuuden kautta.</p> <p>TP2 2 kpl yritystyöpajat 1kpl jacquard <i>Arah Weave</i>-koulutus (henkilökunta ja opiskelijat) Neulahuovutettu villa -, Jacquard (puuvilla, pellava, villa) -, jacquard (puuvilla, pellava) - ja neulotut karstavillatekstiilipohjat tutkimukseen ja näyttelyihin.</p> <p>TP3 Prototyypit luonnonmukaisesta älytekstiilistä: suopursuöljy- ja väinönputkiöljy-kitosaanikapselit kiinnitettynä jacquard- ja villatekstiileihin (4 kpl) ja suopursuöljy vietyinä villamateriaaleihin lanoliinikantajan avulla (2 kpl). (Lisäksi vesi- ja etanoliuutteet kiinnitetty tekstiilimateriaaleihin, mutta uutteissa ei havaittu bioaktiivisuutta, joten näitä ei voida kutsua älytekstiiliprototyypeiksi.)</p> <p>Mikroskooppi- ja FESEM-kuvat, Raman- ja ATR-mittaukset osoittavat em. uutteiden kiinnittymisen.</p> <p>Tiedotus on ylittänyt tavoitteet COVID19-pandemiasta huolimatta</p> <p>2 kpl F.BAD – näyttelyä, 1 kpl pop-up-tapahtuma</p>
Uudet innovaatioalustat	0 kpl	1 kpl
Innovaatioalustoissa kehitetyt ja pilotoidut tuotteet tai palvelut	1 kpl	+ Innovaatioalustalla valmistettiin luonnonmukaiset älytekstiiliprototyypit (6kpl)

<p>Menetelmällisen tuotoksen jatkototeutuksen turvaaminen</p>	<p>Yrityksistä nousevat tarpeet ja jatkosovellukset pyritään hankkeistamaan hankkeen jälkeen tai ratkaisemaan asiakastyönä.</p> <p>Tulosten perusteella seuraavat askeleet tämän projektin jälkeen voisivat olla esim: A) jatkaa yritysten kanssa potentiaalisimman tekstiiliprototyypin kehittämistä tuotteeksi asti. B) teknologian integroiminen tekstiiliin ja haluttujen ominaisuuksien todentaminen tekstiilissä sekä olosuhdetestaukset. C) jatkaa tutkimusta luonnosta löytyvien kasvi-, puu- ja marjapohjaisten yhdisteiden soveltavuudesta korvaamaan haitallisia ja vaarallisia kemikaaleja.</p>	<p>+</p> <p>Tulosten perusteella on jo hankkeen aikana päästy jatkamaan yritysten kanssa potentiaalisimpien älytekstiiliprototyyppien kehittämistä kohti tuotteistamisvaihetta, kun F.BAD II -jatkohanke sai EAKR-rahoituksen 2021–2023. Hankkeessa toteutetaan tavoitteita A) ja B), ja tavoitetta C) jatketaan mm. Luken muissa hankkeissa.</p> <p>Verkostoitumisen merkitys mikroyrityksille → kehittyminen, kasvaminen ym. Suomessa verkostoitumisen puute on suurin kehittymisen este yrityksille.</p>
<p>VAIKUTTAVUUDEN TURVAAMINEN</p>	<p>Tutkimustulokset jaetaan julkisesti alueellisten sidosryhmien (oppilaitokset, pk-yritykset, viranomaiset) ja muiden hankkeiden käyttöön.</p> <p>Näyttelyt ja tiedottaminen</p> <p>Työpajat</p>	<p>+</p> <p>Tässä raportissa kuvatut hankkeen näyttelyt, pop-up-tapahtuma, työpajat ja webinaarit sekä tiedotus on kohdistunut erittäin hyvin teva- ja luonnontuotealan yrityksiin. Yrittäjät ovat olleet aktiivisesti mukana hankkeessa.</p> <p>Tulosten jakaminen tapahtuu osittain hankkeen päättymisen jälkeen, mutta F.BAD II – hanke mahdollistaa viestinnän jatkumisen edelleen aiheesta.</p>
<p>SELITTEET</p>	<p>-- = tavoitetta huomattavasti heikommin - = tavoitetta heikommin + / - = tavoitteen mukaisesti + = tavoitetta paremmin ++ = tavoitetta huomattavasti paremmin</p>	

5.2. Ohjausryhmän palaute

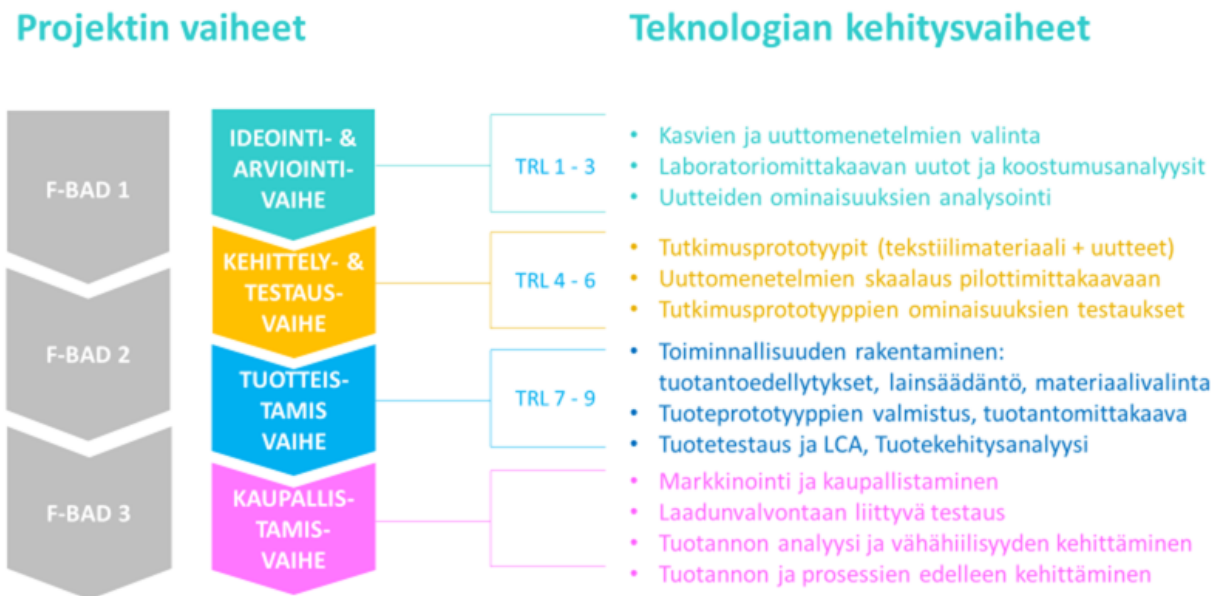
Varsinainen ohjausryhmä koostui Luken, Lapin yliopiston ja Lapin AMK:n edustajista sekä tekstiilialan ja -tutkimuksen asiantuntijoista ja yritysten edustajista Aaltoyliopistosta, K & H Annala Oy:sta, Arctic Crafts tmi:sta ja Lapin ELY-keskuksesta. Ohjausryhmän lisäksi rahoittajan edustaja antoi arviointiin palautetta hankkeesta.

Seuraavat kommentit ja palautteet kerättiin ohjausryhmältä syksyllä 2021 F.BAD -hankkeesta:

- "Lapin Liiton tilaaman älykkään erikoistumisen strategian toteutuksen hankkeiden ulkoisen arvioinnin mukaan F.BAD -älytekstiilihanke oli ainoa 18 hankkeen otokseen osuneista hankkeista Lapissa, joka toteuttaa aidosti älykästä erikoistumista."
- "Hankkeen aihe on ollut erittäin mielenkiintoinen. Se on herättänyt paljon kiinnostusta keskusteluissa eri verkostoissa."

- ”Hankkeessa on tehty esimerkillistä yhteistyötä kehittäjätahojen kesken. On myös muistettava, että alkuun on otettava pieniä askeleita – heti ei saada valmista. Juuri tällaisia pitäisi uskaltaa tehdä enemmän. Eli ottaa jonkin verran myös riskiä – aina ei etukäteen tiedä, mitä tulee tapahtumaan. Hyvä, että on saatu mukaan yrityksiä, joilla on jo tarttumapintaa asiaan.”
- ”Onnittelut hankkeelle siitä, että lyhyessä ajassa on saatu hyviä tuloksia aikaan. Hankkeessa on tehty perustutkimusta ja samalla ollaan jo lähellä kaupallistamista, joka on erittäin haasteellista. Lisäksi näkyvyyttä ja yrityksiä on saatu mukaan hyvin.”

Kuvassa 32 on esitetty F.BAD -hankkeessa suunnitellut seuraavat teknologian kehitysvaiheet ja hankkeistaminen TRL- eli kypsyyssasteluokituksen mukaisesti.



Kuva 32. F.BAD – hankkeiden ja teknologian kehitysvaiheet jatkossa TRL-tasojen mukaisesti.

6. F.BAD – hankkeen johtopäätökset

F.BAD -projektissa valmistettiin yhteistyössä tekstiili- ja vaatetusalan yritysten kanssa villa- ja jacquard- älytekstiiliprototyyppejä, joihin liitettiin kasviuutteiden antimikrobisia, hyönteiskarkote- ja UV-suojaominaisuuksia eri tekniikoilla, kuten kasvivärijäyksellä, kantaja-aineen avulla ja mikrokapselointitekniikalla. Vesi- ja etanoliuutteet kiinnitettiin tekstiilimateriaaleihin ultraäänivavustetuilla matalan lämpötilan kasvivärijäysmenetelmillä ja öljypohjaisten uutteiden kiinnitystekniikoista parhaimmiksi osoittautuivat lanoliinin käyttö kantaja-aineena villamateriaaliin sekä bioaktiivisten öljyjen kitosaanimikrokapselointi ja kiinnitys jacquard- ja villamateriaaleihin. Uutteiden kiinnittymiset tekstiilikuituihin todennettiin kuvantamistekniikoiden (FESEM, digitaalinen ja käänteismikroskoopi) ja spektroskopian (Raman- ja ATR(IR) spektroskopia, värimitaus) avulla.

Potentiaalisimmiksi kasviuutteiksi älytekstiilisovelluksiin osoittautuivat tutkimustulosten perusteella suopursun, väinönputken juuren ja pietaryrtin vesihöyrytislatut eteeriset öljyt sekä yli-kriittisellä hiilidioksidilla uutetut uutteet. Niiden pääkomponentit analysoitiin kaasukromatografilla, johon oli liitetty massaspektrometri (GC-MS), ja koostumusten perusteella pystyttiin todentamaan mahdolliset hyönteiskarkotevaikutukset sekä UV-suojaominaisuudet. Lisäksi uutteiden antimikrobiset ominaisuudet eli niiden kasvunestovaikutukset valittuja bakteereja, hiivoja ja homeita vastaan analysoitiin. Kaikilla uutteilla antimikrobisuusominaisuudet olivat laajakirjoiset, mutta uutespesifiset. Väinönputken juuren ja pietaryrtin kukintojen höyrytisleet osoittivat voimakkaampia kasvunestovaikutuksia kuin niiden ylikriittiset CO₂-uutteet, mikä voi johtua haihtuvien yhdisteiden vähäisemmästä määrästä ylikriittisissä CO₂-uutteissa sekä näiden yhdisteiden erilaisesta pitoisuusprofiilista eri uutteissa. Poikkeuksena oli suopursu, jonka ylikriittinen CO₂-uute osoitti moninkertaisia vaikutuksia testattuihin mikrobeihin (*Staphylococcus aureus* subsp. *aureus*, *Cladosporium cladosporioides*, *Penicillium venetum*, *Candida albicans*) verrattuna sen höyrytisleaseen. (Korpinen ym. 2021)

Lappilaiset tekstiili- ja vaatetusalan yritykset olivat F.BAD -hankkeessa tiiviisti mukana ja he valitsivat ja valmistivat tutkimusmateriaaleiksi neulahuovutettua villaa, karstavillaneulerakenteen ja jacquard-puuvilla/pellavatekstiilirakenteet. Yritykset pääsivät hankkeen aikana tutustumaan työpajoissa jacquard-tekstiilin kutomiseen niin Lapin yliopiston laitteistolla kuin teolliseen kudontaan K&H Annala Oy:ssä. Lisäksi he antoivat panoksensa hankkeen kahteen näyttelyyn materiaalien, kuosien ja tuoteaihioiden valmistamisen kautta.

F.BAD -hankkeessa valmistettuja älytekstiiliprototyyppejä ja niiden ominaisuuksia, kuten toksisuutta, kestävyyttä ja ympäristövaikutuksia, sekä tuotteistamista ja kaupallistamismahdollisuuksia tutkitaan tarkemmin F.BAD II -hankkeessa (2021–2023), jossa älytekstiilimateriaaleista valmistetaan yrityksissä konkreettisia tuoteprototyyppejä yhdessä F.BAD-hankkeessa kootun ja jatkossa laajenevan yritysverkoston kanssa.

Viitteet

- Aminoddin, A. 2010. Functional Dyeing of Wool with Natural Dye Extracted from *Berberis vulgaris* Wood and *Rumex Hymenosepolus* Root as Biomordant. *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering* 29(3): 55–60.
- Ashitani, T., Garboui, S.S., Schubert, F., Vongsombath, C., Liblikas, I., Pålsson, K. & Borg-Karlson, A.K. 2015. Activity studies of sesquiterpene oxides and sulfides from the plant *Hyptis suaveolens* (Lamiaceae) and its repellency on *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae). *Exp. Appl. Acarol.* 67: 595–606.
- Azwanida, N. N. 2015. A Review on the Extraction Methods Use in Medicinal Plants, Principle, Strength and Limitation. *Med Aromat Plants* 4(3): 196.
- Bakry, A. M., Abbas, S., Ali, B., Majeed, H., Abouelwafa, M. Y., Mousa, A. & Liang, L. 2016. Microencapsulation of Oils: A Comprehensive Review of Benefits, Techniques, and Applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 15: 143–182.
- Caro, T., Argueta, Y., Briolat, E. S., Bruggink, J., Kasprosky, M. & Lake, J. 2019. Benefits of zebra stripes: Behaviour of tabanid flies around zebras and horses. *PLoS ONE* 14(2): e0210831. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210831>.
- Chandra, S. & Saklani, S. 2017. Phytochemical Investigation, Antioxidant Activity and Nutritional Potential of *Angelica Archangelica*. *ejbps* 4(10): 418–422.
- Chemat, F., Rombaut, N., Sicaire, A.-G., Meullemiestre, A., Fabiano-Tixier, A.-S. & Abert-Vian, M. 2017. Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications. A review. *Ultrasonics Sonochemistry* 34: 540–560.
- Croteau, R., Kutchan, T. M. & Lewis, N. G. 2015. Natural Products (Secondary Metabolites). In *Biochemistry & Molecular Biology*. 2nd edition. Buchanan, B., Gruissem, W. & Jones, R. L. (eds.). American Society of Plant Physiologists: USA. ss. 1250–1318.
- Dampc, A. & Luczkiewicz, M. 2013. *Rhododendron tomentosum* (*Ledum palustre*). A review of traditional use based on current research. *Fitoterapia* 85: 130–143.
- da Silva, M.R. & Ricci-Júnior, E. 2020. An Approach to Natural Insect Repellent Formulations: From Basic Research to Technological Development. *Acta Tropica* 212: 105419. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2020.105419>.
- Davies, J. T. 1957. A Quantitative kinetic theory of emulsion type. I. Physical chemistry of the emulsifying agent. *Gas/Liquid and Liquid/Liquid Interfaces, Proceedings of 2nd International Congress Surface Activity*, Butterworths, London. <https://citeerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.473.424&rep=rep1&type=pdf>. Viitattu 13.12.2021.
- Debboun, M., Frances, S. P. & Strickman, D. 2014. *Insect repellents handbook*. CRC Press, Boca Raton FL. ss. 409.
- Delgado-Vargas, F., Jiménez, A.R. & Paredes-López, O. 2000. Natural Pigments: carotenoids, anthocyanins and betalains – Characteristics, biosynthesis, processing and stability. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 40: 173–289.

- Delgado-Vargas, F. & Paredes-López, O. 2003. Natural Colorants for Food and Nutraceutical Uses. CRC Press: USA. ss. 1–343.
- Doneanu, C. & Anitescu, G. 1998. Supercritical carbon dioxide extraction of *Angelica archangelica* L. root oil. *Journal of supercritical fluids* 12: 59–67.
- ECHA 2021. REACH-asetus tutuksi. ECHA (European Chemicals Agency) Internet-sivut. <https://echa.europa.eu/fi/regulations/reach/understanding-reach>. Viitattu 18.11.2021.
- EU:n neuvosto 2021. Neuvosto hyväksyi päätelmät EU:n kestävästä kemikaalistrategiasta. Lehdistö tiedote 15.3.2021. <https://www.consilium.europa.eu/fi/press/press-releases/2021/03/15/council-approves-conclusions-on-the-eu-chemicals-strategy-for-sustainability/#>. Viitattu 18.11.2021.
- Franz, C. & Novak, J. 2010. Sources of essential oils. In *Handbook of essential oils: Science, Technology and Applications*. Hüsnü Can Baser, K. & Buchbauer, G. (eds.). CRC Press. Taylor and Francis Group LLC. Boca Raton. ss. 39–58.
- Gershenson, J. & Dudareva, N. 2007. The function of terpene natural products in the natural world. *Nat. Chem. Biol* 3(7): 408–414.
- Glišić, S. B., Mišić, D. R., Stamenić, M. D., Zizovic, I. T., Ašanin, R. M. & Skala, D. U. 2007. Supercritical carbon dioxide extraction of carrot fruit essential oil: chemical composition and antimicrobial activity. *Food Chemistry* 105: 346–352.
- Guan, W., Li, S., Yan, R., Tang, S. & Quan, C. 2007. Comparison of essential oils of clove buds extracted with supercritical carbon dioxide and other three traditional extraction methods. *Food Chemistry* 101: 1558–1564.
- Hannuksela, M. 2000. Hyvä paha aurinko. *Duodecim* 116: 805–806.
- Iadaresta, F., Manniello, M. D., Östman, C., Crescenzi, C., Holmbäck, J. & Russo, P. 2018. Chemicals from textiles to skin: an in vitro permeation study of benzothiazole. *Environmental Science and Pollution Research* 25: 24629–24638.
- Islam, S., Shahid, M. & Mohammed, F. 2013. Perspectives for Natural Products Based Agents Derived from Industrial Plants in Textile Applications – A Review. *Journal of Cleaner Production*, 57: 2–18.
- ISO 9235:2013. Aromatic Natural Raw Materials – Vocabulary, International Standard Organization: Geneva, Switzerland, 2013.
- Jaenson, T.G.T., Pålsson, K. & Borg-Karlson, A.-K. 2005. Evaluation of extracts and oils of tick-repellent plants from Sweden. *Med Vet Entomol* 19: 345–352.
- Jaenson, T.G.T., Pålsson, K. & Borg-Karlson, A.-K. 2006. Evaluation of extracts and oils of mosquito (Diptera: Culicidae) repellent plants from Sweden and Guinea-Bissau. *J. Med. Entomol.* 43: 113–119.
- Jan, R., Asaf, S., Numan, M., Lubna, Kim, K.-M. 2021. Plant Secondary Metabolite Biosynthesis and Transcriptional Regulation in Response to Biotic and Abiotic Stress Conditions. *Agronomy* 11: 968.

- Javelle, M., Vernoud, V., Rogowsky, P.M. & Ingram, G.C. 2011. Epidermis: the formation and functions of a fundamental plant tissue. *New Phytologist* 189: 17–39.
- Judžentienė, A., Būdienė, J., Misiūnas, A. & Butkienė, R. 2012. Variation in essential oil composition of *Rhododendron tomentosum* gathered in limited population (in Eastern Lithuania). *Chemija* 23: 131–135.
- Jääskeläinen, A. 2019. Smart textiles – älytekstiilit ja niiden kartoitus tekstiilisunnittelijan näkökulmasta. Opinnäytetyö, muotoilun koulutusohjelma. Metropolian Ammattikorkeakoulu. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/167645/jaaskelainen_anette.pdf?sequence=2&isAllowed=y. Viitattu 24.11.2021.
- KEMI – Swedish Chemical Agency 2014. Chemicals in Textiles – Risks to human health and the environment. KEMI – Swedish Chemical Agency report 6/14. Stockholm, Sweden.
- Kemppainen, V. 2020. Vesi- ja etanolipohjaisten kasvivärijäysmenetelmien vertailu – Pohjoisen kasvien kemiallisten yhdisteiden ja niiden ominaisuuksien liittäminen villatekstiileihin. Lapin AMK: Opinnäytetyö, Maaseutuelinkeinot Agrologi (AMK). 70s.
- Keskitalo, M., Pehu, E. & Simon, J. E. 2001. Variation in volatile compounds from tansy (*Tanacetum vulgare* L.) related to genetic and morphological differences of genotypes. *Biochem. Syst. Ecol.* 29: 267–285. doi:10.1016/s0305-1978(00)00056-9.
- Khajeh, M., Yamini, Y. & Shariati, D. 2010. Comparison of essential oils compositions of *Nepeta persica* obtained by supercritical carbon dioxide extraction and steam distillation methods. *Food and Bioproducts Processing* 88: 227–232.
- Khan, S. A., Ahmad, A., Khan, M.I., Yusuf, M., Shahid, M., Manzoor, N. & Mohammad, F. 2012. *Dyes and pigments*, 95: 206–214.
- Khaw, K.-Y., Parat, M.-O., Shaw, P. N. & Falconer, J. R. 2017. Solvent Supercritical Fluid Technologies to Extract Bio-Active Compound from Natural Sources: A Review. *Molecules* 22: 1186.
- Kilpeläinen, P. O., Hautala, S. S., Byman, O. O., Tanner, L. J., Korpinen, R. I., Lillandt, M. K.-J., Pranovich, A. V., Kitunen, V. H., Willför, S. M. & Ilvesniemi, H. S. 2014a. Pressurized hot water flow-through extraction system scale up from the laboratory to the pilot scale. *Green Chem.* 16: 3186–3194. doi:10.1039/c4gc00274a.
- Kilpeläinen, P., Kitunen, V., Ilvesniemi, H., Hemming, J., Pranovich, A. & Willför, S. 2014b. Pressurized hot water flow-through extraction of birch sawdust—Effects of sawdust density and sawdust size. *Nord. Pulp Pap. Res. J.* 29: 547–556. doi:10.3183/npprj-2014-29-04-p547-556.
- Kojima, T., Oishi, K., Matsubara, Y., Uchiyama, Y. & Fukushima, Y. 2020. Cows painted with zebra-like striping can avoid biting fly attack. *PLOS ONE* 15(3): e0231183. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231183>.
- Koniecki, D., Wang, R., Moody, R. P. & Zhu, J. 2011. Phthalates in cosmetic and personal care products: Concentrations and possible dermalexposure. *Environmental Research* 111: 329–336.
- Korpinen, R. I., Välimaa, A.-L., Liimatainen, J. & Kunnas, S. 2021. Essential Oils and Supercritical CO₂ Extracts of Arctic Angelica (*Angelica archangelica* L.), Marsh Labrador Tea

- (*Rhododendron tomentosum*) and Common Tansy (*Tanacetum vulgare*) – Chemical Compositions and Antimicrobial Activities. *Molecules* 26: 7121.
- Kowal, N. M., Eyjolfsson, R. & Olafsdottir, E. S. 2017. Investigations on the constituents of SagaPro tablets, a food supplement manufactured from *Angelica archangelica* leaf. *Pharmazie* 72: 3–4.
- Kratchanova, M., Denev, P., Ciz, M., Lojek, A. & Mihailov, A. 2010. Evaluation of antioxidant activity of medicinal plants containing polyphenol compounds. Comparison of two extraction systems. *Acta Biochimica Polonica* 57(2): 229–234.
- Kuusisto, R. 2010. UV-säteilyltä suojautuminen – suojavaatetus. Opinnäytetyö Lahden ammattikorkeakoulu.
- Laurila, M. (toim.). 2018. Kosteikkokasveista uusia elinkeinomahdollisuuksia. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 18/2018. Luonnonvarakeskus, Helsinki. 159 s. http://juku.luke.fi/bitstream/handle/10024/541748/lukeluobio_18_2018.pdf?sequence=5&isAllowed=y.
- Mavi, A., Terzi, Z., Özgen, U., Yildirim, A. & Coşkun, M. 2004. Antioxidant Properties of Some Medicinal Plants: *Prangos ferulacea* (Apiaceae), *Sedum sempervivoides* (Crassulaceae), *Malva neglecta* (Malvaceae), *Cruciata taurica* (Rubiaceae), *Rosa pimpinellifolia* (Rosaceae), *Galium verum* subsp. *verum* (Rubiaceae), *Urtica dioica* (Urticaceae). *Biol. Pharm. Bull.* 27(5): 702–705.
- Maheswaran, R., Sathis, S. & Ignacimuthu, S. 2008. Larvicidal activity of *Leucus aspera* (Willd.) against the larvae of *Culex quinquefasciatus* Say. And *Aedes aegypti*. *Int. J. Integr. Biol.* 2 (3): 214–217.
- Morais, D. S., Guedes, R. M. & Lopes, M. A. 2016. *Materials* 498(9): 1–21.
- Nissi-Rantakömi, S. 2017. Tekstiilialan innovaatiot: Mitä ovat älytekstiilit ja funktionaaliset tekstiilit? Suomen Tekstiili & Muoti ry 24.2.2017. <https://www.stjm.fi/uutiset/tekstiilialan-innovaatiot-mita-ovat-alytekstiilit-ja-funktionaaliset-tekstiilit/>. Viitattu 24.11.2021.
- Oxborough, R. M. 2015. The activity of the pyrrole insecticide chlorfenapyr in mosquito bioassay: towards a more rational testing and screening of non-neurotoxic insecticides for malaria vector control. *Malaria J.* 14 (1): 124.
- Pandey, A. K., Kumar, P., Singh, P., Tripathi, N. N. & Bajpai, V. K. 2017. Essential Oils: Sources of Antimicrobials and Food Preservatives. *Frontiers in Microbiology* 7: 2161.
- Paumgartten, F.J.R. & Delgado, I.F. 2016. Mosquito repellents, effectiveness in preventing diseases and safety during pregnancy. *Vigil. Sanit. Debate* 4(2): 97–104.
- Podgornik, B. B. & Starešinič, M. 2015. Microencapsulation technology and applications in added-value functional textiles. In *Microencapsulation. Innovative Applications*. 1st edition. Giamberini, M., Prieto, S. F. & Tylkowski, B. (eds.). Walter De Gruyter: Germany. ss. 37–75.
- Porttilla, R. 2018. Vesipussi auringossa – voiko näin yksinkertainen kikka toimia ampiaisten häätämiseen? <https://yle.fi/uutiset/3-10319790>. Viitattu 4.1.2022.

- Prat, D., Wells, A., Sneddon, H., McElroy, C. R., Abou-Shehada, S. & Dunn P. J. 2016. CHEM21 selection guide of classical- and less classical-solvents. *Green Chem.* 18: 288–296.
- PubChem n.d. Ethyl butylacetylaminopropionate. National Library of Medicine, USA. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/104150>. Viitattu 4.1.2022.
- Pålsson, K., Jaenson, T.G.T., Bäckström, P. & Borg-Karlson, A.-K. 2008. Tick repellent substances in the essential oil of *Tanacetum vulgare*. *J Med Entomol.* 45(1): 88–93. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18283947/>.
- Rehman, J., Ali, A. & Khan, I. 2014. Plant based products: use and development as repellents against mosquitoes: a review. *Fitoterapia* 95: 65–74.
- Rynoskin Total n.d. Rynoskin Total Faqs. <https://rynoskin.com/pages/faqs>. Viitattu 4.1.2022.
- Räisänen, R., Primetta, A. & Niinimäki, K. 2015. Luonnonväriaineet. Maahenki. Helsinki. s.130, 238–247.
- Räisänen, R., Primetta, A., Nikunen, S., Honkalampi, U., Nygren, H., Pihlava, J.-M., Vanden Berghe, I. & von Wright, A. 2020. Examining Safety of Biocolourants from Fungal and Plant Sources – Examples from *Cortinarius*, *Tapinella*, *Salix* and *Tanacetum* ssp. and Dyed Woollen Fabrics. *Antibiotics* 9: 266.
- Schmidt, E. 2010. Production of essential oils. In *Handbook of essential oils: Science, Technology and Applications*. Hüsnü Can Baser, K. & Buchbauer, G. (eds.). CRC Press. Taylor and Francis Group LLC. Boca Raton. ss. 83–85.
- Sonneville-Aubrun, O., Simonnet, J.T. & L'Alloret, F. 2004. Nanoemulsions: A New Vehicle for Skincare Products. *Advances in Colloid and Interface Science* 108/109: 145–149. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2003.10.026>.
- Souza, J. M., Caldas, A. L., Tohidi, S. D., Molina, J., Souto, A. P., Fangueiro, R. & Zille, A. 2014. Properties and controlled release of chitosan microencapsulated limonene oil. *Rev Bras Farmacogn* 24: 691–698.
- Stacey, K. 2019. Mosquito incognito: Could graphene-lined clothing prevent mosquito bites? Brown.edu. <https://www.brown.edu/news/2019-08-26/moquitoes>. Viitattu 4.1.2022.
- Stevović, S., Mikovilović, V. S. & Čalic-Dragosavac, D. 2009. Environmental adaptability of tansy (*Tanacetum vulgare* L.). *African Journal of Biotechnology* 8(22): 6290–6294.
- Syduzzaman, Md., Patwary, S. U., Farhana, K. & Ahmed, S. 2015. *J Textile Sci Eng* 5: 181. <http://dx.doi.org/10.4172/2165-8064.1000181>.
- Teixeira da Silva, J. A., Yonekura, L., Kaganga, J., Mookdasanit, J., Nhut, D. T. & Afach, G. 2005. Important Secondary Metabolites and Essential Oils of Species Within the Anthemideae (Asteraceae). *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants* 11(1–2): 1–46.
- Tetri, A. & Tuomi, R. 2016. *Tekstiilivärijäys*. Moreeni. Helsinki. s. 32–34.
- Thite, A. G. & Gudiyawar, M. Y. 2015. Development of microencapsulated ecofriendly mosquito repellent cotton finished fabric by natural repellent oils. *IJSTM* 11 (4): 166–174.
- Upadhyau, A., Upadhyau, I., Kollanoor-Johny, A. & Venkitanarayanan, K. 2014. *BioMed Research Int.* 2014: 1–18.

- Uwineza, P. A. & Waśkiewicz, A. 2020. Recent Advances in Supercritical Fluid Extraction of Natural Bioactive Compounds from Natural Plant Materials. *Molecules* 25: 3847.
- Valle, J. A. B., Valle, R. C. S. C., Bierhalz, A. C. K., Bezerra, F. M., Hernandez, A. L. & Arias, M. J. L. 2021. Chitosan microcapsules: Methods of the production and use in the textile finishing. *J Appl Polym Sci.*138e50482: 1–29.
- World Health Organization (2013). World health statistics 2013. https://www.who.int/gho/publications/world_health_statistics/EN_WHS2013_Full.pdf. Viitattu 13.12.2021.
- Xin, J. H. & Wang, X. W. 2018. Insect-repellent textiles. In *Engineering of High-Performance Textiles*. 1st edition. Menghe, M. & Xin, J. H. (eds.). Elsevier: UK. ss. 335–348.
- Yang, Z., Zeng, Z., Xiao, Z., Ji, H. 2013. Preparation and controllable release of chitosan/vanillin microcapsules and their application to cotton fabric. *Flavour Fragr. J.* 29: 114–120.
- Yuen, C.-W. M., Yip, J., Liu, L., Cheuk, K., Kan, C.-W., Cheung, H.-C. & Cheng, S.-Y. 2012. Chitosan microcapsules loaded with either miconazole nitrate or clotrimazole, prepared via emulsion technique. *Carbohydrate Polymers* 89: 795–801.
- Yip, J. & Luk, M. Y. A. Microencapsulation technologies for antimicrobial textiles. In *Antimicrobial Textiles*. 1st edition. Sun, G. (eds.). Elsevier: UK. ss. 19–46.
- Zwenger, S. & Basu, C. 2008. Plant terpenoids: applications and future potentials. *Biotechnol. Mol. Biol. Rev.* 3(1): 001–007.



luke.fi

Luonnonvarakeskus
Latokartanonkaari 9
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000