

Luontoälyä tekstiileihin

– Kohti älykkäitä ja ekologisia ratkaisuja

Reeta Sipola (toim.)



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020

Toimittaja:

- Reeta Sipola, agrologi (YAMK), asiantuntija, Tulevaisuuden biotalous, Lapin ammattikorkeakoulu

Artikkelien kirjoittajat:

- Eila Järvenpää, FT, erikoistutkija, Tuotantojärjestelmät / Elintarvikkeet ja biotuotteet, Luonnonvarakeskus
- Kalle Kaipainen, insinööri (AMK), laboratorioinsinööri, Tuotantojärjestelmät / Biotalous, Luonnonvarakeskus
- Susan Kunnas, FT, tutkija, Tuotantojärjestelmät / Biotalous, Luonnonvarakeskus
- Pasi Korkalo, FT, tutkija, Biotalous ja ympäristö / Kestävyydentutkimus ja indikaattorit, Luonnonvarakeskus
- Risto Korpinen, TkT, erikoistutkija, Tuotantojärjestelmät / Biotalous, Luonnonvarakeskus
- Jaana Liimatainen, FT, tutkija, Tuotantojärjestelmät / Biotalous, Luonnonvarakeskus
- Niina Mattila, agrologi (YAMK), asiantuntija, Tulevaisuuden biotalous, Lapin ammattikorkeakoulu
- Reeta Sipola, agrologi (YAMK), asiantuntija, Tulevaisuuden biotalous, Lapin ammattikorkeakoulu
- Anu Tossavainen, TaM, lehtori, Tulevaisuuden biotalous, Lapin ammattikorkeakoulu

Esipuhe:

- Susan Kunnas, FT, tutkija, Tuotantojärjestelmät / Biotalous, Luonnonvarakeskus
- Reeta Sipola, agrologi (YAMK), asiantuntija, Tulevaisuuden biotalous, Lapin ammattikorkeakoulu

Metatiedot

Tyyppi: Kokoomajulkaisu

Julkaisija: Lapin ammattikorkeakoulu Oy

Julkaisuvuosi: 2023

Sarja: Pohjoisen tekijät - Lapin ammattikorkeakoulun julkaisu 30/2023

ISBN 978-952-316-495-6 (pdf)

ISSN 2954-1654 (verkkojulkaisu)

URL-linkki: <https://pohjoisentekijat.fi/2023/10/03/luontoalya-tekstiileihin-kohti-alykkaita-ja-ekologisia-ratkaisuja/>

Oikeudet: CC BY 4.0

Kieli: suomi

Kannen kuva: Susan Kunnas, Luonnonvarakeskus & Ritva Jääskeläinen, Lapin yliopisto

@Lapin ammattikorkeakoulu Oy

Tiivistelmä

Tämä julkaisu valottaa Lapin luonnontuotteista jalostettaviin tekstiilien käsittelyaineisiin liittyviä tekijöitä monipuolisesti. Artikkelikokoelma kerää yhteen älytekstiilien tuotteistamisvaiheen edellytyksiä käsittelevää tietoa, aiheeseen liittyviä ohjeita, tähän mennessä kehitettyjä ratkaisuja ja jatkokehittämistarpeita.

Tieto on tarkoitettu ensisijaisesti luonnontuotealan käyttöön elinkeinon kehittämistä varten, sekä jatkotutkimuksen tueksi. Kokoelma esittelee F.BAD II -hankkeen tutkimuskasveja ja tarkastelee Pohjoisen luonnontuotealan tilannetta ja kehittämistarpeita. Lisäksi se käsittelee vihreän kemian uuttomenetelmiä yrittäjien kiinnostukseen vastaten, EU-lainsäädännön näkökulmia kasviuutteita sisältäviin tekstiilimateriaaleihin sekä elinkaarianalyysin soveltamista uutteiden jalostamisen ympäristövaikutusten arviointiin. Artikkeleissa käsitellään myös yritysverkoston mallintamisen merkitystä luonnontuotteisiin pohjautuvissa arvo- ja tuotantoketjuissa, sekä yhteistyön ja TKI-työn merkitystä alueellisessa kehityksessä.

Julkaisu on laadittu osana Future Bio-Arctic Design II -hanketta. Pohjois-Pohjanmaan Ely-keskuksen rahoittaman Euroopan aluekehitysrahaston hankkeen (REACT EU, 1.7.2021–30.9.2023) tavoitteena on ollut valmistaa ja testata yhteistyössä yritysten kanssa valmistettujen tutkimusprototyyppien äly- ja materiaaliominaisuuksia.

Sisällys

Esipuhe.....	5
<i>Susan Kunnas ja Reeta Sipola</i>	
Luonnonkasveista ratkaisuja tekstiilien ekologisempaan käsittelyyn?	8
<i>Niina Mattila, Reeta Sipola ja Anu Tossavainen</i>	
Pohjoisen luonnontuoteraaka-ainetuotannon tilannekuva	13
<i>Niina Mattila ja Anu Tossavainen</i>	
Suopursun ja väinönputken raaka-ainetuotannon edellytykset Lapissa	22
<i>Niina Mattila ja Anu Tossavainen</i>	
Vihreän kemian uuttomenetelmien nykytila ja kehittämismahdollisuudet Lapissa ...	30
<i>Susan Kunnas ja Risto Korpinen</i>	
Luonnon kasviuutteita sisältävien tekstiilimateriaalien lainsäädäntöpolku – uutteista tuoteprototyypeiksi	35
<i>Eila Järvenpää, Susan Kunnas ja Jaana Liimatainen</i>	
Ympäristövaikutusten arviointi suopursun ja väinönputken utteiden jalostamisesta antibakteerisiksi tekstiilien viimeistelyaineiksi	44
<i>Pasi Korkalo, Risto Korpinen, Kalle Kaipainen ja Susan Kunnas</i>	
Luonnontuotealan yritysverkoston mallintaminen tuoteprototyyppien kautta	56
<i>Susan Kunnas, Niina Mattila, Anu Tossavainen ja Reeta Sipola</i>	
Lopuksi: Johtopäätökset ja jatkokehittämistarpeet.....	72
<i>Susan Kunnas ja Reeta Sipola</i>	

Esipuhe

Susan Kunnas, FT, tutkija, Tuotantojärjestelmät / Biotalouserotusteknologiat, Luonnonvarakeskus

Reeta Sipola, agrologi (YAMK), asiantuntija, Tulevaisuuden biotalous, Lapin ammattikorkeakoulu

Pohjoisiin luonnonkasveihin perustuvien uusien tuotteiden ja liiketoiminnan kehittäminen tuodaan usein esiin maaseudun elinkeinojen kehittämissuunnitelmissa niin Lapissa kuin muissakin maakunnissa, ja siihen on jo pitkään kohdistunut paljon odotuksia. Ajatus huippulaatuisten, puhtaiden raaka-aineiden hyödyntämisestä korkean lisäarvon tuotteisiin on tavoittelun arvoinen asia, mutta toteutuakseen se vaatii kehitystä useilla eri osa-alueella.

Luonnontuotealan kehittäminen vaatii monenlaista panostusta ja monien eri tahojen yhteistyötä, mm. uusia liiketoimintamalleja, keruuverkostojen ja varastoinnin kehittämistä sekä lisää yhteistyötä raaka-aineen tuottajien, tuotteiden valmistajien ja kaupan välillä. Alan kasvua rajoittavat raaka-aineiden sesonkiluontoisuus, niiden vuosittain vaihteleva saatavuus ja laatu. Epävarmuus raaka-aineiden saatavuudesta ja tuotantoketjujen hauraus hankaloittavat tuotekehitystä ja yritysten mahdollisuuksia panostaa suurempiin tuotantoon ja jatkuvaan tuotantoon, jota tarvittaisiin pysyvien tuotteiden saamiseksi markkinoille. Vahvan raaka-ainetuotannon vakiinnuttaminen on tärkeää luonnontuotealan liiketoiminnan kehittämiseksi. Lisäksi yritysten tuotekehityksen painopiste on ollut useimmiten jo olemassa olevien tuotteiden, palveluiden ja prosessien parantamisessa, koska vähäisten resurssien ja resurssien tuhlaamisen pelon takia uusiin ideoihin on suhtauduttu kriittisesti eikä uusiin toimintatapoihin ja kokeiluihin ole välttämättä ryhdytty helposti. Kuitenkin yritysten nykyisille tuotteille ei riitä kysyntä ikuisesti ja kilpailun kiihtyessä yritykset tarvitsevat myös ns. radikaaleja innovaatioita, jotka voivat johtaa yrityksen aivan uusille urille. Epävarmuuden sietäminen, tarvittava teknologia, osaaminen ja uskallus kuitenkin voivat puuttua ja siksi läpimurtoja syntyy vähän. Tyypillisesti radikaalien innovaatioiden kehitysresursseja karsitaan ensimmäisten joukossa laskusuhdanteen aikana ja saadaan tehokkaasti syötyä eväät tulevaisuuden kasvulta, vaikka juuri silloin tarvittaisiin kärsivällisyyttä ja pitkäjänteistä sitoutumista.

Yrittäjät tarvitsevat tukea osaamisen ja teknologian kehittämiseen sekä markkinointiin. Uusien tuotteiden kehittämisessä on turvallisuuteen ja lainsäädäntöön liittyviä haasteita, joiden selvittämiseen pienillä yrityksillä ei välttämättä ole osaamista eikä resursseja. Myös erilaiset tulkinnot luonnontuotteiden käytöstä esim. elintarvikkeissa voivat aiheuttaa riskejä yritysten toiminnalle. TKI-toiminnalla voidaan tukea uutta innovaatiotoimintaa yrityksissä tutkimalla ja testaamalla eri raaka-aineiden soveltuvuutta uusiin käyttökohteisiin, ja kokoamalla tietoa niistä valmistettävien tuotteiden kehittämistä varten. Tuotteen saaminen ideavaiheesta prototyyppiä on pitkä ja vaativa prosessi, jossa hankkeet voivat parhaimmillaan toimia yritysten tukena, tuottaen tarvittavaa tietoa aiheista, joiden selvittämiseen yritysten omat resurssit eivät riittäisi.

Future Bio-Arctic Design II (F.BAD II) -hankkeeseen koottiin monialainen tiimi asiantuntijoita verkostoineen Luonnonvarakeskuksesta, Lapin ammattikorkeakoulusta ja Lapin yliopistosta. Tiimissä on ollut tekstiilitaiteilijoiden, kemistien, vaatetuksen ja muodin ammattilaisten, insinöörien, luonnonvara-alan asiantuntijoiden, kasvitieteilijöiden ja mikrobiologien lisäksi yrittäjiä luonnontuote-, tekstiili- ja vaatetusaloilta. Hankkeessa on valmistettu kasviuutteita hyödyntäviä tuoteprototyyppejä yhteistyössä yritysten kanssa, ja testattu niiden äly- ja materiaaliominaisuuksia. Yritykset ovat olleet päävastuussa prototyyppien valmistuksesta omien tavoitteidensa mukaisesti, hankkeen tukeksi työskentelyä ja tuottaessa tarvittavaa tietoa. Prototyyppien valmistusprosessissa on hyödynnetty vihreän kemian menetelmiä ja toteuttajaorganisaatioiden elinkeinoelämälle suunnattuja kehittämissympäristöjä. Kehittämisessä on pyritty vähähiilisyteen raaka-aineiden ja materiaalien tehokkaan hyödyntämisen kautta koko tuotanto- ja tuoteketjussa, esimerkiksi käytettävien uutteiden turvallisuuden ja valmistuksen ympäristövaikutuksia arvioimalla. Lisäksi on tuettu tuotteistamista mallintamalla älytekstiilituotteiden tuotantoprosessin edellytyksiä sekä prototyyppien lainsäädännöllistä polkua. Osana prototyyppihin liittyvää tutkimusta on selvitetty kehitettyjen prototyyppien ja niissä käytettyjen raaka-aineiden perusteella tuotekehityksen edellytyksiä sekä tuotteistamisvaiheessa tarvittavia resursseja.

Tämä artikkelikokoelma keskittyy luonnonmukaisten älytekstiilien tuotteistamisvaiheeseen liittyviin haasteisiin ja kehittämistarpeisiin. Tieto on tarkoitettu ensisijaisesti luonnontuotealan käyttöön elinkeinon kehittämistä varten, sekä jatkotoimenpiteiden pohjaksi.

Luonnonkasveista ratkaisuja tekstiilien ekologisempaan käsittelyyn? -artikkelissa esitellään tutkimuskasvit suopursu ja väinönputki, joiden vaikuttaviin aineisiin perustuvien uutteiden potentiaaliin F.BAD II -hankkeessa keskitytään uusien tuotteiden lähteenä. Näistä kasveista, niiden ominaisuuksista ja hyödyntämisestä on jo olemassa aiempaa tutkimustietoa, jota on hyödynnetty. Hankkeessa on lisäksi tehty uutta tutkimusta näiden kasvien uutteisiin liittyen.

Pohjoisen luonnontuoteraaka-ainetuotannon tilannekuva -artikkelissa tiivistetään hankkeessa toteutettujen kyselyiden ja asiantuntijahaastattelujen tuloksia. Vastauksissa korostuu mm. tarve verkostojen kehittämiseen, sekä toimialan rakenteen, arvoketjujen ja teknologioiden merkitys alan kokonaiskehitykseen. Olemassa olevista yhteistoimintakonsepteista saadun tiedon avulla pyritään edistämään tuotantoa ja kehittämään uusia toimintamalleja.

Suopursun ja väinönputken raaka-ainetuotannon edellytykset Lapissa -artikkelissa kuvataan, kuinka luonnonkasvien monipuolista potentiaalia hyödynnetään eri toimialoilla kuten elintarvikkeet, kosmetiikka ja lääkkeet. Kaikessa toiminnassa on kuitenkin yhteistä samantyyppinen alkutuotanto, ja sen ansaintalogiikka, jonka ymmärtäminen on avain alan kehitykselle. Tärkeitä osa-alueita ovat suunnitelmallisuus, verkostoituminen, teknologian edistys ja viljelyosaaminen, jotta tuotanto voi olla laadukasta, kannattavaa, kestävä ja luotettava.

Vihreän kemian uuttomenetelmien nykytila ja kehittämismahdollisuudet Lapissa -artikkelissa tuodaan esille vihreän kemian käsitteiden sekä uutto- ja erotusmenetelmien lisäksi lappilaisten yritysten tämänhetkinen tilannekuva uuttomenetelmien käytöstä ja

jatkojalostamisesta sekä kehittämismahdollisuudet perustuen keväällä 2022 F.BAD II -hankkeessa tehtyyn luonnontuotealan yrityksille suunnatun kyselyn vastauksiin.

Luonnon kasviuutteita sisältävien tekstiilimateriaalien lainsäädäntöpolku - uutteista tuoteprototyypeiksi -artikkeli avaa lyhyesti luonnonkasvien uutteita koskevaa EU-lainsäädäntöä ja sen selkeyttämistarpeita markkinoille vietävien tuotteiden näkökulmasta. Tuotteita kehittävien yritysten on tärkeää tuntee lainsäädäntöä, joka on toimialasidonnaista, monikerroksista ja muuttuvaa. Artikkelissa on tarkasteltu käytännön esimerkkeinä hankkeen prototyyppeihin liittyvää lainsäädäntöä ja tehty ymmärrettäväksi lainsäädäntönäkökulmaa tuotekehitykseen.

Ympäristövaikutusten arviointi suopursun ja väinönputken uutteiden jalostamisesta antibakteeriseksi tekstiilien viimeistelyaineiksi -artikkeli soveltaa elinkaarianalyysimenetelmää (Life Cycle Assessment, LCA) hankkeen esimerkkeihin, suopursu- ja väinönputkiuutteiden valmistuksen kokonaisvaikutusten arvioimiseen. Arvioinnista saatavalla tiedolla voidaan kehittää tuotannon tehokkuutta ja vähentää päästöjä, ja tällaista tietoa yritykset tulevat jatkossa tarvitsemaan entistä enemmän.

Yritysverkoston mallintaminen tuoteprorotyyppien kautta -artikkeli käsittelee kehittämisenäkökulmasta luonnontuotteisiin pohjautuvien arvo- ja tuotantoketjujen toimintaperiaatteita ja kehittämisen edellytyksiä. Yritykset ja niiden muodostamat verkostot ovat avainasemassa toimialan kehittämisessä ja uusien innovaatioiden synnyssä. Lisäksi artikkelissa esitellään hankkeen tutkimus-yritysverkostoissa valmistetut tuoteprototyypit ja niiden valmistuksen aikana esiin tulleet haasteet ja onnistumiset.

Luonnonkasveista ratkaisuja tekstiilien ekologisempaan käsittelyyn?

Niina Mattila, agrologi (YAMK), asiantuntija, Tulevaisuuden biotalous, Lapin ammattikorkeakoulu

Reeta Sipola, agrologi (YAMK), asiantuntija, Tulevaisuuden biotalous, Lapin ammattikorkeakoulu

Anu Tossavainen, TaM, lehtori, Tulevaisuuden biotalous, Lapin ammattikorkeakoulu

Tekstiilien ympäristövaikutuksiin on havahduttu viime vuosina Euroopan Unionissa. Vuonna 2020 tekstiilien vuosittainen keskimääräinen kulutus Euroopassa oli 26 kiloa henkeä kohden, josta noin 11 kiloa päätyy pois heitettäväksi, suurelta osin poltettavaksi tai kaatopaikalle. Euroopan Unioni pyrkii vähentämään tekstiilien ympäristökuormitusta vuonna 2022 julkaistulla tekstiilistrategialla, jonka tavoitteena on muun muassa saada tekstiileistä kestävämpiä, korjattavampia ja kierrätettävämpiä. Tekstiilituotannon tulee olla vastuullisempaa, ottaa huomioon hiili- ja ympäristöjalanjälki sekä vähentää haitallisten aineiden käyttöä. (Euroopan parlamentti 2023.)

Ensimmäisessä Future Bio-Arctic Design (F.BAD) -projektissa (2018–2021) tutkittiin pohjoisen luonnon kasveista yhdisteitä, jotka voisivat korvata tekstiiliteollisuudessa yleisesti käytössä olevia haitallisia ja vaarallisia kemikaaleja. Projektin älysovellutuksissa merkittäviksi mahdollisuuksiksi nousivat kasviuutteiden hyödyntäminen biopohjaisina homeenestoaineina, UV-suojina tai hyönteisten karkotteina. Esimerkiksi hyttysten ja tuholaisten torjuntaan soveltuvia tekstiilejä on jo olemassa, mutta niissä käytetään mm. ympäristölle, kaloille ja vesieliöille erittäin vaarallista perimetriiniä. (Kunnas ym. 2022).

Kirjallisuuskatsauksen ja aiemman TKI-toiminnassa kertyneen tiedon perusteella tutkittaviksi kasvimateriaaleiksi valittiin suopursu, väinönputken juuri, pietaryrtti ja nokkonen, joista uutettiin vesi-, etanoli- ja öljypohjaisia kasviuutteita erilaisilla vihreän kemian tekniikoilla. F.BAD I -hankkeen tutkimustulosten perusteella potentiaalisimmiksi kasviuutteiksi älytekstiilisovelluksiin osoittautuivat suopursun, väinönputken juuren ja pietaryrtin vesihöyrytislätkä eteeriset öljyt sekä ylikriittisellä hiilidioksidilla uutetut uutteen. Niiden pääkomponentit analysoitiin kaasukromatografilla, johon oli liitetty massaspektrometri (GC-MS), ja koostumusten perusteella pystyttiin todentamaan mahdolliset hyönteiskarkotevaikutukset sekä UV-suojaominaisuudet. Lisäksi uutteen antimikrobiset ominaisuudet eli niiden kasvunestovaikutukset valittuja bakteereja, hiivoja ja homeita vastaan analysoitiin. Kaikilla uutteen antimikrobisuusominaisuudet olivat laajakirjoiset, mutta uutespesifiset. (Kunnas ym. 2022).

Kasvien eteeristen öljyjen hyödyntämiseen perustuvien tuotteiden kehittämiseen haasteita aiheuttavat niiden haihtuvuus ja lyhytaikainen vaikutus. Öljyjen tuntu iholla voi myös olla epämiellyttävä tai käyttötarkoitukseen soveltumaton, ja joidenkin öljyjen komponentit voivat

ärsyttää ihoa tai hengitystä. (Paumgarten & Delgado 2016). F.BAD-hankekokonaisuuden ensimmäisessä vaiheessa todettiin tarve jatkotutkimukselle, jossa selvitetään valmistettuja älytekstiiliprototyyppeja ja niiden ominaisuuksia, kuten toksisuutta, kestävyyttä ja ympäristövaikutuksia, uutteiden liittämistä tekstiileihin esimerkiksi mikrokapseloinnilla, sekä tuotteistamista ja kaupallistamismahdollisuuksia. (Kunnas, S. ym. 2022)

Kasveista saatavien uutteiden, uuttomenetelmien ja uutteiden vaikutusten tutkimuksen lisäksi jatkotutkimuksessa nähtiin tarpeelliseksi mallintaa kasvien tuotantoketjut uutteita hyödyntävän yritystoiminnan kehittämiseksi. Tuotantoketjut ja niihin liittyvät toimintatavat eroavat toisistaan viljelykasveilla ja keruukasveilla, ja erot ovat kaupallisen toiminnan kannalta oleellisia. Väinönputki kasvaa Pohjois-Suomessa luonnonvaraisena, mutta kaupallisen hyödyntämisen näkökulmasta se on viljelykasvi. Suopursu taas on koko Suomessa luonnonvaraisena kasvava kasvi, jonka kaupallinen hyödyntäminen perustuu maanomistajan luvalla tehtävään keruutoimintaan. Valitsemalla aiempien tutkimusten perusteella uutosominaisuuksiensa osalta potentiaalisiksi todetut väinönputki ja suopursu saatiin tuotantoketjujen mallintamiseen sekä viljelykasvi että keruukasvi.

Suopursu

Suopursu (*Rhododendron tomentosum*) on yleisesti esiintyvä kasvilaji, joka kuuluu kanervakasvien heimon alppiruusujen sukuun. Aiemmalta tieteelliseltä nimeltä suopursu tunnettiin *Ledum palustre* nimisenä. Happamassa maaperässä viihtyvä suopursu kasvaa rämeillä, rämekorvissa, kalliosoistumissa ja kangasmetsissä. Suopursu kukkii alkukesästä ja kasvi lisääntyy suvullisesti siemenestä ja suvuttomasti vahvan maavarren avulla. Suopursu on myrkyllinen, mutta Myrkytystietokeskuksen mukaan pienen määrän syöminen aiheuttaa harvoin oireita. (Järvelä, Mäki-Kahma-Lahti, 2022.)



Kuva 1. Suopursun kukinto ja uudet vuosikasvut. (Kuva: Anu Tossavainen, 2023)

Suopursun ominaisuus on voimakas, sillä kasvi sisältää kemiallisia yhdisteitä kuten ledolia, palustrolia ja myrseeeniä. Suopursun eteerisestä öljystä on tunnistettu yli 90 yhdistettä. Suopursun keruu on nykypäivänä keskittynyt nuorten versojen keräämiseen, sillä niiden sisältämien haihtuvien öljyjen määrä on 3–4 kertaa suurempi kuin vanhempien versojen. Eeerisen öljyn koostumukseen vaikuttaa myös kasvupaikka. (Järvelä, Mäki-Kahma-Lahti, 2022.)

Suopursun talteenotossa on huomioitava ekologinen kestävyys, sillä suopursu on hitaasti uusiutuva laji. Suomessa uusiutuvuutta ei ole tutkittu, mutta Vienan Karjalasta saatujen tutkimustulosten mukaan suositeltava keruukierto suopursulla olisi noin viisi vuotta. Puuvartisena kasvina suopursu ei kuulu jokaisenoikeuksien piiriin, vaan talteenotto vaatii maanomistajan luvan, etenkin jos suopursusta kerätään uusi vuosikasvu. Keruuta organisoitaessa ekologinen kestävyys huomioidaan kiintiöiden jakamisella eri alueille eri vuosina. Tällöin kasvusto pääsee uusiutumaan rauhassa. Vuosikasvun leikkaamisen jälkeen suopursun vuosikasvu haarautuu eikä näin ollen ole kerättävissä. Riittävän pitkän keruutaun jälkeen alueen suopursujen vuosikasvut ovat jälleen niin suuria, että keruu on taloudellisesti kannattavaa ja kasvusto on palautunut edellisestä leikkaamisesta. (Järvelä, Mäki-Kahma-Lahti, 2022.)

Suopursun viljelyä ei ole tutkittu, mutta kasvilajin viljelyssä voidaan soveltaa alppiruusujen Rhododendron-suvun viljelyä. Suopursu soveltuu hyvin alppiruusujen yhteyteen viljeltäväksi, jolloin siitä tulee tuuheampi kuin luonnossa. Viljelymuotoja voisivat olla viljely turvetuotannosta poistetuilla mailla tai puoliviljely. Elinolosuhteiden muokkaaminen luontaisessa kasvuympäristössä parantaa suopursun satoisuutta. Poistamalla kilpailevaa kasvustoa saadaan suopursu tuuheetumaan ja tuottamaan satoa paremmin. Suomen vajaa miljoona hehtaaria räme- ja nevaajitusta voisivat tarjota mahdollisuuden harjoittaa suopursun puoliviljelyä etenkin, jos suopursu kasvaa alueella luontaisesti. (Mäki-Kahma-Lahti, 2023.) Suopursun talteenottoa harjoitetaan aktiivisesti Oulun 4H-yhdistyksessä. Raaka-aine myydään kansainvälisille markkinoille. Aiemmin suopursua on myös myyty kotimaisille käsityörytäreille.

Väinönputki

Väinönputki (*Angelica archangelica* L.) on monivuotinen kerran kukkiva kasvi, joka kasvaa puronvarsilla, jokirannoilla, lähteiköissä, lehdossa ja tunturialueella. Esiintymisalue on pohjoisessa ja väinönputki on rauhoitettu Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun eteläpuolella. (Luontoportti, 2023.) Lapissa kasvava väinönputken alalaji (*Angelica archangelica* sp. *archangelica*) kasvaa matalampana ja lajin kukintoon muodostuu useampia kukkavarsia kuin esimerkiksi Keski-Euroopassa viljeltyyn lajiin. Väinönputken kukinto on kerrottu pallomainen sarja, jonka kukat ovat kellertävän vihreitä. (Galambosi, 2021.)

Kasvista voidaan käyttää lehtien lisäksi varret, siemenet ja juuri. Kaikki kasvinosat ovat aromaattisia. Öljypitoisuuteen ja öljyn koostumukseen vaikuttavat käytettävä kasvinosa ja kasvupaikka. Öljypitoisuus on suurinta juurissa ja siemenissä. Juuriöljystä on eritelty yli 70

komponenttia, joista tärkeimmät ovat α - ja β -pineeni, sabineni ja β -felandreeni. (Galambosi, 2021.)

Väinönputki ei ole uuselintarvike, joten sen kaupallinen käyttö on sallittua elintarvikkeeksi. Käyttö ei saa kuitenkaan perustua lääkinnällisiin vaikutuksiin, sillä väinönputki on Fimean lääkeluettelon rohdoskasvi. Elintarvikekäytössä väinönputki on luokiteltu myrkylliseksi, mutta pienten määrien syönte ei aiheuta oireita. Talteenotossa tulee huomioida kasvin fototoksisuus, joka voi aiheuttaa vaikeita iho-oireita. (Arktiset Aromit ry., 2023.)



Kuva 2. Luonnossa kasvava väinönputki (Kuva: Anu Tossavainen 2023).

Kaupalliseen tarkoitukseen väinönputkea on viljelty Euroopassa pinta-alallisesti eniten Ranskassa, Englannissa, Hollannissa ja Saksassa. Kasvia käytetään erityisesti alkoholi- ja parfyymiteollisuudessa. Suomessa väinönputken viljelyä harjoittavat yritykset, jotka käyttävät kasvia omista tuotteistaan. Kannattavuuden ja kestävyuden näkökulmasta tarkasteltuna väinönputki on yksi luonnonkasveista, jonka alkutuotanto kannattaa perustaa viljelyyn. Viljelyyn voidaan valita kannat, joissa pitoisuudet ovat korkeat. Tutkimusten mukaan lappilaisten väinönputkien öljyissä on enemmän laatua parantavia yhdisteitä (β -felandreeni, pentadekanolidi) ja vähemmän laatua heikentäviä yhdisteitä (α - ja β -pineeni, limoneeni) kuin keskieuropalaisissa kannoissa. (Galambosi, 2018.)

Väinönputken viljelykokeissa on saavutettu keskieuropalaisen satotason luokkaa olevia hehtaarimääriä. Juurten satomäärät vaihtelivat 15 000 - 20 000 kg/ha ja erityisen huomattavaa on juuriöljyn laatua parantavien yhdisteiden määrän vaihtelu kannoittain. Viljelytutkimukset toteutettiin tavanomaisella maatilatalouden konekannalla, joten väinönputken viljely ei vaadi erikoislaitteita. (Galambosi, Hannukkala, Peltola, Väisänen, 2014.) Väinönputken alkutuotannon kannattaa perustua viljelyyn luonnosta kerättävän raaka-aineen sijaan. Valitsemalla viljelyyn pitoisuuksiltaan parhaimman kannan, saadaan vaikuttavien aineiden määrää raaka-aineessa optimoitua. Viljelyn avulla säästetään talteenoton

kustannuksia luonnosta kerättäessä ja huolehditaan lajin ekologisesta kestävydestä. Tällä hetkellä väinönputkea viljellään yritysten omiin tarpeisiin joko omana viljelynä tai sopimusviljelynä. Kiinnostusta viljelyn lisäämiseen on, mikäli ostajia raaka-aineelle on.

Lähteet

Arktiset Aromit ry. 2023. Viitattu 25.5.2023.

<https://www.arktisetaromit.fi/fi/yrtit/luonnonyrtit/vainonputki/>.

Paumgarten, F.J.R. & Delgado, I.F. 2016. Mosquito repellents, effectiveness in preventing diseases and safety during pregnancy. *Vigil. Sanit. Debate* 4(2): 97–104.

Galambosi B. 2021. Yrttien viljely. 2. uudistettu painos. Helsinki: Opetushallitus.

Galambosi B., Hannukkala A., Peltola R., Väisänen J. 2014. Nro 30 2014: Maataloustieteen päivät 2014. Pohjoista laatua erikoiskasveilla. Viitattu 24.5.2023.

<https://doi.org/10.33354/smst.75329>

Järvelä M-L., Mäki-Kahma-Lahti M. 2022. Suopursu Talteenotto-ohjeistus ja laatuvaatimukset. Viitattu 24.5.2023 <https://www.arktisetaromit.fi/binary/file/-/fid/5108>.

Kunnas, S., Sipola, R. Nuutinen, A., Korpinen, R., Jääskeläinen, R., Yliniva, J., Napari, E., Välimaa, A., Liimatainen, J., Laurila, M., Sääsä, S., Mört, M., Kempainen, V. & Pietarinen, H. 2022. Future Bio-Arctic Design – luonnonmukainen älytekstiili Loppuraportti. Luonnonvarakeskus. 2022.

Luontoportti 2023. Väinönputki. Viitattu 17.5.2023.

<https://luontoportti.com/t/1566/vainonputki>.

Mäki-Kahma-Lahti M. 2023. Suopursun viljely. Viitattu 17.5.2023.

<https://www.arktisetaromit.fi/binary/file/-/fid/5106>

Euroopan parlamentti 2023. Tekstiilituotannon ja -jätteen vaikutus ympäristöön, ajankohtaista. Viitattu 25.9.2023. [Tekstiilituotannon ja -jätteen vaikutus ympäristöön | Ajankohtaista | Euroopan parlamentti \(europa.eu\)](https://www.europa.eu/ajankohtaista/tekstiilituotannon-ja-jatteen-vaikutus-ymparistoon)

Pohjoisen luonnontuoteraaka-ainetuotannon tilannekuva

Niina Mattila, agrologi (YAMK), asiantuntija, Tulevaisuuden biotalous, Lapin ammattikorkeakoulu

Anu Tossavainen, TaM, lehtori, Tulevaisuuden biotalous, Lapin ammattikorkeakoulu

Johdanto

Taloudellisesti tarkasteltuna merkittävimpiä luonnontuotteita Suomessa ovat marjat, joista puolukka, mustikka ja hilla tuottavat selvästi suurimman osan poimintatuloista. Muita kaupallisesti merkittäviä luonnontuotteita ovat muutamat sienet kuten herkkutatti, tietyt rouskut, keltavahvero, suppilovahvero ja korvasieni. Sekä marjoja että sieniä myydään myös ulkomaille, ja niiden osalta on jo pitkään kehitetty keruuta sekä osto- ja välitystoimintaa. Luonnonkasvien ja erikoisluonnontuotteiden, kuten petun, mahlan, männynkuoren, pihkan ja pakurin osuus luonnontuotealan markkinoista on pieni, mutta sillä olisi potentiaalia kasvaa. (Kinnunen ym. 2014. 12–19, 31–35) Luonnontuotealan toimialaraportin (Wacklin 2022. 34) mukaan suuri osa Suomessa myytävistä yrttikasvituotteista tuodaan Keski-Euroopasta.

Luonnonkasveja ja erikoisluonnontuotteita voidaan hyödyntää moniin eri käyttötarkoituksiin, kuten elintarvikkeisiin, juomiin, mausteisiin, lääkkeisiin, rohdoksiin, kosmetiikkaan, hyvinvointituotteisiin ja käsityöalalle. Kasvivalikoima on laaja, ja erilaisin menetelmin niistä voidaan mm. uuttaa monia ainesosia. Markkinoilla on potentiaalia esimerkiksi terveysjuomilla, marjatuotteilla, funktionaalisilla elintarvikkeilla ja kasvi proteiineilla. (Wacklin 2022, 34, 41)

Pohjoisessa Suomessa luonnonraaka-aineiden talteenotto on kuulunut perinteisesti marjanostotoiminnan pariin, mutta vuosien aikana kasviraaka-aineiden talteenotto ja ostotoiminta on lisääntynyt. Muutamia hyviä esimerkkejä löytyy verkostomaisesta yhteistyöstä, mutta toimijoiden yhteistyötä halutaan niin alkutuotannossa kuin jalostustoiminnassakin kehittää yhä edelleen.

Pohjoisen luonnon kasveja on tutkittu EAKR-rahoitteisessa Future Bio-Arctic Desing (F.BAD) -projektikonaisuudessa, tavoitteena löytää kasveista saataville uutteille uusia käyttökohteita. Kasveista on tutkittu yhdisteitä, jotka voisivat korvata nykyisin käytettyjä haitallisia ja vaarallisia kemikaaleja mm. tekstiiliteollisuudessa. Esimerkiksi väinönputken ja suopursun kasviuutteista on löydetty potentiaalisia luonnonmukaisia homeenestoaineita, UV-suojia tai hyönteisten karkottajia. Projektin toisessa osassa (F.BAD II) jatkettiin erityisesti väinönputkeen ja suopursuun liittyvää tuotteistamista sekä selvitettiin luonnontuotteiden raaka-ainesaatavuuden ja -jalostuksen edellytyksiä. Luonnontuoteraaka-aineiden saatavuus ja raaka-ainetuotannon kehittäminen nousevat tärkeään rooliin, mikäli uusia käyttömahdollisuuksia löydetään.

FBAD II -hankkeessa toteutettiin kaksi luonnontuotteiden raaka-ainesaatavuuteen liittyvää kyselyä, sekä asiantuntijahaastatteluita luonnontuotealan toimijoille. Ensimmäinen kysely toteutettiin syksyllä 2021. Tällöin kysely oli suunnattu kaikille luonnontuotetoimijoille

valtakunnallisesti, mutta kyselyyn vastasivat enimmäkseen pohjoissuomalaiset yrittäjät. Toisen vaiheen kyselyssä selvitettiin tarkemmin mikroyritysten näkemyksiä väinönputken ja suopursun tuotantoon ja jalostukseen sekä yritysten verkostoitumiseen liittyen. Toisen vaiheen kysely kohdentui ensimmäistä kyselyä enemmän Lapin toimijoihin. Kyselyissä esiinnousseita asioita täydennettiin asiantuntijahaastatteluilla, joihin osallistui Pohjois-Suomessa toimivia luonnontuotteiden raaka-ainetuotannon toimijoita sekä alan hanketoimijoita.

Luonnontuotetoimijoiden näkemyksiä väinönputken ja suopursun raaka-ainetuotannosta

Luonnontuotealan alkutuotantoyrityksiä on Lapissa vähän. Yritykset, jotka käyttävät luonnontuotteita tuotteissaan yrittävät turvata tuotantoaan omilla alkutuotannon verkostoilla. Alueellisia, raaka-ainetuotantoon keskittyviä keruuverkostoja toimii jonkin verran. Esimerkiksi Oulun seudulla 4H-yhdistyksen keruuverkoston kautta on mahdollista tuottaa suuriakin määriä raaka-aineita. Myös Sallan 4H-yhdistys toimittaa jonkin verran keruutuoteraaka-aineita oman keruuverkostonsa kautta. Muutoin 4H-yhdistysten toiminta luonnontuotteiden välittäjänä on monin paikoin hiipunut.

Väinönputken osalta yrittäjien viljelyalat ovat pääsääntöisesti pieniä, vain yhden kyselyyn vastanneen yrittäjän viljelyala ylitti kymmenen aaria. Suurimmalla osalla vastanneista vuotuinen tuotantomäärä jäi alle 50 kg. Väinönputken eri osia hyödynnetään yrityksissä monipuolisesti, useimmiten hyödynnettävät osat ovat juuri, siemenet ja lehti. Väinönputkea jalostetaan tuore- ja pakastetuotteiden lisäksi kuivaamalla, uuttamalla sekä jalostamalla siitä elintarvikkeita. Väinönputken kysynnän kasvaessa yrityksillä olisi kuitenkin kiinnostusta lisätä väinönputken viljelyä.

Suopursun osalta tuotanto oli kyselyyn vastanneiden keskuudessa vähäistä. Suopursu ehkä mielletään enemmän vielä vientiraaka-aineeksi, eikä sen jalostaminen ole yleistä. Oulunseudun 4H-yhdistys on suurin Pohjois-Suomessa suopursua välittävä toimija, jolla on kattava suopursun keruuverkosto. Parhaimmillaan Oulunseudulta on toimitettu suopursua vientiin 1400 kg vuodessa.

Verkostot ja kehittämistarpeet

Toimijoiden väliselle yhteistyölle koetaan olevan yrittäjien mielestä tarvetta. Esimerkiksi olemassa olevien tilojen hyödyntäminen tai yhteistilat ja -laitteet voisivat tuoda kustannussäästöä yrittäjille. Verkostojen kehittäminen ja synnyttäminen olisi tarpeen, mutta verkostot tulisi saada luotua toimiviksi. Verkostoitumisesta tulisi saada konkreettista hyötyä eri osapuolille.

Tarvittaessa verkostojen tulisi ulottua maakuntarajojen yli, joskin alueellisilla, erikoistuneilla pienempien alueiden verkostoilla voitaisiin saada kohdennettua hyötyä yhteistyöstä. Paikallisuuden ja kestävyysasioiden esiin nostaminen voisi tuoda tuotteille lisäarvoa. Maantieteellisesti eri alueilla toimittaessa verkosto voisi tarjota hyötyä esim. keruukasvien tuotantoajan pidentymisellä eri alueiden välillä. Uuttajia tarvittaisiin mukaan ketjuun, jotta jalostusastetta saataisiin nostettua.

Verkostot nähdään eduksi raaka-ainehankinnoissa ja esimerkiksi pakkausmateriaalihankinnoissa. Alueella tiedostetaan, että "kun alamma porukalla tekemään toimia, saamme volyymin". Kuitenkin myös jo luonnontuotealalla toimivat yrittäjät kaipaisivat lisää yrittäjiä kentälle. Yrittäjillä olisi tarvetta löytää verkostoja ympärilleen, niin ettei yhden yrityksen tai yrittäjän tarvitse tehdä itse kaikkea. Yrittäjän työsarkaa tulisi saada jaettua toisille yrittäjille, sillä tällä hetkellä jokainen yritys tekee yleensä kaikki vaiheet itse.

Kyselyihin vastanneiden yritysten verkostoituminen muiden toimijoiden kanssa oli vähäistä, vain kolmasosa vastaajista kertoi olevansa mukana jossain yhteistyöverkostoissa. Yrityksillä olisi kuitenkin kiinnostusta liittyä valmiiseen tuotantoverkostoon väinönputken tai suopursun osalta. Yrittäjät olisivat myös itse kiinnostuneita rakentamaan ja kehittämään väinönputken tai suopursun tuotantoon liittyvää verkostoa omalla toiminta-alueellaan.

Kyselyissä ja haastatteluissa selvitettiin myös yritysten näkemyksiä tarvittavista kehittämistoimenpiteistä, jotta raaka-ainetuotanto saataisiin toimivammaksi. Tärkeimmäksi kehittämistarpeeksi koettiin tarve saada tietoa raaka-aineiden tai tuotteiden käyttäjien tarpeista sekä löytää suoria kontakteja raaka-aineiden käyttäjiin. Muna-kana-ilmiö tunnistettiin myös tässä kyselyssä eli tarjonta ja kysyntä olisi saatava kohtaamaan toisensa. Jalostajilla ja välittäjillä on olemassa kiinnostusta luonnontuoteraaka-aineisiin, mutta yrityksillä on vaikeuksia saada riittävästi raaka-aineita tuotantoon. Kysyntää luonnontuotteille olisi olemassa, mutta se ei kohtaa tarjontaa. Suuremman mittakaavan tuotteistamiseen tai jalostamiseen ei riitä pieni tuotannon lisääminen, vaan tuotantoa tulisi saada kasvatettua merkittävästi nykyiseen verrattuna.

Raaka-ainetuotannon hintatasoa pidettiin riittämättömänä, ja hintatasoa parantavia toimenpiteitä kaivattiin. Laadun esiintuominen ja brändäys nähtiin kehittämistoimenpiteenä, joka voi vaikuttaa hintatasoon. Toisaalta suomalaisia tuotantokustannuksia pidettiin korkeina suhteessa muualla tuotettuihin tuotteisiin. Yrityksillä on kuitenkin kyselyn perusteella kiinnostusta kehittää luonnontuoteraaka-aineisiin liittyvää toimintaansa. Yritykset ovat kiinnostuneita hyödyntämään toiminnassaan mm. erilaisia luonnontuotteiden erotusmenetelmiä raaka-aineen jalostusasteen nostamiseksi. Useampi yritys oli suunnittelemassa investointia erotuslaitteistoihin lähitulevaisuudessa.

Asiantuntijahaastatteluissa nousi voimakkaasti esiin se, että luonnontuotteiden, ja erityisesti keruutuotteiden osalta Lapissa ei ole olemassa valmiita raaka-aineketjuja tai ne ovat pieniä. Kehitettävää todettiin olevan mm. keruuraaka-aineiden vastaanottopisteiden toiminnassa. Myös varastoinnin kehittämisen tarve nousi esiin yrittäjien vastauksissa.

Luonnontuotteiden raaka-ainesaatavuuden yhtenä haasteena nähdään teknologisen kehityksen puute. Raaka-ainehankinnassa tehdään liikaa käsin, ja useimmiten naisten tekemänä. Luonnontuotteiden alkutuotantoon kaivataan lisää yritystoimintaa ja kehittyneempiä tekniikoita.

Viljeltyjen luonnontuotteiden raaka-aineviljelyyn uskotaan alueelta löytyvän osaamista. Pienyrittäjien mukaan tiettyyn pisteeseen asti omavarainen raaka-ainetuotanto on mahdollista, mutta tuotantomäärien kasvaessa tarvitaan kuitenkin myös suurempia raaka-

ainemääriä. Yleisesti uskotaan, että Lapissa olisi edellytyksiä kasvattaa tuotantomääriä huomattavastikin viljeltyjen luonnontuotteiden, mm. väinönputken osalta. Myös perinteisten keruutuotteiden osalta kannattaisi ehkä selvittää viljelyn tai puoliviljelyn mahdollisuuksia raaka-ainesaatavuuden parantamiseksi.

Yleisesti nähdään, että luonnontuotealan tuotannollisen toiminnan kehittäminen on jäänyt Lapissa viime vuosina tekemättä. Lapissa ei ole vastuuorganisaatiota tai ”veturia”, ja raaka-aineketjujen kehittäminen vaatisi pitkäjänteistä polkua verkostojen rakentamiseen. Kehittämistyön tulisi kuitenkin olla kohdennettua, niin että keskityttäisiin johonkin oleelliseen eikä ”ammuttaisi haulikolla miten sattuu”.

Luonnontuotteiden arvoketjuun liittyvä kehittäminen Lapissa

Lapin elintarvikeohjelmassa (Lapin liitto 2017) on tunnistettu vastaavia heikkouksia kuin mitä haastatteluissa nousi esiin. Jalostuksen, yhteistyön ja luonnonraaka-aineiden toimittajien vähäisyys sekä puutteellinen logistiikka koettiin myös tuolloin heikkoutena. Toisaalta puhdas luonto, luomukeruun mahdollisuudet sekä käyttämätön raaka-aine- ja tuotantopotentiaali ovat Lapin vahvuuksia, joita tulisi hyödyntää entistä paremmin.

Luonnontuotteiden osalta laadunvarmistus on nostettu esiin elintarvikeohjelman toimenpiteenä: ”Laadunvarmistus on luonnontuotteissa äärimmäisen tärkeää. Luonnon keruutuotteiden heterogeenisyys aiheuttaa tähän haasteita. Standardilaatu tulee rakentaa toimijoiden verkoston sisälle niin, että laadun taso on selvä koko tuotantoketjussa raaka-aineesta lopputuotteeksi ja toimitilojen kunnossapidossa. Tuotteiden käsittelyssä on noudatettava erityisen tarkkaan tuotteille asetettuja käsittelyvaatimuksia ja varmistettava, että lopputuotteet ovat laadukkaita ja keskenään samankaltaisia. Keruutuotteiden tasalaatuisuus tulee kyetä kuvaamaan prosessimuodossa sitä, että muutkin voivat hyödyntää samaa prosessia. Tämä varmistetaan myös siten, että keruupisteissä tuotteista tehdään valikoinnin ja mahdollisen muun käsittelyn avulla tasalaatuisia.” (Lapin liitto 2017)

EAKR-rahoitteisessa Arctic Fingerprint -hankkeessa on kehitetty lappilaisten luonnontuotteiden laadunmäärittämiseen menetelmiä, joilla yritykset voivat itse määrittää raaka-aineensa ja tuotteensa laatutasoa, ja huomioida sen tuotantoprosesseissaan. Hankkeessa valmistunut laatuopas luonnontuotealalle tukee myös yritysten laatutyötä. (Kunnas ym. 2021)

Yhtenä toimenpiteenä Lapin elintarvikeohjelmassa on Lapin alueelle raaka-ainesaatavuuden mukaisesti hajautettujen elintarviketalojen verkosto. *Elintarviketaloverkosto* koostuu raaka-aineiden jalostuspisteinä toimivien elintarviketalojen lisäksi kunnittain hajautetuista raaka-aineiden vastaanotto- ja varastointipisteistä. (Lapin liitto 2017).

Elintarviketalo

- Sähköinen verkko ja Internet-yhteys talojen välille
- Verkoston jäsenet viestivät keskenään
- Hyvä logistinen suunnittelu takaa tuotteiden nopean toimituksen tilaajille
- Elintarviketalot hajautettu Lapin alueelle raaka-ainesaatavuuden mukaisesti



Elintarviketalo

- Elintarvikkeen jalostus
- Maataloustuotteet, maito, liha
- Keruutuotteet, marjat, yrtit
- Juurekset
- Kala, liha



Toimijat

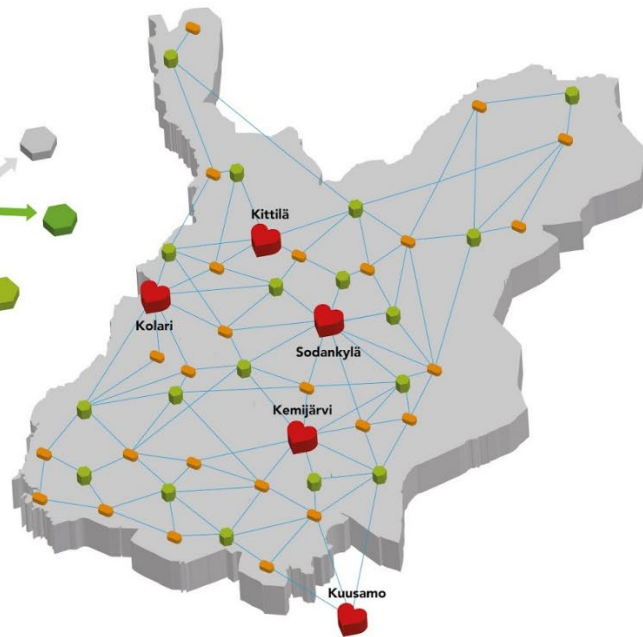
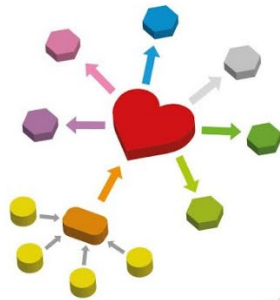
- Jalostaja
- Kehittäjä
- Markkinointi
- Myynti
- Vienti
- Matkailu

Vastaanottopiste

- Varastointi

Raaka-aine

- Kerääjä
- Kasvattaja
- Viljelijä
- Toimittaja



Kuva 1. Lapin elintarviketalo -konsepti (Lapin liitto)

Yksi näistä elintarviketalo-pisteistä on Kemijärven yhteiskäyttötila. Kemijärven kaupungin kehitysyritys tarjoaa yrittäjille vuokrattavaa keittiötilaa laitteineen. Kemijärvellä on vuokrapaikat neljälle yrittäjälle, ja tila soveltuu hyvin luonnontuotteiden jalostamiseen ja varastointiin. Tällä hetkellä tiloja käyttää säännöllisesti kaksi yritystä. Yhteiskäyttötilassa yrittäjät saavat jaettua tila- ja laitekustannuksia, mikä tuo säästöä verrattuna omissa tiloissa toimimiseen.

Lapin ammattikorkeakoululle Rovaniemelle on valmistunut syksyllä 2022 *biolaboratorio*-tilat luonnontuotteiden käsittelyyn ja tuotekehitykseen sekä puuraaka-aineen hyödyntämiseen. Lapiin korkeakoulukonsernin yhteistä Biolaboratoriota hyödynnetään opetus-, tuotekehitystutkimus- ja hanketoiminnassa, ja tilat ovat vuokrattavissa myös yrityksille tuotekehityskäyttöön. (Ks. biolabran esittely: <https://my.matterport.com/show/?m=q3pzCGN212n>). Biolabra voi toimia fyysisenä tilana yrittäjien osaamisen lisäämiseen esimerkiksi luonnontuotteiden jalostusasteen nostamisessa.

Luonnontuotteiden jatkojalostuksen paikallista lisäämistä pidetään myös Lapin elintarvikeohjelmassa tärkeänä. ” Luonnontuotteita koskevan maakunnallisen lisäarvon selkeä nosto edellyttää voimakasta paikallisen jalostustoiminnan kasvua, jotta voimme tuottaa puhtaista luonnontuotteista lappilaisia luksustuotteita.” (Lapin liitto 2017)

Kolarissa on luotu Lapin liiton rahoittamalla EAKR-hankkeella luonnontuotealan kehittämiseksi ”*Kiihdyttämö-konsepti*”. Kiihdyttämön toimintaympäristö muodostuu keruuverkostosta, luonnontuotealan kasvukoordinaattorista sekä fyysisestä luonnontuoteterminaalista. Keruuverkoston avulla luonnontuotteiden keruusta saadaan koordinoitua ja ammattimaista, ja sen avulla pystytään paremmin turvaamaan ympärivuotista

raaka-ainesaatavuutta. Kiihdyttämö -mallissa luonnontuotealan toimijoiden tukena on luonnontuotealan kasvukoordinaattori, joka toimii Tunturi-Lapin luonnontuotealan koordinoijana ja edunvalvojana. Fyysinen luonnontuoteterminaali puolestaan toimisi luonnontuoteraaka-aineiden vastaanotto- ja varastointipisteenä. (Kolarin kunta 2021, Kolarin kunta 2022)

Länsi-Lapissa on jatkettu Kiihdyttämö-hankkeen jälkeen luonnontuotealan kehittämistä Luonnontuotealan kasvukoordinaattori-hankkeella, jonka päätavoitteena on luoda Länsi-Lappiin elinvoimainen luonnontuotealan osaamiskeskittymä: verkosto, joka kehittää ja kasvattaa alueen luonnontuotealan osaamista ja liiketoimintaa monialaisesti. Hankkeessa keskitytään erityisesti verkostojen luomiseen niin, että verkoston toiminta kattaa metsästä kerättävien luonnontuotteiden keruun ja jalostuksen lisäksi poro- ja kalatalouden tuotekehityksen sekä lähi- ja likiruokaketjujen kehittämisen. (Kolarin kunta 2021, Kolarin kunta 2022).

Esimerkkejä luonnontuotealan alkutuotannosta

Keruutuotteista suopursun raaka-ainesaatavuuden osalta hyvänä esimerkkinä toimii Oulunseudun 4H-yhdistys. Luonnontuotteiden keruutoimintaa on Oulun seudulla tehty jo pitkään, ja tärkeimpiä keruukasveja ovat kuusenkerkkä, suopursu ja kihokki. Eri kasvien keruu ajoittuu eri aikoihin, kuusenkerkkää kerätään alkukesällä, suopursua ja kihokkia heinäkuussa. Tarvittaessa myös muita raaka-aineita kerätään pienempiä määriä. Eri ajankohtiin ajoittuvien kasvien keruu mahdollistaa keruuverkoston kerääjien toiminnan jatkumisen pidemmälle ajalle.

Oulunseudun 4H -yhdistyksellä on keruuverkostossaan noin sata aktiivista poimijaa. Yhdistys ei vaadi, että poimijan tulisi kuulua poimijarekisteriin, vaan vastaanotettavien luonnontuotteiden laatu merkitsee enemmän. Oulun seudulla on järjestetty koulutustilaisuuksia poimijoille sekä koulutustilaisuuksien lisäksi nettisivuilta on saatavilla tallenteita koulutuksista. Keruutuotteiden laatua pyritään varmistamaan maksamalla poimijoille kasveista hyvä hinta. Olemassa olevan keruuverkoston kautta Oulunseudulta pystyttäisiin toimittamaan suuriakin määriä keruutuotteita, jos ostajia olisi tiedossa.

Suopursua toimitetaan Oulunseudulta tuoreena ulkomaille, jossa sitä käytetään elintarvike- ja lääketeollisuuteen. Suopursusta kerätään uusi kasvusto, ei varpua, kukkaa eikä edellisen vuoden kasvustoa. Suopursu on hyvin herkkä lämpötilan vaihteluille, ja kuljetukset ovatkin haasteena helposti pilaantuvan raaka-aineen kanssa. Joka vuosi on joku keruuerä saattanut pilaantua. Pilaantumisriskin pienentämiseksi yhdistyksellä on vakuutus luonnontuotetoiminnalle. Erityisesti lämpötilan vaihteluille herkkät kasvit ovat kuljetuksen lisäksi myös haastavia varastoitavia. Suurille erille kuivaaminen tai pakastaminen on ainoa käsittelyvaihtoehto.

Yksi suopursun toimituserä on Oulun seudun 4H-yhdistyksellä kooltaan 200–300 kg. Suopursun tuotantomäärä on ollut viime vuosina 500 kg vuodessa, aiemmin on toimitettu myös 1400 kg määriä. Suopursun toimitusmäärää olisi helppo lisätä, sillä yhteistyötä tehdään tarvittaessa muiden lähialueen 4H-yhdistysten kanssa, joita on yhteensä kaksikymmentä eri yhdistystä.

Vaikka toimijana on 4H-yhdistys, on luonnontuotetoiminta liiketoimintaa samalla tavalla kuin yritystoimijoillakin. 4H-yhdistyksen vahvuutena on toiminnan taustalla oleva nuorisjärjestö, ja luonnontuotteiden kautta pystytään tarjoamaan nuorille töitä ja tavoitetaan verkostoa keruuseen. Keruu ja välitystoiminnalle uskotaan olevan Oulun seudulla jatkuvuutta. Keruu on perheiden yhteistä tekemistä, johon osallistuu nuorison lisäksi mummot. Korona on lisännyt kiinnostusta luonnontuotteisiin ja keruuseen. Kerääjäverkostossa kerääjät hankkivat itse keruualueet, mutta Metsänhoitoyhdistys voi olla apuna kartoittamassa yhteyksiä maanomistajien suuntaan. Yleensä maanomistajat ovat suhtautuneet kihokin ja suopursun keruuseen myönteisesti.

Oulun 4H-yhdistyksen vastaanottoasemalla vastaanotetaan myös luomuraaka-aineita. Kuusenkerkäästä osa kerätään luomuna, mutta suopursu ja kihokki eivät ole luomua. Toimijoiden mukaan raaka-aineiden ostajat ymmärtävät myös ilman sertifikaattia, että luonnontuotteet ovat täällä puhtaampia kuin Euroopassa.

Viljelykasvien osalta alkutuotannon yhteistyöverkostossa toimii useampi viljelijä, jotka kasvattavat sopimusviljelynä esimerkiksi väinönputkea jalostajayritykselle. Viljelijäverkosto voi ulottua eri puolille Lappia tai jopa maakunnan ulkopuolelle. Alkuvaiheen käsittely (lajittelu, pesu tms.) tehdään usein viljelijäyrittäjän toimesta. Eri alueille hajautetulla viljelyverkostolla pystytään pidentämään luonnontuotteiden sadonkorjuukautta, ja varmistamaan kuivurikapasiteetin riittävyttä. Kuivurikapasiteettia voi olla joko hajautettuna pienempinä kuivausyksiköinä lähellä viljelyksiä, tai vaihtoehtoisesti raaka-aineet kylmä-/pakastesäilytetään, ja kuljetetaan suurempaan kuivausyksikköön kuivattavaksi.

Kokemusta luonnontuotealan puolijalosteiden ja jalosteiden verkostomaisesta tuotannosta

Lapissa on toteutettu luonnontuotteiden puolijalosteiden ja jalosteiden valmistusta yritysverkostojen yhteistyönä. Yrittäjien yhteistyöllä pystytään vastaamaan isoonkin tilaukseen. Yhteistyön onnistumiseksi verkostotoiminta edellyttää selkeää työnjakoa ja yhteisiä pelisääntöjä, joihin kaikki toimijat sitoutuvat. Valmistettavan tuotteen on vastattava laadultaan toisiaan tekijästä riippumatta, joten tuotteen valmistusprosessin on oltava eri yrityksissä yhteneväinen. Alueellisesti verkoston jalostustoiminta voi sijoittua eri paikkakunnille. Jokainen verkoston yritys on itsenäinen toimija, joka vastaa tuotteen valmistuksesta, etiketöinnistä, pakkauksesta, lähettämisestä ja laskutuksesta. Työn tilaajayritys voi toimittaa raaka-aineet ja pakkausmateriaalit jalostajille.

Vaihtoehtoisesti puolijalosteiden, esimerkiksi yrttiutosten valmistus voidaan hajauttaa lähelle raaka-ainesaatavuutta. Tuotteen kasviraaka-aineet kerätään ja valmistetaan puolijalosteeksi lähellä toimijoita. Raaka-aineen sijaan ostajayritykselle toimitetaan valmis yrttiutosto. Myös tässä toimintamallissa etuina ovat toimitusvarmuus ja tuotannon tasalaatuisuus.

Esimerkki yritysten jalostusta ja tuotekehitystä tukevasta tutkimuksesta

Arctic Warriors Oy viljelee väinönputkea ja tuottaa tällä hetkellä väinönputken juuresta yrttishotteja ja -eliksiirejä, ja mm. Luken toteuttamien EAKR-rahoitteisten hankkeiden kautta on kehitetty yrttien prosessointia ja laadunvarmistusta. Arctic FingerPrint-hankkeessa tutkittiin väinönputken hyödyntämistä, prosessointia ja laatua yrityksen jo olemassa oleviin tuotekategorioihin, joten aiempaa tutkimusta ja tuloksia pystyttiin hyödyntämään F.BAD II -hankkeessa esimerkiksi väinönputken juuren esikäsittelyn ja kuivaustavan valinnassa, joka mahdollisti hankkeelle mahdollisimman laadukkaan ja öljy-yhdistepitoisen raaka-aineen uuttoja varten. (Kunnas ym. 2021; Kunnas ym., 2020)

F.BAD-hankkeen tutkimuksen perusteella valittiin paras vaihtoehto väinönputken juuren öljy-yhdisteiden uuttotekniikalle laadun ja saannon suhteen. (Kunnas ym. 2022; Korpinen ym. 2021) Tätä hyödynnettiin edelleen F.BAD II -hankkeessa, jossa väinönputken juuren öljyutteen potentiaalia tutkittiin uusiin tuotekategorioihin, kuten antibakteerisena aineena tekstiilituotteisiin ja nahanhoitoaineeksi. Lisäksi uutteen on mahdollista tehdä myös muita tuoteapplikaatioita tutkimustulosten perusteella. (Kunnas ym. 2023)

Lähteet

Kinnunen, J., Niemi, S. & Rutanen, J. Raaka-ainetuotanto luonnontuotealalla: nykytila ja mahdollisuudet. 2014. Helsingin yliopisto Ruralia-instituutti.

<http://hdl.handle.net/10138/229339>

Kolarin kunta. 2021. Kiihdyttämö-konseptin toteutettavuus -hankkeen loppuraportti.

Kolarin kunta. 2022. Luonnontuotealan kasvukoordinaattori -hanke

<https://www.kolari.fi/fi/palvelut/tyo-ja-elinkeinot/kehittaminen-ja-hankkeet/lahiruoka-ja-luonnontuoteala/luonnontuotealan-kasvukoordinaattori.html>

Kunnas, S., Misikangas, K., Liimatainen, J., Mäki, M., Pihlava, J.-M., Korkalo, P., Hietaniemi, V. & Sarjala, T. 2021. Arctic FingerPrint – Laatusormenjälki arktiselle luonnon raaka-aineelle: Loppuraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 79/2021. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 59 s.

Kunnas, S., Liimatainen, J., Mäki, M., Pihlava, J.-M. & Hietaniemi, V. 2020. Laatua ja laadunhallintaa luonnontuotealalle. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 96/2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 48 s.

Kunnas, S., Sipola, R., Nuutinen, A., Korpinen, R., Jääskeläinen, R., Yliniva, J.-L., Napari, E., Välimaa, A.-L., Liimatainen, J., Laurila, M., Sääski, 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.

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.
<https://doi.org/10.3390/molecules26237121>.

Kunnas, S., Tienaho, J., Holmbom, T., Sutela, S., Liimatainen, J., Kaipanen, K., Jääskeläinen, R., Sääski, S., Korpinen, R. I. Antimicrobial treatments with chitosan microencapsulated Angelica (*Angelica archangelica*) and Marsh Labrador Tea (*Rhododendron tomentosum*) supercritical CO₂ extracts in linen-cotton jacquard woven textiles. *ACS Omega* 2023, submitted.

Lapin elintarviketalo 2023. Lapin elintarviketalon konsepti
<http://biotalousuutiset.blogspot.com/2017/12/elintarviketalon-konsepti-on-julkaistu.html>
Viitattu 10.8.2023.

Lapin Liitto. 2017. Lapin elintarvikeohjelma. <https://www.lapinliitto.fi/wp-content/uploads/2021/03/Lapin-elintarvikeohjelma-2017.pdf> Viitattu 10.8.2023.

Wacklin, Sirkku 2022. Arvoketjuja vahvistamalla volyymia luonnontuotealalle. TEM toimialaraportit 2022:5. Työ- ja elinkeinoministeriö. Helsinki 2022.
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-985-8>

Suopursun ja väinönputken raaka-ainetuotannon edellytykset Lapissa

Niina Mattila, agrologi (YAMK), asiantuntija, Tulevaisuuden biotalous, Lapin ammattikorkeakoulu

Anu Tossavainen, TaM, lehtori, Tulevaisuuden biotalous, Lapin ammattikorkeakoulu

Vaikka pohjoisen luonto tarjoaa luonnontuotteiden tuottamiselle ensiluokkaiset puitteet, on luonnontuotealan alkutuotanto kuitenkin koettu pullonkaulaksi laajemman mittakaavan tuotteistukseen. Raaka-ainetuotanto on luonnontuotteisiin pohjautuvassa yritystoiminnassa tärkein tekijä, sillä ilman raaka-aineita ei saada valmiita tuotteita. Siksi luonnontuotteiden raaka-ainetuotantoon panostaminen on erityisen tärkeää, ja siihen liittyvää liiketoimintaa tulisi saada lisättyä.

Aikaisempien selvitysten mukaan luonnontuotealan yritykset keräävät raaka-ainetta pääasiassa omiin tuotteisiinsa. Pelkästään raaka-aineen keruuseen ja myyntiin erikoistuneet yritykset ovat harvinaisia, sillä raaka-aineiden hinta on alhainen eikä pelkkä keruu nykyisillä keruutekniikoilla useinkaan ole liiketoimintana kannattavaa. (Kinnunen 2014, 42) Raaka-ainetuotannon kannattavuuteen voidaan vaikuttaa monin tavoin sekä keruun että viljelyn osalta. Joidenkin raaka-aineiden osalta on syytä pohtia raaka-aineen alkutuotannon siirtämistä luonnonkeruusta viljelyyn, jolloin voidaan vaikuttaa suoraan toiminnan kannattavuuteen ja ekologisuuteen. Toisaalta myös keruutekniikan kehittäminen on avainasemassa kannattavuuden suhteen. Osaltaan raaka-ainetuotannon kasvattamista edistää myös jatkojyödyntämisen kehittäminen. Mitä enemmän korkean arvonlisän käyttökohteita raaka-aineille löydetään, sitä paremmat mahdollisuudet raaka-aineista on maksaa kerääjille/tuottajille.

Future Bio-Arctic Design (F.BAD) -projektikonaisuudessa tutkittiin löytyiskö pohjoisen luonnon kasveista yhdisteitä, joilla voisi korvata mm. tekstiiliteollisuudessa käytettyjä haitallisia ja vaarallisia kemikaaleja. Tekstiiliteollisuudessa käytetään edelleen runsaasti erilaisia kemikaaleja ja suoja-aineita tekstiilien suojaamiseen mm. homeenestoaineina ja UV-suojina, ja alalla etsitään ekologisempia vaihtoehtoja nykyisille aineille.

Luonnonkasveista liiketoimintaa

Luonnontuotealan yritystoiminta aloitetaan yleensä jalostustoiminnasta ja raaka-aineen hankinnasta huolehditaan lähinnä omien tarpeiden täyttämiseksi. Yritystoiminnan vakiinnuttua, kasvun esteenä ovat yleensä koneiden, laitteiden ja sopivien tilojen puuttuminen. Lisäksi raaka-aineen hankinta alkaa vaatia yhä enemmän aikaa ja henkilöresursseja. Ollaan tilanteessa, jossa liiketoimintaa tulisi saada kasvatettua, mutta keinot ovat vähissä. Alalla on pitkään puhuttanut tukkutoiminnan puuttuminen ja raaka-aineiden toimitusvarmuuden vaikeudet. Toisaalta myös alalle kaivataan yhteisiä jalostustiloja, joiden kustannukset voidaan jakaa usean toimijan kesken.

Luonnonkasvien talteenottoa, osto- ja jalostustoimintaa on syytä tarkastella erikseen eri lakien ja asetusten näkökulmasta. Alkutuotannon ja jalostustoiminnan ajatellaan olevan helpompaa muilla sektoreilla kuin elintarkesektorilla, mutta käytännössä voidaan olla tiukempien toimintaohjeiden alaisuudessa esimerkiksi raaka-aineen huonon säilyvyyden tai ostajan mikrobiologisten laatuvaatimusten vuoksi. Ostotoimintaa harjoittavat yritykset toimivat usein usealla toimialalla. Raaka-ainetta saatetaan ostaa sekä elintarviketeollisuuteen että kosmetiikkateollisuuteen. Sen vuoksi elintarvikepuolen lait ja asetukset määrittävät useimmiten toimintaa ostoasemilla. Elintarvikealaa valvotaan kuntien toimesta, mutta esimerkiksi kosmetiikkasektorilla ei ole kuntatasoista valvontaa vaan yleensä tahot, jotka ostavat raaka-ainetta, valvovat omilla laboratoriokokeillaan laatua. Elintarvikesektorin lakeja ja asetuksia noudattamalla voidaan rakentaa toiminta laatu- ja näkökulma huomioiden. Toisaalta taas toimiakseen kannattavalla tavalla ostotoiminnassa, yritysten on syytä huomioida kaikki toimialat ja niiden laatuvaatimukset.

Marjojen, sienten ja luonnonkasvien keruu luetaan alkutuotantoon kuuluvaksi toiminnaksi. Raaka-aineet voidaan varastoida alkutuotantopaikalla ja kuljettaa ne pois alkutuotantopaikalta. Raaka-aineita voidaan alkutuotannossa myös kauppakunnostaa niin, ettei tuotteen luonne merkittävästi muutu. Kauppakunnostusta on esimerkiksi lajittelu tai peseminen. Alkutuotantoa on kerääjän keräämien luonnontuotteiden myynti suoraan kuluttajalle, jalostajalle tai ostotoimintaa harjoittavalle yrittäjälle. Alkutuotannossa kerääjän ei tarvitse tehdä elintarvikehuoneistoilmoitusta, mutta alkutuotannon toimijan on kuitenkin huomioitava uusielintarvikeasetus. Mikäli raaka-aine on uusielintarvike, sen myyminen vaatii uusielintarvikeluvan. Kerääjän on myös tiedostettava laatuun vaikuttavat tekijät ei pelkästään elintarvikesektorilla, mutta myös muilla sektoreilla.

Kun ostotoimintaa harjoittava yritys ostaa raaka-aineita usealta kerääjältä, ei toiminta ole enää alkutuotantoa, vaan toimijan on tehtävä elintarvikehuoneistoilmoitus kunnan elintarvikevalvontaan. Velvoite koskee myös käsiteltäessä marjoja, sieniä ja luonnonkasveja kuivaamalla, pakastamalla, jäädyttämällä tai murskaamalla. (Ruokavirasto, 2023.)

Luonnontuotteiden ostotoiminnan ansaintalogiikka

Raaka-ainetta voidaan ostaa toimijan omalla rahalla tai ostotoimintaa voi rahoittaa toinen yritys eli päämies, jolle raaka-aineet ostetaan. Tällöin puhutaan välitystoiminnasta, jossa päämies omistaa raaka-aineen heti oston tapahduttua. Ostotoimintaa tekevän yrityksen liiketoiminta perustuu tällöin ostettuun kilomäärään, jolle on määritelty välityspalkkio €/kg. Välitystoimintaa harjoitetaan silloin, kun kyseessä ovat isot ostomäärät. Yleensä tätä toimintamallia käytetään ostettaessa metsämarjoja. (Taulukko 1.)

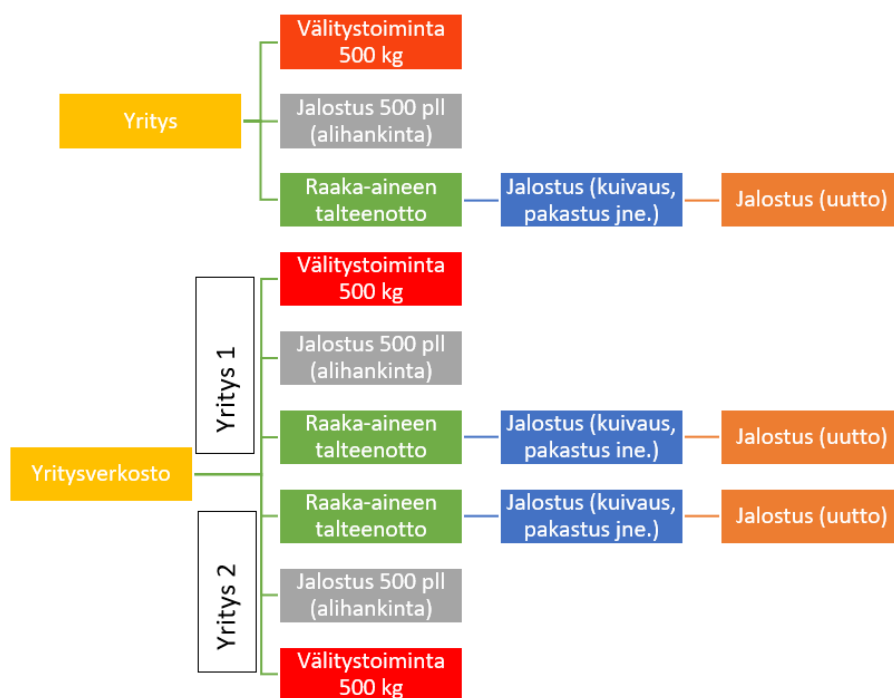
Omalla rahalla toimiessa yrittäjän tulo muodostuu joko jalostuksen kautta tai myyntikatteena käsittelemättömän raaka-aineen myynnistä suoraan kuluttajalle. Toimiessaan omalla rahalla, yrityksellä on oltava pääomaa, jolla ostotoimintaa tehdään. Taulukosta 1. nähdään, kuinka paljon rahaa on varattava kerääjille maksettavaksi ja minkälaisia summia muodostuu välitystoiminnasta. Kerääjille tuloutuu yli 60 000 euroa, josta yli 50 000 euroa välitystoiminnan kautta. Pienten mikroyritysten on mietittävä käteiskassan suuruutta jo pelkästään omaan jalostustoimintaan ostettavien raaka-aineiden suhteen. Esimerkiksi, jos yritys valmistaa

hillatuotetta jota varten on ostettava 1000 kg hillaa, on yrityksen varauduttava maksamaan kerääjille keskimäärisenä satovuonna 7000–10 000 euroa. Tällaisten pääomien sitominen on useimmille mikroyrityksille kynnyskysymys liiketoiminnan laajentamiselle. Välitystoiminta oman ostotoiminnan rinnalla on usein toimiva ratkaisu, jossa pystytään samalla hankkimaan lisätuloa.

Taulukko 1. Ostotoiminnan ansaintalogiikka.

Raaka-aine	Määrä kg	Kerääjille maksettu hinta		Ostajan välityspalkkio, myyntihinta ja saatu tulo		
		€/kg	Yhteensä	€/kg	€/kg	Ostajalle
Puolukka	25 000	0,82	20 500	0,15		3 750
Mustikka	12 000	1,77	21 240	0,30		3 600
Männynkuori, pakastettu	3 500	3,0	10 500	0,5		1750
Katajan verso, kuivattu	1 000	2,5	8750		15	6250
Kanervan kukkalatva, pakastettu	200	10	2000		17	1400
YHTEENSÄ			62 990			16 750

Mikroyrittäjä ei välttämättä pysty vastaamaan suuriin tilauksiin, joiden määrät ylittävät yrityksen resurssit etenkin, kun kyseessä on raaka-aine, joka vaatii käsittelyä esimerkiksi kuivausta tai jopa jalostusta. Ratkaisuksi on muodostunut yritysten välinen verkostoyhteistyö, jota on Lapissakin toteutettu. Verkostoyhteistyö on toiminut niin raaka-aineiden kuin puolijalosteiden ja jalosteidenkin toimituksessa. Hyvä esimerkki alihankintatyöstä on Tapolan puolukkakastikkeen valmistus, jossa prosessit ja reseptiikka olivat vakioitu niin, että tilauksen toimittaminen onnistui kolmen toimijan avulla. Jokainen toimija järjesti tuotteen valmistuksen itse, laskutti ja hoiti tuotteiden toimitukset tilaajalle. Vastaavanlaista verkostoyhteistyötä tehtiin myös raaka-aineen hankinnassa. Tästä hyvänä esimerkkinä on Lapin 4H-verkoston mustikanverson talteenotto, käsittely ja toimitus. Mustikanversotilaus jaettiin kiintiöinä eri 4H-yhdistyksille, jotka kouluttivat kerääjät, huolehtivat ostotoiminnasta ja raaka-aineen kuivaamisesta. Verkostomaisen toiminnan vahvuutena on se, että kiintiömääriä pystytään siirtämään eri paikkakunnille, mikäli joku toimittaja ei saa kiintiötään täyteen. (Kaavio 1.) Vastaavanlaista toimintaa toteutetaan nykypäivänä Oulun 4H-yhdistyksessä kihokin ja suopursun keruussa. Verkoston toiminnan edellytyksenä on koneiden, laitteiden, tilojen ja keruuverkoston olemassaolo ja toimivuus.



Kaavio 1. Erilaiset liiketoimintamahdollisuudet luonnontuotealalla. Yhteistoimituksen avulla voidaan vastata suurempiinkin toimituspyyntöihin sekä alkutuotannossa että jalostustoiminnassa.

Väinönputken raaka-ainetuotanto

Vaikka väinönputki kasvaa luonnonvaraisena, on väinönputken tuotanto suotavaa pohjata viljelyyn ekologisen kestävyuden näkökulmasta. Väinönputken viljelystä on olemassa kokemusta ja tietoa. Suunniteltaessa viljelyä on kuitenkin syytä huomioida väinönputken eri kantojen erot, ja niiden soveltuvuus aiottuun käyttötarkoitukseen. Aikaisemmissa tutkimuksissa on erilaisilla koeasetelmilla tutkittu väinönputken kasvupaikkojen ja eri kantojen vaikutusta sekä juurisatoon, että saatavien öljyjen pitoisuuksiin. Vertailussa on mm. todettu, että pohjoisten populaatioiden juuriöljyn laatu on parempi kuin Keski-Euroopassa viljeltyjen populaatioiden. Tutkimuksissa havaittiin myös eroja Suomalaisten kantojen välillä. (Galambosi & Roitto 2006).

Väinönputken viljely vaatii tekijältään normaalia maatalokalustoa, mikäli väinönputkea aiotaan viljellä isommassa mittakaavassa. Toisaalta väinönputken juurimassaa tavoiteltaessa pienemmätkin pinta-alat ovat perusteltavissa. Galambosi (2021) arvioi väinönputken kuivan juurisadon määrän vaihtelevan 700–2000 kilon välillä hehtaarilla, joten jo muutamalla aarilla päästäisiin satojen kilojen määrään. Väinönputken viljelyssä ei ole olemassa valmista taimituotantoa, joten yrittäjän on itse tuotettava viljelyaines joko taimikasvatuksen tai suorakylvön kautta. Kumpainkin viljely tehdään harjupenkkiin, johon mautiloilla olemassa olevat traktorit ja laitteet soveltuvat. Tavoiteltaessa väinönputken juurisatoa, täytyy viljelyksen perustaminen tehdä useana vuonna tasaisen juurituotannon turvaamiseksi. Alkuvaiheessa yrittäjä joutuu odottamaan pari kolme vuotta satoa, ennen kuin juurta päästään korjaamaan.

Kasvi tuottaa joka vuosi maanpäällistä lehti- ja varsimassaa, joka tässä tapauksessa on sivuvirtaa jolle olisi kehitettävä käyttökohde. Mikäli lehtiä ja varsia halutaan hyödyntää, tulee keruu tehdä keräämällä osa kasvuston lehdistä ja varsista. Keruuta voidaan tehdä aikaisesta keväästä myöhäiseen syksyyn saakka. (Galambosi 2021.)

Väinönputki ei kestä ns. alasleikkaamista eli koko vihreän kasvuston keräämistä muulloin kuin juurisatoa korjatessa. Tällöin leikataan koko maanpäällinen osa pois ja nostetaan juuret. Juurten käsittelyyn tarvitaan pesulaitteet, haketin ja kuivauslaite.

Suopursun raaka-ainetuotanto

Suopursun raaka-ainetuotanto perustuu nykypäivän tuotannossa luonnon kasvustojen keruuseen. Keruutoiminta edellyttää huomioimaan toiminnan kestävyuden. Suomessa ei ole tutkittu suopursun keruun vaikutusta kasvustoon, mutta havaintojen mukaan keruu kuitenkin hidastaa kasvuston uusiutumista seuraavina vuosina. Esimerkiksi Oulun 4H-yhdistyksen keruualueilla pyritään säästämään keruualueita ja vähentämään tietyille alueille kohdistuvaa painetta jakamalla pieniä keruukiintiöitä mahdollisimman monelle kerääjälle (Vahtola & Laurila 2018,14).

Ekologisen kestävyuden lisäksi keruualueiden läheisyys myyntipaikkaan vaikuttaa suoraan keruun kannattavuuteen. Tutkittavaa olisi myös suopursun optimaalisen keruuajankohdan määrittämisestä: milloin pitoisuudet ovat parhaimmillaan ja kuinka pitkän aikaa suopursun verso on tällöin kerättävissä. Pitoisuuksien optimaalinen määrä kasvissa määrittää keruuajaa ja sitä myöten tarvittavaa henkilömäärää keruussa. Lyhyt talteenottoaika tarkoittaa lukumäärältään enemmän kerääjiä kuin jos keruuajaksi on pidempi. Toisaalta taas jalostuksen käsittelyvaiheessa voidaan myös miettiä milloin pitoisuudet putoavat niin vähäisiksi, että saannon kannattavuus on negatiivinen suhteessa maksettuun raaka-ainehintaan.

Suopursu on helposti pilaantuva raaka-aine, joka on saatava nopeasti metsästä jatkokäsittelyyn. Oheisessa taulukossa on tehty laskelmia suopursun eri keruumäärille ja tarvittavalle kerääjämäärälle. Suopursun talteenottomäärä kokeneella kerääjällä n. 7,5 kg/h. Laskelmissa käytetään 5 kg/h saantoa. Tehollinen keruuajaksi on viisi tuntia. Kokonaistyöaika seitsemän tuntia, joka pitää sisällään keruualueelle siirtymisen, maastossa keruusäkkien siirtelyn ja punnituksen. Keruun maksimiaika kaikkiaan on arvioitu viideksi päiväksi. Tällöin voidaan arvioida mm. kuivauskapasiteetin tarvetta ja raaka-aineen liikuttelua maastosta ostopaikalle. Käytännössä viiden päivän aika voi venyä pidemmäksi johtuen sääolosuhteista ja keruuryhmän päiväkohtaisesta saannista. Usein keruuryhmässä on mukana sellaisia kerääjiä, jotka eivät yllä keskimääräiseen keruumäärän päivän aikana.

Kerääjälle maksetaan 8 €/kg. Laskelmassa huomioidaan myös kerääjän päiväkohtainen tulo ja koko ansio keruuajalta. Ostotoiminnasta vastaavalla yrittäjällä täytyy olla resurssia maksaa kerääjille keruutulo heti ostotapahtumassa. Tuhannen kilon määrään tarvitaan siis 8000 €. Vaihtoehdot toiminnalle ovat välitystoiminta tai suopursun myyminen kuivattuna. Välityspalkkio sovitaan yleensä ostajan ja päämiehen välillä, joten tarkkaa tietoa suopursun välitystoiminnan hinnasta ei ole. Kuivatun suopursun hintaa voidaan arvioida. Yhteen kiloon

kuivattua suopursun versoa tarvitaan neljä kiloa tuoretta versoa. Kuivausprosentin ollessa noin 25 %, raaka-ainekustannukset ovat pelkästään raaka-aineen suhteen 32 €/kuiva-kg. Kuivauslaitteiston kapasiteetti ja käyttötapa vaikuttavat kg-hintaan. Kuivauskapasiteetti riippuu kuivurimallista ja sen kertatäyttö mahdollisuudesta. Isoihin lavakuivureihin voidaan täyttää kerralla 100 kiloa. Käsittely ei vaadi kuin punnituksen ja täytön ja tyhjentäessä vastaavasti punnituksen ja säkityksen. Sen sijaan kaappikuivurit vaativat työaikaa enemmän ja ne ovat kapasiteetiltaan pienempiä n. 20–30 kg:n luokkaa. Mikäli käytössä on ns. pudotuskuivuri, jonka kapasiteetti on maksimissaan 100 kg, voidaan kuivuri täyttää päivittäin 50 kg:n erällä. Kuivauslaitteiden kehittäminen ja testaus suopursun kohdalla olisi tarpeellista jo pelkästään edullisten kuivausratkaisujen löytämiseksi.

Taulukko 2. Esimerkkejä suopursun keruumääristä ja henkilöresursseista.

Raaka-ainemäärä 100kg	kg/pv	Kerääjän päiväansio/kokoansio	Päiviä/100kg	2-3 kg:n säkkejä	Ostotoimintaan tarvittava €-määrä
Kerääjä	25 kg	200€/800€	4 päivää		
Kerääjiä 4 hlöä	100 kg	200€/200€	1 päivä	50-33 kpl	800€
Raaka-ainemäärä 500kg	kg/pv	Kerääjän päiväansio/kokoansio	Päiviä/500kg	2-3 kg:n säkkejä	Ostotoimintaan tarvittava €-määrä
Kerääjä	25 kg	200€/4000€	20 päivää		
Kerääjiä 4 hlöä	100 kg	200€/1000€	5 päivää	250-166 kpl	4000€
Raaka-ainemäärä 1000kg	kg/pv	Kerääjän päiväansio/kokoansio	Päiviä/1000k g	2-3 kg:n säkkejä	Ostotoimintaan tarvittava €-määrä
Kerääjiä 4 hlöä	100 kg	200€/2000€	10 päivää		
Kerääjiä 8 hlöä	200 kg	200€/1000€	5 päivää	500-333 kpl	8000€

Suopursun keruussa pullonkaulaksi muodostuneen kuivauskapasiteetti. Mikäli käytössä on kuivuri, jonka kapasiteetti on 20 kg, täytyy keruu suorittaa yksittäisen henkilön toimesta. Jo kahden kerääjän päivittäinen määrä nousee 50 kiloon ja tällöin joudutaan miettimään kuivausratkaisuja. Isot 100 kiloa vetävät kuivurit sopivat esimerkiksi neljälle kerääjälle ja tällöinkin olisi oltava mahdollisuus esimerkiksi lavakuivurin osastamiseen. Edellä mainitut esimerkit ovat lämmin ilmakehän keskittyviä ratkaisuja. Nykyaikaisen kuivausteknologian soveltumisen tutkimiseen tarvitaan resursseja. Lisäksi pohdittavana on myös pakastamisen vaikutus laatuun ja saantiin. Suopursu pystytään pakastamisen jälkeen kuivaamaan. Pakastaminen vaikutus vaikuttavien aineiden saantiin tulisi tutkia.

Talteenottovaiheessa on huomioitava kertyvä säkkimäärä ja sen pitäminen laadukkaana metsässä. Neljän kerääjän ollessa maastossa, saanto on päivän aikaan 100 kg. Säkkeinä tämä tarkoittaa vähintään 35 säkkiä ja maksimissaan 50 säkkiä. Miten ja millä tavalla raaka-aine pidetään viileänä ja minkälaisiin kuljetusvälineisiin säkit voidaan pakata. Onko ratkaisu se, että ostaja on mukana maastossa ja hänellä on tarvittava kuljetuslaitteisto mukana.

Suopursun pitkä toipumisaika leikkaamisen jälkeen kannustaa pohtimaan kasvin puoliviljelyn ja viljelyn mahdollisuuksia. Suopursun on todettu hyötyvän kasvupaikkaan kohdistuvista häiriöistä. Valoisuuden lisääntyessä ja kilpailun vähetessä suopursu on kasvattanut kookkaita vuosikasvuja. Puoliviljelyssä voitaisiin hyödyntää räme- ja nevaajituksia puoliviljelyn keinoin ja saada alueen kannattavuutta nostettua puuntuotannon lisäksi. Suopursun viljelyä ei ole tutkittu Suomessa, mutta viljelyn hyötypuolena olisi toiminnan koneellistaminen ja arvoaineiltaan parhaimpien kantojen käyttäminen. Rohdoskasvien viljelykokeissa satoerojen on osoitettu olevan 10-20 kertaisia verrattuna luonnon kasvupaikkoihin. (Mäki-Kahma-Lahti, 2023.)

Taulukossa 2. esitetyssä laskelmassa tuoreen suopursun keruu vaatii 1000 kg:n toimitusmäärään kahdeksan kerääjää viiden päivän ajaksi eli 1000 kg:n keruuseen käytetty työmäärä on 2 htkk. Suopursun puoliviljelyssä tai viljelyssä olisi mahdollista hyödyntää koneellista sadonkorjuuta, jolloin sadonkorjuun vaatima aika ja ihmistyömäärä pieneneisi oleellisesti. Suopursun viljelyllä 1000 kg:n tuoremäärä olisi mahdollista tuottaa puolen hehtaarin viljelyalalla. Suopursun kasvu ja uudistuminen on kuitenkin hidasta myös viljeltynä, joten tasainen vuosittainen sadonkorjuumäärä edellyttää eri-ikäistä suopursukasvustoa viisinkertaisella alalla verrattuna korjuukypsään alaan. 1000 kg:n vuosituotanto edellyttäisi siten viisi kasvustoltaan eri-ikäistä puolen hehtaarin lohkoa. Em. taulukon mukaisesti tällaisen tuotannon raaka-aineen arvo olisi 8000 €/v. Kerättävän verson lisäksi suopursun uudistuskypsällä loholla syntyy sivuvirtana vanhempaa kasvustonosaa, jota voisi hyödyntää esim. lankojen värjäykseen, mikä osaltaan voisi lisätä toiminnan kannattavuutta.

Liiketoimintamallien pohdintaa

Suopursun ja väinönputken alkutuotannossa ja jalostustoiminnassa on mahdollisuuksia liiketoiminnan laajentamiseen tai aloittamiseen. Lapissa on ollut aikaisemmin toimiva luonnontuoteverkosto sekä talteenottoon, käsittelyyn että jalostukseen. Ajan saatossa verkosto on kuitenkin hiipunut, väki vaihtunut ja kuivauslaitteet ja -tilat purettu tai myyty pois. Jotta talteenottoa voidaan aloittaa, tulisi kehittämistoimenpiteitä suunnata keruuverkoston kouluttamiseen ja ostoverkoston rakentamiseen. Samaan aikaan jalostustoimintaa tulisi kehittää osaamisen lisäämisen avulla ja olemassa olevia yrityksiä tiloineen aktivoida toimintaan mukaan. Toimivilla yrityksillä on jo tilat olemassa, joten uudet käsittelytavat on helppo sovittaa olemassa olevaan toimintaan. Talteenotto yksittäisen raaka-aineen kohdalla ei ole kannattavaa yritykselle, etenkin jos ostotoimintaa ei muutoinkaan ole olemassa. Uuden raaka-aineen ostotoiminta on kannattavampaa sovittaa yrityksen muuhun ostotoimintaan tai yrityksen on otettava muitakin raaka-aineita ostolistalle. Lisäksi yrityksen on mietittävä keruusuunnitelma, etteivät toiminnot tapahdu päällekkäin etenkin, jos raaka-aine on kuivattava.

Uusien teknologisten ratkaisujen löytäminen kuivaustoimintaan nykyisessä energiatilanteessa parantaa liiketoiminnan kannattavuutta. Muutoinkin raaka-ainetuotannossa kannattaa nostaa kehittämisen keskiöön kestävyys ja raaka-aineiden hiilijalanjälki, jotka ovat nykypäivän markkinoinnissa painavia argumentteja.

Uusien teknologisten ratkaisujen lisäksi uudenlaista viljelynäkökulmaa toimintaan olisi hyvä tarkastella. Usean pienen yksikön yhdistyminen verkostoksi voi olla kannattavampaa kuin yhden ison yksikön tuotanto. Tällainen toimintamalli sopisi esimerkiksi väinönputken viljelyyn, jonka pääsato on juurituotannossa. Usean lohkon sijasta väinönputkea voidaan viljellä 3–4 yrittäjän pelloilla. Sato korjataan vuorovuosittain eri yrittäjiltä. Sadon korjattua, voidaan uusi kasvusto perustaa ja kasvattaa kunnes seuraava sato tulee omalta tilalta korjattavaksi uudelleen. Juuren myynnistä muodostuu tulo kyseiselle vuodelle, muina vuosina voidaan jalostaa lehtisatoa.

Tutkimuksen kohdentaminen raaka-aineiden pitoisuuksien optimointiin viljelyn kautta parantaa kannattavuutta kaikin tavoin. Saatujen tulosten hyödyntäminen yritysten käyttöön tulisi tapahtua esimerkiksi tietopankki -tyyppisen palvelun kehittämisellä.

Lähteet

Galambosi, B. & Roitto, M. 2006. Pohjoisessa kasvatettujen yrttien aromisuus. Maa- ja elintarviketalous 84. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus 2006. 33-38.

<http://urn.fi/URN:ISBN:952-487-035-5> Viitattu 16.8.2023.

Galambosi B. 2021. Yrttien viljely. 2. uudistettu painos. Helsinki: Opetushallitus.

Kinnunen, J., Niemi, S. & Rutanen, J. Raaka-ainetuotanto luonnontuotealalla: nykytila ja mahdollisuudet. 2014. Helsingin yliopisto Ruralia-instituutti.

<http://hdl.handle.net/10138/229339>

Mäki-Kahma-Lahti M. 2023. Suopursun viljely. Viitattu 28.8.2023.

<https://www.arktisetaromit.fi/binary/file/-/fid/5106>

Ruokavirasto 2023. Elintarvikkeiden alkutuotanto. Viitattu 26.5.2023

<https://www.ruokavirasto.fi/elintarvikkeet/elintarvikeala/elintarvikkeiden-alkutuotanto/>.

Vahtola, S. & Laurila, M. 2018. Suokasvien keruutoiminta ja potentiaaliset keruualueet Pohjois-Pohjanmaalla. Luonnonvarakeskus ja Oulun 4h -yhdistys. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2018080633429>

Vihreän kemian uuttomenetelmien nykytila ja kehittämismahdollisuudet Lapissa

Susan Kunnas, FT, tutkija, Tuotantojärjestelmät / Biotalouserotusteknologiat, Luonnonvarakeskus

Risto Korpinen, TkT, erikoistutkija, Tuotantojärjestelmät / Biotalouserotusteknologiat, Luonnonvarakeskus

Future Bio-Arctic Design – luonnonmukainen älytekstiili (F.BAD) – EAKR -hankkeessa (2018–2021) tutkittiin luonnontuoteyrittäjien valitsemien pohjoisen alueen kasvien soveltuvuutta antimikrobisten öljy-yhdisteiden raaka-aineeksi esimerkiksi älytekstiilisovelluksiin. (Kunnas, S. ym. 2022) Vaikka moni kasvi muodostaa sekundaarisessa aineenvaihdunnassa tällaisia yhdisteitä, ne eivät välttämättä sovellu pilottimittakaavan uuttolaitteistoille raaka-aineen saatavuuden tai öljy-yhdisteiden saannon takia. Näin ollen EAKR - F.BAD II - hankkeeseen valittiin monipuolisten antimikrobisten ominaisuuksien (Korpinen, R. ym. 2021) ja laboratoriomittakaavassa tehtyjen koeuuttojen perusteella luonnonvaraisena kasvina suopursu ja viljeltyä kasvina väinönputki.

F.BAD II - hankkeen tavoitteena on ollut myös antaa elintarvike- ja kosmetiikkasovellusten ulkopuolelta esimerkki, jonka valmistuksessa luonnontuotealan yritys voi olla mukana tuottamassa korkeamman jalostusasteen tuotetta verkostoyhteistyössä. Hankkeen aikana suopursun ja väinönputken juuren uutteita on hyödynnetty tuoteprototyypeissä antimikrobisina tekstiilien pinnoitusaineina. Ajatuksena on ollut kannustaa luonnontuotealan yrityksiä miettimään myös vihreän kemian uutto- ja erotustekniikoiden mukaan ottamista ja kehittämistä yritystoiminnassaan, sillä menetelmiä voi tehdä niin pienemmässä kuin suuremmassakin mittakaavassa, eikä kaikkiin menetelmiin tarvita välttämättä alkuvaiheessa kalleimpia laitteistoja. Lisäksi uutto- ja erotusvaihetta voitaisiin myös tehdä useamman yrityksen yhteistyönä tai toteuttaa tämä vaihe kokonaan alihankintana, jotta päästään yrityksen tavoittelemaan uutesaantoon. Haasteena voivat olla lähinnä lainsäädännön antamat rajoitukset terveys- ja markkinointiväittämille, ja jos esimerkiksi kasvi on listattu Lääkealan turvallisuus- ja kehittämiskeskuksen lääkeluettelon rohdoksiin (Lääkealan turvallisuus- ja kehittämiskeskus 2022), voi sitä sisältävän elintarvikkeeksi tarkoitetun tuotteen myynti muodostua erittäin haasteelliseksi tuoteturvallisuuden varmistamisen ja lainsäädännön kannalta. (Kunnas, S. ym. 2020)

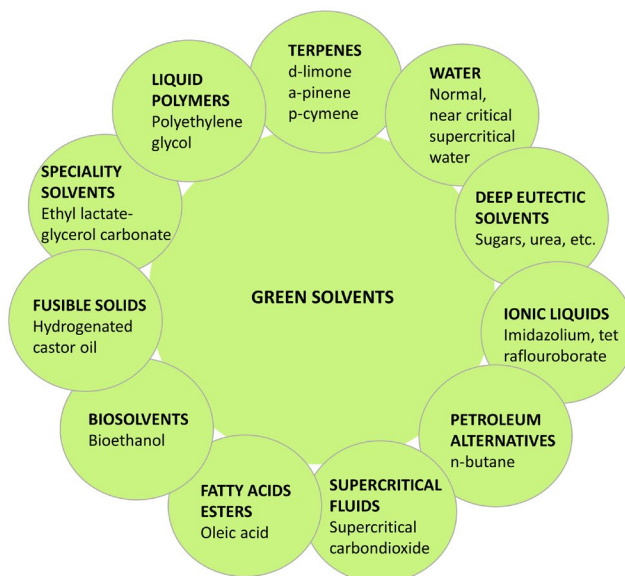
Tässä artikkelissa tuodaan esille vihreän kemian käsitteiden sekä uutto- ja erotusmenetelmien lisäksi lappilaisten yritysten tämänhetkinen tilannekuva uuttomenetelmien käytöstä ja jatkojalostamisesta sekä kehittämismahdollisuudet perustuen keväällä 2022 F.BAD II – hankkeessa tehdyn luonnontuotealan yrityksille suunnatun kyselyn vastauksiin. Kyselyyn saatiin yhdeksän vastausta mikroyrityksiltä, joista kuusi vastaajaa oli Lapista, yksi Kainuusta, yksi Keski-Pohjanmaalta ja yksi Satakunnasta. Kahdeksan vastaajista edusti yritystä, joiden toimenkuvaan kuului myös raaka-aineen jalostus, esimerkiksi kuivaus ja uutto. Yrityksistä

kaksi oli toiminut alle vuoden ja neljä yritystä oli iältään 1-5 vuotta. Kaksi yritystä oli toiminut viidestä kymmeneen vuotta ja yhden yrityksen ikä oli yli kymmenen vuotta.

Vihreä kemia

Vihreän kemian menetelmien avulla kemialliset tuotteet ja prosessit suunnitellaan ympäristöystävällisesti niin, että ne vähentävät tai poistavat vaarallisten aineiden käyttöä ja syntymistä ja näin ollen edelleen saastumista. Vihreässä kemiassa keskitytään uusiutuvien luonnonvarojen ja energialähteiden käyttöön, energiatehokkuuteen ja jätteen tuotannon ehkäisyyn, joten vihreän kemian menetelmät tukevat kestävä kehitystä. (EPA 2023; Council of the European Union 2021; European Commission 2018; European Commission 2020).

Uutoissa käytetään yleensä orgaanisia liuottimia. Liuottimet valitaan yhdisteiden erilaisten liukoisuusominaisuuksien perusteella. Yhdisteet liukenevat parhaiten sellaisiin liuottimiin, jotka ovat niiden kanssa kemialliselta luonteeltaan samanlaisia. Pääpiirteisesti voidaan sanoa että, pooliset yhdisteet liukenevat poolisiin liuottimiin ja polaariset yhdisteet liukenevat polaarisiin liuottimiin. Yleisesti käytettyjä liuottimia ovat mm. heksaani, tolueni, ksyleeni, dietyylieetteri, isopropanoli, aseton, metanoli, pyridiini ja dimetyylisulfoksidi. Niillä on erinomaiset liuotusominaisuudet mutta osa niistä on vaarallisia ja myrkyllisiä. Sen takia on siirrytty vihreämpiin vaihtoehtoihin. Kuvassa 4 näkyy esimerkkejä vihreistä liuottimista. Niitä ovat mm. erilaiset terpeenit, vesi, butaani, ylikriittinen hiilidioksidi ja bioetanoli (Dwivedi, S. ym. 2021).



Kuva 1. Vihreitä liuottimia. (Dwivedi, S. ym. 2021)

Mihin uutto- ja erotusmenetelmiä tarvitaan?

Uuttaminen on yksi kemiallisista eristysmenetelmistä, jossa tiettyjä yhdisteitä tai yhdisteryhmiä erotetaan liuoksista, kiinteistä seoksista tai kaasuista liuottimen (esimerkiksi vesi, alkoholi, etikka ym.) avulla. Maserointi puolestaan on uuttomenetelmä, jossa luonnon

raaka-aineita pidetään pidempi aika liuottimessa, yleensä öljymäisessä liuottimessa (esim. glyseroli/glyseriini, kasviöljy). (Kunnas, S. ym. 2020) Näillä erilaisilla uutetuilla yhdisteryhmillä voi olla erilaisia ominaisuuksia, kuten esimerkiksi antimikrobisia, antioksidatiivisia, antikarsinogeenisiä ominaisuuksia, ja uuttamalla kasvimateriaalia eri tavoin, siitä voidaan saada eri yhdisteryhmät eristettyä ja hyödynnettyä tehokkaammin erilaisissa sovelluksissa, esimerkiksi elintarvike- ja kosmetiikkatuotteissa. (Kunnas, S. ym. 2020) Eteeriset öljy-yhdisteet erotetaan kasvimateriaalista perinteisesti ISO/D1S9235.2 - standardin mukaisesti vesihöyrytislauksella tai mekaanisesti puristamalla (mm. kylmäpuristustekniikka), mutta pilottimittakaavaan tarvittavan saannon takia F.BAD II -hankkeessa eteerisiä öljyjä uutettiin polaarittomalla liuottimella, ylikriittisellä hiilidioksidilla (Korpinen, R. ym. 2021), jolloin haihtuvien yhdisteiden lisäksi tuotteeseen erottuvat myös suurimolekyyliset vahat, pihkat ja muut öljyliukoiset ei-haihtuvat yhdisteet. (Hüsnu Can Baser & Buchbauer 2009; Korpinen, R. ym. 2021) Näin kasvimateriaalia saatiin uutettua kerralla mahdollisimman paljon, ja tutkimustulosten mukaan, myös saannot olivat paremmat pilottimittakaavassa kuin laboratoriomittakaavassa. (Kunnas, S. ym. 2023) Lisäksi uutteen antimikrobiset ominaisuudet säilyivät uuttomittakaavan skaalauksessa, mikä on aina testattava erikseen, kun jotain uutto-olosuhdetta tai -parametria muutetaan. (Kunnas, S. ym. 2023)

Luonnontuotteiden jalostusmenetelmien tilannekuva ja tulevaisuus yrityksissä

Kaikki yrittäjät, jotka vastasivat heille suunnattuun kyselyyn keväällä 2022, olivat kiinnostuneita luonnonmateriaalien uuttamiseen ja jatkojalostamiseen liittyvistä webinaareista, koulutuksista ja hankkeista. Kiinnostuksen kohteina olivat uuttaminen, tislaukset ja yleensä kaikki aiheeseen liittyvä. Tärkeänä pidettiin sitä, että koulutukset ja tapahtumat järjestettäisiin sellaiseen aikaan, että yrittäjät pystyvät osallistumaan niihin.

Kysymykseen ”liittykö yrityksesi tuotantoprosessiin tällä hetkellä luonnonmateriaalien erotusmenetelmiä, kuten uutto, tislaukset, suodatus, maserointi” saatiin eniten vastauksia vaihtoehtoon ei, eli neljä vastaajaa kahdeksasta ei käytä toiminnassaan erotusmenetelmiä. Kolme vastaajaa ilmoitti, ettei toimintaan liity erotusmenetelmiä vielä, mutta lähitulevaisuudessa (5 vuoden aikana) erotusmenetelmiä tulee liittymään yrityksen toimintaan. Kyselyyn vastanneista kolme yritystä ilmoitti käyttävänsä yritystoiminnassaan uutto- ja maserointimenetelmiä. Erotusmenetelminä suodatus oli käytössä yhdellä vastaajalla, samoin tislaukset oli käytössä menetelmänä yhdellä yrityksellä. Kolme vastaajaa kertoi käyttävänsä erotusmenetelmiä kosmetiikkaan liittyen, kaksi yritystä käytti erotusmenetelmiä lisäravinteisiin ja vain yksi yritys valmisti elintarvikkeita erotusmenetelmiä hyödyntäen. Kahdeksan yritystä yhdeksästä kuitenkin ilmoitti, että on kiinnostunut kehittämään tuotantoprosessiaan erotusmenetelmiin ja uusiin tuotteisiin liittyen siitäkin huolimatta, ettei yrityksen tuotantoprosessiin vielä välttämättä liity erotusmenetelmiä.

Erotusmenetelmiä käyttävien yritysten tuotantomittakaava oli pienimuotoista. Vain yksi yritys ilmoitti käyttävänsä erotusmenetelmässä 50–100 kg:n raaka-aine-eriä. Yhden yrityksen erotusmenetelmien kapasiteetti oli 1–10 kg tuotetta raaka-ainetta kerralla. Kahdella vastaajalla erotusmenetelmässä käytettiin alle 1 kg raaka-ainetta kerralla.

Kyselyssä selvitettiin myös yritysten investointihalukkuutta erotusmenetelmiin liittyen. Yksi yritys ilmoitti investoivansa erotuslaitteisiin, ja neljä vastaajaa suunnitteli investoivansa erotuslaitteita mahdollisesti lähitulevaisuudessa. Neljällä vastaajalla ei ollut investointisuunnitelmia erotuslaitteistoihin liittyen. Kolme vastaajaa ilmoitti etsivänsä alihankkijaa uutto- ja erotusmenetelmiin. Viidellä vastaajalla ei ollut tarvetta alihankintaan.

Johtopäätökset

Luonnontuotesektorilla vihreän kemian käsitteet ja menetelmät ovat luonnollinen jatkumo jo olemassa olevaan toimintaan. Lisäksi fossiilisten raaka-aineiden korvaaminen uusilla biopohjaisilla yhdisteillä sekä uudet tuoteinnovaatiomahdollisuudet luonnontuotealalla on tunnistettu myös työ- ja elinkeinoministeriön toimialaraportissa (Wacklin, S. 2022). Keväällä 2022 tehdyn kyselyn perusteella voidaan sanoa, että luonnontuotteiden jalostus uutto- ja erotustekniikoita käyttämällä on vielä pienimuotoista ja vähäistä mikroyrityksissä, mutta kiinnostusta ja potentiaalia jalostusarvon nostamiseen löytyy niin valtakunnallisesti kuin lappilaisista yrityksistäkin. Luonnontuotteiden jalostuksessa on kuitenkin huomioitava, että mitä pidemmälle teknologiaa kehitetään ja mitä korkeamman jalostusarvon tuotetta tai välituotetta ollaan valmistamassa, sitä tarkemmaksi ja tärkeämmäksi muodostuu myös laadunhallinta. (Havaste, E. & Heina, J. 2023) Olemassa olevan uutto- ja erotusteknologian hyödyntämiseen, investointeihin sekä laadunhallinnan onnistumiseen tarvitaan myös paljon innovaatio-, tutkimus-, koulutus- ja kehittämistoimintaa, resursseja, sekä yhteistyötä pienten yritysten ja teollisuusmittakaavan yritysten välillä. Jatkossa olisi siis erittäin tärkeää, että yrittäjät tekisivät yhteistyötä tutkimusorganisaatioiden kanssa kehittääkseen uutto- ja erotusteknologiaosaamistaan, sillä tällä hetkellä moni tärkeä pilottimittakaavan laitteisto löytyy tutkimusorganisaatiosta, ja ennen kuin yritys investoi omiin laitteistoihin, hanke- ja/tai ostopalvelurahoituksella olisi hyvä ensin testata oman yrityksen prosessia tutkimusorganisaation laitteistolla.

Lähteet

Council of the European Union 2021. Sustainable Chemicals Strategy of the Union: Time to Deliver 6941/21. <https://www.consilium.europa.eu/media/48827/st06941-en21.pdf>. Viitattu 28.8.2023.

Dwivedi, S.; Fatima, U.; Gupta, A.; Khan, T.; Lawrence, A. Green Solvents for Sustainable Chemistry: A Futuristic Approach. Indian Journal of Advances in Chemical Science 2021, 9, 329-335.

EPA (United States Environmental Protection Agency) 2023. Basics of Green Chemistry. <https://www.epa.gov/greenchemistry/basics-green-chemistry>. Viitattu 28.8.2023.

European Commission 2018. A European Strategy for Plastics in a Circular Economy. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:2df5d1d2-fac7-11e7-b8f5-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF. Viitattu 28.8.2023.

European Commission 2020. Chemicals – strategy for sustainability (toxic-free EU environment). https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12264-Chemicals-strategy-for-sustainability-toxic-free-EU-environment_en. Viitattu 28.8.2023.

Hüsni Can Baser, K. & Buchbauer, G. 2009. Handbook of essential oils; Science, Technology and Applications. CRC Press. Taylor and Francis Group LLC., Boca Raton, s. 1–2.

ISO/D159235.2 International Standard 2013. Aromatic natural raw materials. ISO Copyright office, Geneva.

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. <https://doi.org/10.3390/molecules26237121>.

Kunnas, S., Liimatainen, J., Mäki, M., Pihlava, J.-M. & Hietaniemi, V. 2020. Laatu ja laadunhallintaa luonnontuotealalle. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 96/2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 48 s.

Kunnas, S., Sipola, R., Nuutinen, A., Korpinen, R., Jääskeläinen, R., Yliniva, J.-L., Napari, E., Välimaa, A.-L., Liimatainen, J., Laurila, M., Sääski, 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.

Kunnas, S., Tienaho, J., Holmbom, T., Sutela, S., Liimatainen, J., Kaipainen, K., Jääskeläinen, R., Sääski, S., Korpinen, R. I. Antimicrobial treatments with chitosan microencapsulated Angelica (*Angelica archangelica*) and Marsh Labrador Tea (*Rhododendron tomentosum*) supercritical CO₂ extracts in linen-cotton jacquard woven textiles. *ACS Omega* 2023, submitted.

Kunnas, S. 2023. Nokkosen ja kuusenkerkän laadunhallinta arvoketjussa. Lähiruokaa, luomua ja luonnontuotteita – Ruokasektorin koordinaatiohankkeen Tutkimustiistai-esitys 7.3.2023. <https://www.aitoluonto.fi/ajankohtaista/Kuusenkerkan-ja-nokkosen-laadunhallinta--Tutkimustiistain-materiaali-julkaistu-1151.html>. Viitattu 28.8.2023.

Lääkealan turvallisuus- ja kehittämiskeskus 2022. Lääkealan turvallisuus- ja kehittämiskeskuksen päätös lääkeluettelosta 183/2022. Liite 2: Lääkeluettelon rohdokset. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2022/20220183>. Viitattu 28.8.2023.

Wacklin, S. 2022. Arvoketjuja vahvistamalla volyyymia luonnontuotealalle. TEM toimialaraportit 2022:5. Työ- ja elinkeinoministeriö. Helsinki. 79 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-985-8>.

Luonnon kasviuutteita sisältävien tekstiilimateriaalien lainsäädäntöpolku – uutteista tuoteprototyypeiksi

Eila Järvenpää, FT, erikoistutkija, Tuotantojärjestelmät / Elintarvikkeet ja biotuotteet, Luonnonvarakeskus

Susan Kunnas, FT, tutkija, Tuotantojärjestelmät / Biotalous ja erotusteknologiat, Luonnonvarakeskus

Jaana Liimatainen, FT, tutkija, Tuotantojärjestelmät / Biotalous ja erotusteknologiat, Luonnonvarakeskus

Johdanto

Suomen luonnosta, kasveista, puista ja sienistä erotetut yhdisteet omaavat laajan kirjon erilaisia kemiallisia ominaisuuksia, joilla olisi suuri arvonlisäyspotentiaali yrityksille ja teollisuuteen funktionaalisissa, bioaktiivisissa tuotteissa. Mahdollisuuksina ovat uudet tuoteinnovaatiot biopohjaisista materiaaleista sekä nykyisin käytettyjen haitallisten aineiden korvaaminen teollisuudessa luonnon yhdisteillä. Luonnonaineet eivät aina ole vähemmän haitallisia kuin kemianteollisuudessa valmistetut synteettiset aineet, mutta ainakin valmistustapa voisi aiheuttaa vähemmän haittaa ympäristölle, jos vähemmän kemikaaleja pitää kuljettaa muista maista, ja jos niiden valmistus, esimerkiksi valmistukseen käytetyt liuottimet, ovat aiheuttaneet haittaa ympäristölle tai ihmisille. F.BAD II -hankkeen tutkimuksessa on keskitytty vihreän kemian menetelmiin käyttämällä myrkyttömiä ja kierrätettäviä liuottimia.

Tämän artikkelin tavoitteena on selvittää lyhyesti millainen EU-lainsäädäntö vaikuttaa luonnon kasvien uutteiden taustalla, mikäli uutteita tai tekstiilituotteita, joihin uutteita on lisätty, lähdetään viemään markkinoille EU:ssa. EU-mailla voi kuitenkin olla vielä omia kriteerejä tuotteille EU-lainsäädännön lisäksi (ANSES 2020). Suomessa ja myös muualla Euroopassa on meneillään paljon hankkeita, joiden hybridimateriaalitutkimuksessa tullaan samoille rajapinnoille lainsäädännön osalta (elintarvike-, kosmetiikka-, lääkinnällinen laite-, kemikaalilainsäädännöt), ja on havaittu, että lainsäädäntö ei välttämättä ole ajan tasalla kaikesta siitä, mitä lähitulevaisuudessa olisi tulossa markkinoille, ja keskustelua käydään Suomessa jatkuvasti yhteistyössä Euroopan Kemikaaliviraston (European Chemicals Agency, ECHA), Lääkealan turvallisuus- ja kehittämiskeskuksen (FIMEA) sekä Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (TUKES) kanssa. Näin ollen on todettava, että tässä raportissa mainitut lainsäädäntöpykälät ovat mahdollisesti muuttumassa seuraavien kahden vuoden aikana esimerkiksi kosmetiikkalainsäädännön osalta, joten tämä raportti on lyhyt katsaus tämänhetkiseen tilanteeseen ja antaa lähinnä pohjaa siihen, mitä kaikkea on otettava jo välituotteen ja tuotteen suunnitteluvaiheessa huomioon. Raportissa ei käsitellä Aasian tai USA:n markkinoita, jotka perustuvat täysin erityyppiseen ”evidence-based marketing eli kokemusperäisen markkinoinnin”-periaatteeseen.

Future Bio-Arctic Design (F.BAD II) -projektin aikana yritysten kanssa on valmistettu tuoteprototyyppejä, joiden tutkimuksessa kehitettyjä kemian menetelmiä testataan tuoteaihiassa. F.BAD II -projektin uutteissa on tutkimuksessa todennettu hyönteiskarkoteyhdisteitä ja antimikrobisia ominaisuuksia, joita on pystytty liittämään myös tekstiilimateriaaleihin erilaisilla tekniikoilla. (Kunnas, S. ym. 2022; Kunnas, S. ym. 2023) Lainsäädännön rajoitukset ja tulkinta kuitenkin vaikuttavat siihen, mitä markkinointiväittämiä tuotteeseen voidaan liittää ja mitä tutkimuksia tämä edellyttää yrityksen kannalta, joka haluaisi valmistaa tällaisia funktionaalisia tekstiilituotteita.

Projektin suunnitteluvaiheessa on arvioitu, että F.BAD II -projektissa valmistettavien kuluttajatuotteiden prototyyppien hyväksyttävyyttä ja turvallisuutta tulisi tarkistella lähinnä EU:n REACH-lainsäädännön näkökulmasta. Se tarkoittaa lisättyjen bioaktiivisten yhdisteiden ja kemikaalien tunnistamista, määrän ja koostumuksen mahdollista muuttumista prosessoinnin ja tuotteen käyttöajan aikana ja lisäksi valmistusprosessiin liittyvät työturvallisuusaspektit. Kuluttajatuotteiden hyväksyttävyyden on EU:ssa lainsäädäntöperustaista, ja projektin etenemisen mukaan prototyyppejä saatetaan arvioida myös muiden tämäntyyppiin tuotteisiin sovellettavien lakien ja säädösten pohjalta.

Määritelmät

Antimikrobinen

Mikrobeille haitallinen, estää kasvun tai tappaa ne; myös tulehdusta lievittävä. (Tieteen termipankki 2023)

Biosidi

Kemiallinen aine, joka tuhoaa, poistaa tai tekee toimintakyvyttömäksi ei-toivottuja organismeja (mikrobiologia). Eliöille myrkyllinen tai tappava kemikaali (ympäristötiede). (Tieteen termipankki 2023)

Herbisidi

Torjunta-aine, jota käytetään hävittämään ei-toivotut kasvit joko viljelyksiltä tai viljelemättömiltä alueilta (kasvitiede). (Tieteen termipankki 2023)

Insektisidi

Hyönteisten tuhoamiseen käytettävä kemiallinen aine. (Tieteen termipankki 2023)

Mikrobi

Ihmissilmälle näkymättömät eli halkaisijaltaan alle 100 µm:n kokoiset (ja taksonomisesti läheiset isommat) eliöt ja eräät elottomat tekijät (mikrobiologia). Tutuimpia mikrobeja ovat arkeonit, bakteerit, levät, sienet ja virukset. (Tieteen termipankki 2023)

Pestisidi

Tuhoeläinten, tuhosienten tai rikkakasvien torjuntaan käytettävä kemikaali. (Tieteen termipankki 2023)

Torjunta-aine

Kemikaali, jota käytetään tuhoeläinten, tuhosienten ja rikkakasvien torjuntaan sekä kasvunsäätteinä viljelykasvien käsittelyyn (kasvitiede). (Tieteen termipankki 2023)

Nykyinen lainsäädäntö ja kemikaalistrategia

Lokakuussa 2020 Euroopan Komissio julkaisi kestävämpää ja myrkyttömpää ympäristöä edistävän EU:n kemikaalistrategian (E:n neuvosto 2021). Kemikaalistrategia ei tarkoita, etteikö kemikaaleja saa enää käyttää, vaan sitä, että kemikaalit ja erityisesti niiden valmistusprosessit aiheuttavat entistä vähemmän haittoja luonnonympäristölle, työntekijöille ja kemikaalien käyttäjille. Strategiaan liittyvään lainsäädäntöön voi tutustua (suomeksi) verkkosivulla <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0667&qid=1611244223939&from=FI>.

Muita strategiaa avaavia sivuja on mm. kemikaalistrategian www-sivu https://environment.ec.europa.eu/strategy/chemicals-strategy_fi. Kemikaalistrategia tukee myös EU:n Vihreän siirtymän ohjelmaa European Green deal, jonka kuvailu suomeksi löytyy: https://reform-support.ec.europa.eu/what-we-do/green-transition_fi#ymp%C3%A4rist%C3%B6-ja-kiertotalous.

F.BAD II - hankkeen näkökulmia ovat luonnonaineiden hyödyntäminen antimikrobisina pinnoitteina ja hyönteiskarkotteina – yhdistettynä tuotteisiin, kuten tekstiileihin, koruihin ja muihin kuluttajatuotteisiin, joilla voitaisiin mahdollisesti ilman kemikaalin ihokosketustakin karkottaa hyönteisiä mm. luonnossa liikkuesssa. Lainsäädäntö luokittelee kemikaaleja monella tapaa, koska hyödyllisyyteen (esim. karkoteteho) ja mahdolliseen haitallisuuteen (esim. allergiat) vaikuttaa myös se, missä muodossa luonnonkarkotteet ovat kuluttajatuotteissa. Vain osaa luonnonyhdisteistä, esimerkiksi eteerisiä öljyjä (sitronellaöljy, laventeliöljy) käytetään jo nyt karkotteina. Hankkeessa on kuitenkin huomioitava, että osa luonnon uutteista saattaa olla haitallisia tai myrkyllisiä.

Seuraavaksi esitellään joitakin em. näkökulmiin vaikuttavia säädöksiä. Hankkeen aikana on pohdittu, mitkä ovat tarpeellisia muita näkökulmia niiden tuotteiden valmistuksessa, joita hankkeeseen osallistuneilla yrityksillä on testattavana/mahdollisesti testaavat myöhemmin.

Biosidiasetus (EU) Nro 528/2012

Biosidivalmisteista annettu asetus (EU 528/2012) koskee biosidivalmisteiden markkinoille saattamista ja käyttöä. Hyväksyttäminen on kaksivaiheinen: ennen kuin tuote luokitellaan ja hyväksytään biosidisia ominaisuuksia sisältäväksi, sen tehoaine(et) on hyväksyttävä EU:ssa Euroopan kemikaaliviraston (ECHA) toimesta, jollei sitä ole jo hyväksytty. (ECHA 2023a) Biosidituotteiden käyttö lupa on maakohtainen.

Uutteiden turvallisuusselvitys

Turvallisuusselvitysten tausta-aineistoina toimivat REACH (Registration, Evaluation, Authorization and restriction of Chemicals) ja CLP (Classification, Labelling and Packaging of substances and mixtures), joiden tavoitteena on varmistaa korkeatasoinen ihmisten terveyden ja ympäristön suojelu. Toimijoiden, kuten valmistajan, tuottajan, maahantuojan, jatkokäyttäjän tai jakelijan, on kerättävä tuotteestaan tietoa terveysvaaroista, fysikaalisista vaaroista ja ympäristövaaroista luokittelua varten, tehtävä näiden tietojen perusteella merkinnät ja pakata aine tai seos asianmukaisesti. Lisätietoa REACH- ja CLP- asetuksista löytyy Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (Tukes) sivuilta <https://tukes.fi/kemikaalit> sekä ohjeistusta Euroopan kemikaaliviraston sivulta <https://echa.europa.eu/fi/guidance-documents/guidance-on-reach>.

REACH-IT on Euroopan kemikaaliviraston hallinnoima keskitetty tietotekniikkajärjestelmä, joka tukee teollisuutta, jäsenvaltioiden toimivaltaisia viranomaisia sekä Euroopan kemikaalivirastoa tietojen ja aineistojen turallisessa toimittamisessa, käsittelyssä ja hallinnassa. (ECHA 2023b) Mikäli ainetta valmistetaan tai maahantuodaan 1000 kg tai enemmän vuodessa, on aineesta tehtävä REACH-IT-palvelun kautta rekisteröinti, jonka vaiheet askel askeleelta on neuvottu Kemikaaliviraston internet-sivulla <https://echa.europa.eu/fi/support/dossier-submission-tools/reach-it/registration>. REACH-IT-järjestelmään voi hankkia IUCLID-tunnukset, joilla pääsee tarkastelemaan ilmaiseksi, onko kyseistä tuotetta jo rekisteröity. Tarkempien tietojen, kuten esimerkiksi jonkin yrityksen tai tutkimuslaitoksen teettämien laboratorioanalyysitulosten saaminen maksaa. Järjestelmän tarkoituksena on, että analyyseista ei tarvitse maksaa jokaisen erikseen, vaan mikäli markkinoille on tulossa useammalta yritykseltä samasta raaka-aineesta tehty tuote, he maksavat yhdessä tarvittavista analyyseista ja tutkimustieto saadaan jaettua kaikkien kesken. Tässä piilee kuitenkin kilpailuasetelma sikäli, että se kuka ehtii ensimmäiseksi rekisteröidä esimerkiksi suopursu-uutteen tiettyyn kategoriaan, määrittää seuraavat askeleet suopursu-uutteesta valmistetuille tuotteille. Esimerkiksi jos joku on jo rekisteröinyt ko. tuotteen tekniseksi tuotteeksi ja teettäneet eläinkokeet, ko. tuotetta ei voi enää rekisteröidä esimerkiksi kosmetiikaksi.

F.BAD II - hankkeen tutkimusvaiheessa, kun aineiden tai seosten tuotanto on alle 1000 kg/vuosi ja ko. aineet tai seokset pysyvät oman organisaation tutkimuskäytössä, ei tarvitse tehdä REACH-rekisteröintiä tai CLP-asetusten mukaista luokittelua ja vaaran arviointia. Muissa tapauksissa kuin analyysitulauksissa organisaation ulkopuolelle olisi tehtävä vähintään CLP-luokitus ja vaaran arviointi. (Tukes 2021)

Ensimmäiseksi tulee selvittää, onko uute aine (substance), UVCB-aine (substances of unknown or variable composition, complex reaction products or biological materials) vai seos (mixture). (ECHA 2017) Asetuksen mukaan vaaraominaisuudet on tutkittava aineesta, mutta seokselle luokitus johdetaan seoskriteerien, kirjallisuuden ja matemaattisen laskentakaavan mukaisesti. Jos seoksesta itsestään kuitenkin on olemassa vaaratietoja, voidaan näitä käyttää luokituksessa. Esimerkiksi uutto-prosessissa saatu uute katsotaan lainsäädännöllisesti aineeksi. Uutteessa voi olla mukana aineen pysyvyyden säilyttämiseksi tarvittavat lisäaineet ja valmistusprosessista johtuvat epäpuhtaudet ja tämä katsotaan silti

aineeksi, mutta mikäli uutteeeseen lisätään uuton jälkeen muita aineita (esimerkiksi uutetta laimennetaan vedellä), tuotetta käsitellään lainsäädännön kannalta seoksena. (ECHA 2017)

F.BAD II -hankkeen kasveista ylikriittisellä hiilidioksiduutolla erotetut uutteen ovat UVCB-aineita, koska niissä on useita eri ainesosia, joita kaikkia ei välttämättä edes tiedetä tai pystytty tunnistamaan kromatografisin menetelmin. Tällöin koostumus voi olla vaihteleva tai vaikea ennustaa, mutta aineesta on silti annettava niin paljon tutkittua tietoa kuin mahdollista, esimerkiksi valmistusprosessin kuvaus ja muuta tietoa rekisteröinnin yhteydessä. Tunnistamattomista kromatografiapiikeistä voi kertoa yleisemmin, esimerkiksi "lineaariset rasvahapot C8-C16". Uutteen kaikki yhdisteet, joita on $\geq 10\%$, täytyy nimetä englanniksi IUPAC-nimellä ja CAS-numerolla sekä arvioida konsentraatioväli, jonka sisällä yhdisteen pitoisuus vaihtelee eri uuttoerissä. Lisäksi, mikäli tuotteella väitetään olevan jokin tietty ominaisuus, kuten esimerkiksi antibakteerisuus, tuotteelle on tehtävä kattavat tehotestaukset.

Aineiden luokitteluun löytyy lisätietoja ECHA:n verkkosivuilta

<https://echa.europa.eu/fi/substance-identification>.

Tämän lisäksi ECHA:n verkkosivuille on tehty aineiden ja UVCB-aineiden osalta opas englanniksi:

https://echa.europa.eu/documents/10162/2324906/substance_id_en.pdf/ee696bad-49f6-4fec-b8b7-2c3706113c7d?t=1525879053278,

ja suomeksi

[.https://echa.europa.eu/documents/10162/2324906/substance_id_fi.pdf/f68c35a2-9d94-49e2-b346-1153f677757b?t=1525879610107](https://echa.europa.eu/documents/10162/2324906/substance_id_fi.pdf/f68c35a2-9d94-49e2-b346-1153f677757b?t=1525879610107).

Suopursun lehdistä ylikriittisellä hiilidioksiduutolla erotettu uute sisältää useita kymmeniä yhdisteitä (Baananou ym. 2015; Korpinen ym. 2021). Uutteen yhdistekoostumus ja –pitoisuus vaihtelevat kasvupaikan ja vuodenajan mukaan, mutta pääsääntöisesti uutteen esiintyy sen kahta pääkomponenttia, palustrolia (IUPAC-nimi: (1aR,4S,4aS,7R,7aS,7bR)-1,1,4,7-Tetramethyldecahydro-4aH-cyclopropa[e]azulen-4a-ol; CAS-numero: 5986-49-2) ja ledolia (IUPAC-nimi: (1aR,4R,4aS,7R,7aS,7bS)-1,1,4,7-Tetramethyldecahydro-1H-cyclopropa[e]azulen-4-ol; CAS-numero: 577-27-5), kumpaakin yli 10%. Näiden yhdisteiden pitoisuudet pienentyvät alle 10 %:iin, kun käytetään lehtien lisäksi muita kasvin osia, kuten vartta mukana uuttomateriaalissa. (Korpinen, R. ym. 2021; Kunnas, S. ym. 2023) Väinönputken juuren uutteen ei ole yhtään yksittäistä yhdistettä, jonka pitoisuus olisi yli 10 %.

Aineille ja UVCB-aineille tarvittavat testit fysikaalisista ominaisuuksista sekä toksisuus- ja ekotoksisuustestit on teetettävä laboratoriossa, jolla on Hyvän laboratoriokäytännön (Good Laboratory Practise, GLP) laatujärjestelmä, joka on tarkoitettu tutkimuksille, jotka toimitetaan viranomaisille kemikaalien, lääkkeiden, torjunta-aineiden, elintarvikkeiden ja rehujen lisäaineiden tai kosmeettisten aineiden rekisteröintiä tai hyväksyntää varten. Lisätietoja Suomen GLP-valvonnasta ja GLP-laboratorioista löytyy Lääkealan turvallisuus- ja kehittämiskeskus FIMEA:n sivuilta <https://www.fimea.fi/valvonta/glp-valvonta>. (Suomessa ei ole GLP:n mukaisia ekotoksisuustestauslaboratorioita, mutta esimerkiksi Suomen ympäristökeskus SYKE tekee kaupallisesti standardien mukaisia ekotoksisuustestejä.)

Datan keräämiseen tarvittavista laboratorioanalyseista löytyy REACH-lainsäädännön liitteistä Annex VII: <https://reachonline.eu/reach/en/annex-vii.html> ja Annex VIII: <https://reachonline.eu/reach/en/annex-viii.html> lisätietoja.

ECHA:n sivuilta löytyy opas REACH-rekisteröintiin tarvittavien tietojen hankkimiseen ilman eläinkokeita:

https://www.echa.europa.eu/documents/10162/17250/practical_guide_how_to_use_alternatives_en.pdf/148b30c7-c186-463c-a898-522a888a4404

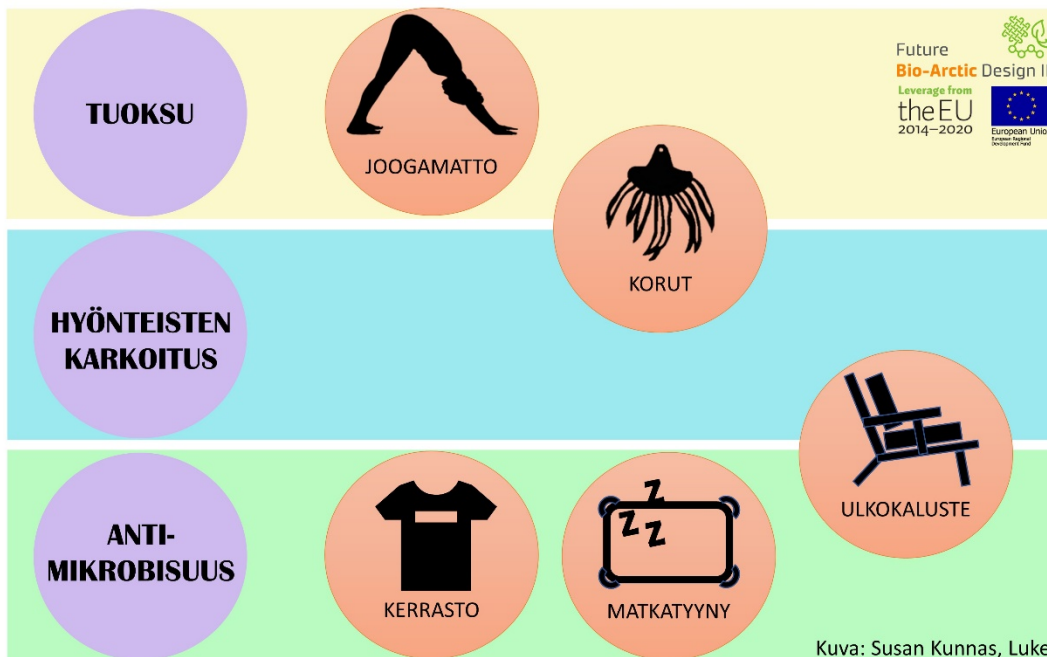
Lisäksi löytyy opas tällä hetkellä sallitut vaihtoehdot eläinkokeille:

https://www.echa.europa.eu/documents/10162/2280531/non_animal_approches_en.pdf/87ebb68f-2038-f597-fc33-f4003e9e7d7d

F.BAD II - hankkeessa ei pystytty testaamaan toksisuutta hankkeen budjetin, hankeajan ja ostopalveluanalyysien kalliin hinnan takia, mutta uutteen tarkka koostumus on analysoitu. (Korpinen, R. ym. 2021; Kunnas, S. ym. 2023) Lisäksi uutteen ja tekstiilien testaus kuuluu varsinaisesti yritykselle, joka lähtee viemään tuotteistamista eteenpäin seuraavissa vaiheissa. Lukelta on kuitenkin mahdollisuus ostaa palveluna esimerkiksi kasvinsuojeluainetestausta ja biologisten torjunta-aineiden kehittämisen palveluita: <https://www.luke.fi/fi/palvelut/kasvinsuojeluainetestaus-ja-biologisten-torjuntaaineiden-kehittamisen-palvelut>.

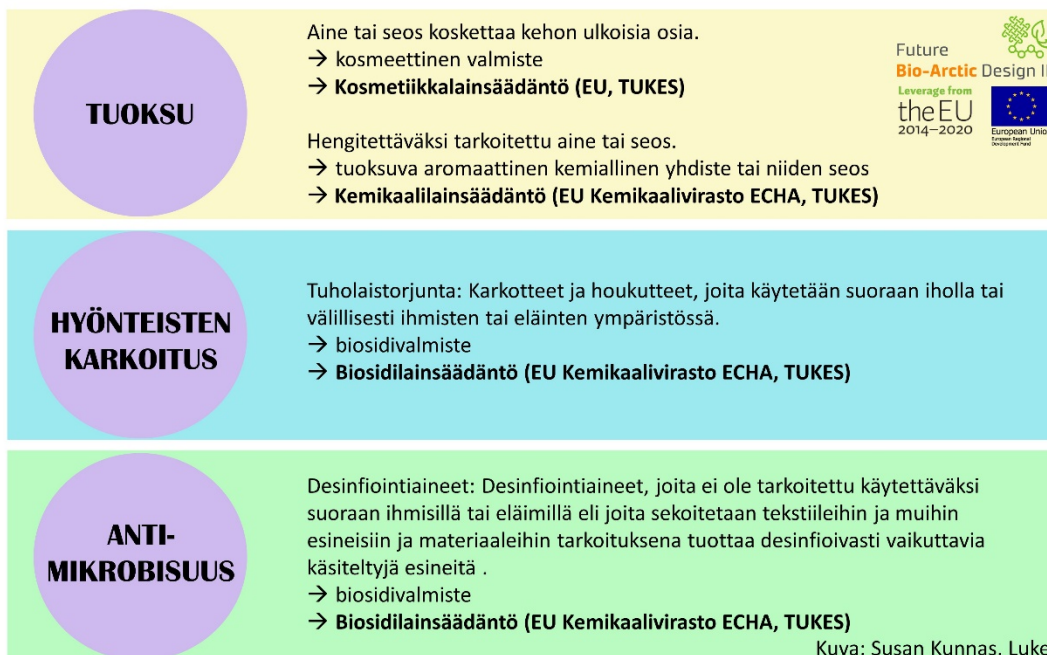
Tuotteen käyttötarkoitus

Tuotteen valmistajan on määriteltävä tuotteen käyttötarkoitus. Se ja tuotteen vaikutusmekanismi ovat keskeisiä tekijöitä, kun määritellään, onko esimerkiksi uutetta sisältävä tuote lääkinnällinen laite, kosmeettinen valmiste, biosidi vai jokin muu tuote. F.BAD II -hankkeen prototyyppi-aihiot sekä niihin suunnitellut ominaisuudet uutteen tekstiiliin lisäämisen kautta on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. F.BAD II -hankkeen tuoteprototyypit ja niihin suunnitellut ominaisuudet tekstiilimateriaaliin lisättyjen uutteiden kautta. Kuva: Susan Kunnas, Luke.

Kuvassa 2 on esitetty EU-tasolla ja kansallisella tasolla valvovat viranomaiset ja lainsäädännöt, joiden alaisuuteen F.BAD II - hankkeen tuoteprototyypit kuuluvat riippuen uutteilla käsiteltyjen tuotteiden luokituksesta ja markkinoitavista ominaisuuksista.



Kuva 2. F.BAD II -hankkeen uutteista tehtävien tuoteprototyyppien lainsäädäntöpolut. Kuva: Susan Kunnas, Luke.

Koska tuoteprototyypit ovat uutteilla käsiteltyjä tuotteita, joita ei käytetä suoraan ihmisillä, ne kuuluvat biosidilainsäädännön piiriin. Mikäli sitä käytettäisiin suoraan ihmisillä, esimerkiksi käsien desinfiointina, tuote luokiteltaisiin suoraan lääkinnälliseksi laitteeksi ja sen lainsäädäntöä valvoisi kansallisesti Suomessa FIMEA. Mikäli tuoteprototyypinä tehtäisiin esimerkiksi "antimikrobiset sukat", tuotteen luokittelu voisi olla myös lääkinnällinen laite, mutta luokittelu riippuu tässä tapauksessa valmistajan päätöksestä, miten tuote luokitellaan.

Hyönteiskarkotteet kuuluvat biosidi-luokkaan P19. Suomessa käyttöluvan myöntää Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes (<https://tukes.fi/kemikaalit/biosidit#da1dc9>). Biosideilla käsitellyille esineille Tukes on koonnut omat ohjeensa verkkosivulle <https://tukes.fi/kemikaalit/biosidit/biosidilla-kasitellyt-esineet>. Hyväksytyjen biosidihdisteiden (aktiiviaineet) ja biosidituotteiden listoja voi tarkastella ECHAN ja TUKESin sivuilla.

Biosidiasetuksen (BPR) mukaan esineitä voi käsitellä vain EU:n hyväksymiä tehoaineita sisältävillä biosidivalmisteilla (<https://echa.europa.eu/fi/regulations/biocidal-products-regulation/treated-articles>). Tehoaineet on hyväksyttävä, ennen kuin niitä sisältävälle biosidituotteelle voidaan myöntää lupa (<https://echa.europa.eu/fi/regulations/biocidal-products-regulation/approval-of-active-substances>). EU:ssa hyväksytyjen vaikuttavien aineiden listaus löytyy ECHAN sivustolta: <https://echa.europa.eu/fi/regulations/biocidal-products-regulation/approval-of-active-substances/list-of-approved-active-substances>.

Lähteet

ANSES 2020. Biocidal products. <https://www.anses.fr/en/content/biocidal-products>. Viitattu 21.9.2023.

Baananou, S., Bagdonaite, E., Marongiu, B., Piras, A., Porcedda, S., Falconieri, D., Boughattas, N. A. 2015. Supercritical CO₂ extract and essential oil of aerial part of *Ledum palustre* L.– Chemical composition and anti-inflammatory activity. *Nat Prod Res.* 29(11): 999-1005.

ECHA 2023a. Information on biocides. <https://echa.europa.eu/information-on-chemicals/biocidal-active-substances>. Viitattu 21.9.2023.

ECHA 2023b. REACH-IT. <https://echa.europa.eu/fi/support/dossier-submission-tools/reach-it>. Viitattu 21.9.2023.

ECHA 2017. REACH- ja CLP-asetusten mukaista aineiden yksilöimistä ja nimeämistä koskevat toimintaohjeet. https://echa.europa.eu/documents/10162/2324906/substance_id_fi.pdf/f68c35a2-9d94-49e2-b346-1153f677757b?t=1525879610107. Viitattu 21.9.2023.

EU:n neuvosto 2021. Neuvosto hyväksyi päätelmät EU:n kestävästä kemikaalistrategiasta. <https://www.consilium.europa.eu/fi/press/press-releases/2021/03/15/council-approves-conclusions-on-the-eu-chemicals-strategy-for-sustainability/>. Viitattu 21.9.2023.

EU 528/2012. REGULATION (EU) No 528/2012 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 22 May 2012 concerning the making available on the market and use of biocidal products. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:167:0001:0123:en:PDF>. Viitattu 21.9.2023.

Kunnas, S., Sipola, R., Nuutinen, A., Korpinen, R., Jääskeläinen, R., Yliniva, J.-L., Napari, E., Välimaa, A.-L., Liimatainen, J., Laurila, M., Sääsäski, 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.

Kunnas, S., Tienaho, J., Holmbom, T., Sutela, S., Liimatainen, J., Kaipainen, K., Jääskeläinen, R., Sääsäski, S., Korpinen, R. I. 2023. Antimicrobial treatments with chitosan microencapsulated Angelica (*Angelica archangelica*) and Marsh Labrador Tea (*Rhododendron tomentosum*) supercritical CO₂ extracts in linen-cotton jacquard woven textiles. ACS Omega. Submitted.

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.

Tieteen termipankki 2023. Mikrobiologia: antimikrobinen. <https://tieteentermipankki.fi/wiki/Mikrobiologia:antimikrobinen>. Viitattu 21.9.2023.

Tieteen termipankki 2023. Nimitys: biosidi. <https://www.tieteentermipankki.fi/wiki/Nimitys:biosidi>. Viitattu 21.9.2023.

Tieteen termipankki 2023. Nimitys: herbisidi. <https://www.tieteentermipankki.fi/wiki/Nimitys:herbisidi>. Viitattu 21.9.2023.

Tieteen termipankki 2023. Nimitys: insektisidi. <https://www.tieteentermipankki.fi/wiki/Nimitys:insektisidi>. Viitattu 21.9.2023.

Tieteen termipankki 2023. Mikrobiologia: mikrobi. <https://tieteentermipankki.fi/wiki/Mikrobiologia:mikrobi>. Viitattu 21.9.2023.

Tieteen termipankki 2023. Nimitys: pestisidi. <https://www.tieteentermipankki.fi/wiki/Nimitys:pestisidi>. Viitattu 21.9.2023.

Tieteen termipankki 2023. Nimitys: torjunta-aine. <https://www.tieteentermipankki.fi/wiki/Nimitys:torjunta-aine>. Viitattu 21.9.2023.

Tukes 2021. Kemikaalituoterekisteriin tehtävät kemikaali-ilmoitukset ja niihin liittyvät määrätiedot. Toimintaohje 1.2.2021. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto.

Ympäristövaikutusten arviointi suopursun ja väinönputken uutteiden jalostamisesta antibakteeriseksi tekstiilien viimeistelyaineiksi

Pasi Korkalo, FT, tutkija, Biotalous ja ympäristö / Kestävyytutkimus ja indikaattorit, Luonnonvarakeskus

Risto Korpinen, TKT, erikoistutkija, Tuotantojärjestelmät / Biotalous ja erotusteknologiat, Luonnonvarakeskus

Kalle Kaipainen, insinööri (AMK), laboratorioinsinööri, Tuotantojärjestelmät / Biotalous ja erotusteknologiat, Luonnonvarakeskus

Susan Kunnas, FT, tutkija, Tuotantojärjestelmät / Biotalous ja erotusteknologiat, Luonnonvarakeskus

Johdanto

Tekstiiliteollisuus tunnetaan yhtenä teollisuudenaloista, joka kuluttaa tuotantoprosesseissaan merkittäviä määriä vettä, energiaa sekä kemikaaleja (Parisi, M. L. ym. 2015). Tekstiilituotannossa on kova paine kehittää ympäristöystävällisempiä prosessi- ja tuotantotapoja, mutta rinnalla on myös tarve kehittää uusiutuvista lähteistä valmistettuja kankaiden käsittelyaineita, joilla voidaan korvata petrokemikaalipohjaisia ja ympäristölle haitallisia kemikaaleja (Roy Choudhury, A. K. 2014). Lisäksi bioaktiiviset ja terveyttä edistävät kankaiden kyllästeaineet ovat nousseet mielenkiinnon kohteiksi viime vuosina, jolloin myös tällaisten kemikaalien kehitystyö kohti kestävämpiä vaihtoehtoja on ajankohtaista (Muruges Babu, K. & Ravindra, K. B. 2015).

Uusiutuvista raaka-ainelähteistä valmistettujen kankaankäsittelyaineiden elinkaarianalyysi (Life Cycle Assessment, LCA) tarjoaa arvokasta tietoa uusiutuvien resurssien käytön eduista tekstiilituotannossa ja auttaa kehitettäessä ympäristöystävällisempiä tuotantomenetelmiä (Roos, S. ym. 2016). Yleisesti kuvailtuna LCA on elinkaarianalyysimenetelmä, jota käytetään tuotteen tai prosessin ympäristövaikutusten arvioimiseen sen koko elinkaaren ajan raaka-aineiden hankinnasta loppusijoitukseen asti. Analyysi voidaan myös suorittaa rajatummin, keskittyen tiettyyn prosessivaiheeseen tai -vaiheiden sarjaan (Bjørn A. ym. 2018).

Kun käytetään LCA:ta uusien biopohjaisten tuotteiden tuotannon kestävyysarvioinnissa, tavoitteena on usein arvioida uusiutuvien resurssien käytön ympäristövaikutuksia verrattuna petrokemikaaleihin sekä tunnistaa mahdollisuudet negatiivisten ympäristövaikutusten vähentämiseen. LCA voi auttaa optimoimaan tuotannon kestävyttä jo tuotannon kehitys- ja suunnitteluvaiheessa tunnistamalla parannuskohteita, kuten kasvihuonekaasupäästöt, ympäristökuormitukset, vedenkulutus ja maankäyttö (Keoleian, G. A. 1993). Lisäksi LCA voi tarjota tietoa tuotteen tai prosessin taloudellisista ja sosiaalisista vaikutuksista (Weidema, B. P. 2006).

LCA-tutkimuksen avulla yritykset ja päättäjät voivat tehdä päätöksiä, jotka tasapainottavat ympäristö-, taloudellisia ja sosiaalisia näkökohtia sekä edistävät kestävästä tulevaisuutta. LCA perustuu ISO 14040- ja ISO 14044-standardeihin. ISO 14040 tarjoaa yleiset periaatteet ja viitekehyksen LCA:lle (SFS 2020a), ja ISO 14044 yksityiskohtaiset vaatimukset ja menettelyt LCA:n suorittamiselle (SFS 2020b).

Mallinnus sisältää yleensä neljä vaihetta: tavoitteen määrittely, inventaarianalyysi, vaikutusanalyysi ja tulkinta (SFS 2020a; SFS 2020b). Tässä selvityksessä mallinnettiin väinönputken juuresta ja suopursusta erotettujen uutteen avulla valmistettujen antibakteeristen kankaiden viimeistelyaineiden tuotantoprosessia aina raaka-aineiden hankinnasta kankaiden mikrokapselointikäsittelyyn asti. Mallinnus toteutettiin käyttäen SimaPro- ja Ecoinvent Database -ohjelmistoja.

Selvityksen tavoitteena oli tarkastella antibakteeristen mikrokapseloitujen suopursu- ja väinönputkiuutteen laboratorio/pilot -mittakaavan tuotannon ilmastonlämmityspotentiaalia (GWP100; kg CO₂ eqv.) sekä vertailla näiden kahden tuotteen ilmastojalanjälkeä keskenään. Koska tuotantomenetelmä on vielä koe- ja tutkimusvaiheessa, eikä teollisen mittakaavan infrastruktuuria ole vielä olemassa, elinkaari-inventaarin (Life Cycle inventory, LCI) perusvirrat ja muut virtaukset on määriteltävä uutteen tuotannon ja laboratoriomittakaavan koejärjestelyjen mukaisesti.

Logistiikkalaskelmissa on käytetty mahdollisesti soveltuvia maantiekuljetuksiin tarkoitettuja kuljetuskalustoja, kuten kuorma-autoja tai rekkvoja. Lisäksi on laskettu tarvittavien sähkölaitteiden kokonaisenergiakulutus perustuen sähkölaitteiden maksimitehoon ja niiden käyttöaikaan. Tämä tarkoittaa sitä, että mallinuksissa on otettu huomioon sähkölaitteiden suurin mahdollinen energiankulutus, sekä näiden käyttöajan vaikutus kokonaisenergiakulutukseen. Lisäksi laskelmissa on käytetty materiaaliluetteloa, joka sisältää lähtöaine- ja kemikaalitiedot mikrokapseloituista uutteen kankaaseen liittämiseen saakka niissä määrin, miten kulutus toteutui laboratoriokokeissa.

Tässä selvityksessä ei vertailla valmiiden markkinoilla olevien bioaktiivisten kankaan kyllästeaineiden tuotannon ilmastovaikutuksia suhteessa väinönputkesta ja suopursusta tuotettujen mikrokapseloitujen uutteen hiilijalanjälkeen. Kehityksessä olevien tuotantoprosessien, kuten pilottilaitosten, minitehtaiden tai laboratoriokokeiden elinkaariarviointitulokset eivät välttämättä edusta teollisen mittakaavan massatuotannon aiheuttamia ympäristövaikutuksia, jolloin vertailua ei ole perusteltua pitää luotettavana. Erityisesti vertailevissa elinkaariarviointitutkimuksissa on tarpeen analysoida, vaikuttaako tuotannon mittakaavan kasvattaminen ympäristökuormitukseen. Mittakaavan kasvattaminen voi tuoda merkittäviä eroja ympäristövaikutuksiin (Shibasaki, M. ym. 2007).

Uutteen vertaileva GWP-selvitys toteutettiin tarkoituksenaan tunnistaa mahdolliset tuotannon kipupisteet (hot spots), joissa tuotteiden GWP-vaikutusta voitaisiin vähentää, ja havainnoida ilmastovaikutuksia näiden kahden raaka-ainelähteen välillä. Selvitys tehtiin osana EAKR-rahoitteista FBAD II -hanketta.

Tutkimuksen soveltamisala

Toiminnallinen yksikkö ja vertailuvirta

Vertailuvirraksi ja toiminnalliseksi yksiköksi (Kuva 1) on määritelty: 1 kg kangasta, jolla on noin 40 % antibakteerinen aktiivisuus *S. aureus* -bakteeria vastaan mikrokapseloinnin jälkeen. 1 kg kangasta tarkoittaa pinta-alassa eri määrää eri kangastyypeille, joten havainnollisuuden vuoksi esimerkiksi F.BAD II – tutkimuksen jacquard - kudotun pellava-puuvillatestikankaan neliöpaino on 650 g/m² (Kunnas, S. ym. 2023), joten 1 kg testikangasta vastaa pinta-alaltaan 1,54 m².

Taulukko 1. Toiminnallinen yksikkö ja vertailuvirta.

Toiminto/palvelu: "mitä"	Vaatekankaan antibakteerisuus mikrokapselointimenetelmällä
Toiminnon/palvelun laajuus: "miten paljon"	kyllästetään 1 kg kangasta
Odotettu laatutaso: "miten hyvin"	Saavutetaan n. 40 % antibakteerinen aktiivisuus <i>S. Aureus</i> -bakteeria vastaan
Tuotteen kestävyys/käyttöikä: "miten kauan"	Ei määritelty

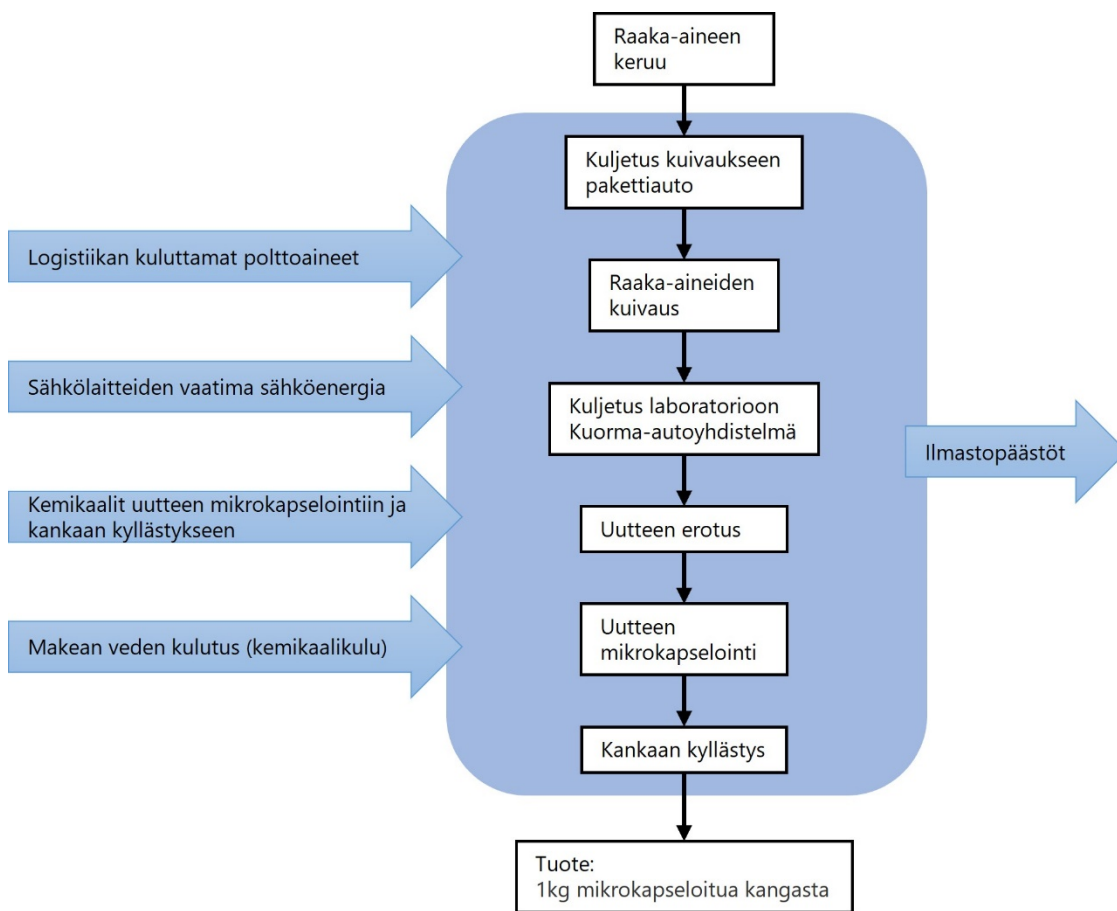
Järjestelmäraajat

Elinkaarivaiheet ja keskeisimmät prosessit

Tarkastelussa huomioitiin kuljetus raaka-aineen hankintapaikasta esikäsittelypaikkaan, esikäsittely ja kuivaus omana toimintayksikkönä lähellä raaka-aineen hankintapaikkaa, kuiva-aineen kuljetus laboratorioon ylikriittiseen hiilidioksiduuttoon, uutteen saanto ja mikrokapselointi, sekä viimeisenä vaiheena mikrokapseloiden liittäminen kankaaseen, mistä muodostuu vertailuvirran mukainen yksikkö. Mikrokapselointiaineiden tuotannon tärkeimmät tarkastelukohteet olivat kasvien kuivaus, uutto, ja kankaan mikrokapselointi. Logistiikka on otettu tarkasteluun mukaan. Vedenkulutus on huomioitu vain uutteen mikrokapseloinnin yhteydessä.

Poissulkemiset

Raaka-aineen tuotantoa (villinä kasvava suopursu vs. viljelty väinönputki) ei huomioitu tässä tarkastelussa, koska LCA-mallinnuksen kannalta relevantit tiedot koskien luomuviljelyä ei ollut saatavilla ilmastovaikutuksen laskentaa varten. Lisäksi kankaan tuotantoprosessi rajataan tarkasteltavan systeemin ulkopuolelle, koska tämän selvityksen kannalta kiinnostavin kokonaisuus liittyy mikrokapselointiaineen tuotantoon. Biomassan keruuvaiheeseen voi liittyä välivarastointia ja pakastusta, joka on jätetty rajauksen ulkopuolelle. Järjestelmän rajakaavio on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Järjestelmärajakaavio. Kuva: Pasi Korkalo, Luke.

Ympäristöjalanjäljen (EF) vaikutusluokat

Koska mikrokapseloitujen uuteaineiden tuotantoa on tarkasteltu kokeellisesti laboratorio/pilot-mittakaavassa, vaikutusluokista huomioitiin vain GWB100 (ks. taulukko 2: Climate Change total).

Taulukko 2. Tarkastelukohteeksi valittu ympäristöjalanjäljen vaikutusluokka.

EF Impact Category	EF Impact Assessment Model	EF Impact Category indicators	Source
Climate Change total ^[1]	Bern model - Global Warming Potentials (GWP) over a 100-year time horizon.	kg CO ₂ equivalent	Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007

^[1] "Climate Change total" ilmoitetaan alakategorioiden (Climate Change, fossil; Climate Change, biogenic; Climate Change, land use and land use change) kokonaissummana.

Oletukset ja rajoitukset

Laskennassa kasvibiomassojen kuiva-ainesaannon on laskettu olevan noin 50 %. Kasvien uuteainesaantojen keskiarvoiksi valittiin laboratorikokeissa määritetyt arvot: väinönputkiuute 4,3 m-%, ja suopursu-uute 10,3 m-% kuiva-aineista laskettuna. (Kunnas, S. ym. 2023) Sähkölaitteiden (kuivauslaite, jauhuslaite, sekä pilot-mittakaavan uuttolaite) todellisia käytönaikaisia virrankulutuksia ei voitu mitata, joten laskennassa huomioitiin laitteiden ilmoitettu maksimiteho sekä käyttöaika suhteutettuna tarkasteltavaan referenssivirtaan (sähkökulu, kun tuotetaan 1 kg mikrokapseloitua kangasta). Uutteen mikrokapselointi ja mikrokapseleiden liittäminen kankaaseen toteutettiin laboratoriomittakaavassa, joten kemikaalikulu laskettiin referenssivirtaa kohden, kuten sähkökulun kohdalla (kemikaalikulu, kun tuotetaan 1 kg mikrokapseloitua kangasta). Prosesseissa ei huomioitu mahdollisuutta materiaalien kierrätykseen eikä hävikkejä.

Elinkaari-inventaari (LCI)

Elinkaari-inventaari on muodostettu laboratorio- ja pilot-mittakaavan kokeiden perusteella. Tummemmalla fontilla on merkitty mallinnuksessa käytetyt parametrit. Inventaari- ja materiaaliluettelo eli kaikki tarvittava tieto, joiden avulla GWP100 on laskettu, on esitettyinä taulukossa 3.

Taulukko 3. Inventaari- ja materiaaliluettelo.

	Syötteet	Suopursu-uute	Väinönputkiuute	yksikkö
Lopputuote	Mikrokapseloidun kankaan määrä	1,000	1,000	kg
	Mikrokapseleiden määrä	0,25	0,25	kg
Kyllästysaineen tuotanto ja kankaan kyllästys	Tarvittava uutemäärä	0,188	0,250	kg
	Parafiiniöljy (0.25 ml (tiheys 0.881 g/cm ³))	0,220	-	kg
	etikkahappo (päätyy jätteeksi)	0,025	0,025	kg
	Chitosan	0,013	0,013	kg
	decyl β-D-glucopyranoside (Decyl glucoside) (päätyy jätteeksi)	0,013	0,013	kg
	NaOH (päätyy jätteeksi)	0,125	0,125	kg
	Sitruunahappo	0,094	0,094	kg
	NaH ₂ PO ₄	0,047	0,047	kg
	Vesi tot	17,950	17,950	kg
	Uuttoprosessi	Uuteainesaanto	10,3 %	4,3 %
Tarvittava kuiva-ainemassa		1,820	5,814	kg
Uuttoaika		2,000	1,500	h
laitteiston kokonaisteho		10,086	10,086	kW
Energiakulu per uuttokerta		20,172	15,129	kWh
Uuttoerän massa		1,400	2,500	kg
Uuttoerän tilavuus		8,000	8,000	L
Kuiva-aineen massa-tilavuussuhde		0,175	0,3125	kg/L

	Kuiva-aineen tilavuus	10,40	18,60	L
	Uuttokammion maksimikapasiteetti	11	11	L
	Uuttokertojen lkm. (laskennallinen)	0,9	1,7	kpl
	Uuttokertojen lkm. (pyöristetty seuraavaan kokonaislukuun)	1	2	kpl
	Uuttojen energiakulu	20,172	30,258	kWh
	Hiilidioksidin menetys per uutto	2,44	2,44	L
	Hiilidioksidin uutto tot	2,44	4,88	L
Jauhatus	Jauhauskoneen teho	2,1	2,1	kW
	Jauhauskoneen kapasiteetti	50	50	L/h
	Jauhatuskoneen käyttöaika	0,2	0,4	h
	Jauhatuskoneen energiakulu	0,4	0,8	kWh
Kuivaus	Kuivauslaitteen teho	0,016	1,6	kW
	Kuivausaika	336	96	h
	Kuivauksen vaatima energiakulu	5,376	153,6	kWh
Logistiikka	Kuljetus, pakettiauto	38,3	17	km
	Postikuljetus, kuorma-auto	646	897	km
	Tuoremassan kosteus-%	50 %	50 %	m-%
	Kuljetettava tuoremassa (kg)	3,641	11,628	kg
	Kuljetettava tuoremassa (ton)	0,004	0,012	tonnia
	pakettiauto tonnikilometrit	0,139442	0,197674	tkm
	postiauton tonnikilometrit	0,0000563588	0,000013	tkm

GWP100 mallinnus toteutettiin pääosin SimaPro ja Ecoinvent -tietokantojen avulla. Poikkeuksena on kulutettujen kemikaalien osalta kitosaani (chitosan), jolle ei ole valmista tietokantaa. Korvaavana data-aineistona hyödynnettiin kirjallisuustietoja Riofrio, A. ym. 2021 tuottamasta tutkimuksesta. Logistiikan osalta oletettiin, että raaka-aineen kuljetus esikäsittelyvaiheeseen vastaa kevyttä pakettiautoa, ja kuivatun kasvimateriaalin kuljetuksessa käytetään raskasta postiautokalustoa. Tonnikilometrit ja siitä koituvat ilmastovaikutukset ovat laskettu referenssivirran mukaisille kuljetettaville kasvien kuiva-/tuoremassoille, sekä käytännön kokeissa toteutuneilla kuljetuskilometreillä.

Vaikutusarvioinnin tulokset

Taulukossa 4 on eriteltyä kullekin prosessin materiaalille tai energiakululle muodostuva ilmastolämmitysvaikutus. Taulukon arvoissa ei ole arvioitu epäluottamusvälejä vaillinaisten tietojen tai toistojen vuoksi. Prosenttiarvot kuvastavat kunkin laskennassa käytetyn kohdan prosentuaalista osuutta referenssivirran kokonaisvaikutuksesta. Prosenttiarvoista voidaan jäljittää merkitykselliset prosessit, jotka vaikuttavat painavasti kokonaispäästöihin.

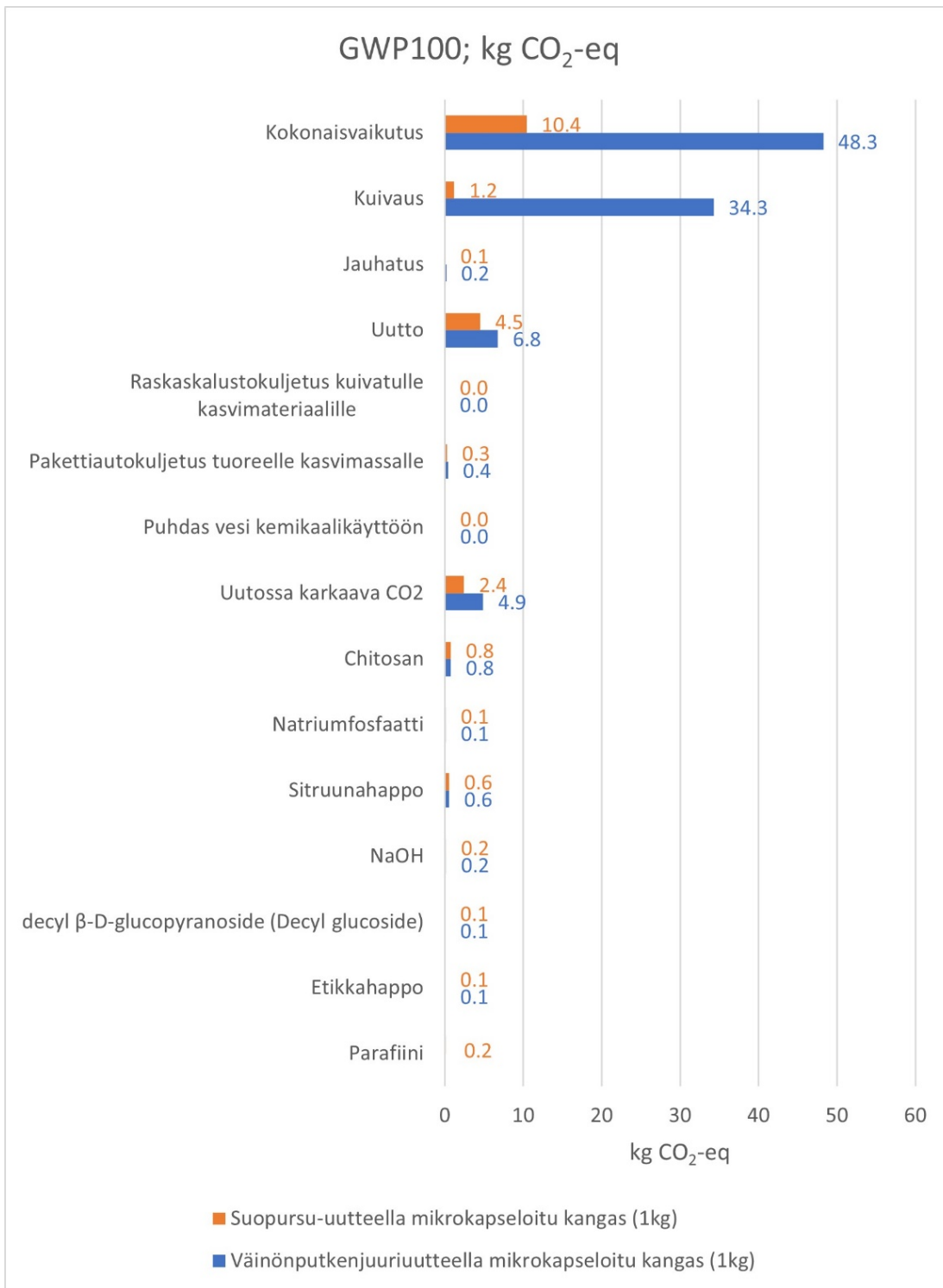
Taulukko 4. Jokaisen muuttujan kg CO₂-eq vaikutus GWP100 kokonaissummaan.

	Syötteet		Väinönputkiuutteella kyllästetty kangas		Suopursu-uutteella kyllästetty kangas	
			kg CO ₂ -eq	Päästöjen osuus kokonaismäärästä (%)	kg CO ₂ -eq	Päästöjen osuus kokonaismäärästä (%)
Mikrokapselointi ja kankaan kylästy	Parafiini	Paraffin {GLO} market for paraffin Cut-off, S	-	-	0.160	1.5 %
	Etikkahappo	Acetic acid, without water, in 98% solution state {GLO} market for acetic acid, without water, in 98% solution state Cut-off, S	0.055	0.1 %	0.055	0.5 %
	decyl β-D-glucopyranoside (Decyl glucoside) ¹	Non-ionic surfactant {GLO} market for non-ionic surfactant Cut-off, S	0.053	0.1 %	0.053	0.5 %
	NaOH	Neutralising agent, sodium hydroxide-equivalent {GLO} sodium hydroxide to generic market for neutralising agent Cut-off, S	0.161	0.3 %	0.161	1.5 %
	Sitruunahappo	Citric acid {GLO} market for citric acid Cut-off, S	0.558	1.2 %	0.558	5.3 %
	Natriumfosfaatti	Sodium phosphate {RER} market for sodium phosphate Cut-off, S	0.131	0.3 %	0.131	1.2 %
	Chitosan	Kirjallisuusarvo (Rifrio, ym. A. 2021)	0.770	1.6 %	0.770	7.4 %
	Uutossa karkaava CO ₂	Laskettu CO ₂ -massa, joka ei päädy laitteistossa kiertoon	4.880	10.1 %	2.440	23.4 %
	Puhdas vesi kemikaalikäyttöön	Water, ultrapure {RER} market for water, ultrapure Cut-off, S	0.047	0.1 %	0.047	0.4 %
Logistiikka	Pakettiautokuljetus tuoreelle kasvimassalle	Transport, freight, light commercial vehicle {Europe without Switzerland} market for transport, freight, light commercial vehicle Cut-off, S	0.397	0.8 %	0.280	2.7 %

	Raskaskalusto- kuljetus kuivatulle kasvimateriaalille	Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO6 {RER} market for transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO6 Cut-off, S	1.30E-06	0.0 %	6.01E-07	0.0 %
Sähkölaitteet	Uutto	Electricity, medium voltage {FI} market for electricity, medium voltage Cut-off, S	6.757	14.0 %	4.504	43.1 %
	Jauhatus	Electricity, medium voltage {FI} market for electricity, medium voltage Cut-off, S	0.179	0.4 %	0.089	0.9 %
	Kuivaus	Electricity, medium voltage {FI} market for electricity, medium voltage Cut-off, S	34.300	71.0 %	1.200	11.5 %
Kokonaisvaikutus	Climate Change total (GWP100)		48.286 kg CO₂-eq		10.449 kg CO₂-eq	
¹ decyl β-D-glucopyranoside (Decyl glucoside) korvattu geneerisellä 'ei-ionisella surfaktantilla'						

Kuvassa 2 on esitettyä taulukon 4 arvot vertailugraafina. Verrattaessa kummankin mikrokapseloidun uutetyypin kokonaisilmastovaikutusta, on havaittavissa väinönputkiuutteen prosessien aiheuttavan 4,6 kertaisen vaikutuksen verrattuna suopursu-uutteen prosessointiin. Ilmeisin vaikutus muodostuu kasvimateriaalin kuivauksesta, joka väinönputkella on laitteistosta johtuen energiaintensiivisempi prosessivaihe kuin suopursulla. Väinönputki on kuivattu VegeDryer 100-kaappikuivurilla (1,6 kW; 96 h), mutta koska ei ollut saatavilla tietoa kaapin hyötykapasiteetista, eikä väinönputken vaatimaa kuivaustilaa, mallinnuksessa oletettiin koko 153,6 kWh energiakulu kohdentuneen väinönputken kuivaukseen. Suopursun kuivauksessa on hyödynnetty merikontista valmistettua kaappikuivuria, jossa kuivausilma tuotetaan 16 W sähkölaitteella. Kuivausaika on huomattavasti pidempi (336 h) kuin Vegedryer 100-laitteella, mutta matalatehoisen moottorin ansiosta energiakulu suopursun kuivaukselle on ollut 5.376 kWh. Tämä siitä huolimatta, että kuivurin vaatima energiakulu on kohdennettu vain suopursulle, eikä suhteutettu kontin kokonaiskuivauskapasiteettiin, kuten ei väinönputken kuivauksen ilmastovaikutuksen laskennassa on tehty. Ilmastolämmitysvaikutuksen puolesta voidaan arvioida konttikuivurin olevan parempi ratkaisu kasvien esikäsitteilyä varten.

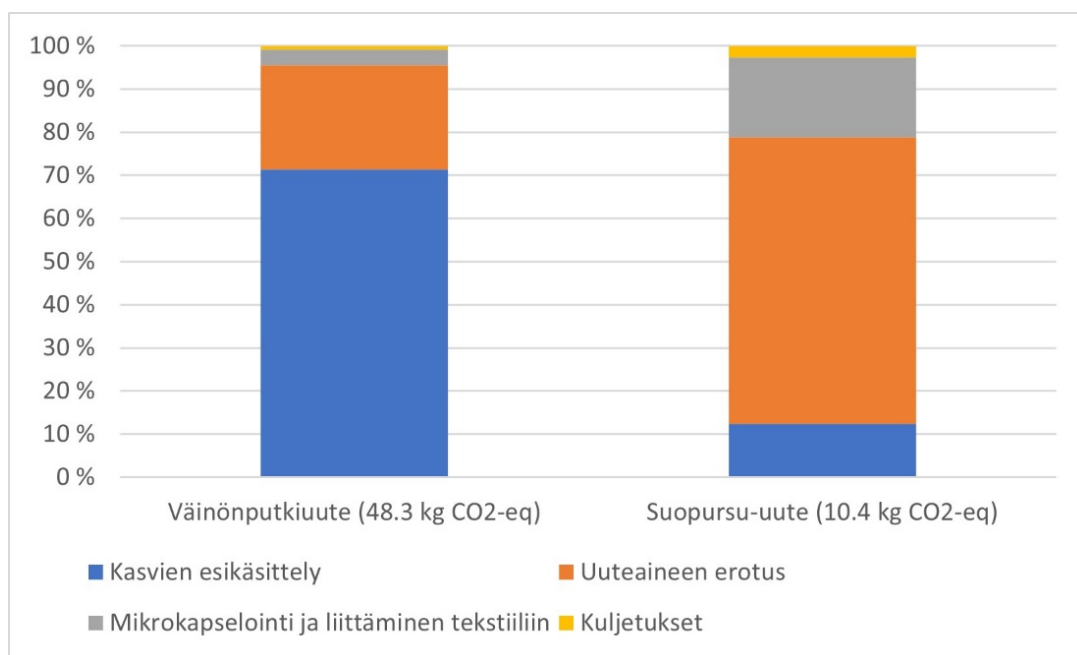
Kuvassa 2 näkyy selkeinä piikkeinä myös uutosta aiheutuvat päästövaikutukset, mutta uuttoprosessi ei tässä rajauksessa ole merkittävin ilmastokuorman aiheuttaja. Kemikaaleista kitosaani (chitosan) vaikuttaa erottuvan joukosta korkeimmalla arvolla, mutta myös kemikaalien osuus jää kokonaisvaikutuksessa alhaiseksi. Kuljetuksen osuus on häviävän pieni, mutta tämän rajauksen tapauksessa kuljetukset mallinnetaan standardien mukaisesti, jolloin referenssivirran mukaiset kasvimateriaalimassat suhteutetaan kuljetusvälineiden hyötykuormaan ja kuljetusmatkaan.



Kuva 2. Erittely kg CO₂-eq vaikutus GWP100 kokonaissummaan. Kuva: Pasi Korkalo, Luke.

Johtopäätökset

Kuvassa 3 on havainnollistettu kummallekin uutetyypille kankaan mikrokapselointiprosessivaiheiden osuudet kokonaispäästöihin nähden. Väinönputkipohjaisten mikrokapseloiden kohdalla suurin päästöosuus allokoituu kasvin esikäsittelyvaiheeseen, ja suopursupohjaisten mikrokapseloiden kohdalla uuttovaiheeseen. Väinönputkiuutteen valmistuksen kohdalla päästöjä voidaan vähentää hyödyntämällä samantyyppistä ja -kokoista kuivausmenetelmää kuin suopursu-uutteen tuotannossa on käytetty. Molempien kasvien uutosta aiheutuviin päästöihin voidaan vaikuttaa, jos laitteen uuttokapasiteetti voidaan hyödyntää niin, että uuttoeriä ei muodostu yli tarpeen. Tällöin myös uutoissa vapautuvan hiilidioksidin osuus alenee.



Kuva 3. Raaka-aineiden kuljetuksille, kasvien esikäsittelyille, uutoille, ja uutteen mikrokapseloinneille sekä kankaan kyllästykselle muodostuvat päästöosuudet suhteessa kokonaispäästöihin. Kuva: Pasi Korkalo, Luke.

Tulokset on muodostettu suurelta osin laboratoriokokeisiin ja arvioihin pohjautuen, joten tuloksena on alustava arvio tuotteiden tuotannon ilmastovaikutuksista. Selkeät parannuskohteet prosesseissa ovat kuitenkin havaittavissa, ja tarkoille mallinnusten jatkotutkimuksille on muodostettu pohja. Jatkotutkimuksissa mallinnukseen voidaan lisätä raaka-aineen tuotannon vaikutukset (villinä kasvava keruukasvi vs. viljelty kasvi), yhdenmukaistaa molempien kasvien kuivausprosessit vastaamaan tämän tarkastelun suopursun prosessia, sekä mitata uuttolaitteen aiheuttama todellinen sähkökulu usean uuttoerän kohdalta.

Lähteet

- Bjørn, A., Owsianiak, M., Molin, C., & Laurent, A. 2018. Main Characteristics of LCA. In M. Z. Hauschild, R. K. Rosenbaum, & S. I. Olsen (Eds.), *Life Cycle Assessment: Theory and Practice*. pp. 9–16. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3_2
- Keoleian, G. A. 1993. The application of life cycle assessment to design. *Journal of Cleaner Production*, 1(3), 143–149. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0959-6526\(93\)90004-U](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0959-6526(93)90004-U)
- Kunnas, S., Tienaho, J., Holmbom, T., Sutela, S., Liimatainen, J., Kaipainen, K., Jääskeläinen, R., Sääski, S., Korpinen, R. I. 2023. Antimicrobial treatments with chitosan microencapsulated *Angelica* (*Angelica archangelica*) and Marsh Labrador Tea (*Rhododendron tomentosum*) supercritical CO₂ extracts in linen-cotton jacquard woven textiles. *ACS Omega*. submitted.
- Muruges Babu, K., & Ravindra, K. B. 2015. Bioactive antimicrobial agents for finishing of textiles for health care products. *The Journal of The Textile Institute*, 106(7), 706–717. <https://doi.org/10.1080/00405000.2014.936670>
- Parisi, M. L., Fatarella, E., Spinelli, D., Pogni, R., & Basosi, R. 2015. Environmental impact assessment of an eco-efficient production for coloured textiles. *Journal of Cleaner Production*, 108, 514–524. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.032>
- Riofrio, A., Alcivar, T., Baykara, H. 2021. Environmental and Economic Viability of Chitosan Production in Guayas-Ecuador: A Robust Investment and Life Cycle Analysis. *ACS Omega*. Sep 2;6(36):23038-23051. doi: 10.1021/acsomega.1c01672.
- Roos, S., Zamani, B., Sandin, G., Peters, G. M., & Svanström, M. 2016. A life cycle assessment (LCA)-based approach to guiding an industry sector towards sustainability: the case of the Swedish apparel sector. *Journal of Cleaner Production*, 133, 691–700. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.146>
- Roy Choudhury, A. K. 2014. Environmental Impacts of the Textile Industry and Its Assessment Through Life Cycle Assessment. In S. S. Muthu (Ed.), *Roadmap to Sustainable Textiles and Clothing: Environmental and Social Aspects of Textiles and Clothing Supply Chain*. pp. 1–39. Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-287-110-7_1
- SFS-EN ISO 14040:2006 + A1:2020. (2020a). Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework. Helsinki, Finland: Finnish Standards Association SFS.
- SFS-EN ISO 14044:2006 + A1:2018 + A2:2020. (2020b). Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines. Helsinki, Finland: Finnish Standards Association SFS.
- Shibasaki, M., Fischer, M., & Barthel, L. 2007. Effects on Life Cycle Assessment – Scale Up of Processes. In S. Takata & Y. Umeda (Eds.), *Advances in Life Cycle Engineering for Sustainable Manufacturing Businesses*. pp. 377–381. Springer London.

Weidema, B. P. 2006. The Integration of Economic and Social Aspects in Life Cycle Impact Assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 11(1), 89–96.

<https://doi.org/10.1065/lca2006.04.016>

Luonnontuotealan yritysverkoston mallintaminen tuoteprototyypin kautta

Susan Kunnas, FT, tutkija, Tuotantojärjestelmät / Biotalouserotusteknologiat, Luonnonvarakeskus

Niina Mattila, agrologi (YAMK), asiantuntija, Tulevaisuuden biotalous, Lapin ammattikorkeakoulu

Anu Tossavainen, TaM, lehtori, Tulevaisuuden biotalous, Lapin ammattikorkeakoulu

Reeta Sipola, agrologi (YAMK), asiantuntija, Tulevaisuuden biotalous, Lapin ammattikorkeakoulu

Luonnontuotteisiin pohjautuvien älytekstiilien arvo- ja tuotantoketjun mallintaminen

Luonnontuotealan toimialaraportin (2021) mukaan luonnontuoteala nähdään tulevaisuudessa merkittävänä osana biotaloutta ja Euroopan vihreää siirtymää. Luonnontuotealalta voi löytyä ratkaisuja kestäväen ruokajärjestelmän lisäksi ympäristölle haitallisten ainesosien korvaamiseen luonnontuotteista saatavilla bioyhdisteillä. Luonnontuoteala onkin monipuolisia elinkeinomahdollisuuksia tarjoava kasvuala, jossa yrittäjyyttä voidaan harjoittaa hyvinkin erilaisissa toiminnoissa raaka-aineen kerääjästä aina lopputuotteiden käyttäjäyrityksiin asti. (Wacklin, S. 2021)



Kuva 1. Luonnontuotteisiin pohjautuvien älytekstiilien arvo- ja tuotantoketju. Kuva: Susan Kunnas, Luke & Ritva Jääskeläinen, Lapin yliopisto.

Luonnontuotealan keskeisin toiminto älytekstiilien arvo- ja tuotantoketjussa (Kuva 1) on alkutuotanto eli raaka-aineen keruu tai sadonkorjuu riippuen onko kyseessä keruuraaka-aine vai viljelty raaka-aine. Myös kasvien esikäsittely; puhdistus, pesu, lajittelu tai muu kauppakunnostus on usein osa alkutuotantoa. (Kunnas, S. ym. 2020) Raaka-ainetuotanto on luonnontuotealan elinehto, sillä ilman raaka-aineita ei ole myöskään jalosteita. Raaka-aineen saatavuus mielletään usein luonnontuotealan pullonkaulaksi, ja raaka-ainesaatavuutensa varmistamiseksi jopa viidennes suomalaisista luonnontuotealan yrityksistä toimii myös raaka-aineen tuottajana. (Wacklin, S. 2022)

Raaka-aineiden ensimmäisen asteen jalostusta on mm. luonnontuotteiden kuivaaminen. Ensimmäisen asteen jalostuksessa syntyy ns. välituotteita, joita jalostetaan usein vielä pidemmälle korkeamman jalostusarvon tuotteisiin. Toisen asteen jalostamista ovat uuttaminen ja vaativampien erotustekniikoiden käyttö tuotteisiin. Uudet teknologiat mahdollistavat vieläkin pidemmälle vietyjen kolmannen asteen jalostusteiden hyödyntämisen innovatiivisiin ns. hybridituotteisiin, joissa yhdistetään eri materiaaleja luonnosta eristettyjen aineiden ja yhdisteiden kanssa. Tämä edellyttää jo kuitenkin eri alojen yritysverkostoista syntyvää yhteistyötä. Tällaisia innovatiivisia tuotteita ovat mm. funktionaaliset, hiilineutraalit, kierrätettävät ja turvalliset biotuotteet, esimerkiksi funktionaaliset tekstiilit, uudenlaiset antimikrobiset pinnoitteet ja kosmetiikka, hydrofobiset pinnoitteet, kestävämmät ja biopohjaiset kalvot ja liimat, eristeet sekä biohybridituotteet. Kuvassa 7 nähdään F.BAD II-hankkeessa esimerkkinä toimiva luonnonmukaisten älytekstiilien tuotantoketju, jossa korkeamman jalostusasteen tuoteprototyypin (antimikrobisen tekstiilituotteen) muodostavat luonnontuoteala ja tevanake (tekstiili-vaatetus-nahka-kenkä) -alat. Tevanake-alojen tuotantoketju voidaan mallintaa kuten luonnontuotealallakin alkutuotannosta esikäsittelyn kautta eri jalostusasteen tuotteiksi. Lisäksi kuvaan voisi liittää myös kemian alan, jota voitaisiin myös hyödyntää hybridituotteen valmistuksessa, esimerkiksi pinnoitustekniikan osalta.

Luonnontuotealan alkutuotannossa olemassa oleva raaka-ainetuotanto väinönputken ja erityisesti suopursun osalta on Lapissa tällä hetkellä pientä. Lapissa olisi kuitenkin edellytyksiä kasvattaa luonnontuotteiden tuotantomääriä erityisesti viljeltyjen luonnontuotteiden, kuten väinönputken osalta viljelyalaa lisäämällä. Myös perinteisten keruutuotteiden, kuten suopursun viljely- tai puoliviljelymahdollisuuksia kannattaisi selvittää, sillä viljelyllä voidaan vaikuttaa keruutuotteiden satomääriin ja tasalaatuisuuteen. FBAD II -hankkeessa tehdyn selvityksen mukaan Lapissa toimivilla yrityksillä olisi kiinnostusta olla mukana rakentamassa väinönputken ja suopursun tuotantoverkostoja omalla alueellaan.

Raaka-ainetuotannon verkostoja voitaisiin kasvattaa toimijoiden välisen yhteistyön lisäämisellä sekä esimerkiksi yhteiskäyttötilojen ja -laitteiden kautta. Lapin liiton (2017) tekemässä elintarviketalomallissa toimijat verkottuvat eri puolille Lappia kiinteiden elintarviketalojen ympärille. Yhteiskäyttötiloina toimivien elintarviketalojen lisäksi yhteistilojen ja yhteisvarastoiden mahdollisuuksia paikalliseen elinkeinorajat ylittävään yritys-yhteistyöhön kannattaisi selvittää. Esimerkiksi Kolarissa luonnontuotetoimijoiden kanssa samaan alueelliseen verkostoon kuuluvat mm. poronlihayrittäjät ja muut elintarviketoimijat.

Poronlihapuolella on kymmeniä valmiita elintarvikehuoneistoja kylmä- ja pakastevarastointeiden eri paikkakunnilla ympäri poronhoitoaluetta. Näiden hyödyntämismahdollisuuksia ja yritysten kiinnostusta luonnontuotetoimintaan kannattaisi selvittää Tunturi-Lapin lisäksi myös muualla Lapissa ja Pohjois-Suomessa, jotta luonnontuotteiden esikäsittely- ja erityisesti varastointimahdollisuuksia saataisiin lisättyä. Paikallisilla tai alueellisilla verkostoilla pystyttäisiin kasvattamaan eri alueiden raaka-ainetuotantoa. Alueiden rajat ylittävällä yhteistyöllä (esim. Lappi - Pohjois-Pohjanmaa) raaka-ainetuotannon ajoittuminen eri aikoihin puolestaan lisäisi raaka-ainetuotantokauden pituutta.

FBAD II -hankkeessa tehtyjen selvitysten mukaan luonnontuoteraaka-aineita tuottavien yrittäjien mielestä raaka-ainetuotannon hintatasoa olisi saatava parannettua. Laatu ja brändäys on jo aiemmin mielletty hintatasoa nostavaksi tekijäksi, mutta yksi kannattavuuteen merkittävästi vaikuttava asia voisi olla raaka-aineen jalostaminen pidemmälle. Esimerkiksi suopursu toimitetaan useimmiten pelkästään raaka-aineena vientiin, eikä sitä jalosteta kotimaassa kuivausta pidemmälle. Jalostusasteen nosto, esimerkiksi uutteiksi, lisäisi merkittävästi raaka-ainetuotannon kannattavuutta. Hankkeessa tehtyjen selvitysten mukaan yrityksillä on kiinnostusta ja suunnitelmia investoida luonnontuotteiden jalostuslaitteistoihin. Yritysten tietoisuutta jalostusasteen noston tuomista mahdollisuuksista ja sen vaatimista tekniikoista tulisi lisätä, jotta jalostusasteen nostaminen yksittäisiä yrityksiä laajemmin olisi mahdollista.

Jotta tuotantoa kannattaisi kasvattaa, tulisi raaka-aineille ja jalosteille olla kysyntää. Suorat kontaktit raaka-aineiden käyttäjiin ovat alkutuotannon toimijoille tarpeen, samoin kuin tieto käyttäjien tarpeista eri raaka-aineiden osalta. Erityisesti pidemmälle jalostettujen tuotteiden, esimerkiksi uutteen osalta käyttäjien tarpeet ja vaatimukset on huomioitava tarkoin. Kysyntä ja tarjonta on saatava kohtaamaan toisensa niin alkutuotannon raaka-aineiden kuin jalosteidenkin, esimerkiksi uutteen, osalta.

Lappilaisen kuitumateriaalin tuotantoketju on vastaava kuin luonnontuotepuolella. Alkutuotannon lisäksi esikäsittely ja varastointi sekä eriasteiset jalostustoiminnat mahdollistavat paikallisen raaka-aineen saatavuuden älytekstiilituotteisiin. Kuituraaka-aineista älytekstiilituotantoon soveltuu esimerkiksi villa, jonka raaka-ainetuotantoa on olemassa lappilaisilla lammastiloilla. Kotimaisen villantuotannon arvostus on noussut viime vuosina, ja nousussa olleet raakavillan tuottajahinnat ovat lisänneet lammastilojen kiinnostusta laadukkaaseen villan tuottamiseen. Esimerkiksi Juvalla toimiva Saimaa Wool on erikoistunut oman alueensa suomenlampaanvillan tuottamiseen, ja lanseerannut ensimmäisen kotimaisesta villasta valmistetun villakankaan vaateteollisuuden käyttöön (Saimaa Wool 2022).

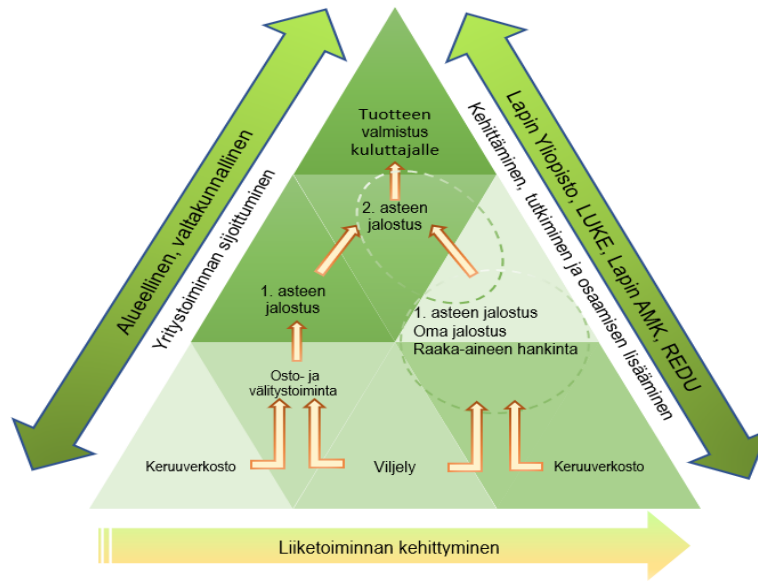
Lappilaisen villan ominaisuuksia, hoitavia vaikutuksia sekä luonnontuotteiden yhdistämismahdollisuuksia villatuotteisiin on tutkittu mm. Lapin yliopiston ja Lapin (ent. Rovaniemen) ammattikorkeakoulun Hoitava villa (Tuovinen, 2008) sekä Woollen innovations (Sipola, 2013, Sipola 2014) -hankkeissa. Lappilaisen lampaanvillan hyödyntäminen on ottanut edistysaskeleita viime vuonna Tervolaan avatun villan vastaanottopisteen myötä. Koulutuskuntayhtymä Lappian Louen yksikössä vastaanotetaan, lajitellaan ja pakataan

lappilainen villa jatkojalostukseen lähetettäväksi. Varsinaista villan jalostusta ei Lapissa vielä ole, vaan Tervolassa esikäsitelty villa toimitetaan Mikkelin lähelle Pirtin kehräämööseen jalostettavaksi. (Yle 2022) Vaikka ensimmäisen asteen villanjalostus puuttuu Lapista, on kuitenkin toiseen asteen jalostusta eli villojen ja lankojen jalostamista tuotteiksi olemassa pienyrityksissä myös Lapissa. Tämä lisää villasta alueelle jäävää arvoa. Lapin yliopistolla on käynnistynyt Villainno-hanke, jossa tavoitteena on edelleen tukea lappilaisten villan tuotteistamista (Lapin yliopisto 2023). Villan lisäksi Lapissa voisi olla kuituraaka-ainepotentiaalia myös kasviperäisten kuitujen sekä esimerkiksi poronkarvassa osana poron sivutuotteiden monipuolisempaa hyödyntämistä (Sipola ym. 2023).

Luonnontuotetoiminnan kehittämiseksi Lappiin tarvittaisiin pysyvä vastuuorganisaatio, joka koordinoisi luonnontuotealan toimintaa ja kehittämistä. Lapin luonnontuotealan kehittämistyön tulisi olla kohdennettua, ja kasvaviin raaka-ainevolyymeihin sekä jalostusasteen nostoon tähtäävää. Lapin ammattikorkeakoulun ja Arktisen keskuksen Biolabra avaa mahdollisuuksia kehittää myös yrittäjille suunnattua osaamisen lisäämistä mm. luonnontuotteiden jalostusasteen osalta (Haveri-Heikkilä ym. 2023).

Kuitumateriaalien osalta lappilaisen villan hyödyntämisen ja jalostusasteen lisääminen vaatisi edelleen kehittämistoimia, joita olisi hyvä suunnata aiempien villahankkeiden tulosten pohjalta nykypäivän villankesyntä huomioiden sekä Tervolassa aloittaneen villan vastaanottopisteen toimintaympäristöä kehittäen. Muiden kuitujen osalta kehittämistyö vaatisi aloittamista alusta asti niin lappilaisen tuotannon mahdollisuuksien selvittämistä kuin eri kuitujen tuotantotoiminnasta, esikäsitelystä ja jalostuksesta kiinnostuneiden toimijoiden löytämistä.

Luonnontuotteiden jalostusasteen nostaminen alkutuotannosta korkeamman asteen jalosteiksi on mahdollista yritysten yhteistyöllä. (Kuva 3.) Yritykset ja niiden muodostamat verkostot ovat avainasemassa toimialan kehittämisessä. Uuden toimintamallin ja toimintatapojen syntyminen vaatii kuitenkin aina myös kehittämistyötä, jota voidaan tarjota yritysten tueksi tutkimus- ja kehittämisorganisaatioiden kautta. Edellä mainittu Biolabra voi toimia fyysisenä ympäristönä luonnontuotepuolella uuden kehittämiseen, mutta fyysisen ympäristön lisäksi yrittäjät tarvitsevat uuteen toimintaan myös uutta osaamista. Esimerkiksi tutkimuslaitoksissa, niin Suomessa kuin muuallakin, oleva luonnontuotealan viimesinkin tieto tulisi saada jalkautettua yritysten käyttöön niin, että yritykset ja niiden verkostot voisivat hyödyntää sitä omassa kehittämistyössään ja toiminnassaan. FBAD II -hankkeessa saatiin kohtaamaan tutkimus- ja kehittämistahot sekä hankkeen työpajoihin osallistuneet yritykset hedelmällisen yhteistyön merkeissä. Vastaavanlainen yritysten ja kehittäjätoimijoiden verkostoituminen tulisi luoda pysyvämmäksi toimintatavaksi, jotta tutkimuksen ja kehittämistoiminnan tulokset saataisiin jalkautumaan luontevasti yrityskentälle.



Kuva 2. Luonnontuotteiden jalostusasteen nostaminen alkutuotannosta korkeamman asteen jalosteiksi vaatii yritysten yhteistyötä ja verkostoitumista sekä kohdennettua kehittämistyötä toiminnan tueksi. Kuva: Anu Tossavainen.

Yritysverkostojen muodostaminen F.BAD II - hankkeessa

F.BAD II -hankkeen tavoitteena oli edetä osallistuvan tutkimus-yrityskumppanuuden avulla älytekstiilin tutkimusprototyypeistä tuoteprototyypeiksi lappilaisten pk-yritysten ja tekstiiliteollisuuden yritysten kanssa. Tässä hankkeessa prototyypillä eli mallikappaleella tarkoitetaan oikeista materiaaleista tehtyä ensimmäistä testiversiota, yksittäistä toimivaa tuotetta, jonka pohjalta tuotantoprosessin suunnittelu voidaan aloittaa. Yhteistyöyrityksiksi valittiin yrityksiä, joiden kanssa valmistettiin konkreettisia älytekstiilituotteita. Lopulliselle tuotteelle ei haettu valmistajaa vaan osaaminen, ymmärrys ja uusi tieto jaettiin sekä hanketyöryhmän että lappilaisten yrittäjien kesken. Yritykset toimivat siis F.BAD II -hankkeessa tutkimusalustana, jossa tehdyt tulokset ja tuotokset jaettiin julkisina raporteina, näyttelyinä ja videoina.

F.BAD II -hankkeessa tuotteiden valmistaminen suunniteltiin tapahtuvan yrityksissä, mutta älytekstiilin kehittämisessä ja pilotoinnissa hyödynnettiin EAKR - Arctic Smartness -projektikonaisuudessa tunnistettuja ja elinkeinoelämälle suunnattuja kehittämisympäristöjä (Arctic Smartness 2022), kuten Luonnonvarakeskuksen laboratorioita Viikissä ja Bioruukissa, Lapin yliopiston taiteiden tiedekunnan Mute- (Muodin, tekstiilitaiteen ja materiaalitutkimuksen), BioARTech- (Biotaide) ja Sinco-(palvelumuotoilu) laboratorioita sekä Lapin AMK:n Biolabraa ja ELMA- (elektroniikka- ja materiaali) laboratorioita.

Tutkimus-yritysyhteistyö alkoi jo F.BAD -hankekokonaisuuden edellisessä vaiheessa (Kunnas, S. ym. 2022), mutta konkreettisen yhteistyön alustana ja työkaluna tuoteprototyyppien

valmistamiseksi toimi FBAD II - hankkeessa järjestetty Future Material & Design -työpajasarja (Työpajat 1-3), jonka toteutuksessa olivat mukana Luonnonvarakeskuksen (Luke) tutkijat, Lapin ammattikorkeakoulun alkutuotannon osaajat sekä Lapin yliopiston taiteiden tiedekunnan hanketiimi. Osallistujina työpajoissa oli tevanake -alan ja luonnontuotealan yrittäjiä.



Kuva 3. FBAD II-hankkeen verkosto muodostui yrityksistä sekä tutkimus- ja kehittämistahoista. Kuva: Susan Kunnas, Luke & Ritva Jääskeläinen, Lapin yliopisto.

Kolmesta työpajasta muodostuneen kokonaisuuden tavoitteena oli mahdollistaa osallistuvilla yrityksillä uusien tuoteideoiden syntyminen ja niiden kehittäminen edelleen sekä verkostoituminen ja tiedonvälitys tutkimus-yritysräjapinnassa. Työpajojen teemallinen tavoite keskittyi tulevaisuuden materiaalien, eli erilaisten tevanake-materiaalien ja erilaisten luonnonyhdisteiden, yhteisten mahdollisuuksien hyödyntämiseen. Tevanake-alan yrityksillä on harvoin mahdollisuutta tehdä tuotekehitystä, joka ei hyödynnä yritysten jo olemassa olevaa osaamista, laitteistoa ja tuotetietoa. Pienemmät luonnontuotealan yritykset kärsivät osaltaan samoista haasteista. Tutkimusorganisaatiot taas voivat tehdä tutkimusta, mutta niiden mahdollisuudet tulosten käytännön hyödyntämiseen ovat rajalliset. Työpajasarja osoitti, että tiedonvaihto ja verkostoituminen niin yritysten kesken kuin tutkimuksen ja yritysten välillä voi poikia uudenlaista, innovatiivista tuotteistusta.

Palaute työpajaprosessista

Tuotekehitysprosessista kerättiin yrityksiltä palautetta työpajojen aikana. Erityisen tyytyväisiä osallistujat olivat intensiiviseen työskentelyyn monialaisen asiantuntijaryhmän kanssa. Tutkijoiden, taiteilijoiden ja yrittäjien yhteistyö tuotti uutta tietoa ja näkökulmia kaikille osapuolille. Yritykset saivat lyhyessä ajassa paljon uutta tietoa materiaalien ja tuotteiden valmistuksesta ja ominaisuuksista, ja tutkijat lisätietoa yritysten toiminnasta ja kehittämistarpeista. Yhteinen keskustelu ja työskentely tukivat verkostoitumista, ja vapaata ja ohjattua työskentelyä sisältänyt työpajojen toteutustapa edisti luonnontuotteiden inspiroimien toiminnallisten materiaalityöskentelyjen tuotekehitystä.

Työpajaprosessista ja yrittäjien palautteista tehtiin juttu myös Tekstiililehden keväällä 2022 (Sipola, R. 2022), josta seuraavat kommentit on suoraan lainattu:

”Tiiviissä työskentelyssä monialainen asiantuntijaryhmä toi yrityksille lyhyessä ajassa paljon uutta tietoa materiaalien ja tuotteiden valmistuksesta ja ominaisuuksista, ja sai puolestaan lisätietoa yritysten kehittämistarpeista. Työskentely ja keskustelut edistivät yritysten verkostoitumista ja luonnon ja luonnontuotteiden inspiroimien toiminnallisten materiaalityöskentelyjen tuotekehitystä.” toteavat muodin ja vaatetuksen professori Ana Nuutinen ja tekstiilialan professori Heidi Pietarinen Lapin yliopiston taiteiden tiedekunnasta.

”Olen jo aikaisemmin työskennellyt moniaististen elämysten parissa, ja tuoksujen yhdistäminen tekstiileihin ja puuhun kiinnostaa minua. Työpajassa olen saanut paljon tietoa tutkijoilta ja päässyt testaamaan ideoita käytännössä, kuten suopursu-uutteen ja väinönputkiuutteen lisäämistä korumateriaaleihin. Minulla on ideoita lappilaisten luontoon liittyvien tuoksujen yhdistämisestä koruihin ja uskon, että ne voisivat kiinnostaa matkailijoita.” uskoo Oooza Designin muotoilija-taiteilija Minna Kovero.

”Kun luin tämän kokonaisuuden ensimmäisen vaiheen raporttia, niin huomasin että meidän yrityksen tavoitteet istuu tähän kuin nenä päähän. Ja mikä liuta tässä on asiantuntijoita koolla!” kertoo Kniteco Oy:n johtaja Liisi Vuorijoki.

”Työpajan tuloksena syntyi tuoteideoita, kuten tuoksuvat tennarit, pellavasta neulottu kesäluhka ja heijastava loimimateriaali, jotka ovat muodikkaita avauksia ekologisten ja luonnon älykkäiden kuituraaka-aineiden monipuoliseen ja kiinnostavaan maailmaan. Ajatuksena oli tuoda esille ideoita ja löytää uusia käyttötarkoituksia ja tapoja hyödyntää ekologisesti tuotettuja materiaaleja sekä alueen elinkeinojen, kuten porotalouden kierrätysmateriaaleja ja sivuvirtoja. Lappilaisten mikro- ja pienyritysten kehityksessä tarvitaan uusia innovaatioita ja teknologioita.” kertovat Ana Nuutinen ja Heidi Pietarinen.

”Vuoropuhelu ja käytännön yhteistyö yritysten kanssa antaa myös tutkijoille eväitä ja suuntaa jatkaa tutkimusta” toteaa Susan Kunnas. Seuraavaksi hankkeessa siirrytään valmistamaan suunniteltuja tuoteprototyyppejä yrityksissä. *”Mielenkiintoisinta tässä prosessissa on se, että hankkeen lopputuloksia ei vielä tässä vaiheessa tiedetä, joten olemme avoimia sille, mihin kaikkeen tutkimustuloksia voi hyödyntää.”*

Tuoteprototyyppien valmistus ja tuotekehitysanalyysi

1. Kasvimateriaalien alkutuotanto ja esikäsitteily (jalostus 1. asteen välituotteeksi)

Arctic Warriors Oy (Narkaus) viljeli, nosti ja esikäsitteili väinönputken juuret syyskuussa 2021 ja 2022. Juuret pestiin huolellisesti elintarvikeprosessointiin tarkoitetulla talousvedellä ja pilkottiin pienemmiksi, jonka jälkeen ne säilytettiin pakastimessa -20 °C:ssa kuivaukseen asti. Juuret kuivattiin 37.5 °C:ssa neljä vuorokautta Vegedryer 100 -kuivurilla, jonka jälkeen ne lähetettiin Lukeen jauhettavaksi uuttoja varten. (Kunnas, S. ym. 2023) Luken tutkimusten perusteella vuosien 2021 ja 2022 kasvimateriaalien laatu oli samalla tasolla ja uutteen koostumukset vastasivat toisiaan.

4H-yhdistys Oulu keräsi suopursun varret lehtineen Pohjois-Pohjanmaalta Ylikiimingistä, Rekikylän ja Vähävuoton alueilta heinäkuussa 2021 ja 2022 kukinnan päätyttyä. Vuoden 2021 erä pakastettiin välittömästi keruun jälkeen -20 °C:ssa kuivaukseen asti ja kasvit ilmakeivattiin 25 °C:ssa 18 vuorokautta Heraeus UT 5100E -kaappikuivurissa Lukella Ruukissa. (Kunnas, S. ym. 2023). Vuoden 2022 suopursuerä, jota käytettiin tuoteprototyyppien valmistuksessa, kuivattiin välittömästi keruun jälkeen 25 °C:ssa 14 vuorokautta 4H-yhdistyksen omassa itse rakennetussa konttikuvurissa huippuimurin ollessa päällä koko kuivauksen ajan, jonka jälkeen kuivatut kasvimateriaalit lähetettiin Lukeen jauhettavaksi. Luken tutkimusten perusteella vuosien 2021 ja 2022 kasvimateriaalien uutteen vastasivat laadultaan ja koostumukseltaan toisiaan hyvin kuivaustavan eroavaisuudesta huolimatta.

Molemmat kasvimateriaalit jauhettiin erikseen jauhemyllyssä 2 mm:n seulalla ylikriittisiä hiilidioksiduuttoja varten Lukessa.

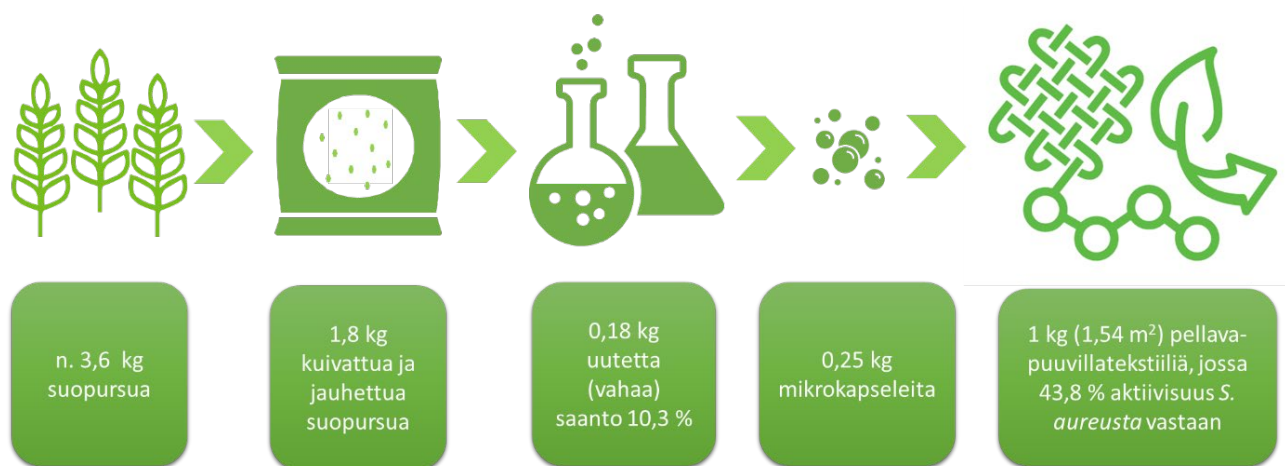
2. Kasvimateriaalien uutot ylikriittisellä hiilidioksidilla pilottimittakaavassa (jalostus 2. asteen välituotteeksi)

Kuivattujen ja jauhettujen väinönputkien juurien sekä suopursun varsien ja lehtien ylikriittiset hiilidioksiduutot (toistoineen) tehtiin pilottimittakaavan laitteistolla (Chematur Ecoplanning) Lukessa Bioruukissa Espoossa 2021 ja 2022. Ilmakeivattu kasvimateriaali (2,5 kg väinönputken juurta ja 1,4 kg suopursun varsia lehtineen) laitettiin suljettuun reaktoriastiaan. Reaktorin paine nostettiin asteittain 350 bar:iin, lämpötila asetettiin 70 °C:een ja hiilidioksidivirtaus 0,45 l/min. Väinönputken juuriöljyn erotuslämpötila oli 40 °C, mutta vahamainen suopursu-uute erotettiin kahdessa vaiheessa, ensin 55 °C:ssa ja sitten 40 °C:ssa (kaksi erotuskammiota sarjassa). Uutteen kerättiin pulloihin, jotka punnittiin 15 minuutin intervalleissa uutteen päätepisteen määrittämiseksi. (Kunnas, S. ym. 2023)

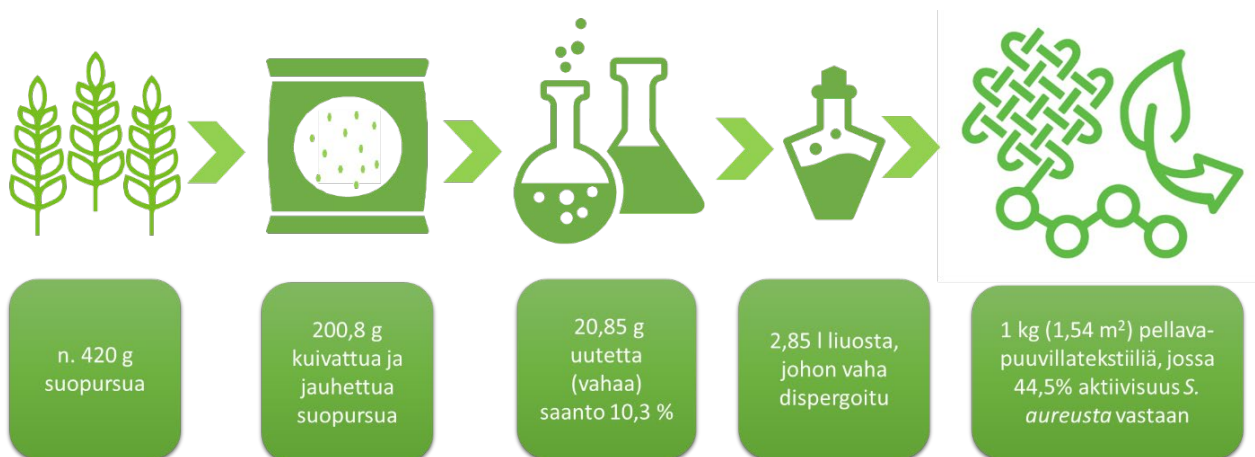
Väinönputken juuren öljyn saanto oli $4,3 \pm 0,1$ % ja suopursuvahan saanto oli $10,3 \pm 2,8$ %. (Tulokset on laskettu ilmakeivattua kasvimateriaalia kohden kosteusprosentti huomioiden.) (Kunnas, S. ym. 2023)

3. Uutteiden kiinnittäminen tekstiilimateriaaleihin ja tuoteprototyyppien valmistus (jalostus 3. asteen hybridituotteeksi)

F.BAD II -hankkeen Luken tutkimusosiossa kehitettiin kaksi eri tapaa kiinnittää öljy-uutteita tekstiilimateriaaleihin vihreän kemian tekniikoilla. Mikrokapselointitekniikassa uute kapseloitiin kitosaanikuoren sisälle, jonka jälkeen mikrokapselit kiinnitettiin tekstiilikuituihin sitruunahapon avulla. (Kunnas, S. ym. 2023) Mikrokapseloinnin pitäisi suojata uutetta ja auttaa uutetta vapauttamaan tasaisemmin ja pidempään haihtuvia öljyjä kuoren läpi. (Yip, J. ym. 2016; Bakry, A. M. 2016) Liuosdispersiotekniikassa, öljy sekoitettiin liuottimen kanssa dispersioksi, ja tekstiilit kyllästettiin suoraan öljydispersiolla. Tutkimuksessa jokaiselle tekstiilimateriaalille määritettiin sopiva käsittely mittareina antimikrobisuus ja/tai tuoksu (hyönteisten karkottaminen. Kuvissa 4-5 on mallinnettu tutkimustulosten perusteella tarvittavan kasviraaka-ainemateriaalien määrä kummassakin kiinnitystekniikassa, kun tavoitteena on saada tekstiilituotteeseen (1 kg) suopursu-uutteen avulla noin 40 %:n inhibitio *S. aureusta* vastaan. Yksi kilogramma kangasta vastaa noin 1,54 m² tutkimuksessa käytettyä jacquard-kudottua pellava-puuvillatekstiiliä (Kunnas, S. ym. 2023).

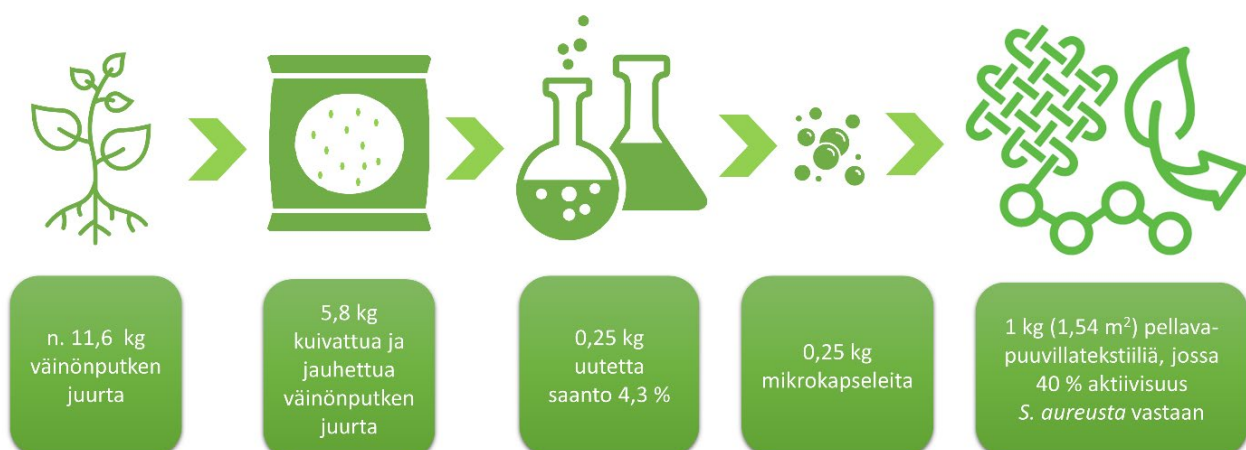


Kuva 4. Mallinnus suopursu-uutteen kiinnityksestä mikrokapselointitekniikalla pellava-puuvillatekstiilimateriaaliin. Kuva: Susan Kunnas, Luke.



Kuva 5. Mallinnus suopursu-uutteen kiinnityksestä liuosdispersiotekniikalla pellava-puuvillatekstiilimateriaaliin. Kuva: Susan Kunnas, Luke.

Mallinnuksesta huomataan, että suopursuvahan mikrokapselointi vaatii suopursuraaka-ainetta huomattavasti enemmän, sillä prosessissa syntyy hävikkiä, kun taas suoraan liuosdispersion kautta kyllästämällä, saadaan sama funktionaalinen tekstiili vähemmällä raaka-ainemäärällä valmistettua. Tässä on kuitenkin huomioitava, että mikrokapseloitu kangas on osoittanut tutkimuksessa myös pesunkestävyyden (Kunnas, S. ym. 2023), mutta liuosdispersioilla kyllästettyä tekstiiliä ei ole vielä testattu kestävyys suhteen. Haasteena tuoteprototyyppien valmistuksessa oli nimenomaan erilaisten luonnonkuitujen, kankaiden ja materiaalien suuri määrä, joten näin lyhyessä hankkeessa kaikkien tekstiilien soveltuvuus eri tekniikoihin sekä pinnoitettujen tekstiilien standarditestauksien läpivienti ei ollut mahdollista eikä se sisällynyt alkuperäiseen hankesuunnitelmaan. Kuvassa 6 on esitetty mallinnus väinönputken juuren prosessoinnista uutteen, mikrokapseleiksi ja edelleen kiinni tekstiilimateriaaliin.



Kuva 6. Mallinnus väinönputken juuriuutteen kiinnityksestä mikrokapselointitekniikalla pellava-puuvillatekstiilimateriaaliin. Kuva: Susan Kunnas, Luke.

Lisäksi kuvien 4-6 mukaiset mallinnukset ovat vasta alustavia esimerkkejä, sillä mikrokapselointia tai liuosdispersiotekniikkaa ei pystytty tekemään yritysmittakaavassa. Alustavat kokeilut liuosdispersiotekniikan käytöstä pilottimittakaavassa tehtiin Värisävy Oy:ssa keväällä 2023, mutta heidän toimintansa loppui kesällä 2023. Työpaja Värisävy Oy:ssa osoitti, että kankaiden kyllästys luonnon uutteilla eri tekniikoilla olisi mahdollista myös pilotti- ja yritysmittakaavassa tekstiilien värjäämiseen ja pinnoittamiseen erikoistuneissa yrityksissä, joissa on valmiina tarvittavat Foulard-laitteistot. Mikrokapselointitekniikka vaatisi kuitenkin kemian erikoisosaamista enemmän, kun taas liuosdispersio olisi helpompi valmistaa teollisuusmittakaavassa. Tässä tutkimuksessa testattiin vain yhtä mikrokapselointitekniikkaa ja kuorimateriaalia, mutta vaihtoehtoja löytyy paljon. Toisaalta tämä tutkimus toimii hyvänä alustavana esimerkkinä, ja hanketiimin vahva näkemys on, että minkä tahansa bioöljyn jatkojalostaminen näillä tekniikoilla on mahdollista, mutta niitä on testattava erikseen. Tässä tutkimuksessa öljy-yhdisteet uutettiin pilottimittakaavassa, mutta ylikriittinen hiilidioksiduutto vaatii kalliita investointeja ja uutotekniikan hallintaa. Bioöljyjä on jo valmiiksi myös markkinoilla, joten niiden bioaktiivisuuksien, esimerkiksi antibakteerisuuden ja antifungaalisuuden, testaus ja käyttö samantyyppisessä tekstiilisovelluksessa on myös pienemmille yrityksille mahdollista. Näin ollen, myös käytännön tuoteprototyyppien valmistuksen aikana yritysverkoston kanssa nousi esille se, miten tärkeää yrittäjille on yhteistyö tutkimusorganisaatioiden ja ammattikorkeakoulujen kanssa. Yhteistyössä yrittäjät voivat kehittää uutto- ja erotusteknologiaosaamistaan ennen suuria investointeja, sillä tällä hetkellä moni tärkeä pilottimittakaavan laitteisto löytyy tutkimusorganisaatiosta.

Työpajoissa aloitettu tutkimus-yritysyhteistyö eteni konkreettisten tuoteprototyyppien valmistussuunnitelmiksi syksyllä 2022 ja edelleen tuoteprototyypeiksi keväällä 2023.

F.BAD II -hankkeen tuloksena valmistettiin viisi tuoteprototyyppikokonaisuutta:

1. Rovaniemeläisen Oooza-designin koivusta ja tuohesta valmistettu Suopursu-korusarja, joka tuoksullaan karkottaa hyttyset. Suunnittelu ja valmistus: Minna Kovero, Oooza Design. Kemiallinen käsittely: Luke. (Kuva 7)

Suopursu-korusarjan valmiiksi laserleikatut koivuvaneriosat, tuohilevy ja korujen hapsuihin käytetty Lootuslanka lähetettiin Lukelle pinnoitettavaksi. Pinnoituksissa käytettiin suopursuvahasta tehtyä dispersioliuosta, jolla kyllästettiin kaikki materiaalit. Oooza Design valmisti kokosi korut osien pinnoituksen jälkeen.



Kuva 7. Oooza Designin Suopursu-korusarja. Kuva: Susan Kunnas, Luke.

2. Sallalaisen Kaamoskehrä -osuuskunnan huovutettu joogamatto, jossa on poronkarvasta ja lampaanvillasta valmistettu täyte. Joogamatto säilytetään sille suunnitellussa olkalaukussa. Poronahkaisissa osissa on käytetty väinönputken juuresta valmistettua antibakteerista nahanhoitoainetta, ja joogamattoon voi haluttaessa liittää suopursun tuoksua irrotettavissa pusseissa. Suunnittelu ja valmistus: Kaamoskehrä osk ja Lapin AMK. Puuvilla-villatekstiiliosien kuosi: Molecules & Bugs, Erja Sainio, 2022. Kankaan kudonta: Annala Oy. Kemiallinen käsittely: Luke ja Lapin AMK. (Kuva 8)

Valmistusohje: Nahankäsittelyaineen mehiläisvaha ja lanoliini on sulatettu miedolla lämmöllä vesihauteessa rypsiöljyn kanssa, ja jäähtymisvaiheessa on sekoitettu mukaan tislattua väinönputken juuresta valmistettua öljyä.



Kuva 8. Kaamoskehrä -osuuskunnan huovutettu joogamatto lampaanvillasta ja poronkarvasta sekä kuljetuslaukku. Kuvat: Susan Kunnas, Luke.

3. Ivalolaisten yritysten Jaatun ja HEMPEAn yhteistyönä valmistetut antimikrobiset pellava-puuvillamatkatyyny, joissa on täytteenä tattariakanaa. Suopursu-utteen antimikrobiset ominaisuudet on siirretty mikrokapselointitekniikalla ja liuostekniikalla. Suunnittelu ja

valmistus: Marja-Maija Valtonen, HEMPEA ja Janna Björkvist, Jaatu. Kuosi: Molecules & Bugs, Erja Sainio, 2022. Kankaan kudonta: Jokipiin pellava Oy. Kemiallinen käsittely: Luke. (Kuva 9)

Sopivan kokoisiksi paloiksi leikatut tyynykankaat lähetettiin Lukelle laboratorioon pinnoitettaviksi. Toiseen kankaaseen tehtiin suopursu-uutteella mikrokapselointi ja toinen kangas kyllästettiin suopursudispersioliuoksella. Kankaat lähetettiin HEMPEAlle ja Jaatulle ommeltaviksi ja täytettäväksi pinnoituksen jälkeen.



Kuva 9. HEMPEA:n ja Jaatun antibakteeriset matkatyynyprototyypit tattariakanatäytteellä. Kuva: Susan Kunnas, Luke.

4. Liperiläisen Kniteco Oy:n antibakteerinen Tencel-elastaanista valmistettu kerrasto, jossa on suopursuliuoskäsittely. Suunnittelu ja valmistus: Kniteco Oy. Kemiallinen käsittely: Luke. (Kuva 10)

Kniteco Oy lähetti Lukelle valmiiksi ommellun kerraston (housut ja paidan), jotka kyllästettiin suopursudispersioliuoksella ja viimeisteltiin valmiiksi tuoteprototyypiksi.



Kuva 10. Kniteco Oy:n antibakteerinen kerrastoprototyyppi. Kuva: Susan Kunnas, Luke.

5. Pohjanmaalaisten yritysten yhteistyössä tekemä ulkokalusteprototyyppi, jonka villapuuvillaverhoilussa on suopursusta tuotettu antimikrobinen käsittely ja täyteenä ekologinen osmankäämihöytyvä. Suunnittelu ja kankaan kudonta Havue Collectionin Elokuu-tuoliin: Annala Oy. Kuosi: Virta, Kirsi Eskelinen, 2022. Verhoilun suunnittelu ja valmistus: Lapin yliopisto. Kankaan kemiallinen käsittely: Luke. Tyynyn täytemateriaali: Fluff Stuff Oy. (Kuva 11)

Ulkokalusteprototyypin verhoilukangas kyllästettiin suopursudispersioliuoksella, jonka jälkeen se viimeisteltiin Lapin yliopistossa tyynyksi Fluff Stuff Oy:n First generation -tekstiilitäytteellä (osmankäämihöytyvä).



Kuva 11. Annala Oy:n ja FluffStuff Oy:n antimikrobinen ulkokalusteverhoiluprototyyppi First generation tekstiilitäytteellä. Kuva: Susan Kunnas, Luke.

Lähteet

Arctic Smartness 2022. Arktinen muotoilu ja kehittämissympäristöt.

<https://arctic-smartness.fi/arktinen-muotoilu-ja-kehittamisymparistot/>. Viitattu 29.8.2023.

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.

Haveri-Heikkilä, J., Muje, P. & Ranta A. 2023. Biolabrassa kehitetään luonnontuotealaa uusin eväin. <https://www.lapinamk.fi/blogs/Biolabrassa-kehitetaan-luonnontuotealaa-uusin-evain/0q5cunco/e9f7e393-d100-403d-800f-0d7c8c33008e>

Kunnas, S., Liimatainen, J., Mäki, M., Pihlava, J.-M. & Hietaniemi, V. 2020. Laatu ja laadunhallintaa luonnontuotealalle. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 96/2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 48 s.

Kunnas, S., Sipola, R., Nuutinen, A., Korpinen, R., Jääskeläinen, R., Yliniva, J.-L., Napari, E., Välimaa, A.-L., Liimatainen, J., Laurila, M., Sääski, 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.

Kunnas, S., Tienaho, J., Holmbom, T., Sutela, S., Liimatainen, J., Kaipainen, K., Jääskeläinen, R., Sääski, S., Korpinen, R. I. 2023. Antimicrobial treatments with chitosan microencapsulated

Angelica (*Angelica archangelica*) and Marsh Labrador Tea (*Rhododendron tomentosum*) supercritical CO₂ extracts in linen-cotton jacquard woven textiles. ACS Omega. Submitted.

Lapin Liitto. 2017. Lapin elintarvikeohjelma. <https://www.lapinliitto.fi/wp-content/uploads/2021/03/Lapin-elintarvikeohjelma-2017.pdf> Viitattu 10.8.2023.

Lapin yliopisto. 2023. VillalInno: Villakäsityöperinteen uudistaminen. <https://www.ulapland.fi/FI/Yksikot/Taiteiden-tiedekunta/Taiteen-ja-muotoilun-tutkimus/Projektit/VillalInno> Viitattu 7.8.2023.

Tuovinen, H. 2008. Lapin lampolasta terveystuotteeksi. Hoitava Villa -Hoivi tutkimus- ja tuotekehityshanke. Lapin yliopisto. <https://lauda.ulapland.fi/handle/10024/61797> Viitattu 7.8.2023.

Saimaa Wool. 2022. Saimaa Wool. www.saimaawool.fi Viitattu 7.8.2023.

Sipola, R. 2013. Woollen innovations -Pohjoisen lampaanvillan tutkimusprojektin aineistot. Lapin ammattikorkeakoulu. <https://www.lapinamk.fi/fi/Yrityksille-ja-yhteisoille/Tutkimus-kehitys-ja-innovaatiot/Teollisuuden-ja-luonnonvarojen-osaamisala/Woollen-Innovations> Viitattu 7.8.2023.

Sipola, R. 2014. Pohjoisen villasta hyvinvointia 2012-2014 – Woollen Innovations -hankkeen tutkimuksia. Lapin ammattikorkeakoulu 2014. [Pohjoisen villasta hyvinvointia 2012-2014 \(lapinamk.fi\)](http://www.lapinamk.fi/Pohjoisen_villasta_hyvinvointia_2012-2014)

Sipola, R. 2022. Luonnonmukaisia älytekstiilejä kasviuutteilla. Tekstiililehti 2/2022. 30-32. 13.5.2022.

Sipola, R., Arstio, H., Harrinkoski, M., Henriksson, R., Huhtala, M., Huhtala, S., Jumisko, H., Kanto, J., Koro, K., Luusua, L., Mattila, M., Pelimanni, V-M., Pesonen, H-L., Ruoppa, R., Sauvala, M., Tolonen, A., Valtonen, E. 2023. Koko poro kierto. 53-54. Lapin ammattikorkeakoulun julkaisu 25/2023. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-316-489-5>

Wacklin, S. 2021. Tulevaisuuden luonnontuoteala. TEM toimialaraportit 2021:6. Työ- ja elinkeinoministeriö. Helsinki. 67 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-923-0>

Wacklin, S. 2022. Arvoketjuja vahvistamalla volyymia luonnontuotealalle. TEM toimialaraportit 2022:5. Työ- ja elinkeinoministeriö. Helsinki. 79 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-985-8>.

Yip, J., Luk, M., Y. A. 2016. Microencapsulation technologies for antimicrobial textiles. In Antimicrobial Textiles, 1st edition. Sun, G. (eds.). Elsevier: UK, pp. 19–46.

Yle 2022. Tervolaan avataan lampaanvillan vastaanottopiste – yhteistyön ytimessä ovat lampaanvillaa jalostava kehräämö ja ammattiopisto Lappia. <https://yle.fi/a/3-12384641> Viitattu 7.8.2023.

Lopuksi: johtopäätökset ja jatkokehittämistarpeet

Susan Kunnas, FT, tutkija, Tuotantojärjestelmät / Biotalouserotusteknologiat, Luonnonvarakeskus

Reeta Sipola, agrologi (YAMK), asiantuntija, Tulevaisuuden biotalous, Lapin ammattikorkeakoulu

Future Bio Arctic Design II (F.BAD II) -hankkeessa valmistettiin viisi älytekstiilituoteprototyypikokonaisuutta yhdessä yritysten kanssa. Tuoteprototyypit edustavat hankkeessa tehdyn yritys-tutkimusyhteistyön tuotoksia, joissa hankkeen tutkimustulokset vietiin yritys-näkökulman kautta laboratoriomittakaavasta jo osittain pilotti- ja yritysmittakaavaan sekä tutkimusjulkaisuista konkreettisesti tuoteprototyypeiksi. Samanaikaisesti hankkeessa selvitettiin luonnontuotealan ja tevanake -alojen valmiutta tämän tyyppisten korkeamman jalostusasteen hybridituotteiden valmistamiseen eri alojen ja tutkimuskumppaneiden verkostossa. Tämä yhteistyö yllätti hanketiiminkin. Eri alojen tutkijoiden ja yrittäjien kiinnostus sekä aikaa vaativat palaverit tuottivat jotain uutta, jota ei muutoin olisi syntynyt. Yhteinen aika työpajoissa, avoin keskusteluyhteys ja esitetyt kysymykset sekä käytännön yhteistyö antoivat kaikille kipinän viedä haastavaa tutkimustyötä ja prototyyppien valmistusta eteenpäin.

Potentiaalia löytyy luonnontuotealalta paljon. Maailma on muuttumassa ja biopohjaiset tuotteet sekä pohjoisen luonnosta löytyvät mielenkiintoiset ominaisuudet odottavat löytäjänsä ja hyödyntäjää. Tilannekuvakyselyn ja haastattelujen perusteella luonnontuotteiden, ja erityisesti keruutuotteiden osalta Lapissa ei ole olemassa valmiita raaka-aineketjuja tai ne ovat pieniä. Kehitettävää todettiin olevan mm. keruuraaka-aineiden vastaanottopisteiden toiminnassa ja varastoinnissa.

Vaihtoehtoja luonnon raaka-aineissa ja tuotevaihtoehtoissa on niin paljon, ettei pienyrittäjällä ole mahdollista varmistaa jokaisen raaka-aineen laadunhallinta- ja tuotantoprosessia, jota tilaaja-asiakkaat vaativat esimerkiksi elintarvikesektorilla. Ehkäpä luonnontuotealan pienet toimijat kaipaavat kohdennettua suuntaa isommilta veturiyrityksiltä, tasaisempaa raaka-ainetai jalostetarvetta ja kestäväää biotaloutta. Tutkimukseen, kehittämiseen ja innovaatiotyöhön sekä investointeihin tarvitaan rahoitusta. Innovaatiot eivät synny välttämättä yhdessä hankkeessa, mutta kun asiaa on lähestytty useasta eri suunnasta ja erilaisten verkostojen ja eri alojen yrittäjien kanssa yhteistyötä tehden, voi syntyä uutta.

F.BAD II -hankkeessa luonnontuotealan toimijoiden kanssa tehty yhteistyö on vahvistanut jo aiemmin todettuja havaintoja siitä, että vihreään kemiaan liittyvän osaamisen kehittämiseksi on tarvetta, ja se mahdollistaa uudet tuoteinnovaatiot. Jalostusasteen ja -arvon nosto luonnon raaka-aineesta välituotteeksi tai tuotteeksi esimerkiksi kuivaus-, uutto- ja erotustekniikoita hyödyntäen vaatii vielä kuitenkin paljon kehittämistä yrityksissä. Alustavan ympäristövaikutusanalyysin perusteella esimerkiksi etenkin luonnontuotteiden kuivaus- ja prosessointimenetelmän valinta vaikuttaa hiilijalanjälkeen, joten ympäristövaikutusten

mallinnus kannattaisi olla kehittämishankkeissa mukana alusta asti. Lisäksi tällä hetkellä EU:n lainsäädäntö on muuttumassa ja ei välttämättä vielä ole ajantasainen tulevaisuuden biopohjaisten hybridituotteiden osalta, joten jokaisen uuden tuoteaihion lainsäädäntöpolku on selvitettävä erikseen riippuen esimerkiksi tuotteeseen halutuista markkinointiväittämistä.

Pohjois-Pohjanmaan Ely-keskuksen rahoittaman Euroopan aluekehitysrahaston F.BAD II -hankkeessa (REACT EU, 1.7.2021 - 30.9.2023) on onnistuneesti mallinnettu kahden kasvin, väinönputken ja suopursun osalta prosessointi tekstiilien antimikrobisiksi käsittelyaineiksi ja edelleen tuoteprototyypeiksi. Tieto on sovellettavissa myös muiden kasvien arvo- ja tuotantoketjujen kehittämiseen.