

Bio-öljyihin perustuvat polymeerikomposiitit; arvoketju  
synteesisistä digitaaliseen valmistukseen (ValueBioMat)

Tilannekuvaraportti 2019

## Haasteena muovit!

Yksi teollisen yhteiskunnan suurimmista haasteista on pyrkimys siirtyä fossiilisiin raaka-aineisiin perustuvista materiaaleista uusiutuviin biotaloutta ja kiertotaloutta toteuttaviin materiaaleihin. Polymeeristen materiaalien kuten muovien kohdalla tämä merkitsisi petrokemiaan pohjautuvien materiaalien jalostusketjujen korvaamista bio- ja kiertotalouden arvoketjuilla.<sup>1 2</sup> Maailmassa tuotetaan nykyään vuosittain yli 300milj. tonnia muovia ja valmistukseen käytettävä öljyn määrä vastaa n.6% vuosittaisesta öljyn kulutuksesta.<sup>3 4</sup> Syynä tähän on eri muovilaatujen hyvät ominaisuudet pakkauksissa ja rakennemateriaaleina. Vastaavien ominaisuuksien saavuttaminen uusiutuviin raaka-aineisiin pohjautuen on tähän mennessä ollut vaikeaa.<sup>5</sup> Biopohjaisia muovimateriaaleja on tutkittu pitkään, ja niitä on jo sovelluksissa ja markkinoilla. Kuitenkin niiden osuus on alle prosentti muovituotannosta<sup>6</sup>. Edelleen siis lähes kaikki muovien tuotanto on integroitunutta raakaöljyn jalostusketjuun ja petrokemiaan.

Kiertotalouden toteuttamisessa muovin osalta on vielä paljon tehtävää. Euroopan Unionissa kerätystä muovijätteestä päätyy kiertoon noin 31%, kaatopaikoille noin 27% ja poltettavaksi noin 42%.<sup>3</sup> Globaalisti muovien kierrätys on huomattavasti alhaisempaa. Kierrätyksen osuutta on edelleen nostettava. Muovin osalta pitäisi tarkastella kaikkia kiertotalouden toteutusmuotoja, mukaan lukien kemiallinen kierrätys esimerkiksi pyrolyysiteknikan kautta ja kierrätys energiaksi. Tuotteiden koko elinkaaren hallinnan haasteet (Kuva 1) ovat johtaneet valtaviin

---

<sup>1</sup> Chen G-Q. and Patel K.P. (2011). Plastics derived from biological sources: Present and future: A technical and environmental review. *Chemical Reviews* **112** (4), 2082-2099

<sup>2</sup> Center for International Environmental Law. (2017). [Fueling Plastics: How Fracked Gas, Cheap Oil, and Unburnable Coal are Driving the Plastics Boom](#)

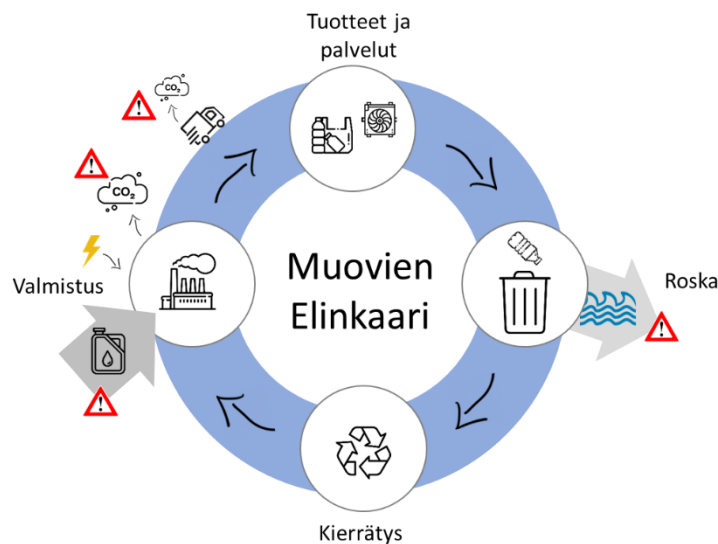
<sup>3</sup> PlasticsEurope, (2018). [Plastics - the Facts 2018](#), An analysis of European plastics production, demand and waste data

<sup>4</sup> Ellen MacArthur Foundation (UK), (2016). [The New Plastics Economy: Rethinking the future of plastics](#)

<sup>5</sup> Galli P. and Vechellio G. (2004). Polyolefins: The Most Promising Large-Volume Materials for the 21st Century. *Journal of Polymer Science: Part A: Polymer Chemistry* **42** (3), 396-415

<sup>6</sup> European Bioplastics. (2018). [Bioplastics market data 2018](#)

maailmanlaajuisiin yhteiskunnallisiin ja ympäristöön kohdistuviin ongelmiin. Tämän osoittavat selvimmin muovijätteen joutuminen meriin ja mikromuovien esiintyminen merissä.<sup>47</sup> Muovien elinkaaren hallinnan suhteen on erittäin paljon tehtävää ja tarvitaan läpimurtoja uusien polymeeristen materiaalien saralla, materiaalien arvoketjujen uudelleen formuloinnin näkökulmasta sekä elinkaaren loppupään hallinnan osalta. Kysymys on lisäksi vahvasti sosioekonomisia näkökohtia sisältävä, jolloin regulaatio ja lainsäädäntö sekä uudenlaiset liiketoimintamallit ja business-ekosysteemit ovat avainasemassa.<sup>8</sup>



**Kuva 1.** Muovituotteiden elinkaareen hallinnan haasteet.

## VALUEBIOMAT – projektin tarjoamat ratkaisut muovituotteiden ja palvelujen elinkaareen hallinnan haasteisiin.

VALUEBIOMAT-projekti tutkii laaja-alaisesti systeemistä muutosta. Luomme materiaalituotannon konsepteja muuttavia ratkaisuja, jotka perustuvat laajasti tuotettaviin bio- ja erityisesti kasviöljypohjaisiin raaka-aineisiin. Lisäksi projekti tarkastelee sopivien

<sup>7</sup> Auta H.S. *et al.* (2017). Distribution and importance of microplastics in the marine environment: A review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Environment International* **102**, 165-176

<sup>8</sup> ACC (USA). (2018). [Life Cycle Impacts of Plastic Packaging Compared to Substitutes in the United States and Canada](#), Theoretical Substitution Analysis, Prepared for The Plastics Division of the American Chemistry Council (ACC) by Franklin Associates, A Division of Eastern Research Group (ERG)

kasvipohjaisten raaka-aineiden saatavuutta, materiaalien valmistuksen ja koko käyttöiän elinkaarta. Digitaalisen valmistustekniikan avulla voidaan uudistaa arvoketjuja hajauttamalla tuotantoa jolloin siirretään tuotteiden sijasta tietoa. Projektissa keskeisiä näkökulmia ovat arvoketjun elinkaaritarkastelut, kestävän kehityksen ja kiertotalouden mahdollistavat ekosysteemit, oikeudellisen viitekehityksen kehittäminen ja uusien liiketoimintamallien tutkimus sekä aktiivinen sidosryhmäyhteistyö.

VALUEBIOMAT-projektin tavoitteet voidaan jakaa seuraaviin osa-alueisiin:

- Ratkaisuna kiertotalous, tehokkuus ja biopolymeerit
- Digitaalisuus ja 3D-tulostus uutena mahdollisuutena tuotteiden valmistuksessa
- Uutta ajattelua elinkaaren hallintaan ja liiketoimintamalleihin
- Edistetään kestävästä materiaalituotantoa lainsäädännön, standardoinnin, poliittisen päätöksenteon ja eri toimijoiden yhteistyön kautta

Nämä tavoitteet kuvataan alla tarkemmin ja tavoitteiden mukaiset ratkaisut muovituotteiden ja palvelujen elinkaareen hallinnan haasteisiin on esitetty Kuvassa 3.



Kuva

## 2. VALUEBIOMAT projektin ratkaisut muovituotteiden ja palvelujen elinkaareen hallinnan haasteisiin.

## Ratkaisuna kiertotalous, tehokkuus ja biopolymeerit

Projektissa tutkitaan ja kehitetään teknistaloudellisesti toimivia kemiallisia synteesisireittejä, jotka mahdollistavat biopohjaisten, erityisesti kasvipohjaisten rasvahappojen, muuntamisen polymeroituviksi raaka-aineiksi ja edelleen polymeerisiksi materiaaleiksi ja lujitetuiksi biokomposiittirakenteiksi. On sinänsä tunnettua, että katalyyttisesti biopohjaiset rasvat ja öljyt voidaan muuttaa polymeroituviksi kaksifunktionaalisiksi monomeereiksi.<sup>9</sup> Tämä reitti on hyvä mahdollisuus kehittää biopohjaisia polymeerejä, joiden ominaisuuksissa yhdistyvät teknisten muovien ominaisuudet polyolefiinien ominaisuuksiin. Kemiallinen synteesisireitti vaatii kuitenkin vielä kehittämistä, jotta saavutetaan riittävä tehokkuus suurempia tuotantovolyymejä varten. Erityinen tiedontarve liittyy näiden biomateriaalien rakenteiden ja teknisten ominaisuuksien välisten yhteyksien selvittämiseen uusien polymeerirakenteiden avulla.

Optimoitujen kuitulujitettujen komposiittien kehittäminen perustuen edellä kuvattuihin biopolymeereihin on avain uusiutuviin teknisiin materiaaleihin. Useat tekniset käyttökohteet edellyttävät mekaanisia ominaisuuksia, joiden saavuttamiseksi polymeerimateriaalit tulee lujittaa kuitulujitteilla. Tällöin oleellista on kahden teknisen edellytyksen toteutuminen: a. kuitujen tulee olla hyvin ja tasaisesti dispergoituneita polymeerimatriisiin ja b. kuitujen ja matriisin välillä tulee olla erinomainen tartunta eli adheesio. Viimemainitun tavoitteen saavuttamisessa puhutaan kompatibilisoinnin tutkimuksesta ja sen kemian hallinnasta.<sup>10</sup>

## Digitaalisuus ja 3D-tulostus uutena mahdollisuutena tuotteiden valmistuksessa

Tärkeitä muutoksetekijöitä uusien bio-pohjaisten materiaalien lisäksi ovat valmistuksen mittakaava ja joustavuus. Pieni mittakaava ja tuotevalikoiman joustavuus edistää hajautettua ja paikallista tuotantoa, tarpeen mukaista tuotantoa ja mahdollistaa suljettujen kiertojen periaatteella toimivia bio-pohjaisia tuotepalvelumalleja ja arvoketjuja. Digitaalisen

---

<sup>9</sup> Gardini A. *et al.* (2016). Progress of polymers from renewable sources: Furans, Vegetable Oils, and polysaccharides. *Chemical Reviews* **116** (3), 1637-1369

<sup>10</sup> Reddy M. *et al.* (2013). Biobased plastics and bio-nanocomposites: Current status and future opportunities. *Prog. Polym. Sci.* **38**, 1653-1689

valmistustekniikan avulla voidaan hajauttaa tuotantoa jolloin logistiikka helpottuu siirrettäessä tuotteiden sijasta tietoa. 3D-tulostus on viime vuosina kehittynyt nopein harppauksin. Polymeerien kohdalla voidaan tekniikoista mainita erityisesti materiaalin pursotus (ME), pulverien lasersintraus (LS) ja valokovetteisten esipolymeerien stereolitografia (SL). Tämän päivän teknologia mahdollistaa lujittamattomien polymeerien ja pienikokoisiin partikkeleihin perustuvien komposiittien 3D-tulostuksen. Sen sijaan pitkäkuitu- ja jatkuvakuitu-komposiittien 3D-tulostus on edelleen haaste, jotka VALUEBIOMAT-projekti pyrkii ratkaisemaan.

Suuri kuituja sisältävien materiaalien 3D-tulostamiseen liittyvä ongelma on tällä hetkellä se, että 3D-tulostamalla ei saada kuituja suunnattua halutusti. Kuitujen 3D-tulostaminen tehdään nykyään joko katkomalla kuituja ja seostamalla niitä tulostettavaan materiaaliin tai latomalla jatkuvaa kuitua tulostettavien kerrosten väliin. Kuitujen katkominen johtaa siihen, että niiden tuoma materiaaliominaisuuksien parannus pienenee merkittävästi, koska ne eivät osoita samaan suuntaan. Kerrosten välillä jatkuvan kuidun latominen ratkaisee tämän ongelman, mutta toisaalta 3D-tulostettavan kappaleen ominaisuudet paranevat vain X-Y suunnassa, koska 3D-tulostusmenetelmissä kappale rakennetaan kerros kerrokselta. Tässä projektissa kehitetään menetelmä, jolla voi 3D-tulostaa kappaleita, jotka sisältävät jatkuvia kuituja suunnattuna optimaalisesti kappaleisiin kohdistuvien voimien mukaisesti.

3D tulostuksen haasteena on usein menetelmien hitaus verrattuna muihin valmistusmenetelmiin. Lasersintraus on pursotusta nopeampi menetelmä, kun valmistetaan useita kappaleita kerralla ja soveltuu näin paremmin teollisen mittakaavan tulostukseen. Biopohjaisten tai biohajoavien materiaalien valikoima on kuitenkin rajallinen lasersintrausta varten. Näin ollen tällaisen materiaalien kehittäminen menetelmään sopiviksi olisi tärkeätä. Projektissa pyritään myös nopeuttamaan 3D-tulostusta säätämällä 3D-tulostusnopeutta kappaleeseen kohdistuvien vaatimusten mukaan. 3D-tulostuksen prosessiparametreja

säädetään niin, että yhdessä kappaleessa käytetään useampaa tulostusnopeutta. Kappaleen pienet yksityiskohdat tullaan siis 3D-tulostamaan pienellä syötöllä ja nopeudella ja karkeammat rakenteet vastaavasti suurella syötöllä ja nopeudella.

### **Uutta ajattelua elinkaaren hallintaan ja liiketoimintamalleihin**

Uusien materiaali- ja valmistusteknologioiden laajamittainen hyödyntäminen edellyttää uudenlaisen liiketoimintalogiikan tuomista muovin valmistuksen ja käytön ekosysteemiin. VALUEBIOMAT-projektin hypoteesi on, että arvoketjun eri vaiheissa tapahtuva arvonluontia voi muuttaa liiketoimintamallien kautta. Projektissa uusia liiketoimintamalleja kehitetään sekä yksittäisten toimijoiden että ekosysteemin tasolla. Lisäksi tarkastellaan uusien markkinoiden ja asiakkaiden kokeman arvon muodostumista hyödyntäen skenaariotyöskentelyä. Tällöin uudet innovatiiviset biomateriaalit voidaan yhdistää digitaaliseen suunnitteluun ja 3D-tulostusteknologioiden tuotteiden valmistuksessa tavalla, joka edistää kestävästä kehityksestä, positiivisia sosioekonomisia vaikutuksia ja eettisiä tavoitteita.<sup>11 12 13 14</sup>

LCA tarkoittaa elinkaariarviointia (Life Cycle Assessment). LCA:ssa tutkitaan tuotteen elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset raaka-ainehankinnasta valmistukseen, käyttöön ja käytöstä poistoon. Arvioinnissa huomioidaan tuotteen tuotantoketjun prosessien, materiaalien ja energian käyttö ja tuotannosta syntyvät ympäristövaikutukset, joskin menetelmien kehityksen näkökulmasta tutkimukset keskittyvät tyypillisesti pääosin ympäristövaikutuksiin. Elinkaariarvioinnin avulla voidaan löytää tuotteen ja tuotantoketjun ympäristövaikutuksien kannalta keskeisimmät kehityskohteet. Elinkaariarviointi on käyttökelpoinen tuote- ja prosessikehityksen ja laadunohjauksen sekä riskienarvioinnin työkalu. Elinkaaritarkastelut tarjoavat yritysjohdolle ja yhteiskunnallisille päätöksentekijöille hyvän suunnittelutyövälineen

---

<sup>11</sup> Bocken N. et al. (2016). Product design and business models strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering* **33**(5), 308-310

<sup>12</sup> EU / Ecologic Institute 2018: [Top Emerging Bio-based Products, their Properties and Industrial Applications](#). Berlin.

<sup>13</sup> EU / Ecologic Institute 2018: [Bio-based Products – from idea to market](#). 15 EU success stories. Berlin.

<sup>14</sup> Abrahamse W. and Steg L. (2013). Social influence approaches to encourage resource conservation: A meta-analysis. *Global Environmental Change* **23**(6), 1773-1785

erilaisten tuotteiden ja palveluiden ympäristövaikutusten arviointiin ja ekologisesti kestävimpien vaihtoehtojen valintaan ja edistämiseen. Ympäristönäkökohtien huomioiminen tarjoaa yritykselle uusia viestintä- ja markkinointikeinoja ja uudenlaista liiketoimintaa.

Elinkaariarvioinnissa arvioidaan ympäristövaikutukset, jotka aiheuttavat ympäristön muutoksia. Tarkastelussa tehdään jako uusiutuviin ja uusiutumattomiin luonnonvaroihin. Päästöissä kuvataan kiinteät aineet, nesteet ja kaasut, jotka päätyvät ilmaan, vesiin tai maaperään. Kiinnostavimpia ovat päästöt, joilla on vaikutuksia ilmaston muutokseen ja laajojen ekosysteemien vaarantumiseen. Paikallisia tekijöitä puolestaan ovat mm. lämpö, melu, säteily ja hajut. Ympäristön fyysiset muutokset ovat tuotantoon käytettävien alueiden muutokset sekä rakennusten, liikenneväylien ja jätealueiden tarpeisiin tehdyt muutokset.

Tuotteen elinkaarituloksia laskettaessa tulisi arvioida suhteessa erilaisiin ympäristövaikutuskategorioihin kuten ilmastonmuutokseen, rehevöitymiseen, happamoitumiseen, vesijalanjälkeen ja luonnonvarojen kulutukseen. Tulokset analysoidaan ja analyysin perusteella selvitetään tuotteen valmistuksessa, käytössä ja käytöstä poistossa toteutettavissa olevia parannusmahdollisuuksia. Elinkaariarvion tulee olla läpinäkyvä ja käytetty tieto ja menetelmät on oltava tarkastettavissa. Raportoinnissa on oltava selkeästi nähtävissä menetelmät, rajaukset, oletukset, kertoimet ja painotukset.

Elinkaariarviointi jaetaan neljään vaiheeseen; 1) tavoitteiden määrittely ja rajaukset, 2) inventaarioanalyysin laadinta, 3) vaikutusten luokittelukuvaus, arviointi ja arvotus sekä 4) tulosten tulkinta, sovellus- ja parannusehdotukset. Tutkimuksen päämäärät ja tulosten aiottu käyttötarkoitus on määriteltävä selkeästi, koska tästä riippuu selvityksen rajaukset, laajuus ja syvyys.



LCA:ssa tuotteen elinkaarikaavio jaetaan prosessivaiheiksi, joille kullekin laaditaan virtauskaavio sekä materiaali- ja energiataseet. Tarkastelussa laaditaan taseet vaiheille, joissa liikkuu aine- ja energiavirtoja. Prosessivaiheet ketjutetaan materiaali- ja energiavirtojen välityksellä ja päästöjen vaikutukset arvioidaan. Päästöt ovat ainetaseissa tuotoksia ja päästöjen tarkastaminen on yksinkertaista tällä tavoin toteutettuna. Päästöjen lisäksi muutkin ympäristöön vaikuttavat tekijät kartoitetaan ja arvioidaan. Päästön merkittävyyteen vaikuttavat aineen ominaisuudet ja luonne, pitoisuus ilmassa tai vedessä sekä kokonaismäärä. Elinkaariarvioinnissa paljastuu usein asioita, joiden tiedot ovat puutteellisia. Todellista tietoa ei aina ole saatavilla tai se on vanhentunutta. Uusia arviointimenetelmiä ja tutkimusmetodeja kehitetään jatkuvasti. Menetelmän kehitystä tukevat standardit (PEF, ISO) ne linjaavat käyttämään merkittävästi nykyistä enemmän primääridataa tuotantoketjun keskeisimmissä vaiheissa, mikä takaa elinkaariarvioinnin luotettavuutta.

Laajimmassa muodossaan elinkaarilaskentaan sisällytetään myös sosiaaliset vaikutukset kuten muutokset työn, työvoiman ja palveluiden tarpeissa, väestön tiheydessä ja jakautumassa. Jos tutkimukseen sisällytetään sosiaaliset vaikutukset (SLCA) ja taloudelliset kestävyysvaikutukset (LCC), puhutaan kokonaiskestävyyden arvioinnista (LCSA). Tässä hankkeessa keskitytään varsinaiseen elinkaariarviointiin.

### **Edistetään kestävää materiaalityöntä lainsäädännön, standardoinnin, poliittisen päätöksenteon ja eri toimijoiden yhteistyön kautta**

Säätelyllä (lainsäädäntö, säädökset, ohjeet) voidaan edistää tai estää teknologisten edistysaskelten ja kestävä kehityksen toteutumista. Tämän vuoksi on tärkeää paitsi ymmärtää teknologian tila, vaikutukset ja uuden tekniikan mahdollisuudet, mutta myös analysoida nykytilanteen säätelykehystä.

Tutkimushypoteesimme perustuu sääntelyn merkitykselle teknisen kehityksen ja kestävän kehityksen mukaisen innovaation edistämässä (tai sen estämisessä). Esimerkiksi lainsäädäntö ja politiikkatoimenpiteet ovat tunnetusti estäneet tuulivoiman kasvua Suomessa. Sääntelykehikon huolellinen analyysi on välttämätöntä, jotta voidaan kehittää työkaluja, joilla mahdollistetaan ympäristölliset, ja yhteiskunnalliset ja eettiset arvot huomioiva taloudellinen toiminta (mm. tuotteiden biohajoavuuden lisääminen, jätteen vähentäminen, ja kierrätyksen edistäminen), sekä tunnistetaan sääntelyn tälle muodostamat esteet.

Useita lainsäädäntöhankkeita on jo toteutettu EU:ssa ja sen jäsenvaltioissa. Suurin osa niistä kuitenkin sijoittuu julkisoikeuden alalle kuten ympäristö- tai energiaoikeuteen. Esimerkiksi EU:n kiertotaloutta koskeva toimintasuunnitelma<sup>15</sup> perustuu keskeisesti EU:n jätedirektiiviin.<sup>16</sup> Tutkimuksessa kuitenkin enenevästi katsotaan, että julkisoikeudelliset toimenpiteet eivät ole riittäviä kestävän kehityksen mukaisen taloudellisen toiminnan edistämiseksi.<sup>17 18 19 20</sup> Markkinataloudessa juuri yritysten ja kuluttajien yksityisautonomiaan kuuluvat valinnat ovat olennaisia kestäviin innovaatioekosysteemeihin siirtymiseksi. Siirtyminen edellyttää kannattavia liiketoimintamallien kehittämistä, joiden mahdollistamisessa yksityisoikeudella on keskeinen asema.

VALUEBIOMAT tarkastelee yksityisoikeuden roolia kestävän kehityksen mukaisen innovaation ja liiketoiminnan edistämässä erityisesti biomateriaalien ja digitaalisen valmistuksen ekosysteemeissä sekä näiden eettisiä vaikutuksia. Tutkimuksen päätavoitteita ovat

---

<sup>15</sup> European Commission, [Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy](#), Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, COM(2015) 614 final.

<sup>16</sup> Directive (EU) 2018/851 of the European Parliament and of The Council of 30 May 2018 [amending Directive 2008/98/EC on waste](#).

<sup>17</sup> Mattei U. and Quarta A. (2018) The Turning Point in Private Law – Ecology, Technology and the Common. *Edward Elgar*

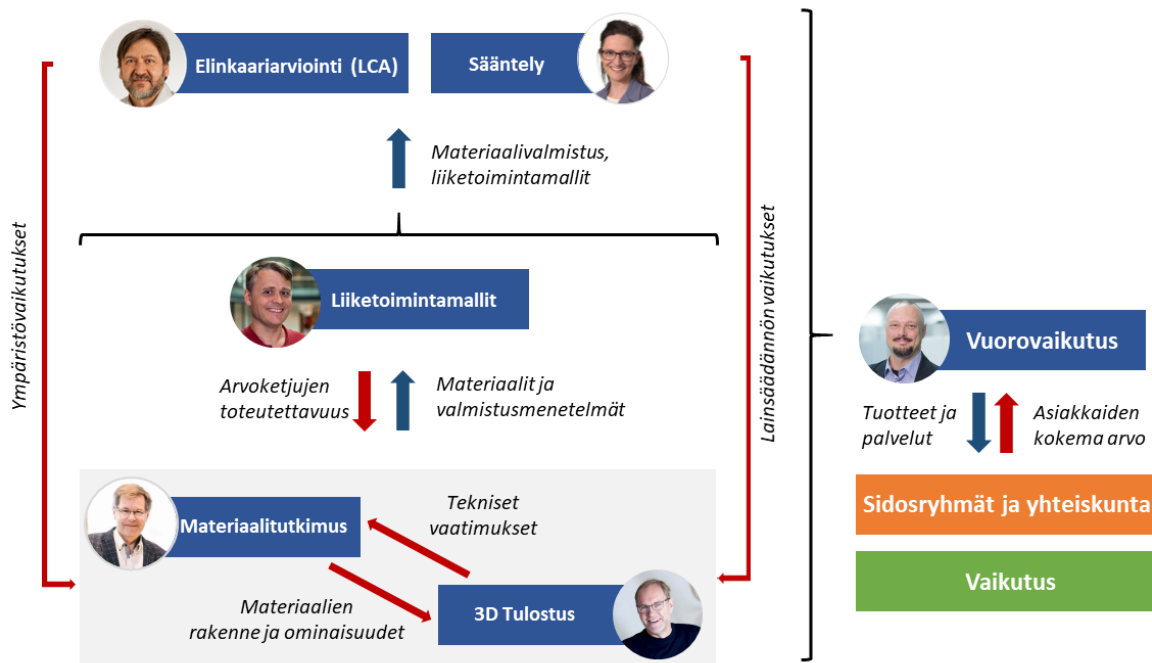
<sup>18</sup> Brown A. (2013). Environmental technologies, intellectual property and climate change: accessing, obtaining and protecting. *Edward Elgar*

<sup>19</sup> Doremus H. (2011). Climate Change and the Evolution of Property Rights. *UC Irvine Law Review* 1091

<sup>20</sup> Monti G. and Mulder J. (2017) Escaping the clutches of EU competition law: pathways to assess private sustainability initiatives. *European law review* 42 (5), 635-656

- 1) sääntelyn muodostamien esteiden identifiointi kunkin VALUEBIOMAT arvoketjun osan osalta sekä sellaisten sääntelyratkaisujen ehdottaminen, jotka edistävät VALUEBIOMAT-innovaatioiden kehittämistä ja käyttöönottoa,
- 2) analyysin toteuttaminen IPR-, kilpailu- ja sopimusoikeuden tarjoamista keinoista edistää kestäväen kehityksen mukaisten teknologioiden kehittämistä, jossa samalla huomioidaan keskeiset eettiset periaatteet ja arvot,
- 3) kokonaisarvion laatiminen yksityisoikeuden eri osa-alueiden keinoista edistää kestäväen kehityksen mukaisia teknologioita, liiketoimintamalleja ja toimintatapoja, ja
- 4) sellaisten kannattavien liiketoimintamallien, innovaatorakenteiden ja lisensointimallien määrittäminen, joissa ekologiset ja eettiset arvot voidaan ottaa kokonaisvaltaisesti huomioon.

VALUEBIOMAT-projektin rakenne on esitetty Kuvassa 3. Materiaalitutkimuksesta ja 3D tulostuksesta vastaavat professori Jukka Seppälä ja professori Jouni Partanen Aalto-yliopistosta. Materiaaleihin ja valmistusmenetelmiin perustuen luodaan liiketoimintamalleja professori Jan Holmströmin (Aalto-yliopisto) johdolla. Eri ratkaisumallien ympäristövaikutuksia tuotteiden elinkaariarvioinnin avulla tutkii professori Hannu Ilvesniemen ryhmä Luonnonvarakeskuksesta (Luke). Edelleen professori Rosa Ballardinin (Lapin yliopisto) ryhmä tutkii kestäväen materiaalityönnön kehittämistä lainsäädännön, standardoinnin ja poliittisen päätöksenteon kautta. Vuorovaikutuksen toimiessa VALUEBIOMAT-projektin tuloksena syntyy hyvä ymmärrys bio- ja kiertotalouden periaatteita noudattavien muovien valmistuksen arvoketjuista ja niiden menestykseen vaikuttavista tekijöistä laaja-alaisesti eri näkökulmista tarkasteltuna. Vuorovaikutuksesta projektin osapuolten välillä, mutta myös sidosryhmiin ja yhteiskuntaan vastaa VTT johtava tutkija Peter Ylen.



**Kuva 3.** VALUEBIOMAT-projektin rakenne

### Esimerkinä kasviöljypohjainen polyamidi ja sen komposiitit

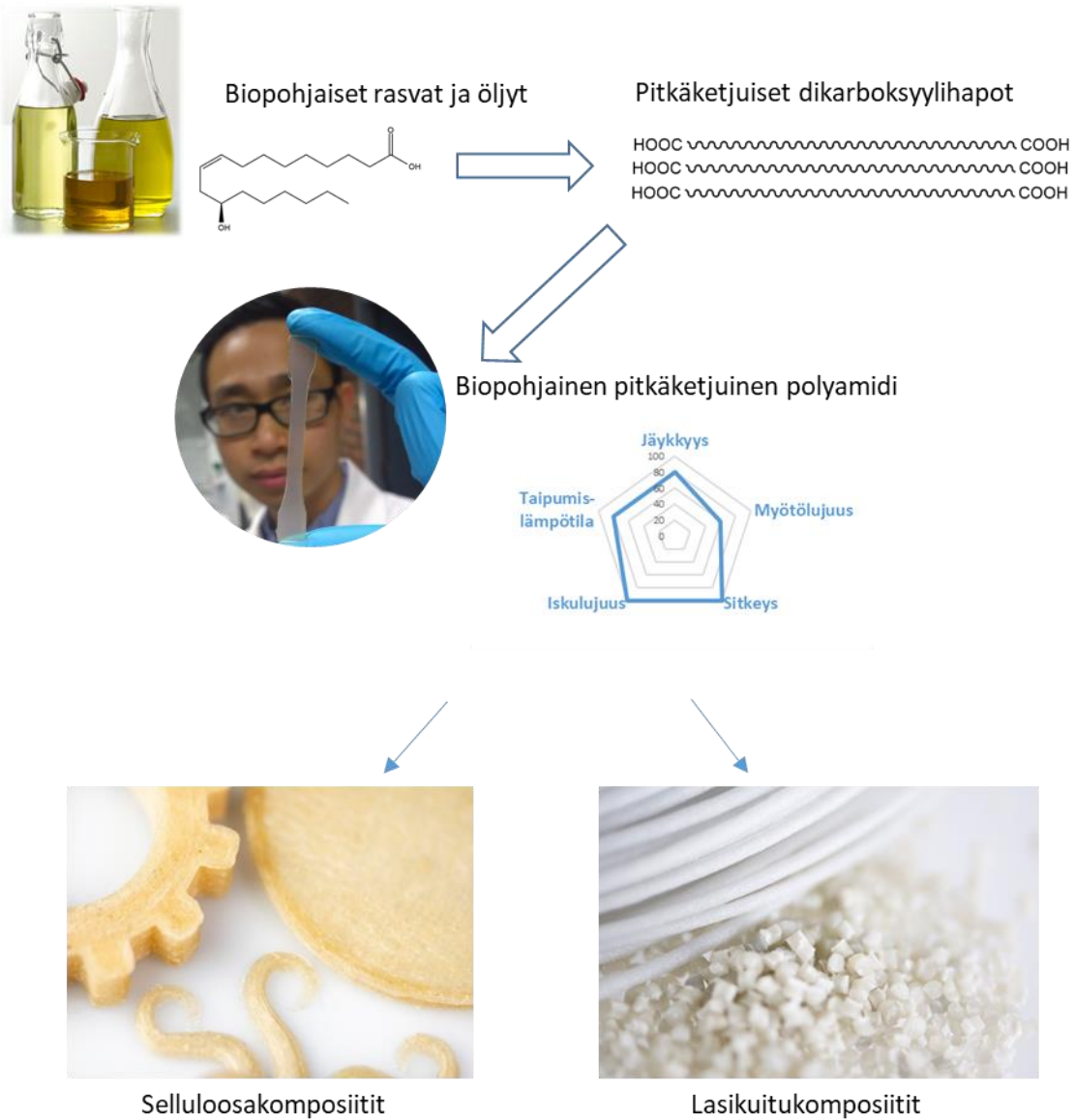
Suomessa on maailman johtavaa teknistä ja arvoketjuun liittyvää osaamista koskien bio-pohjaisten öljyjen, rasvojen ja rasvahappojen konvergointia lähinnä liikenteen polttoaineiksi. Kysymys on pitkälti sivuvirtoihin, jätteisiin ja tähteisiin perustuvista biomassavirroista, jotka on otettu arvokkaampaan käyttöön korvaamaan fossiilisia liikennepolttoaineita. Tämä antaa erinomaisen taustan tarkastella ja tutkia juuri Suomessa kyseisten raaka-aineiden tuotantoa ja käyttöä myös korkeamman jalostusarvon tuotteiden valmistamiseen, kuten bio-polymeereiksi. Tästä lähtökohdasta Aalto-yliopisto on kehittänyt uuden bio-pohjaisen polymeeriperheen, jonka valmistus on esitelty Kuvassa 4. Tämä lineaarinen, pitkäketjuinen polyamidi omaa erittäin suuren

iskulujuuden ja eräitä muita teknisesti kiinnostavia ominaisuuksia.<sup>21 22</sup> Sen hyvä työstettävyys on jo mahdollistanut uudenlaisten selluloosa-komposiittien valmistuksen ja edelleen työstämisen 3D-tulostustekniikalla. Muun muassa tätä polymeeriperhettä tullaan tutkimaan liiketoimintamallien, elinkaariarvioinnin sekä sääntelyn näkökulmasta VALUEBIOMAT-projektin aikana.

---

<sup>21</sup> Nguyen P., Spoljaric S. and Seppälä J. (2018). Redefining polyamide property profiles via renewable long-chain aliphatic segments: Towards impact resistance and low water absorption. *European Polymer Journal* **109**, 16-25

<sup>22</sup> Nguyen P., Spoljaric S. and Seppälä J. (2018) Renewable polyamides via thiol-ene 'click' chemistry and long-chain aliphatic segments. *Polymer* **153**, 183-192.



**Kuva 4.** Kasviöljyihin perustuvan pitkäketjuisen polyamidin synteysi josta voidaan valmistaa uusiutuvista raaka-aineista tuotettuja 3D tulostettuja kuitukomposiitteja.