

Johanna Moilanen

BIOPOHJAISTEN MUOVIEN KÄYTTÖ JA TUNNETTUUS

BIPOHJAISTEN MUOVIEIN KÄYTTÖ JA TUNNETTUUS

Johanna Moilanen

Opinnäytetyö

Kevät 2016

Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma

Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Maaseutuelinkeinojen tutkinto-ohjelma

Tekijä: Johanna Moilanen

Opinnäytetyön nimi: Biopohjaisten muovien käyttö ja tunnettuus

Työn ohjaaja: Anu Hilli

Työn valmistumislukukausi- ja vuosi: Kevät 2016

Sivumäärä: 53 + 4

Biopohjaisella muovilla tarkoitetaan biohajoavaa muovia, joka on valmistettu uusiutuvista raaka-aineista, kuten ligniinistä tai tärkkelyksestä. Biopohjaisten muovien monimuotoisuus mahdollistaa erilaisten tuotteiden ja sovellusten valmistamisen arkikäyttöön. Kiinnostusta biopohjaisia muoveja kohtaan ovat lisänneet muun muassa maailmanlaajuinen muoviroskaongelma, kestävä kehityksen periaatteiden toteutuminen ja ekotehokkuusajattelu. Suomen maa- ja metsätaloudessa on runsaasti materiaalia biopohjaisten tuotteiden valmistukseen. Biopohjaiset tuotteet voivat luoda uusia ansaintamahdollisuuksia maaseudulle.

Tämä opinnäytetyö tehtiin selvitystyönä Oulun ammattikorkeakoululle. Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa erilaisten biopohjaisten muovien käyttöä sekä niiden tunnettuutta Oulun ammattikorkeakoulun luonnonvara-alan ja rakennustekniikan opiskelijoiden ja henkilökunnan keskuudessa. Kartoitus tehtiin Webropol-kyselyllä, jonka tavoitteena oli selvittää, mitä kohderyhmät tietävät biopohjaisista muoveista ja miten tietoutta niistä voitaisiin parhaiten lisätä. Opinnäytetyöhön kuului tiedonhankintaa kirjallisuudesta, internetistä, luennoilta ja asiantuntijan puhelinhaastattelusta. Kysymykset Webropol-kyselyyn muotoiltiin kerätyn tiedon perusteella. Tässä työssä hyödynnettiin Webropol-ohjelmiston raportteja ja kyselyn tulokset havainnollistettiin Excel-taulukko-ohjelmalla.

Biopohjaisia muoveja ja niiden käyttöä tunnetaan heikosti Oulun ammattikorkeakoulun luonnonvara-alan sekä rakennustekniikan opiskelijoiden ja henkilökunnan keskuudessa. Tulosten perusteella ihmisillä on mielenkiintoa valita biopohjainen vaihtoehto, mutta tuotteesta ei olla valmiita maksamaan enempää kuin tavanomaisestakaan tuotteesta. Kyselyn tulosten perusteella biopohjaisista muoveista ja niiden käyttömahdollisuuksista tulisi olla opetusta tarjolla Oulun ammattikorkeakoulussa. Ammattikorkeakoulun tulisi olla aktiivisesti mukana uusien kestävä kehityksen mukaisten innovaatioiden soveltamisessa sekä tiedotus- ja opetustyössä.

Asiasanat: biohajoavat polyesterit, biopohjaiset muovit, biopolymeerit, kestävä kehitys, muovien lisäaineet, puupohjainen muovi, synteettiset muovit

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree programme in Agricultural and Rural Industries

Author: Johanna Moilanen

Title of thesis: The Use and Recognition of Bio-based Plastics.

Supervisor: Anu Hilli

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2016 Number of pages: 53 + 4

Bio-based plastic means biodegradable plastic that has been manufactured from renewable materials, such as lignin or starch. There is wide variety of bio-based plastics and they can be used to manufacture different kind of products for daily life. Global plastic litter problem, ecological thinking and principles of sustainable development are a few of the reasons why the interest toward bio-based plastic has increased. There are plenty of raw material for bio-based plastics in Finnish agriculture and forestry. Bio-based products can create new earning opportunities to the rural areas.

This thesis is a report for Oulu University of Applied Sciences. The aim of this thesis was to chart the use and recognition of different kind of bio-based plastics among the students and staff of natural resources and construction engineering departments in Oulu University of Applied Sciences. Thesis process included data acquisition from the literature, internet, lectures and phone interview of an expert in the field. Gathered information was used to shape Webropol-survey questions. Webropol- survey link was sent via email to the students and staff of natural resources and construction engineering departments in December 2015. The reports of Webropol and Excel- programme were exploited in this thesis.

Bio-based plastics and their use are inadequately known among the students and staff of natural resources and construction engineering departments in Oulu University of Applied Sciences. On the grounds of the results people have interest to choose bio-based alternative, but they are not ready to pay more for it than for the usual product. The results suggest that there should be education about bio-based plastics and their use in Oulu University of Applied Sciences.

Keywords: bio-based plastics, biodegradable polyesters, biopolymers, plastic additives, sustainable development, synthetic plastics, wood-based plastic

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 MUOVI JA SEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET	7
2.1. MUOVIN KOOSTUMUS JA VALMISTUS	7
2.2 MUOVIEN KULUTUSMÄÄRÄT, JÄTTEET JA KIERRÄTYS.....	9
2.3. MUOVIEN MYRKYLLISYYS JA HAITAT	11
3 BIOPOHJAISET MUOVIT	17
3.1 KOHTI BIOPOHJAISSIA, UUSIUTUVIA RATKAISUJA	17
3.2 BIOMUOVIMARKKINAT	19
3.3 PUUPOHJAINEN MUOVI	21
3.3.1 Puupohjaisen muovin raaka-aineet	21
3.3.2 Puupohjaisten muovien käyttökohteet	24
3.3.3 Puupohjaisen muovin valmistus pohjoismaissa.....	27
3.4 AGRO-POLYMEEREJÄ	29
3.5 BIOHAJOAVAT POLYESTERIT	31
4 AINEISTO JA MENETELMÄT	37
4 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU	38
5 JOHTOPÄÄTÖKSET	43
6 POHDINTA	45
LÄHTEET	46

1 JOHDANTO

Synteettisten, raakaöljypohjaisten muovien käyttö on lisääntynyt tasaisesti teollistumisen myötä ja ne ovatkin osa jokapäiväistä elämää. Vuositasolla muovia valmistetaan 100 miljoonaa tonnia vuodessa ja muoviteollisuuden osuus maailman raakaöljynkulutuksesta on arviolta 5 %. Maapallo ei kestä fossiilisten raaka-aineiden käyttöä loputtomiin. Muovien käytöllä on ollut suuria vaikutuksia ympäristön roskaantumisen ja jätevirtojen kasvamisen aiheuttajina. Raaka-aineen hupeneminen, ilmastonmuutos ja jäteongelmat ovat aiheuttaneet sen, että kestävämmille ratkaisuille on ollut pakko alkaa etsimään kestäviä vaihtoehtoja.

Muoveista on myös huomattu liukenevan aineita, jotka voivat olla ihmisille ja eläimille vaarallisia. EU:n tiukentuneen muovipolitiikan myötä myös Pohjoismaissa on herätty muoviongelmaan ja sen aiheuttamiin taloudellisiin ja ympäristökysymyksiin. Muoveja on ollut hankala kierrättää ja liian usein ne päätyvät levähdyspaikoille, meriin ja muualle minne ne eivät kuulu. Luonnossa mikromuovit aiheuttavat ekosysteemille arvaamattomia vaikutuksia ja haitat voivat olla paljon vakavampia kuin on luultu.

Biopohjaisella muovilla tarkoitetaan kestäväen kehityksen mukaista biohajoavaa muovia, joka on valmistettu uusiutuvista raaka-aineista, kuten ligniinistä tai bakteerien fermentoimista tuotteista. Biopohjaiset muovit eivät ole riippuvaisia fossiilisista raaka-aineista ja niiden monimuotoisuus mahdollistaa monenlaisten sovellusten valmistamisen arkikäyttöön. Suomessa mahdollisuudet biopolymeerien valmistukseen ovat hyvät, koska raaka-ainetta biomuoveihin riittää. Sellutehtaiden sulkiessa ovensa mahdollisuudet avautuvat uudenlaisten biokeskusten avaamiselle. Tässä työssä esitellään biopohjaisten ratkaisujen mahdollisuuksia erilaisissa sovelluksissa sekä niiden käytön etuja ja haasteita. Opinnäytetyön tehtävänä oli selvittää biomuovien tunnettuutta ja käyttöhalukkuutta luonnonvara-alan sekä rakennustekniikan opiskelijoille ja opettajille suunnatun Webropol-kyselyn pohjalta.

2 MUOVI JA SEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

2.1. MUOVIN KOOSTUMUS JA VALMISTUS

Muovit määritellään aineiksi, joiden tärkeimmät ainesosat ovat polymeerejä. Muovit ovat perusolemukseltaan orgaanisia aineita eli hiiliyhdisteitä epäorgaanista silikonia lukuun ottamatta. Muoveja valmistetaan polttoaineiden tuotannosta ylijäävistä hiilivetyvirroista, jotka aiemmin poltettiin öljyjalostamojen soihduissa. Raakaöljy koostuu pääasiallisesti hiilivedyistä, eli hiilen (C) ja vedyn (H) yhdisteistä. Lisäksi raakaöljyssä on mukana muita alkuaineita, kuten rikkiä, typpeä, happea ja metalleja. Polymeerit voidaan jaotella niiden hiili-vetyrakenteen mukaan lineaarisiin ja aromaattisiin (aromaattinen rengas) polymeereihin. Muovin kemiallinen rakenne ja molekyylipainon jakautuminen määrittelee sen ominaisuudet. Ominaisuuksien taustalla on siis ne voimat, jotka toisaalta sitovat eri atomit toisiinsa samassa molekyylissä ja toisaalta vaikuttavat eri molekyylien välillä. (Pohjanpalo 1972, 19; Kumar & Chakrabarti 2011, 452; Suomen Ympäristökeskus 2013, viitattu 2.1.2015; Muoviteollisuus ry 2015, viitattu 2.11.2015.)

Monomeereissa on kaksois- ja kolmoissidoksia, joiden hajotessa monomeerit liittyvät toisiinsa paineen, lämmön ja katalyytin avulla erilaisiksi polymeereiksi. Ne ovat siis molekyyliä, jotka voivat yhtyä toisiinsa tietyinolosuhteissa muodostaen esim. pitkiä ketjuja tai verkkoja. Monomeerit ovat polymeerien perusmolekyyliä ja niitä voi olla satoja tai tuhansia yhdessä polymeerissä. Polymeerit (kreik. poly = paljon, meros=osa) ovat makro- eli suurmolekyyliä, jotka ovat syntyneet monomeerien moninkertaistumisen eli polymeroitumisen tuloksena. Niitä ei kuitenkaan voida havaita edes mikroskoopilla. (Pohjanpalo 1972, 13- 14; Oikarinen 2014, 3.)

Muovit ovat eri osatekijöiden eli komponenttien seoksia, koska niihin tarvitaan polymeerin lisäksi monenlaisia lisäaineita. Lisäaineita ovat muun muassa pehmittimet, täyteaineet, liuottimet, stabiilaattorit, värit, voiteluaineet, UV-suoja-aineet ja antistaattiset aineet. Muoveille ominaista on, että yleensä niitä voidaan muovilla korkeissa lämpötiloissa. Käytössä muovit ovat suhteellisen kovia. (Pohjanpalo 1972, 13, 19.)

Muovit valmistetaan kemian teollisuudessa ja yhteisiä ominaisuuksia niille ovat muovattavuus yhdessä tai useammassa käsittelyvaiheessa. Yksinkertaisimmillaan muovin valmistus on sulatus-, muotoilu- ja jäähdytysprosesseja. Tavallisesti muoveja muovataan lämmön ja paineen avulla. Muovit ovat plastisia aineita, joita voidaan muotoilla pysyvästi haluttuun muotoon. Yleensä niiden ominaispiirre on, että niille ei ole määriteltävissä tarkkaa sulamispistettä, vaan niiden rakenne pehmenee lämpötilan kohotessa. Käytetty katalyytti vaikuttaa reaktion kulkuun ja lopputuotteen ominaisuuksiin. Nykyiset, teollisesti valmistetut muovit tehdään perusmolekyyleistä eli monomeereistä katalyytin läsnäollessa. Erilaisten monomeerien liittyessä yhteen puhutaan seka- eli kopolymeereistä. (Pohjanpalo 1972, 13- 14; Pitzzi 2009, 1, viitattu 2.9.2015.)

Kestomuovit ovat muovilaatuja, joiden molekyyliketjujen välissä ei ole poikittaissiteitä. Ketjut voivat liikkua toistensa suhteen ilman, että rakenne rikkoontuu, mikä mahdollistaa kestomuovien muovailun kuumentamalla. Ketjut voivat vääntyä ja kiertyä erilaisiin asentoihin. Kestomuoveja voidaan siis sulattaa, jäähmettää ja muotoilla toistuvasti, eli ne ovat termoplastisia. Kestomuoveissa käytettyjä monomeerejä ovat muun muassa eteeni, propeeni, vinyylilokloridi, styreeni, metyynimetakrylaatti ja akrylinitriili. (Pohjanpalo 1972, 14- 15, 18; Oikarinen 2014, 12- 13.)

Kertamuovit eli kovettuvat muovit säilyttävät kerran saamansa muodon. Kertamuoveille ominaista on kolmiulotteinen avaruusverkkorakenne, jonka poikittaissidokset lisäävät lujuutta. Ketjujen välillä on niin vahvoja sidoksia, että ne eivät voi rikkoontua muovia kuumennettaessa. Kertamuoveja sulatettaessa molekyyli rakenne hajoaa eikä sen uudelleen työstö ole enää mahdollista. Kertamuovien tärkeimpiä lähtöaineita ovat fenoli, urea ja formaldehydi. (Pohjanpalo 1972, 13- 15, 18; Oikarinen 2014, 12- 13.)

Muovin valmistuksessa käytetyt polymeerit eli plastomeerit voidaan jaotella kahteen pääryhmään:

- synteettiset polymeerit, johon kuuluvat muun muassa polyeteeni, PVC, polystyreeni ja fenoliformaldehydihartsit
- luonnonpolymeerit eli biopolymeerit (puolisyneteettiset muovit), johon kuuluvat muun muassa selluloosa, ligniini, tärkkelys, valkuaisaineet ja luonnonkumi.

Polymeroituminen voi tapahtua kahdella tavalla. Polyadditiossa eli additiopolymeroitumisessa kahden tai useamman eri aineen pienet molekyylit liittyvät toisiinsa lankamaisiksi makromolekyyleiksi.

Polykondensaatiossa sen sijaan monomeeriparien polymeroitua erkane samalla vettä tai muita pieniä molekyyliä. (Pohjanpalo 1972, 14- 15.)

2.2 MUOVIEN KULUTUSMÄÄRÄT, JÄTTEET JA KIERRÄTYS

Maailmassa tuotetaan vuosittain noin 100 miljoonaa tonnia muovia. Muoveja käytetään monenlaisiin tarkoituksiin, kuten pakkauksiin, kaapelineristeisiin, vesijohtoputkiin, maaleihin, liimoihin, laminoituihin levyihin ja auton osiin. Suomessa muoveja käytetään tuotteiden valmistukseen noin 600 000 tonnia vuodessa. Valtamuovien, eli polyeteenin (PE), polypropeenin (PP) ja polyvinyylikloridin (PVC) käyttö on 80 % muovien kokonaiskäytöstä Suomessa. (Vahti 2008, viitattu 8.4.2015; Muoviteollisuus ry 2015, viitattu 2.11.2015.)

Vuositasolla muovien valmistukseen käytetään maailmassa arviolta 5 % koko maailman raakaöljyn kulutuksesta. Yksin Yhdysvalloissa muovin valmistukseen käytetään kaksi miljoonaa tynnyriä öljyä päivässä. Öljyä tarvitaankin paljon, koska noin 40 % nykypakkauksista ovat muovia. Pakkausala on suuri muovin kuluttaja, koska usein muovia käytetään elintarvikkeiden ja juomien pakkaamiseen. Pakkausalalla on ollut maailmanlaajuisesti paineita vähentää riippuvuuttaan öljystä. Biopohjaisten muovien on toivottu tuovan ratkaisun ongelman ja valtaavan alaa perinteisiltä muovipakkauksilta. (Taloudellinen tiedotustoimisto 2014, viitattu 28.9.2015; Keski- Pohjanmaan koulutusyhtymä 2015, viitattu 2.11.2015.)

Materiaalitehokkuudella tarkoitetaan *”luonnonvarojen mahdollisimman tehokasta ja/tai säästeliästä käyttöä suhteessa tuotantoon”*. Suomi on yksi eniten luonnonvaroja käyttävistä ja jätteitä tuottavista maista Eurostatin tilastoissa vuosilta 2008 ja 2011. Suomessa kaatopaikalle päätyy noin 20 kg yhdyskuntajätettä/asukas enemmän kuin EU:ssa keskimäärin. Ykkösprioriteettina Euroopan parlamentin ja neuvoston jätedirektiivin (2008/98/EY) mukaan tulisi olla jätteen synnyn ehkäisy. Ympäristöhallinnossa onkin nähty tarvetta uusille, materiaalitehokkuutta parantaville innovaatioille ja uusille keinoille lähestyä ongelmaa. Kaatopaikalle sijoitettujen jätteiden määrä on eräs materiaalitehokkuuden indikaattoreista. Kaatopaikalle sijoitettu jäte tarkoittaa hukattua luonnonvaraa. (Sepänen 2011, 25; Myllymaa & Dahlbo 2011, 44.)

Euroopassa kulutuksesta peräisin olevaa muovijätettä kerätään noin 25 miljoonaa tonnia vuodessa ja noin puolet tästä määrästä päätyy kaatopaikoille tai poltetaan ilman energian talteenottoa. Suomessa jätettä syntyy vuosittain noin 2 tonnia, josta 7 % eli 140 000 tonnia on muovijätettä. Puolet muovijätteestä eli 70 000 tonnia on pakkausjätettä. EU:n Ympäristökomissaarin uusissa linjauksissa korostetaan etusijajärjestystä eli sitä, että ensisijaisia toimenpiteitä muovijätteelle ovat jätteen synnyn ehkäisy ja uudelleenkäyttö. Jatkossa muovipakkaukset kuuluvat tuottajavastuun piiriin, eli siis tuottaja taikka siihen rinnastettava taho vastaa muovipakkauksen jätehuollon järjestämisestä sekä siitä aiheutuvista kustannuksista. (Helsingin Yliopisto 2005, viitattu 2.11.2015; Wiik 2012, 42-43.)

Muovit ovat orgaanista alkuperää ja siksi ne yleensä palavat helposti. Palamistuotteet ovat samantyyppiset kuin tavallisilla polttoaineilla: hiilidioksidia, vettä ja hiilimonoksidia. Euroopassa on hyvin tavallista polttaa muovijätettä tavallisen jätteen joukossa energian tuottamiseksi. Muovin poltto vähentää riippuvuutta fossiilista polttoaineista, mutta samalla hiilidioksidipäästöt ympäristöön kasvavat. PVC-muovit ovat poltossa ongelmallisia, koska ne sisältävät kloorivetyä, joka veden kanssa reagoi muodostaen suolahappoa. PVC-muovi ei pala jatkuvasti ilman tukipoltoa. PVC-muovit ja fluorimuovit palavatkin muita muoveja huonommin, koska niiden sisältämä kloori ja fluori tukahduttavat palamista. (Pohjanpalo 1972, 59- 60; Helsingin Yliopisto 2005, viitattu 2.11.2015.)

Kestävin tapa hyödyntää muovijätettä on kierrättää se uudelleen muovin raaka-aineeksi. Euroopassa vain noin viidesosa muovijätteestä kierrätetään. Käytännössä nykyisin saatavissa olevilla ratkaisuilla yhdyskuntien sekajätteestä ei kuitenkaan saada tuotettua laadultaan kierrätykseen soveltuvia muovilaatuja, vaikka muoveja voikin lajitella, käsitellä ja pestä. Eri muovilaatujen erottaminen toisistaan on hankalaa ja yksittäisiä muovilaatuja on määrällisesti vähän. Muovien uudelleenkäyttöä hankaloittavat myös niiden sisältämät epäpuhtaudet ja lajittelun epätaloudellisuus. (Pohjanpalo 1972, 60; Helsingin Yliopisto 2005, viitattu 2.11.2015; Myllymaa & Dahlbo 2012, 14; Wiik 2012, 42-43.)

Muovia on mahdotonta kierrättää loputtomiin, koska sen ominaisuudet huononevat joka käyttökerralla. Uusiomuovin käyttö on tällä hetkellä Suomessa kalliimpaa kuin uuden raaka-aineen käyttö. Suomessa muoveista kierrätetäänkin vain virvoitusjuomapullot ja -korit. Muovit on mahdollista kierrättää kemiallisesti hajottamalla jätemuovi takaisin pieniksi yhdisteiksi, jotka polymeroidaan uuden

muovin raaka-aineeksi. Toistaiseksi kemialliseen kierrätykseen ei ole löydetty toimivaa ja taloudellisesti järkevää ratkaisua. Ongelmana on eri muovilaatujen erilainen muokkautuvuuslämpötila, mikä on esteenä niiden yhteiskäytölle. (Pohjanpalo 1972, 60; Helsingin Yliopisto 2005, viitattu 2.11.2015; Myllymaa & Dahlbo 2012, 14; Wiik 2012, 42- 43).

2.3. MUOVIN MYRKYLLISYYS JA HAITAT

Muovit ovat todellinen ympäristöongelma, koska yli 80 % muoviteollisuudesta pohjautuu polyeteeni- (PE) ja polypropeenimuoveihin (PP) (KUVIO 1) ja nämä valmistetaan yleensä fossiilisista raaka-aineista. Käytön jälkeen ne voivat päätyä ympäristöön, jonne ne jäävät käytännössä ikuisesti. Ongelmallisinta muoveissa onkin niiden biologinen tuhoutumattomuus, poltto ja muovijätteen uudelleenkäyttövaikeudet. Polymeerien hajoaminen yleensä heikkenee, mitä järjestyneempi eli kiteytyneempi muovin rakenne on. Kiteytyneemmällä muoveilla on myös korkeampi sulamislämpötila. Luonnossa läsnä oleva mikrobipopulaatio ja lämpötila vaikuttavat osaltaan polymeerin biohajavuuteen. (Pohjanpalo 1972, 59; Fukushima, Tabuani & Abbate 2011, 129; Rai & Roy 2011, 89.)



KUVIO 1. Polyeteenipohjaisia (PE) purkkapusseja sekä polypropeenipohjainen (PP) muropakkaus.

Kuvat: Johanna Moilanen

Muovien ylenpalttinen kulutus on johtanut kestävästi muoviroskan leviämisen ympäristöön ja nämä jätteet uhkaavat luonnon monimuotoisuutta. Pohjoisen Itämeren Suomen rannikolta löydetyistä roskista $\frac{3}{4}$ on ollut muovia. Arviolta 8 miljardia muovipussia ja -kassia lentää tuulen mukana vuo-

sittain Euroopassa ympäristöön. EU:ssa on valmisteilla uusi muovidirektiivi (2015/720), jonka taustalla on huoli varsinkin meriin joutuvista muovikasseista. Pohjois-Atlantilla on suuri muoviroskaesiintymä, jossa roskat kelluvat pyörteisen virtauksen mukana. Muoviroskien keskittymää on luultu virheellisesti saaren taikka maton muotoiseksi. Todellisuudessa roskat ovat pilvimäisissä muodostelmassa pinnan alla, jonka vuoksi niitä on ollut hankalaa huomata satelliitin välityksellä tai aluksista. Tämän vuoksi merten muoviroskakeskittymiä ei ole löydetty aiemmin. Muoviroskien ympäristövaiikutuksista saadaan koko ajan uutta tietoa. Kuolleiden merieläinten sisältä on löydetty taskukamponja, tamponin asettimia, tupakan sytyttimiä, kertakäyttöaterimia, vanupuikkoja, nukkeja, injektioruiskuja ja muovipusseja. Muoviroskaan kuolleet merieläimet siis näänntyivät nälkään vatsa täynnä. (Teramoto 2011, 22- 23; Setälä 2014, viitattu 21.9.2015; Veistola 2014, viitattu 28.9.2015; Haffner 2015, viitattu 3.11.2015; Museum für Gestaltung 2015, viitattu 3.11.2015.)

Tampereen taidehallissa (TR1) toteutettiin 11.5 - 4.8.2015 *Meri hädässä*- Muovijäteprojektinäyttely yhteistyössä zürichiläisen desingmuseon *Museum für Gestaltungin* kanssa. Näyttelyssä esiteltiin maailman merten muuttumista muovilla kyllästetyksi liemeksi. Näyttelyllä haluttiin tarjota ratkaisumalleja muovituotteiden käytön vähentämiseksi, kierrättämiseksi ja biomuovien suosimiseksi. Valtameriin päätyy vuosittain 6,4 tonnia jätettä, josta 80 prosenttia on peräisin maa-alueilta. Valtaosa muovijätteestä vajoaa pohjaan, 15 prosenttia kelluu veden pinnalla ja huuhtoutuu jossain vaiheessa rannoille. (Tampereen kaupunki 29.4.2015, viitattu 3.11.2015.)

Meressä muovit hajoavat UV-säteilyn ja hankauksen seurauksena mikromuoveiksi, joilla tarkoitetaan alle 5 mm:n kokoisia muovihippusia. Haitallisia aineita (toksiineja) sisältävät mikromuovit päätyvät kalojen ja planktoneliöiden ruoaksi ja ne tukkivat niitä syövien eläinten suolistoa. Haitallisilla aineilla on kykyä kerryttää PBB:tä ja muita haitallisia aineita. Nämä aineet saattavat päätyä kalojen ja äyriäisten mukana ihmisten ruokapöytiin. (Setälä 2014, viitattu 21.9.2015; Veistola 2014, viitattu 28.9.2015; Haffner 2015, viitattu 3.11.2015.)

Kotitalouksissa mikromuoveja syntyy esimerkiksi keinokuituvaatteiden, kuten fleeecepaidan pesussa. Yhdessä pesussa fleeecepaidasta voi irrota 1500 kuitua, jotka läpäisevät jätevedenpuhdistamon sihdit ja sihvilit päätyen vesistöön. Mikromuoveja käytetään muun muassa kuorintavoi-

teissa, hammastahnoissa, ripsiväreissä ja luomiväreissä. Kosmetiikkatuotteita pystytään valmistamaan helpommalla ja halvemmalla, kun muovia käytetään valmistuksessa. (Setälä 2014, viitattu 21.9.2015.)

Muovien valmistusprosessissa lähtöaineina käytetyt eräät haihtuvat monomeerit voivat aiheuttaa erilaisia allergioita ja myrkytystiloja. Vielä tärkeämpi mahdollisen myrkyllisyyden aiheuttaja on epäpuhtauksia sisältävät muovin lisäaineet, joita on voitu käyttää parantamaan muovin työstettävyyttä, käyttöominaisuuksia ja säilyvyyttä. Näitä voi siirtyä muovista esimerkiksi elintarvikkeisiin tai juomaveteen. Esimerkiksi polystyreenin hajotessa styreeniksi hajoamistulos on haitallinen ja voi aiheuttaa ärsytystä hengityselimistöön sekä keskushermoston lamaantumista. Muovien polttokaan ei ole aina ongelmaton. Mikäli typpeä sisältävää muovia, kuten polyakrylinitriiliä poltetaan, palaessa kehittyy erittäin vaarallista sinihappoa eli syanivetyä. Syanivety tappaa jo 0,3 mg/l annoksena (vertaa häkäkaasun tappava annos 3,75 mg/l). Klooria sisältäviä muoveja poltettaessa syntyy kloorivetykaasua, joka ärsyttää ja syövyttää hengityselinten limakalvoja. Yleisimpiä muovien aiheuttamista haitoista on erilaiset ihottumat, joita voi saada esim. nailonsukkia käytettäessä. (Pohjanpalo 1972, 61- 62.)

Muovimateriaaleista ja tarvikkeista voi siirtyä elintarvikkeisiin myrkyllisiä aineita. Liuenneet aineet saattavat olla ihmisen terveydelle vaarallisia. EU-direktiivin (2002/72/EY) mukaan muovisista tarvikkeista elintarvikkeisiin siirtyneiden aineiden kokonaismäärä ei saa olla suurempi kuin 60 mg/kg elintarviketta. Sallittu lisäaine elintarvikkeiden kanssa kontaktissa oleville muoveille on muun muassa risiiniöljy. (EUR-Lex 6.3.2008, viitattu 28.9.2015; EUR-Lex 19.11.2009, viitattu 28.9.2015.)

Ftalaatit ovat ftalihapon estereitä, joita käytetään laajalti muovien, kuten polyvinyylidikloridin (PVC) pehmitinaineena. Ne lisäävät muuten hauraiden muovien taipuisuutta, läpinäkyvyyttä ja kestävyttä. Muovin kunnosta ja laadusta riippuen ftalaatit voivat vapautua kohtuullisen helposti ympäristöön, koska ne eivät ole vahvasti kiinnittyneitä muoveihin. Ftalaatteja on muun muassa hygieniatarvikkeissa, pakkausmateriaaleissa, leluissa, ruoka-aineissa ja tekstiileissä. Suomessa ftalaateille altistutaan pääasiassa ravinnon kautta, koska muoveja käytetään elintarvikkepakkauksissa ja ftalaatit saattavat irrota muovista ruokaan (erityisesti rasvaisiin ruokiin kuten maito, voi ja liha). Ftalaateille voi altistua myös suoraan muovi- ja hygieniatuotteiden kautta. (Breast Cancer Fund 2015, viitattu 29.9.2015; Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2014, viitattu 22.4.2015.)

Ftalaatit häiritsevät kehon endokriinistä järjestelmää ja aiheuttavat monenlaisia terveysongelmia, kuten lasten kehityshäiriöitä ja hedelmällisyysongelmia sekä ihmisille että eläimille. Se on yhdistetty tyttöjen aikaistuneeseen puberteettiin, joka on riskitekijä rintasyöpään sairastumisessa. Miehillä ftalaatit voivat aiheuttaa kivesten epämuodostumia ja feminisaatiota eli naisellisten ominaisuuksien kehittymistä. Lisäksi vaikutuksia voivat olla keskivartalolihavuus, insuliiniresistenssi ja käytöshäiriöt. EU-rajoitusten mukaan DEHP:n, DBP:n ja BBP:n enimmäispitoisuus leluissa ja lastenhoitotarvikkeissa on 0,1 painoprosenttia. Markkinoille on tullut myös myrkyttömiä muovilaatuja, joissa ei ole käytetty ftalatteja tai muita haitallisia aineita (KUVIO 2). (Breast Cancer Fund 2015, viitattu 29.9.2015; Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2014, viitattu 22.4.2015.)



KUVIO 2. Plast Teamin valmistama pakastusrasiasetti, jossa ei ole käytetty ftalatteja tai BPA:ta.
Kuva: Johanna Moilanen

BPA eli Bisfenoli A on yksi kaikkein eniten valmistetuista kemikaaleista. Sitä käytetään polykarbonaatti- ja epoksihartsien rakennusaineena. Epoksihartsia käytetään säilyke- ja virvoitusjuomatölkkien sisäpinnoitteissa korroosiosuojana sekä kiinteistöjen vesijohtoverkon saneerauspinnoituksissa. Useat muoviset kulutustuotteet sisältävät BPA:ta (KUVIO 3) ja sille altistutaan pääosin ravinnon kautta. BPA:ta sisältävien polykarbonaattien käyttökohteita ovat esim. lasten tuttipullot ja

muut juomapullot, lääketieteelliset laitteet ja letkut sekä hampaiden paikat ja tiivisteet. Suomessa BPA:n käyttö on kielletty polykarbonaatista valmistetuissa tuttipulloissa sekä niiden tuttiesassa. Suuria määriä tätä kemikaalia vapautuu ympäristöön kaiken aikaa, mutta se onneksi hajoaa nopeasti eikä ole maaperään tai eliöihin kertyvää. (Terveystieteiden tutkimuskeskus 2016, viitattu 1.9.2016.)



KUVIO 3. Näissä polyeteenipohjaisissa Eskimo- pakastuspusseissa ei tuoteselosteen mukaan ole BPA:ta. Kuva: Johanna Moilanen

Ihminen altistuu jatkuvasti BPA:lle elinympäristönsä muovituotteiden välityksellä. Altistus on terveydelle haitallista, sillä BPA:n on epäilty häiritsevän hormonien toimintaa sen heikon estrogeenisyyden takia, jolloin se häiritsee hyvin pieninäkin annoksina endokriinistä järjestelmää. BPA:lle altistuminen voi häiritä rintojen normaalia kehitystä, joka voi johtaa rintasyövän kehittymiseen. BPA:ta voi vapautua muovituotteista esim. lämmön (mikroaaltouunikuumentus), UV-säteilyn (muovituotteen säilytys auringonvalossa), happojen (limonadien ynnä muiden säilytys) tai emästen vaikutuksesta. (Breast Cancer Fund 2015, viitattu 29.9.2015; Terveystieteiden tutkimuskeskus 2016, viitattu 1.9.2015.)

Vinyylidikloridia syntyy PVC-muovien valmistuksessa. Se on yksi ensimmäisistä kemikaaleista, jotka on tunnistettu ihmiselle karsinogeeniseksi eli syöpää aiheuttavaksi. Vinyylidikloridille työkseen altistuvat naiset kuolevat todennäköisemmin rintasyöpään kuin ne, jotka eivät sille altistu. PVC- muovin valmistuksessa syntyy myös dioksiinia, joka on hormonihäiritäjä ja karsinogeeni. Styreeniä voi vuo-

taa muun muassa polystyreenistä, jota löytyy vaahdumuovisista ruoka-astioista, munapakkauksista, kertakäyttökuppeista ja -kulhoista sekä kertakäyttöaterimistä. Sitä pidetään todennäköisesti ihmiselle syöpää aiheuttavana. Ihmisille haitallisia ovat myös fluoratut yhdisteet (PFAS-yhdisteet), joille voidaan altistua muun muassa mikropopcorn-pussien, pizzalaatikoiden tai ylikuumennetun Teflon-pannun kautta. Fluoratut yhdisteet ovat hyvin pysyviä ympäristössä. (Mannio 2009, 8- 9, viitattu 27.11.2015; Breast Cancer Fund 2015, viitattu 29.9.2015.)

Ympäristöön joutuessaan sille vieraat aineet pyrkivät jakaantumaan fysikaalis-kemiallisten ominaisuuksiensa mukaisesti. Eri aineet voivat kertyä eliöihin esimerkiksi ravinnon mukana. Jotkin aineet voivat rikastua ravintoketjussa aina ravintoketjun huipulla oleviin petoihin saakka, koska rasvaliukoisilla aineilla on taipumusta kertyä eliöihin. Kertymistä eliöihin ennustaa aineen oktanoli-vesi-jakaantumiskerroin $\log K_{ow}$. Jos $\log K_{ow}$ on suurempi kuin 3, on aine potentiaalisesti kertyvää. (Koivisto & Autio 2009, 42.)

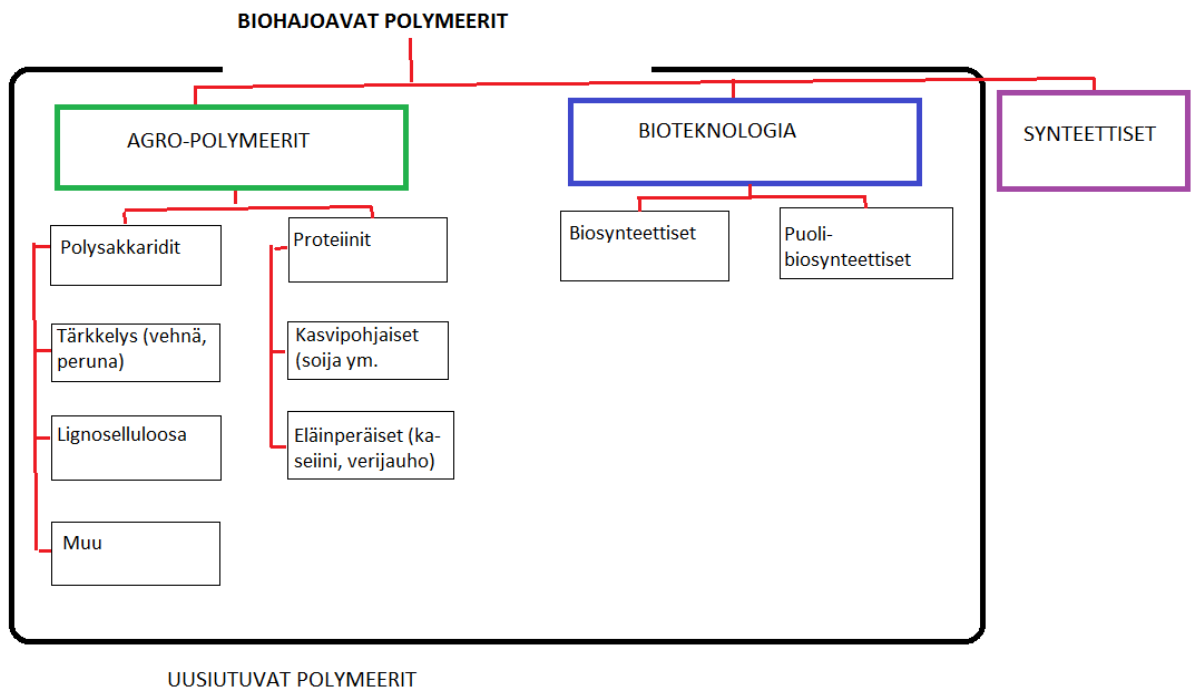
3 BIPOHJAISET MUOVIT

3.1 KOHTI BIPOHJAISIA, UUSIUTUVIA RATKAISUJA

”Biomuovit ovat konkreettinen askel siirtymisessä kohti biotaloutta. Uudet muovipakkaukset eivät ainoastaan vähennä riippuvuuttamme öljystä, vaan ne ovat myös ominaisuuksiltaan ylivertaisia markkinoilla oleviin muovipakkauksiin verrattuna.” Professori Ali Harlin (VTT 2012, viitattu 30.9.2015).

Biomuovi voi olla joko muovia, jota valmistetaan kasvipohjaisista luonnon uusiutuvista luonnonvaroista taikka muovia, joka hajoaa mikro-organismien tai entsyymien avulla ja on kompostoitavissa. Biomuvien ajatuksena onkin, että ne hajoavat vaarattomasti ympäristöön käytön jälkeen. Biomuvoin hajoamis aika tulisi olla sopiva sovellukseen nähden sekä siihen, missä se hajoaa (maaperä, komposti, merivesi). Biomuovi tai biohajoavuus ei aina tarkoita, että muovi on valmistettu uusiutuvista raaka-aineista. Petrokemikaalipohjaisetkin muovit voivat olla biohajoavia, kuten PCL ja PBS-muovit (KUVIO 4). Määritelmiä voi myös sekoittaa se, että uusiutuvia raaka-aineita voidaan sekoittaa raakaöljyyn ja näin muoville saadaan ”biomuovi”-määritelmä. (Djonlagic & Nicolic 2011, 149, 182; Bruder 2013, 22- 23, viitattu 2.10.2015; Harlin, haastattelu 30.9.2015.)

Fotosynteettiset tuotteet ovat kasvien syntetisoimia tuotteita vedestä ja hiilidioksidista ja tämä tekee kasveista saatavat, uusiutuvat monomeerit erittäin houkutteleviksi. Rasvahappojen triglyseridit ja eteeriset öljyt ovat pääasiallisia biomuoveissa käytettäviä monomeerikomponentteja, joita saa suoraan uutettua kasveista. Monet biopohjaiset muovit ovat hiilidioksidineutraaleja. Hiilidioksidineutraalilla tarkoitetaan sellaisia materiaaleja, jotka ovat syntyneet fotosynteesissä hiilidioksidista ja niiden käyttöä ei lasketa hiilidioksidipäästökseksi. Elinkaarianalyysin mukaan biopohjaisilla muoveilla voi olla jopa 70 % pienemmät hiilidioksidipäästöt öljypohjaisiin muoveihin verrattuna. (Teramoto 2011, 23- 24; Taloudellinen tiedotustoimisto 2014, viitattu 28.9.2015.)



Lähde: Verbreek & Bier 2011, 198.

KUVIO 4. Biohajoavien polymeerien luokittelu Kuva: Verbreek & Bier (2011, 198)

Biopohjaisten muovien valmistaminen ei ole muoviteollisuudelle uusi asia, sillä alun perin polymeerejä syntetisoitiin luonnollisista materiaaleista. Ensimmäinen lämpökäsittelyssä syntynyt muovi oli kamferin kanssa muovailtua selluloosinitraattia. Petrokemian teollisuuden kehittymisen myötä raakaöljypohjaiset, synteettiset muovit ovat hallinneet teollisuutta. Luonnolliset monomeerit eivät ole aiemmin kiinnostaneet, koska luonnollisten monomeerien uuttamisprosessit kasveista, eläimistä ja mikro-organismeista ovat olleet kalliita. Raakaöljytoimitusten haavoittuvuus, hinnan nousu yhdessä kemian tekniikoiden ja bioteknologian kehittymisen kanssa ovat kiihdyttäneet uusiutuvien ”hiilidioksidineutraalien” monomeerien tutkimusta. (Pitzi 2009, 1, viitattu 2.9.2015; Teramoto 2011, 24.)

Biomuovien valmistus voi lisätä raaka-aineiden kestäväää käyttöä. Suomella on erinomaiset edellytykset tällaisten kestävään kehityksen mukaisten cleantech-tuotteiden ja osaamisen vientiin, sillä Suomessa on aina osattu kehittää ja käyttää ympäristöä säästäviä ratkaisuja pohjoisen sijainnin, pitkien välimatkojen ja omien fossiilisten energialähteiden puuttumisen vuoksi. (Djonlagic & Nicolici 2011, 149; Mäkelä 2015, viitattu 5.10.2015.)

Biopohjaisten ja biohajoavien muovien saatavuuden ja käsiteltävyyden lisäämiseksi on kehitetty uusia innovaatioita. Biomuovien suunnittelu ja tuotanto täytyy kehittyä yhtä joustavaksi kuin perinteisten muovien, jotta ne voisivat globaalisti kilpailla perinteisten muovien rinnalla. Tulevaisuudessa öljypohjaisista muoveista voidaan päästä jopa kokonaan eroon. Biohajoavien polymeerien pääasi-
alliset sovelluskohteet tällä hetkellä ovat ympäristönsuojelu ja biolääketiede. (Vahti 2008, viitattu 8.4.2015; Pitzzi 2009, 1 viitattu 2.9.2015; Djonlagic & Nikolic 2011, 149; Rai & Roy 2011, 79; Tera-
moto 2011, 24; Harlin, haastattelu 30.9.2015.)

Biopolymeerejä voitaisiin Vahdin (2008, viitattu 8.4.2015) mukaan tulevaisuudessa käyttää muun muassa kännykän kuoriin, ruokailuvälineisiin, huonekaluihin ja elintarvikepakkauksiin. Biomuovi-
pohjaisia elintarvikepakkauksia voitaisiin muokkailta käyttötarkoitukseen sopivaksi, esimerkiksi pi-
tämään tehokkaammin kaasumaisista yhdisteistä syntyvät hajut pakkauksen sisä- tai ulkopuolella. Biomuovituotteet voidaan käytön jälkeen käyttää uudestaan, kierrättää tai hyödyntää energiantuo-
tannossa.

3.2 BIOMUOVIMARKKINAT

Arviolta noin prosentti maailman muoveista on biopohjaisia muoveja. Biomuovit ovat vallanneet alaa perinteisiltä muoveilta esim. elintarvikepakkausmateriaalina. Biomuovit voisivat korvata arvi-
olta 85 % markkinoilla olevista muoveista. Monia biomuoveja voitaisiin valmistaa pienillä muutok-
silla samoilla tekniikoilla kuin tavanomaisia muoveja. Vuonna 2011 tuotettiin 3,5 miljoonaa tonnia biopohjaista muovia, kun samaan aikaan fossiilista, perinteistä muovia valmistettiin 235 miljoonaa tonnia. Biopohjaisille muoveille on erittäin optimistiset kasvuodotukset: niiden oletetaan yltävän 12 miljoonan tonnin valmistusmäärään vuoteen 2020 mennessä. Biomuovien valmistus on kehittynyt niin, että biomuovipakkauksista on saatu ominaisuuksiltaan jopa tavanomaisia muovipakkauksia parempia. (EuropaBio & ESAB 2013, viitattu 28.9.2015; Taloudellinen tiedotustoimisto 2014, vii-
tattu 28.9.2015.)

Biomuovien markkinat kasvavat 8–10 % vuodessa ja niiden osuus muovien kokonaismarkkinoista on n. 10–15 %. Biomuovien osuuden kokonaismarkkinoista ennustetaan kasvavan 25- 30 %:iin vuoteen 2020 mennessä. Vuonna 2007 biomuovien taloudellinen arvo ylsi markkinoilla miljardiin

Yhdysvaltain dollariin ja arvon odotetaan saavuttavan 10 miljardia Yhdysvaltain dollaria vuoteen 2020 mennessä. Markkinaosuuksia tarkastellessa täytyy ottaa huomioon, että biomuovi-käsitteellä voidaan tarkoittaa myös petrokemikaalipohjaisia, biokorvaavia muoveja, eli niiden osuus on saatettu laskea mukaan. (Rai & Roy 2011, 95; Harlin, haastattelu 30.9.2015.)

Maaillan pakkausmarkkinoiden kokonaisvolyymiksi on arvioitu 500 miljardia euroa. Suomalaisen metsäteollisuuden näkökulmasta biopohjaiset muovit voivat avata uusia liiketoimintamahdollisuuksia, kun markkinat kasvavat nopeasti muun muassa Kiinassa ja Intiassa. Eettiset kulutustottumukset yhdessä kehittyvän lainsäädännön kanssa osaltaan ohjaavat pakkausalaan kohti kestävästä kehitystä. (VTT 2012, viitattu 30.9.2015.)

TAULUKKO 1. Eri muovien valmistuskustannuksia vuonna 2011. Kuva: Rai & Roy (2011, 97)

Polymeeri	Hinta/kg
PHA (Mirel) <i>Metabolix</i> ja <i>ADM</i>	US\$ 1,02
P(3HB), valmistaja <i>Biomer</i> (Saksa)	€ 12
P(3HB-co-3HV), valmistaja <i>Metabolix</i> (USA)	€ 10 -12
Modifioitu tärkkelyspolymeeri, valmistaja <i>Novamont</i> (Italia)	€ 2,5 -3,0
Polymaitohappo, valmistaja <i>Cargill Dow</i> (USA)	€ 2,2 – 3,4
Polypropeeni (PP)	€ 0,74
Korkeatiheyksinen polyeteeni (HDPE)	€ 0,78
Matalatiheyksinen polyeteeni (LDPE)	€ 0,74
Polyvinyylikloridi (PVC)	€ 0,72
Polystyreeni (PS)	€ 0,70

Biomuovien valmistustekniikoita täytyy kehittää edullisemmaksi ja kilpailukykyisemmäksi niin, että niiden valmistuskustannukset ovat samat tai edullisemmat kuin raakaöljypohjaisten muovien (TAULUKKO 1). Esimerkiksi PHA-muovien valmistuskustannukset ovat laskeneet merkittävästi. Ennen

valmistuskustannukset olivat 16 Yhdysvaltain dollaria kiloa kohden, josta hinta tippui kahteen dollariin kiloa kohden. Silti PHA:n valmistuskustannukset ovat polypropeeniin verrattuna kolminkertaiset. PHA-muovit saattavat olla avainroolissa biomuovimarkkinoilla. (Rai & Roy 2011, 95.)

3.3 PUUPOHJAINEN MUOVI

1800-luvulla keksittiin puun hajottaminen selluloosakuiduksi ja tämän myötä syntyi paperiteollisuus. Puuta pidettiin vuosikymmenten ajan vain yksinkertaisena saha- ja höylämateriaalina, eikä sen jalostamista pohdittu sen tarkemmin. 1930-lukuun mennessä puutekniikan kehitys oli jo edennyt pitkälle, kunnes raakaöljystä valmistettu muovi valtasi markkinat. Puu on kuitenkin palannut tekniikan tutkimus- ja kehitystyöhön entistä vahvempana. Nanoteknologia on mahdollistanut aivan uudenlaisten puumateriaalien käytön. Valtion teknologinen tutkimuskeskus (VTT), Teknillinen korkeakoulu ja UPM perustivat Suomeen vuonna 2008 maaliskuussa nanosellukeskuksen, jossa tutkitaan ja muokataan nanokuituihin toivottuja ominaisuuksia. Selluloosan osapartikkelit ovat kuituja eli fibrillejä ja fibrillit puolestaan koostuvat mikro- ja nanofibrilleistä. Nanofibrillit ovat kooltaan vain millin miljoonasosia. (Varteva 2005, viitattu 8.4.2015; Rantanen 2008, viitattu 28.9.2015.)

3.3.1 Puupohjaisen muovin raaka-aineet

Puu sisältää runsaasti aineksia, joista voidaan valmistaa puupohjaista biomuovia. Aineksia biomuoveihin syntyy esimerkiksi sellunkeitossa paperitehtailla. Puusta vain noin puolet on selluloosaa ja loput siitä on hemiselluloosaa ja ligniiniä. Selluloosa on käytetty paperituotteisiin, kun taas sellunkeitossa irronneet hemiselluloosa ja ligniini on perinteisesti poltettu sellaisenaan sellutehtaan soodakattilassa. Hemiselluloosan lämpöarvo ei ole erityisen hyvä. Selluloosa, hemiselluloosa ja ligniini soveltuvat biomuovin raaka-aineeksi. Sellun keitossa irtoaa myös mustalipeää, joka on poltettu lämpö- ja sähköenergiaksi. Mustalipeä soveltuu kuitenkin kehnosti polttoaineeksi sisältämiensä hiilihydraattien vuoksi. Mustalipeästäkin voidaan valmistaa biomuoveja. (Rantanen 2008, viitattu 28.9.2015; Metla 2010, viitattu 19.11.2015; Sainio 2013, viitattu 19.11.2015.)

Selluloosa on mauton, hajuton, hydrofiilinen (vettä suosiva), kiraalinen ja biohajoava polymeeri. Selluloosaa kutsutaan polysakkaridiksi, koska se on rakennettu sokerimonomeereista. Se koostuu lineaarisista (peräkkäisistä), ketjuttuneista D-glukoosiyksiköistä. Jotkut bakteerilajit erittävät sitä muodostaakseen biokalvoja. Selluloosasta ($C_6H_{10}O_5$) valmistettiin *Hyatt Manufacturing Company*:n toimesta jo vuonna 1870 ensimmäistä kestopuuvaa, selluloidia. Raaka-ainetta selluloosaan on runsaasti saatavilla luonnollisista, uusiutuvista raaka-ainelähteistä. Noin 33 % kaikesta kasvimateriaalista on selluloosaa. Selluloosaa onkin kuvattu lähes ehtymättömäksi, edulliseksi raaka-aineeksi, jolla on kiehtova rakenne ja ominaisuudet. Sokeriketjua koossa pitävät vety- happimolekyyliidokset muodostavat mikrofibrillejä, joilla on korkea vetolujuus. Mikro fibrilleillä on mielenkiintoisia ääneneristysominaisuuksia ja matala lämmönjohtokyky. Puu-, puuvilla- ja hammppuköydet on valmistettu kuitumaisesta selluloosasta. (Visakh, Thomas & Pothan 2011, 103- 105.)

Liukenemattomuus asettaa rajoitteita selluloosan reaktiivisuuteen ja prosessointiin. Se ei liukene veteen tai useimpiin orgaanisiin liuottimiin. Se voidaan kemiallisesti hajottaa glukoosiyksiköikseen käsittelemällä sitä tiivistetyllä hapolla korkeassa lämpötilassa. Tiivistetyllä hapolla tarkoitetaan happoa, joka on joko puhdas (ei liotin) tai sillä on korkea väkevyys. Luonnollisen selluloosakuidun mielenkiintoisia ominaisuuksia teollisessa mittakaavassa ovat mm. sen matala tiheys ja suhteellisen reaktiivinen pinta. Selluloosatäyteisten komposiittien hävittäminen on helpompaa kuin epäorgaanisten täyteaineiden. Selluloosakuitua on käytetty vain rajoitetuissa teollisissa prosesseissa johtuen sen hankalasta hajotusprosessista. (Berger 2001, viitattu 17.11.2015; Visakh ym. 2011, 103- 105.)

Hemiselluloosa on merkittävä, yleisesti luonnossa esiintyvä luonnonvara, jota on hyvin vähän hyödynnetty. Sitä esiintyy luonnossa sokeriketjuina, joita pilkkomalla siitä saadaan tuotettua erilaisia kemikaaleja, joita voidaan käyttää esimerkiksi muovin ja tekstiilien lähtöaineena. Hemiselluloosa voi olla enemmän tai vähemmän molekyyli rakenteeltaan haaroittunut ja se voi sisältää erilaisia sokerirakenteita riippuen sen sijainnista kasvissa. Epäsäännöllisten rakenteiden ansiosta se on veden liukenevaa, jolloin sen prosessoinnissa ei tarvitse käyttää orgaanisia liottimia. Vesiuton lisäksi erottelumenetelmänä voidaan kuitenkin käyttää laimeita happo- ja emäsluoksia tai orgaanisia liuottimia. Hemiselluloosa voidaan erottaa esimerkiksi sellunkeitossa selluliemestä. Erotuksen jälkeen hemiselluloosa puhdistetaan ja tiivistetään, jonka jälkeen sitä voidaan käyttää esimerkiksi muovin komponenttina. (Metla 2010, viitattu 19.11.2015; Albertsson & Edlund 2012, viitattu 19.11.2015.)

Ligniinin poltossa hyöty on vain kertaluonteinen ja olisikin parempi, että se saataisiin hyödynnettyä ainakin kertaalleen ennen polttoa. Ligniinin polymeerisovellukset muovin raaka-aineena on nähty houkuttelevina. Sovellusten tulisi sijaita lähellä paperi- ja massateollisuuden biojalostamoita. Stora Enso valmistaa Oulussa painopaperia Nuottasaaren tehtaillaan. Uusilla innovaatioilla puusta voidaan saada paljon muitakin jalosteita kuin painopaperia. Ligniiniä on ennen pidetty selluprosessissa tarpeettomana ja jopa haitallisena aineena. Stora Enson Sunilan tehtaasta ollaan suunnittelemassa jatkojalostuspaikkaa ligniinille. Ligniinistä aiotaan tulevaisuudessa valmistaa muun muassa muovia. (Volama 2012, 6-7, viitattu 2.10.2015; Tuikka, luento 6.10.2015.)

Mustalipeän arvokkaista yhdisteistä, kuten koivumustalipeästä (KUVIO 5) voidaan tehdä erilaisia bioperäisiä kemikaaleja ja materiaaleja. Finnish Bioeconomy Cluster FIBIC Oy:n Tulevaisuuden biojalostamo- tutkimusohjelmassa Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa kehitettiin monivaiheinen erotusprosessi sellutehtaiden yhteydessä olevien biojalostamoiden käyttöön. Tulevaisuuden biojalostamo-tutkimusohjelman tavoitteena on luoda Suomeen kansainvälisesti kilpailukykyisiä osaamisalustoja, joilla voidaan edesauttaa metsäteollisuuden uudistumista ja luoda pohjaa uusille liiketoiminnoille. Tutkimusohjelman fokus on uusien arvoketjujen kehittäminen, joissa puu jalostetaan erikoismateriaaleiksi ja kemikaaleiksi. Kehitetyn menetelmän ansiosta mustalipeästä voidaan erottaa lipeä takaisin selluntekoon ja samalla saada arvokkaita aineita talteen taloudellisesti järkevällä tavalla. Erotusmenetelmällä mustalipeästä talteen otetuista hydroksihapoista voitaisiin saada biopohjainen raaka-aine pakkausmateriaalien muovipinnoitteisiin. Veden haihuttamisen jälkeen tuote on valmis polymerointiin. (Sainio 2013, viitattu 19.11.2015.)

Koivumustalipeän koostumus (esimerkki, voi vaihdella paljon)

Orgaaniset yhdisteet (suluissa alkuperäinen) Sisältävät sitoutuneen Na:n ja S:n	Prosenttia kuiva-aineesta , %
	Yhteensä 78%
Ligniini	37,5
Sakkariinihapot (hemiselluloosat)	22,6
Alifaattiset hapot (ligniini, hiilihydraatit)	14,4
Rasva- ja hartsihapot (uuteaineet)	0,5
Polysakkaridit (selluloosa ja hemiselluloosat)	3,0
<hr/>	
Epäorgaaniset yhdisteet	Yhteensä 22%
NaOH	2,4
NaHS	3,6
Na ₂ CO ₃ ja K ₂ CO ₃	9,2
Na ₂ SO ₄	4,8
Na ₂ S ₂ O ja Na ₂ S	0,5
NaCl	0,5
Muut aineet (Si, Ca, Mn, Mg, jne.)	0,2

KUVIO 5. Koivumustalipeä sisältää paljon arvokkaita yhdisteitä. Kuva: KnowPulp (2015, viitattu 24.11.2015.)

3.3.2 Puupohjaisten muovien käyttökohteet

Uusien muovien tarkoituksena ei ole pelkästään korvata öljypohjaisia materiaaleja. Uusilla tekniikoilla tähdätään sellaisiin ominaisuuksiin, jotka aikaisemmin eivät ole olleet mahdollisia. Esim. fibrilliselluloosaan on mahdollista liittää monipuolisesti erilaisia aineita. Nanosellusta eli nanofibrillistä jalostamalla voidaan saada muun muassa puumuovikomposiitteja, monikerroskalvoja, biohajoavia komposiitteja, joustavia ja läpinäkyviä kuituja pakkauksiin, autojen osia sekä maaleja. Tulevaisuudessa alumiinifolio voidaan korvata puusta tehdyllä lujalla, kosteutta ja happea kestäväällä materiaalilla. Edullisempia, entsyymaattisia keinoja selluloosan pilkkomiseksi fibrillitasolle on etsitty aktiivisesti. Tavallisin puupohjainen muovilaatu saadaan murtamalla selluloosa ensin sokeriksi ja sen jälkeen fermentoimalla sokeri etanoliksi. Etanolista irrotetaan eteeni, jota käytetään polyesterin valmistuksessa. (Rantanen 2008, viitattu 28.9.2015; Palo 2015, viitattu 9.4.2015.)

Selluloosapohjaisten pakkausmateriaalien käytön ennustetaan kasvavan jopa 8 prosentin vuosivauhdeilla. Uudet, luonnolliset pakkausvaihtoehdot edustavat kestäväen kehityksen mukaisia tuotteita. Selluloosapohjaisia tuotteita luonnehtii hyvä kestävyys, lujuus ja voimakas pinnan kiilto. Selluloosa-asetaaatti-butyraatti eli CAB-sovelluksia voidaan kehittää lähes rajattomasti. Sillä on luja

iskunkestävyys, UV-kestävyys, hyvä kemikaalien ja sään kestävyys sekä sen muovailuominaisuudet ovat erinomaiset. Siitä valmistettu muovi on läpinäkyvää ja sitkeää ja se soveltuu haastaviin olosuhteisiin. CAB:ia voidaan valmistaa laajalla lämpötila-alueella ja se soveltuu useimpiin tavantomaisiin lämmitys- ja muotoiluprosesseihin. CAB kuumenee ja jäähtyy huomattavasti nopeammin kuin muut muovikalvot, joita käytetään ulkokäyttöön tarkoitettujen komponenttien valmistukseen. (Professional Plastics 2015, viitattu 2.10.2015; VTT 2015, viitattu 17.9.2015.)

CAB on erinomainen muovipakkauksiin ja siitä on saatavilla FDA:n (US Drug And Food Administration) hyväksymiä elintarvike- ja lääkepakkausmuoveja. Esimerkiksi *Excelon CAB*-muovi soveltuu ohutseinäisiin sovelluksiin, joissa vaaditaan erinomaista lujuutta, jäykkyyttä ja kestävyyttä. Ympäristön kosteuspitoisuuden muutokset eivät vaikuta *Excelon CAB*-pakkauksiin, koska ne imevät hyvin heikosti vettä. CAB-muovia on saatavilla monissa eri väreissä sekä läpinäkyvänä, läpikuultavana ja himmeänä. CAB-muovia ei luokitella uusiutuviin muoveihin, vaikka raaka-aineena onkin käytetty selluloosaa. Metsäyhtiöt pyrkivätkin panostamaan kokonaan sellupohjaisten muovien tutkimukseen ja kehitystyöhön. (Bruder 2013, 22- 23; Professional Plastics 2015, viitattu 2.10.2015.)

Valtion teknologisen tutkimuskeskuksen (VTT) ja Aalto-yliopiston yhteistyönä on syntynyt menetelmä, jonka avulla on mahdollista ensimmäistä kertaa valmistaa puupohjaista, muovinkaltaista materiaalia isossa mittakaavassa. Kyseessä on siis muovinkaltainen aine, joka ei varsinaisesti ole biomuovi. Nanofibrilloitu selluloosakalvo voidaan edullisesti valmistaa rullalta-rullalle-menetelmällä ja se soveltuu esim. elintarvikepakkauksiin pilaantumista ehkäisemään. Fibrilloitu nanoselluloosa sitoo paljon vettä ja muodostaa vesigeellejä, joiden kuiva-ainepitoisuus on vain muutamia prosentteja. Tämä on erittäin tärkeää teollisen valmistuksen kannalta ja yksi niistä ominaisuuksista, jonka vuoksi monia raaka-aineita joudutaan sulkemaan pois teollisen mittakaavan valmistuksesta. Nanofibrilliselluloosakalvot valmistetaan päällystämällä fibrillisellua ohuelti ja tasaisesti muovifilmien päälle niin, että leviäminen ja kiinnittyminen muovin pintaan ovat hallinnassa. Kalvot kuivataan kontrolloidusti eri tekniikoita käyttäen. Lopputuloksena syntyy täysin tasaista kalvoa, joka on kaikkein vaiheineen siirrettävissä teollisiin prosesseihin. VTT on valmistanut Espoossa koelaitteillaan fibrilliselluloosakalvoa. (Suomalaiset onnistuivat – Puusta alkaa syntyä ”muovia” isossa mittakaavassa 2012, viitattu 28.9.2015; Harlin, haastattelu 30.9.2015.)

VTT on kehittänyt elintarvikekäyttöön kalvomaisen ja läpinäkyvän biopohjaisen pakkauksen, jonka jokaisella 3-kerroskalvon osalla on oma tehtävänsä. Ohuen keskikerroksen valmistusmateriaali on suomalaisesta koivusta jauhettua, ohutta nanoselluloosaa (CNF). Sen ominaisuuksiin kuuluu erinomainen kyky estää kaasujen ja hapen läpäisyä. Tämä ominaisuus on erittäin tärkeä rasvaisille, herkästi pilaantuville elintarvikkeille. Pakkauksen sisään saadaan syötettyä suojakaasua, kuten typpeä, joka entisestään parantaa tuotteen säilyvyyttä. Sisä- ja ulkokerrosten materiaali on sokeriruokoa ja ne on valmistettu fermentoimalla ja polymeroimalla sokeriruoko bio-polyeteeniksi. Sisä- ja ulkokerrokset estävät kosteuden pääsyn elintarvikkeeseen. Sisäkerros mahdollistaa pakkauksen sulkemisen tiiviisti kuumasaamamalla. (VTT 2015, viitattu 17.9.2015.)

Paptic Oy on patentoinut *PAPTIC*- puukuitumateriaalin, jolla on samanlaiset toiminnalliset ominaisuudet kuin muovilla. *PAPTIC*:illa on muovin kaltaisia ominaisuuksia, kuten joustavuus, vedenkestävyys ja kuumasaumattavuus. Käytettävä teknologia on VTT:n tutkimustyön tulosta. *PAPTIC*:illa voidaan korvata muovikalvoa esimerkiksi kasseissa ja joustopakkausissa. Muovikassien valmistus voisi täydentää paperikoneiden käyttöastetta. Materiaali soveltuu kassien lisäksi muidenkin pakkausmateriaalien raaka-aineeksi. Pilotointivalmistus aloitetaan Espoossa syksyllä 2015 Otanien keskuslaboratorion KCL:n paperikoneella ja tavoitteena on saada *PAPTIC* teolliseen tuotantoon vuonna 2016. Paptic Oy pyrkii saamaan kotimaisen paperitehtaan valmistajakumppanikseen. Seppälä ja The Body Shop ottavat vuoden 2016 alusta koekäyttöön nämä puukuidusta valmistetut, kierrätettävät kassit. Kasseissa 70 % on puukuitua ja Paptic Oy:n seuraavana tavoitteena on kehittää materiaali, joka on täysin biopohjainen. (Runsten 2015, viitattu 4.3.2015; Torniainen, viitattu 17.11.2015.)

Ligniinin sovelluskohteita voisivat olla elektroniikkateollisuuden kuoret, joissa vaaditaan hyvää lämmön- ja palonkestoa. Ligniini voisi korvata muoveja auto-, vene- ja huonekaluteollisuudessa sekä rakennusteollisuuden lattiamateriaaleissa, ikkunapuitteissa ja kaiteissa. Kiinnostava kohde olisi myös jääkaapeissa olevien muovien korvaaminen. Autoteollisuus on ollut kiinnostunut ligniinistä täysin kierrätettävän auton osalta ja Japanissa Toyota onkin valmistanut prototyypin tällaisesta autosta. (Volama 2012, 6-7. Viitattu 2.10.2015.)

Fraunhoferin kemian teknologian instituutti yhteistyössä sen spin-off-yrityksen Technaro GmbH:n kanssa ovat kehittäneet ligniinipohjaisen *Arboform*- muovimateriaalin, josta voidaan valmistaa kestäviä ja myrkyttömiä lasten leluja. *Arboformin* valmistuksessa nestemäiseen ligniiniin sekoitetaan luonnollisia kuituja puusta, hampusta ja pellavasta sekä luonnollisia lisäaineita, kuten vahaa. Ongelmia ligniinin käytössä lelujen materiaalina on aiheuttanut sen sisältämä rikki, joka ei sovi lasten leluihin. Technaro GmbH on kuitenkin kyennyt vähentämään ligniinin sisältämästä rikistä jopa 90 %. Ilman rikkiä ligniini on veteen liukenevassa muodossa, eikä sitä voida käyttää lelujen raaka-aineena, joiden tärkeimmät ominaisuudet ovat veden ja syljen kestävyys. Technaro GmbH on kyennyt muuntelemaan *Arboform*-materiaalia niin, että vähäisestä rikin määrästä huolimatta tuote on veden ja syljen kestävä. Yritys on tuottanut Kristuksen syntymä-figuureja yhteistyössä Schleich GmbH:n kanssa. Muita tuotteita on suunnittelun alla. (Nelson 2008, viitattu 27.11.2015; Enginierlive 2013, viitattu 17.11.2015.)

UPM kehittää biokemikaaleja, joilla tarkoitetaan biomassasta valmistettuja kemikaaleja. Biokemikaalien tuotekehitys on vielä esikaupallisessa vaiheessa, mutta teollisia sovelluksia kehitetään aktiivisesti yhteistyökumppanien kanssa. Kehitystyön alla ovat puupohjaiset, kemialliset rakenneaineet (*chemical building blocks*) ja toiminnalliset kemikaalit (*performance chemicals*). Toiminnallisilla kemikaaleilla perusrakenteena on luonnon biopolymeeri, kuten ligniini, hemiselluloosa tai selluloosa, joiden ainutlaatuisia ominaisuuksia voidaan hyödyntää muun muassa liimoissa, hartseissa ja päällysteissä. UPM on kehittänyt mikro- ja nanoselluloosatuotteita *Biofibrils™*-tuotenimellä. *Biofibrils™* on toiminnallinen kemikaali, jota voidaan käyttää monenlaisiin tuotteisiin sen ominaisuuksia parantamaan. Sitä voidaan esimerkiksi käyttää juoksevuuden muokkaajana, stabilointiaineena, lujitteena sekä barrier-aineena. Toinen UPM:n toiminnallinen kemikaali on ligniini. *GrowDex®*-nanoselluloosatuote puolestaan on suunnattu biolääketeollisuuden sovelluksiin. (UPM 2015, viitattu 5.10.2015.)

3.3.3 Puupohjaisen muovin valmistus pohjoismaissa

Biopolymeeritutkimuksessa esimerkiksi VTT:n tutkimuksissa pyritään löytämään keinoja metsäteollisuuden puubiomassan ja metsäteollisuuden nykyisten tehtaiden hyödyntämiseen. Esimerkiksi vuonna 2015 syntyi startup-yritys Paptic Oy, joka hyödyntää VTT:n pitkän linjan tutkimustyönä syn-

tynyttä teknologiaa. Tutkimusten lähtökohtana on, että tuotteissa ei käytetä elintarvikkeisiin soveltuvia raaka-aineita, kuten tärkkelystä. Tällä hetkellä kehittelyn alla olevat luonnonmateriaaleista tehdyt polymeerit eivät täytä kaikkia tuotteiden käyttövaatimuksia. Puumuovilla ei ole tarkoitus korvata puuta esimerkiksi rakentamisessa, vaan niitä voidaan käyttää rinnakkaisina materiaaleina käyttökohteen mukaan. (Vahti 2008, viitattu 8.4.2015; Tornianen 2015, viitattu 17.11.2016.)

Ruotsissa biopohjaisia muoveja pidetään ratkaisuna moneen ympäristökysymykseen sekä niiden uskotaan luovan monia uusia työpaikkoja. Sveaskog, Holmen, Södra, SEKAB, Borelis, Trioplast ja Tetra Pak haluaisivat valmistaa biopohjaista muovia lähiraaka-aineesta, eli metsästä saatavista puista. Nykyisin Ruotsissa käytetään biomuovipusseihin ja – kasseihin Brasiliassa tuotettua soke-riruokoa, mutta yritysten visiona on ollut löytää Pohjolasta samanveroinen valmistusmateriaali. Nyt prosessi ja tekniikka puupohjaiselle biomuoville ovat olemassa. (Palo 2015, viitattu 9.4.2015.)

Biomuovien valmistuksen ongelma on professori Harlinin (haastattelu 30.9.2015) mukaan Suomen heikko maksuvalmius ja investointien puute. Suomessa ei ole alan yrityksiä, jotka ryhtyisivät valmistamaan biomuovituotteita laajassa mittakaavassa. Ongelmaksi muodostuu myös kannattavuus, koska muoviteollisuus on hyvin pääomavaltaista ja aloittamiseen tarvitaan suuret investoinnit. Nykyisten muovitehtaiden kapasiteetti on 200- 300 tonnia muovia, joten muoviteollisuudessa puhutaan suuren kokoluokan valmistuksesta.

VTT:n tekniikat eivät vielä ole täysin koeteltuja, jolloin on hankalaa saada yhteistyökumppania projektiin mukaan laajan mittakaavan tuotantoon. Teknologiaa on vaikea juurruttaa ympäristöön, jossa ei ole valmista markkinarakoa. Tällä hetkellä polymeeriratkaisuja joutuu valitettavasti myymään peruskemikaaleina, jonka joku muu myy eteenpäin kalliimmalla hinnalla. Markkinoilla pelkkä biopohjaisuus ei myy, vaan tuotteella täytyy olla muutakin arvoa. Ihmisten halukkuus maksaa tällaisista tuotteista on heikko. Suomesta löytyisi alan osaamista ja raaka-ainepohjaa tuotannon aloittamiselle. Äänekosken biotuotetehtaassa on mahdollisuus erilaisten biotuotteiden valmistukseen, jos kiinnostuneet yritykset investoisivat hankkeeseen. (Harlin, haastattelu 30.9.2015.)

3.4 AGRO-POLYMEEREJÄ

Kitiini on selluloosan jälkeen yleisin luonnollinen polymeeri. Kitiini ja selluloosa ovat molekyyllirakenteeltaan samankaltaisia polysakkaridikomponentteja. Selluloosassa on hydroksyyliiryhmä, kun taas kitiinissä puolestaan on asetamidiryhmä. Kitiini on polymeeri, jota on luonnossa yleisesti esi-merkiksi kovakuoriaisten kuoreissa ja hämähäkin verkossa. Sitä on runsaana myös ravuissa, ma- doissa ja sienissä. Kitiini on hyvin vankka materiaali ja sen tehtävä onkin suojata esimerkiksi hyön- teistä vammoilta ja paineelta. Se voi olla kovaa tai joustavaa, riippuen kitiinikerroksen paksuudesta. (Visakh ym. 2011, 105.)

Eniten kitiiniä saadaan raaka-aineeksi rapu- ja simpukkateollisuuden sivutuotteista. Se on helppo eristää esimerkiksi ravun kuoresta, jossa se on hyvin levossa hyvin jähmeä nestekidepolymeeri (LCP). Nestekidepolymeerillä tarkoitetaan korkealuokkaisia hartseja, joilla on jäykistä, sauvamai- sista, erittäin järjestäytyneistä molekyyleistä koostuva rakenne. Sen ominaisuuksiin kuuluu mm. suuri jäykkyys myös ohutseinäisissä sovelluksissa, pieni lämpölaajenemiskerroin ja luontainen pa- lonkestävyys. (Visakh ym. 2011, 105; Resinex Group Finland 2015, viitattu 22.9.2015.)

Kitiini on luonnollinen, myrkytön, allergisoimaton, antimikrobinen ja biohajoava aine. Se on hyvin kiteinen ja muodostaa kalvoja. Sillä on myös monipuolinen biologinen aktiivisuus ja erinomainen biologinen yhteensopivuus. Kitiini on vaikeasti käsiteltävä materiaali, koska se ei liukene veteen ja on hapoille, emäksille sekä monille orgaanisille liuottimille vastustuskykyinen. Se myös hajoaa en- nen sulamistaan. Kitiinisovelluksia on käytetty lääketieteessä esim. biosensoreina ja kitiinikalvo ja -kuitu ovat lääketieteellisessä käytössä haavavahana sekä kontrolloidussa lääkkeen vapautumi- sessa. (Visakh ym. 2011, 105- 106.)

Tärkkelys on myös yleinen luonnosta saatava polymeeri. Merkittävimmät tärkkelyksen lähteet ovat maissi, vehnä, peruna, tapioka ja riisi. Tärkkelys ei ole raaka-aineena kallista ja sitä on hyvin saa- tavilla. Tärkkelys on hiilidioksidineutraali, koska kasvusto sitoo itseensä hiilidioksidia elinaikanaan. Tärkkelys koostuu amyloosista, glukaanista (polysakkaridi) ja amylopektiinistä. Amylopektiiniketjut kykenevät muodostamaan kierteisiä muodostelmia, jotka kiteytyvät. Tärkkelys itsessään ei ole omi-

naisuuksiltaan kovin hyvä polymeeri, koska se on haurasta, hankalaa käsitellä eikä se liukene veteen. Sitä onkin käytetty lähinnä synteettisten polymeerien täyteaineena. Tärkkelyksen etuna voidaan kuitenkin pitää sen hajoavuutta erilaisissa ympäristöissä. (Visakh ym. 2011, 107- 108.)

Tärkkelystä käytetään monipuolisesti erilaisissa sovelluksissa. Tutuin jokaiselle lienee biojätteille tarkoitettu biopussi (KUVIO 6), jossa yleensä raaka-aineena on käytetty tärkkelystä. Uusissa, 2015 käyttöön tulleissa *Tetra Rex*® - nestepakkauksissa kaikki osat ovat biohajoavia materiaaleja. Fossiilisen muovikalvon sijaan nestepakkausta peittää pienitiheysiset (LDPE) polyeteenikalvot ja tavallisen muovikorkin sijaan pakkauksessa on suuritiheysinen (HDPE) polyeteenikorkki. Sekä kalvot että korkki on valmistettu hajoavasta sokeriruo'osta. IMCD Sweden ab on myös hyödyntänyt tärkkelystä tuotekehittelyssään. Yritys valmistaa lapsille lelukäyttöön tarkoitettua, biopohjaista so-lumuovia *Happy Mais*-nimellä. Tuote on täysin ekologinen ja raaka-aineena on käytetty elintarvikehyväksytyjä ja vaarattomia aineita. Pohjana *Happy Mais*-tuotteille on maissitärkkelys. Jos ainetta kostutetaan, se muuttuu tahmeaksi, jonka jälkeen siitä on mahdollista askarrella erilaisia kuvioita, kuten eläimiä. Raaka-aine liukenee veteen muutamassa tunnissa ja se on kompostoituvaa. (Bruder 2013, 24, viitattu 2.10.2015; Ekokul 2015, viitattu 2.10.2015; Uusipuu 2015, viitattu 17.9.2015.)



KUVIO 6. Bioska-biojätepussi, joka on täysin biohajoava. Kuva: Johanna Moilanen

Proteiinit ovat luonnollisia polymeerejä, jotka osallistuvat biologisiin toimintoihin solussa. Proteiinit ovat kondensaatiopolymeerejä, koska niiden synteesi sisältää veden poistamisen peptidisidosten muodostamiseen aminohappojen välille. Proteiinien monipuolisen koostumuksen ansiosta niistä

voidaan tehdä biohajoavia materiaaleja, joilla on monenlaisia toiminnallisia ominaisuuksia. Proteiineja on valmiina saatavilla maa- ja puutarhataloudesta sivujakeina tai jätteinä. Kasvipohjaisten proteiinien lähteitä ovat mm. vehnän gluteiini, soija, auringonkukka ja maissi. Eläinpohjaista proteiinin lähteitä ovat gelatiini, keratiini, kaseiini, vehnä ja verijauho. Sekä kasvi- että eläinpohjaisista proteiineista on valmistettu muoveja. (Verbreek & Bier 2011, 200.)

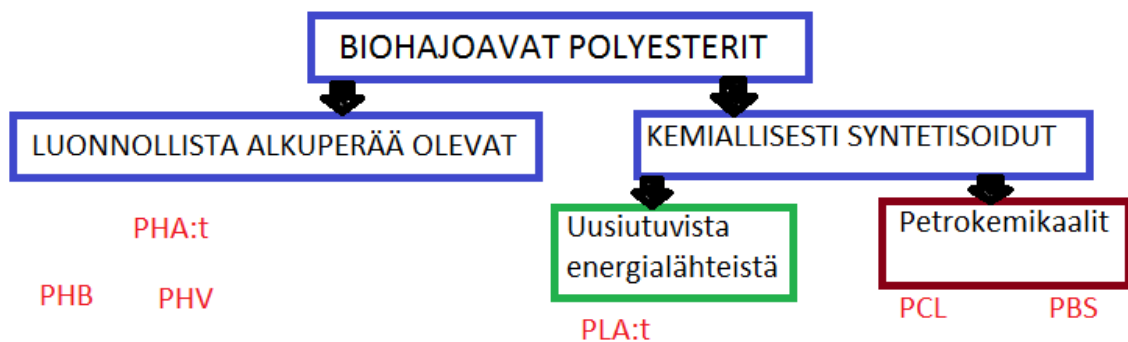
3.5 BIOHAJOAVAT POLYESTERIT

Polyhydroksialkaanit eli PHA:t (polyhydroxyalkanoates) ovat 6- hydroksialkaanisten happojen lineaaristen polyestereiden 3, 4, 5 ja Gram- positiivisten ja Gram- negatiivisten bakteerien yhdistelmiä. Yhdistäminen tapahtuu sokereiden, rasvojen, alkaanien, alkeenien (hiilivety) ja alkaanisten happojen fermentaation kautta. Tällaisella uuttamisella saadaan aikaan biopohjaista polymeeria, jonka termoplastiset ja elastomeeriset ominaisuudet muistuttavat synteettisiä muoveja. (Rai & Roy 2011, 79.)

PHA-polymeerien ominaisuuksia voidaan räätälöidä hiilisyöttöä säätelämällä. PHA-muovit ovat kierrätettäviä ja ne hajoavat hiilidioksidiin (CO_2) ja veteen. Lisäksi niiden koostumus on biologisesti yhdenmukainen ihmiskehon kanssa, jolloin sitä voidaan käyttää lääketieteen sovelluksissa. Jotkin muovien sisältämät monomeerit ovat samoja, joita voidaan löytää ihmiskehosta. PHA-muovit ovatkin kasvattaneet suosiotaan ympäristöystävällisinä materiaaleina teollisuuden, maatalouden ja lääketieteen sovelluksissa. (Rai & Roy 2011, 80, 88.)

Puolet PHA:n tuotantokustannuksista muodostuu raaka-aineiden hinnasta, minkä vuoksi on etsitty uusia keinoja hyödyntää jätettä ja sivuvirtoja näiden muovien valmistuksessa. Olutpanimoiden malasta, soijateollisuuden soijajätettä, tequilapanimoiden lignoselluloosajätettä, vehnän ja maissin liuotusnesteen lientä ja kassavaa on menestyksellisesti tutkittu PHA:n valmistuksen raaka-aineina. Muita tutkittuja raaka-aineita ovat mm. auringonkukkaöljyn valmistuksessa syntyvä puristejäännös eli kakku, soijaleseet, biodieselin valmistuksesta syntyvät kiinteät sivujakeet, sokeriruokomelassi, sokerijuurikasmelassi ja sokeriruokoliemi. PHA-muovien valmistus näistä raaka-aineista on vielä ollut pientä ja tehokkaita tuotantomenetelmiä täytyy kehittää, jotta nämä halvat maatalouden sivujakeet saataisiin hyödynnettyä kunnolla. (Rai & Roy 2011, 86.)

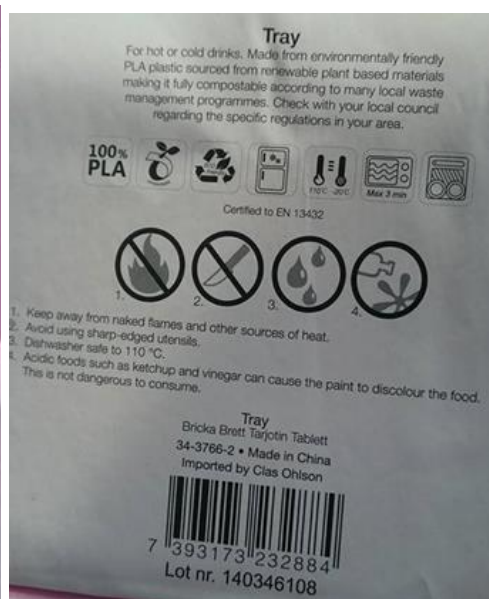
PHA:sta valmistetut muovit ovat täysin biohajoavia ja ne voivat hajota sekä hapellisissa että hapetomissa olosuhteissa. Ne voidaan altistaa myös lämpöhajoamiselle ja entsyymaattiselle hydrolyysille. Luonnossa P(3HB):ta vallitsevasti hajottavat bakteerisuvut ovat *Pseudinocardiceae*, *Mikromonosporaceae*, *Thermomonosporaceae*, *Streptosporangiaceae* ja *Streptomycetaceae*. Jotkin PHA-muovien sisältämistä bakteereista hajottavat muovia myös sisäisesti, jolloin polymeeri lopulta hajoaa asetyyli-CoA:ksi, joka puolestaan hapellisissa oloissa siirtyy sitruunahappokiertoon ja lopulta hapetetaan hiilidioksidiksi (CO₂). (Rai & Roy 2011, 89- 90.)



Lähde: Djonlagic & Nikolic 2011, 150.

KUVIO 7. Biohajoavat polyesterit ja niiden alkuperä. Kuva: Djonlagic & Nikolic (2011, 150)

Polymaitohappo eli PLA on lämpimässä muovautuva, suoraketjuinen polyesteri, jota saadaan luonnollisista lähteistä, kuten maissin tärkkelyksestä tai sokeriruo'osta. Se on ollut tunnettu jo vuosisadan ajan, mutta kiinnostus sitä kohtaan on herännyt uudestaan sen biohajoavuuden vuoksi ja sen markkinaosuudet ovatkin nousseet merkittävästi. PLA onkin kestävä vaihtoehto raakaöljypohjaisille muoveille, koska sitä saadaan maatalouden sivutuotteista. Raaka-aine, kuten tärkkelys, sokeri tai vehnä fermentoidaan maitohapoksi. Sillä on hyvä biologinen yhteensopivuus, hyviä mekaanisia ominaisuuksia ja kevyt paino. Se on suhteellisen kovaa (KUVIO 8) ja sopii useimpiin laitteisiin työstettäväksi, mutta haurautensa vuoksi se tarvitsee tueksi käytännön sovelluksissa lujitteen. Siihen voidaan lisätä kuituja tai täyteaineita mekaanisia ominaisuuksia parantamaan. Sekä perinteisiä (esim. lasikuitu, kierrätetty sanomalehtipaperi) että luonnollisia (esim. bambu- ja silkkikuitu) lujitteita voidaan käyttää PLA:n tueksi. (Visakh 2011, 111- 112.)



KUVIO 8. PLA-muovi on niin kovaa, että siitä voidaan valmistaa jopa tarjottimia. Kuvat: Johanna Moilanen

PLA-muoveja onkin käytetty mm. lääketieteessä ommelmateriaalina, dialyysivälineissä ja lääke-keenantovälineissä. Valmistustekniikoiden tullessa halvemmiksi PLA:ta on voitu käyttää myös muissa sovelluksissa. Käyttökohteita ovat myös auton osat, biomuovien valmistus, pakkausmateriaalit, kompostipussit, elintarvikepakkaukset, kertakäyttöastiat (KUVIO 9) ja kuumien juomien kuppien päällysmateriaalina. Se soveltuu läpinäkyvyytensä vuoksi pulloihin, jugurttipurkkeihin ja karkkipapereihin. Säikeisenä ja kuitukangasmuotoisena PLA:ta voidaan käyttää verhoilussa, lakannoissa, pyyhkeissä, vaatteissa, naisten hygieniatuotteissa ja vaipoissa. Se soveltuu myös kosteus-suluksi ja kuitujen kosteusuojaukseen komposiiteissa. (Visakh 2011, 112- 113.)



KUVIO 9. Kertakäyttöisiä muovimukeja biopohjaisesta ja -hajoavasta PLA- materiaalista. Kuva: Johanna Moilanen

NatureWorks LL-Cargill valmistaa PLA-polymeriä *Ingeo*TM-tuotemerkillä, japanilainen Mitsui Chemicals Inc. puolestaan *LACEA*[®]-nimisenä. Iso-Britanniassa Perstorp valmistaa PLA:ta *CAPA*[®]-nimisenä. Biocycle Brasiliassa valmistaa PHA-muovia *Biocycle*[®]-tuotemerkin alla. NaturePlast valmistaa Ranskassa mm. PLA ja PHA-muoveja. Yrityksen *NATUREPLAST*[®]-tuote on PBE-muovia. Aromaattisia, suoraketjuisia polyestereitä valmistavat lukuisat yritykset, mm. *BASF Ecoflex*[®]-tuotemerkillä. DuPont valmistaa *Biomax*[®]-polyesteriä (PTT) uusituvista energialähteistä. (Djonlagic & Nikolic 2011, 182.)

Biomassoista, kuten paperikuidusta, puusta ja oljesta saadaan tuotanto-organismien aineenvaihdunnan muokkauksella polyglykolihappoa, joka on PGA-muovin monomeeri. Tuloksena syntyy korkean suorituskyvyn polymeeriä, joka on parempi kuin nykyiset ratkaisut ja vähentää pakkausmateriaalin tarvetta. PGA-muovin barrier- eli suojaominaisuudet ovat erinomaiset. PGA:ta voidaan lisätä perinteisiin biomuovipakkauksiin, jolloin niiden ominaisuuksia voidaan merkittävästi parantaa. (Harlin 2012, 9- 11, viitattu 28.9.2015; VTT 2012, viitattu 30.9.2015; Harlin, haastattelu 30.9.2015.)

PGA on luja biomuovi, joka kestää erinomaisesti lämpöä ja rasvaa. PGA-muoviin pakattu ruoka pysyy tuoreena, koska PGA päästää läpi vain ilmaa ja vesihöyryä. Pakkausmuovilta vaaditaan lujouden ja lämmönkeston lisäksi ilma- ja vesihöyrytiivyyttä sekä rasvankestävyyttä. Ekologisuuden lisäksi pakkausmateriaali on ominaisuuksiltaan parempaa kuin markkinoilla saatavilla olevat, perinteiset muovipakkaukset. (VTT 2012, viitattu 30.9.2015; Taloudellinen tiedotustoimisto 1.2.2014, viitattu 28.9.2015.)

PGA korvaa erikoismuoveja, mutta se on kuitenkin 2-3 kertaa niitä kalliimpaa. PGA:ta voisi ajatella markkinoiden yleisimmän biohajoavan muovin (PLA) ensimmäiseksi ”serkuksi”, samaan tapaan kuin PP ja PE-muovit ovat ”serkuksia”. PGA:lla on useita valmistusmahdollisuuksia ja se hajoaa PLA:ta nopeammin ja lisäksi hajoamisnopeutta voidaan säädellä. Raaka-ainemahdollisuudet PGA-muovilla ovat monipuolisemmat kuin PLA:lla. PGA on PLA:ta 20- 30 % lujempaa ja kestää 20 celsiusastetta korkeampaa lämpötilaa. PGA:ta voitaisiin eristää selluliemestä, jossa sitä on prosentin verran liemen tilavuudesta. Erottelu liemestä on kuitenkin ainakin vielä kallista. (Harlin 2012, 9-11, viitattu 28.9.2015; VTT 2012, viitattu 30.9.2015; Harlin, haastattelu 30.9.2015.)

Metabolix markkinoi Yhdysvalloissa P(2HB):n ja P(3HO):n sekoitusta, joka on saanut FDA:n (U.S. Drug and Food Administration) hyväksynnän ruokien lisäaineena. Myös P(3HB-co-3HV):n kopolymeeri *BIOPOL*®-sovellus on Metabolixin tuote. Sitä on käytetty peitospaperin ja pahvin valmistukseen, muovien muottiin puhalluksessa sekä kelmujen valmistuksessa. Sillä on antistaattisia ominaisuuksia, joita voidaan käyttää hyväksi elektroniikassa ja elektroniikan paketoinnissa. Kiinalaiset tutkimuslaitokset yhdessä Procter & Gamble (USA)-yrityksen kanssa ovat kehittäneet PHA:sta oman sovelluksensa. P(3HB-3HHx)-sovelluksessa on hyödynnetty *Aeromonas hydrophila*-bakteeria ja siitä on valmistettu kosteuspyyhkeitä, kuitukangasta, sidosainetta, joustavia pakkauksia, lämpömuovaituja esineitä, synteettistä paperia ja lääketieteellisiä laitteita. (Rai & Roy 2011, 90- 91.)

Procter & Gamblen kehitelemä *Nodix*® on P(3HB):n kopolymeeriä on ollut mahdollista käyttää kosteuspyyhkeiden, hygieniapyyhkeiden ja tamponien asettimien valmistukseen, jotka hajoavat sakkoihin. *Nodix*®:ia voidaan käyttää myös mm. lääketieteessä kirurgisissa operaatioissa käytettyihin peittoihin, verhoiluun, mattoihin, pakkausmateriaaleihin ja kompostoituihin pusseihin. Saksalainen yritys *Biomer* valmistaa teollisesti P(3HB)-polymeeriä *Alcaligene latus*-bakteerin avulla. Polymeeristä valmistettuja tuotteita ovat mm. kammot, kynät ja luodit. PHA-sovelluksia on käytetty

myös lääketieteessä mm. verisuonten yhdistämisessä huonosti toimivien suonten korjauksessa tai korvaamisessa. (Rai & Roy 2011, 90- 91.)

Edellä mainituilla biopohjaisilla polyestereillä on ominaisuuksia, joiden perusteella ne voidaan rinnastaa LDPE tai PET-muoveihin. Niitä voidaankin käyttää tuotteiden pakkaamiseen, kuten joustaviin tuotepakkauksiin, ruoka-astioihin, kosmetiikan pulloihin ja kompostipusseihin. Maataloudessa niitä voidaan käyttää lietteen tai kasvinsuojeluaineiden levitysjärjestelmiin tai sekoitettuna jonkin toisen raaka-aineen, kuten tärkkelyksen kanssa, niitä voidaan käyttää katekalvona. Näiden materiaalien käyttöä on vielä toistaiseksi jarruttanut korkea hinta suhteessa tavanomaisiin muoveihin, mutta senkin odotetaan laskevan, kun tuotantoprosessit kehittyvät ja halpenevat. Ihmisten tulisi vaatia biopohjaisten, ympäristöystävällisten ratkaisujen käyttämistä ja valtion tulisi tukea tuotantoa. (Djonlagic & Nikolic 2011, 182.)

4 AINEISTO JA MENETELMÄT

Opinnäytetyössä tehty tutkimus on kvantitatiivinen eli määrällinen tutkimus. Tuomen (2007, 95) mukaan kvantitatiivisella tutkimuksella selvitetään lukumääriin liittyviä kysymyksiä ja sillä voidaan kuvata tutkittavan ilmiön eli muuttujan rakennetta eli sitä, millaisista osista se koostuu. Kvantitatiivinen tutkimuksen aineisto on kyettävä koodaamaan numeeriseen muotoon ja aineiston analyysi on matemaattinen. Tässä opinnäytetyössä selvitettiin, kuinka moni kohderyhmien vastaajista oli tietoinen biomuoveista ja niiden käyttömahdollisuuksista.

Luonnonvara-alaan liittyy läheisesti uusiutuvat raaka-aineet, sivuvirtojen hyödyntäminen ja metsätalous, joten alan opiskelijat ja opettajat olivat luonnollinen valinta kohderyhmäksi. Luonnonvara-alan opiskelijoiden ja opettajien lisäksi kohderyhmäksi valittiin myös rakennustekniikan opiskelijat, koska aihe liittyy myös heidän toimialaansa. Rakentamisessa muoveja käytetään runsaasti, joten oli hyvä saada rakennustekniikan opiskelijat ja opettajat mukaan tutkimukseen. Luonnonvara-alan ja rakennustekniikan osaston opiskelijoille ja opettajille toteutettiin Biomuovien käyttö ja tunnettuuskysely Webropol-ohjelmalla joulukuussa 2015. Kysely lähetettiin kohderyhmille linkkinä sähköpostiin saatekirjeen kanssa. Ennen kyselyn lähettämistä sen toimivuus varmistettiin ja haettiin tutkimuslupa kohderyhmälle.

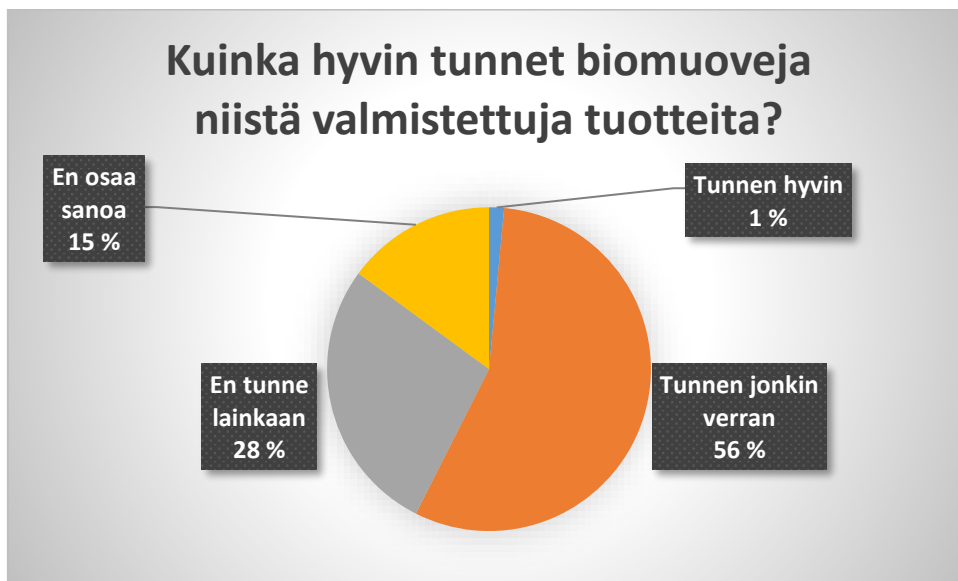
Kysely avautui tiistaina 1.12.2015 klo 8:18 ja sulkeutui maanantaina 14.12.2015 klo 11:47. Ennen kyselyn sulkeutumista kohderyhmille lähetettiin yksi muistutusviesti kyselystä. Muistutusviestillä saatiin lisää vastauksia. Kyselyn tulokset koottiin Excel-taulukkoon, jonka avulla aineistosta laadittiin tunnusluvut ja laadittiin havainnollistavia diagrammeja. Hypoteesina kyselylle oli, että biomuovit ja niistä valmistetut tuotteet olisivat melko huonosti tunnettuja kohderyhmien keskuudessa. Kyselyn tarkoituksena oli kartoittaa, mitkä olivat jo kohderyhmille tuttuja ja mitkä tuntemattomia.

Webropol-kysely valittiin tutkimusmenetelmäksi, koska se on helppo ja selkeä käyttää ja kyselyistä voidaan lähettää suora linkki sähköpostiin. Kyselyn linkkiä ei voitu laittaa Oulun ammattikorkeakoulun intran syötteeseen, koska kyselylupa oli saatu vain luonnonvara-alan ja rakennustekniikan opiskelijoille ja opettajille. Muutama ystävällinen kyselijä oli valmis lähettämään linkin eteenpäin suuremmalle joukolla, mutta tarjouksesta jouduttiin kieltäytymään tutkimuslupasyistä.

4 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELO

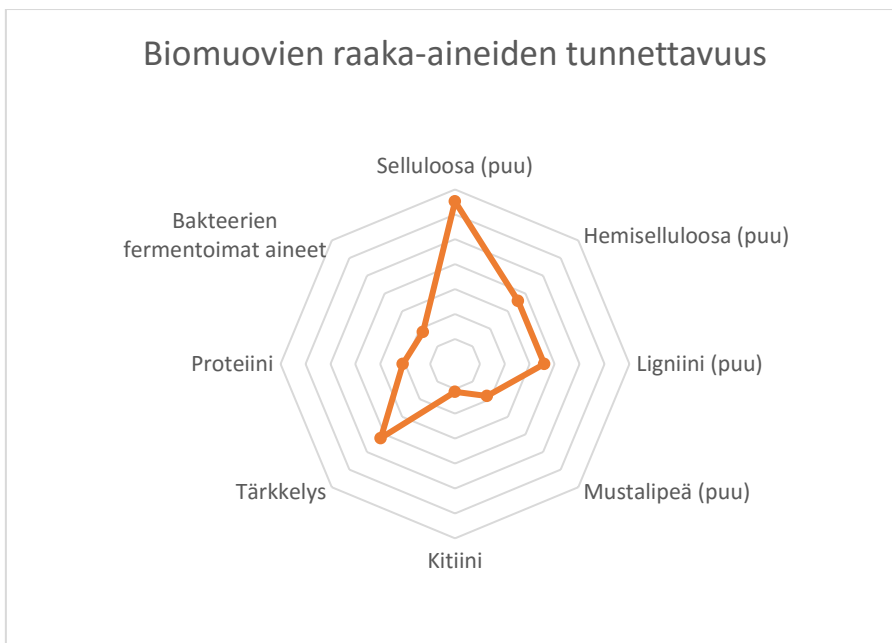
Biomuovien käyttö ja tunnettuus-kyselyyn vastasi yhteensä 135 ihmistä luonnonvara-alan ja rakennustekniikan opiskelijoista ja opettajista. Opiskelijoita ja opettajia näissä osastoissa on yhteensä noin 1000, joten kyselyn vastausprosentti oli noin 14 %. Vastaajista naisia oli 55 % ja miehiä 45 %. Vastaajia kyselyyn olisi voitu saada enemmänkin, mutta tutkimuslupasyistä kysely oli rajattava näihin kahteen kohderyhmään.

Luonnonvara-alan ja rakennustekniikan osaston opiskelijat ja opettajat tuntevat omasta mielestään melko vähän biomuoveja ja niiden sovelluskohteita. Jopa 28 % vastaajista (KUVIO 10) ilmoitti, ettei tunne biomuoveja lainkaan. Suurin osa (56 %) kuitenkin tunsi biomuoveja ja niistä valmistettuja tuotteita jonkin verran. Hyvin pieni osa tunsi biomuoveja hyvin (1 %) ja pieni osa ei osannut sanoa (15 %).



KUVIO 10. Biomuovien ja niistä valmistettujen tuotteiden tunnettavuus.

Biomuovien raaka-aineista (KUVIO 11) selluloosa oli ylivoimaisesti tunnetuin (88 %), mutta tulokseen on saattanut vaikuttaa se, että saatekirjeessä selluloosa on mainittu biomuovin raaka-aineena. Yllättävän moni ei tunnistanut tärkkelystä biomuovin raaka-aineeksi, vaikka tyypillisesti kotitalouksien kompostipussit on tehty tärkkelyksestä. Vastaajista vain 42 % tunnisti tärkkelyksen biomuovin raaka-aineeksi. Vähiten tunnettu biomuovien raaka-aineista oli kitiini (11 % on ollut tietoinen sen käytöstä biomuovin raaka-aineena) ja bakteerien fermentoimat aineet olivat myös melko tuntemattomia vastaajille (18 %). Puusta saatavista tuotteista hemiselluloosa ja ligniini olivat molemmat yhtä tunnettuja biomuovien raaka-aineita (36 %), kun taas mustalipeä oli vähemmän tunnettu raaka-aine. (18%). Proteiinin tunnisti biomuovien raaka-aineeksi 21 % vastaajista.



KUVIO 11. Biomuovien raaka-aineita ja niiden tunnettavuus.

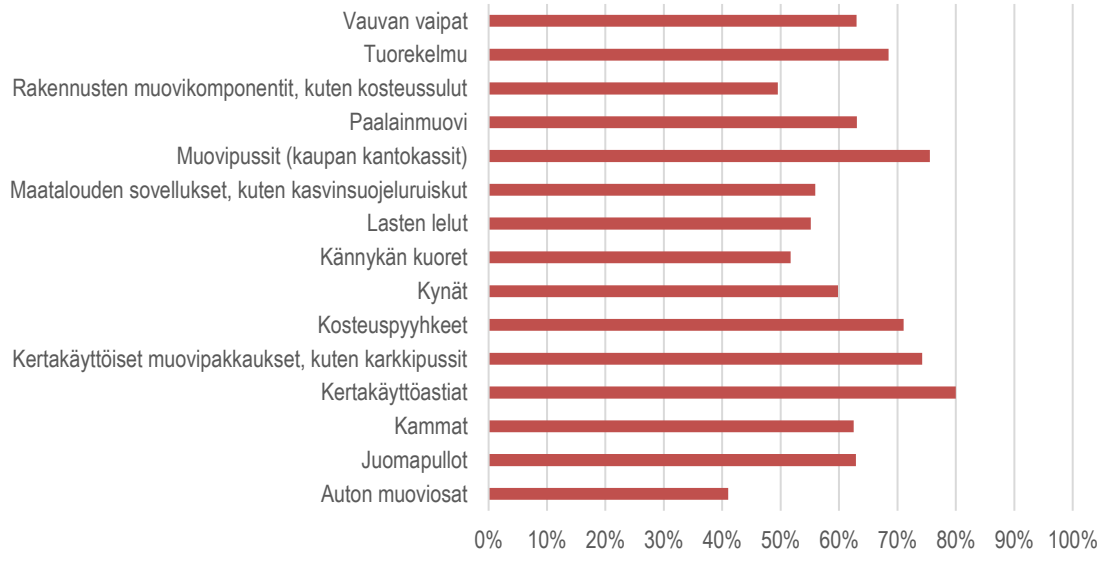
Tunnetuimpia biomuoveista valmistettuja tuotteita (KUVIO 12) olivat kompostipussit, elintarvikepakkaukset ja kertakäyttöastiat. Vähiten tunnettuja olivat biomuoveista valmistetut kasvinsuojeluruiskut ja lääketieteen sovellukset. Biopohjaisista muovipulloista oli yllättävän moni tietoinen (64 %), vaikka kyseisiä pulloja ei ole ainakaan vielä Suomen markkinoilla. Ulkokäyttöön soveltuvista rakennuskomponenteista oli myös yllättävän moni tietoinen.



KUVIO 12. Erilaisia biomuoveista valmistettuja tuotteita ja niiden tunnettavuus.

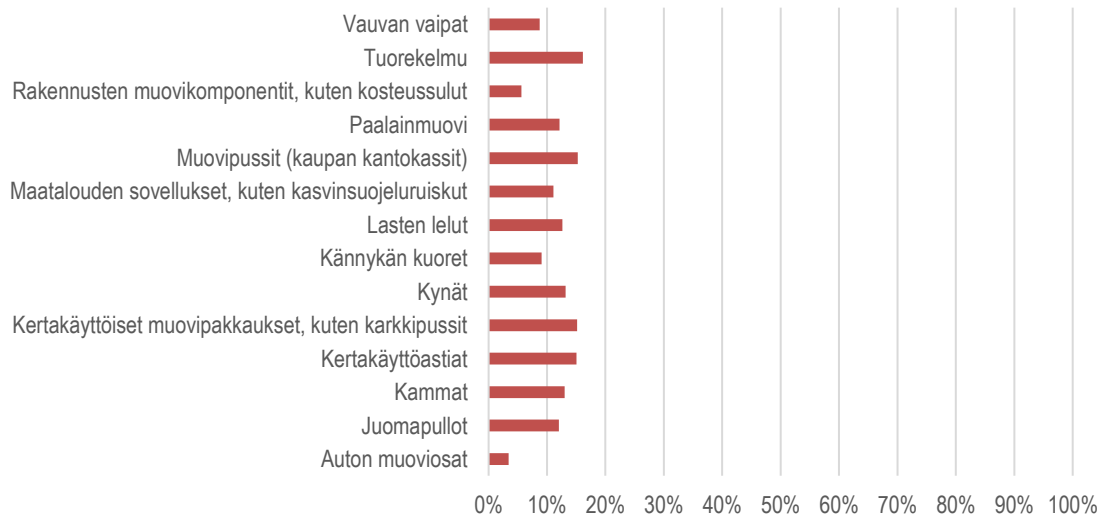
Vastaajilla oli suhteellisen paljon halukkuutta ostaa biopohjaisia tuotteita (KUVIO 13), mutta halukkuus valita biopohjainen vaihtoehto vähenee huomattavasti, jos biopohjainen tuote on tavanomaista kalliimpi (KUVIO 14). Suurin osa vastaajista valitsi biopohjaisen tuotteen aina tai usein tavanomaisen tuotteen kanssa saman hintaisena, kun taas selvästi kalliimpana biopohjaisista vaihtoehtoa voitaisiin harkita tai ei valittaisi. Huomion kiinnittää rakennusten kosteussulut ja autojen muoviosat, joita yllättävän harva valitsi saman hintaisena ja vielä harvempi kalliimpana vaihtoehtona. Syynä voi olla se, että biopohjaiset muovit eivät ole kovin tunnettuja, jolloin niihin voidaan suhtautua epäluuloisesti varsinkin asioissa, jotka liittyvät turvallisuuteen tai terveyteen. Tavallista vaihtoehtoa enemmän vastaajat olivat valmiita maksamaan kaupan muovikasseista, tuorekelmista, karkkipusseista ja kertakäyttöastioista. Luultavasti maksuhalukkuuteen vaikuttaa se, että näissä tuotteista yksikköhinnat ovat muutenkin melko alhaiset, jolloin biopohjaisenakaan tuote ei maksa liikaa.

Valitsisin biopohjaisen vaihtoehdon aina, jos tuotteella on samat tekniset ominaisuudet kuin tavallisesta muovista valmistetulla tuotteella ja tuote on lähes saman hintainen



KUVIO 13 Vastaajien halukkuus ostaa biopohjaisista muoveista valmistettuja tuotteita saman hintaisena tavanomaisen muovin kanssa.

Valitsisin biopohjaisen vaihtoehdon aina, vaikka tuote on selvästi tavanomaista kalliimpi, jos tuotteella on samat tekniset ominaisuudet kuin tavallisesta muovista valmistetulla tuotteella



KUVIO 14. Vastaajien halukkuus ostaa biomuovipohjaisia tuotteita tavanomaista selvästi kalliimpana.

Vastaajat saivat valita yhden tai useammat vaihtoehdon, mitä pitivät tärkeänä kriteerinä biopohjaisten muovien valintaan tavanomaisen sijaan. Tärkeimmät syyt biopohjaisten muovien valintaan olivat jätemäärien pienentäminen (95 % vastasi kyllä) ja kotimaisuus (93 %). Tärkeänä kriteerinä koettiin myös kompostoitavuus (92 %) ja turvallisuus (89 %). Vähiten tärkeimmiksi ominaisuuksiksi koettiin hyvä hinta-laatusuhde (87 %) ja hyvät tekniset ominaisuudet (82 %). Vastaajien mielestä parhaiten biomuovien tunnettuutta voitaisiin lisätä opetuksella kouluissa ja lehtiartikkelien avulla. Tv- ohjelmat saivat kolmanneksi eniten kannatusta, neljänneksi projektit (eri alojen yhteistyö) ja viimeiseksi jäivät tietoisuus ja ständit kampuksella.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Yllättävän harva valitsisi biopohjaisen kaupan kantokassin tavanomaisen muovipussin sijaan, vaikka tuote olisi saatavilla samaan hintaan. Tämä voi johtua huonoista kokemuksista, joita kaupan biopusseista on saatu. Tekniset ominaisuudet eivät ole siis vastanneet asiakkaiden vaatimuksia, jolloin ihmisestä voi tulla epäluuloinen myös uusien, biopohjaisien muovikasseja kohtaan, vaikka ne kestäisivät ainakin yhtä hyvin kuin tavanomainen muovipussi.

Tulosten perusteella ihmisillä on mielenkiintoa valita biopohjainen vaihtoehto, mutta tuotteesta ei olla valmiita maksamaan enempää kuin tavanomaisesta tuotteestakaan. Hinnan kohotessa ihmisten maksuhalukkuus väheni huomattavasti. Biomuovien valmistuskustannuksia on saatava siis laskemaan huomattavasti, jotta ne voisivat päästä laajamittaiseen käyttöön. Professori Harlinin (haastattelu 30.9.2015) mukaan ihmisillä ei ole maksuhalukkuutta, jos biopohjainen tuote maksaa enemmän kuin tavanomainen tuote ja tämän opinnäytetyön tutkimustulokset vahvistavat hänen väitteensä.

Luonnonvara-alan opiskelijat ja opettajat sekä rakennustekniikan opiskelijat ja opettajat Oulun ammattikorkeakoulussa tuntevat melko heikosti biopohjaisia muoveja ja niiden mahdollisuuksia. Opinto-ohjelmiin olisi siis syytä saada päivitystä, jotta ne pysyisivät ajan tasalla tekniikan kehityksestä. Vastaajat pitivät opetusta oppilaitoksissa parhaana keinona saada lisää tietoa aiheesta. Aihe voidaan sisällyttää eri opintojaksojen ohjelmaan, eikä erillisiä opintojaksoja välttämättä tarvita. Tarvittavaa opetusmateriaalia on helposti saatavilla internetistä.

Luonnonvara-alan opiskelijat voisivat yhteistyössä jonkin metsäalan toimijan kanssa pitää tietoisuuskurssia oppilaitoksella puun monipuolisesta käytöstä ja esitellä samalla puun käyttöä muovin raaka-aineena. Oulun ammattikorkeakoulussa voitaisiin jatkossa selvittää esimerkiksi lähiraaka-aineiden mahdollisuuksia, eli sitä, mitä raaka-aineita biomuoveihin olisi saatavilla lähiseudulla. Puupohjaisista muoveista voisi myös tehdä lisää tutkimuksia, esimerkiksi tarvittavan raaka-aineen vaatimukseen liittyen. Oulun ammattikorkeakoululla on monipuoliset laboratoriotilat, joita voitaisiin hyödyntää

raaka-aineiden tutkimisessa. Opiskelijat voisivat tehdä esimerkiksi maatumiskokeita erilaisille biomuoveille. Biopohjaiset muovit voisivat lisätä yhteistyötä eri alojen kesken Oulun ammattikorkeakoulussa.

Tutkimustuloksiin on voinut vaikuttaa se, että ihmiset haluavat antaa itsestään todellisuutta paremman kuvan. Jotkut vastaajista ovat siis voineet vastata myöntävästi, vaikka oikeasti kuulevat käsitteen ensimmäistä kertaa. Todennäköisesti vastaajat ovat kuitenkin vastanneet rehellisesti, koska vastaaminen kyselyyn oli vapaaehtoista.

6 POHDINTA

Kiinnostukseni biopohjaisiin muoveihin alkoi Maaseudun Tulevaisuus-lehden artikkelista, jossa kerrottiin puun monista mahdollisuuksista. Innovatiivisena ihmisenä innostuin artikkelista ja ryhdyin etsimään aiheesta lisää tietoa ja pohdin, olisivatko biopohjaiset muovit hyvä aihe agrologiopiskelijän opinnäytetyölle. Aiemmin olin nähnyt televisiosta dokumentteja muoviroskan ympäristö- ja terveysvaikutuksista. Suoritin Rakennusmateriaalit- opintojakson rakennustekniikan osastolla, koska halusin selvittää, kuinka paljon muoveja käytetään esimerkiksi rakentamisessa ja kuinka niitä voitaisiin korvata. Halusin aiheeni olevan innostava ja herättävän kiinnostusta tekniikan uusimpaan kehitykseen.

Opinnäytetyöprosessini ei ollut kovin raskas, koska aloitin sen kokoamisen hyvissä ajoin ja tein sitä hiljalleen toisen vuoden keväältä lähtien. Viitekehyksen kokoaminen oli yllättävän vaivatonta, koska internetistä löytyikin yllättäen paljon biopohjaisiin muoveihin liittyviä artikkeleita ja onnistuin löytämään aiheesta myös kirjallisuutta. Hyvä kielitaitoni oli suuri etu työssäni, koska suurin osa aiheeseen liittyvästä materiaalista oli englannin kielellä.

Opinnäytetyöni aiheessa tiivistyi itseäni kiinnostavat aihepiirit. Viitekehys olisi voinut olla kapeampi, mutta raaka-aineiden ja valmistustekniikoiden selvittäminen sekä katsaus jo tarjolla oleviin biopohjaisiin muovilaatuihin oli paikallaan. Tutkimustyötäkin ajatellen itselläni tuli olla selvillä biopohjaisten muovien raaka-aineiden, valmistustekniikoiden ja käytön pääpiirteet, jotta osaisin valmistella kysymykset Webropol-kyselyyn.

Webropol- kyselystä sain runsaasti positiivista palautetta, sitä pidettiin mielenkiintoisena ja aihetta ajankohtaisena. Kyselyssä jäi harmittamaan se, että en kysynyt siinä vastaajan toimialaa (luonnonvara/rakennustekniikka). Olisi ollut mielenkiintoista verrata luonnonvara-alan tuloksia rakennustekniikan tuloksiin.

LÄHTEET

Albertsson, A-C. & Edlund, U. 2012. Replace plastics and aluminium by renewable materials. Sustainability – Journal from the Swedish research council formas. Viitattu 19.11.2015

<http://sustainability.formas.se/en/Issues/Issue-2-April-2012/Content/Focus-articles/Replace-plastics-and-aluminium-by-renewable-materials/>

Berger, D. 2001. What is the difference between strong acid and concentrated acid? MadSci™ Network. Viitattu 17.11.2015

<http://www.madsci.org/posts/archives/2001-03/984178336.Ch.r.html>

Breast Cancer Fund 2015. Chemicals in Plastics. Viitattu 29.9.2015.

<http://www.breastcancerfund.org/clear-science/environmental-breast-cancer-links/plastics/?referrer=https://www.google.fi/>

Bruder, U. 2013. Erikoismuovit ja biomuovit. Hyvä tietää muovista, osa 7. MuoviPlast-lehti 01/13. Viitattu 2.10.2015.

<http://polymerik.pp.fi/pdf/Osa7-Erikoismuovit-ja-biomuovit.pdf>

Djonlagic, J. & Nikolic, M. 2011. Biodegradable Polyesters: Synthesis and Physical Properties. Teoksessa A Handbook of Applied Biopolymer Technology. Synthesis, Degradation and Applications. Saharma, S. and Mudhoo, A. (toim.) RSC Green Chemistry No. 12. Royal Society of Chemistry 2011, 149- 196.

Ekokul 2015. Happy Mais, den helt ekologiska leksaken. Viitattu 2.10.2015.

<http://www.ekokul.se/happy-mais/>

Engineerlive 2013. Wood-based plastic is safe enough for toys. Viitattu 17.11.2015.

<http://www.engineerlive.com/content/21241>

EUR-Lex 6.3.2008. Komission direktiivi 2008/29/EY. Viitattu 29.9.2015.

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=celex:32008L0039>

EUR-Lex 19.11.2009. Muovimateriaalit ja – tarvikkeet. Viitattu 28.9.2015.

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=URISERV:I21301>

EuropaBio & ESAB 2013. Today's applications: Biobased plastics. Viitattu 28.9.2015.

http://www.bio-economy.net/applications/applications_biomaterials.html

Fukushima, K., Tabuani, D. & Abbate, C. 2011. Bio-polymer-based Nanocomposites. Teoksessa A Handbook of Applied Biopolymer Technology. Synthesis, Degradation and Applications. Saharma, S. and Mudhoo, A. (toim.) RSC Green Chemistry No. 12. Royal Society of Chemistry 2011, 129- 148.

Haffner, P. 2009. An Intimation of Apocalypse. Plastic Garbage Project. Viitattu 3.11.2015.

<http://www.plasticgarbageproject.org/en/plastic-garbage/problems/plastic-garbage-gyre/peter-haffner-an-intimation-of-the-apokalypse/>

Harlin, A. 2012. Biotalous teollisuuden materiaaleissa. VTT Technical Research Centre of Finland. Viitattu 28.9.2015.

http://www.vtt.fi/files/news/2012/Biotalous_teollisuuden_materiaaleissa.pdf

Harlin, A. 2015. Tutkimusprofessori. Valtion teknologian tutkimuskeskus VTT. Puhelinhaastattelu 30.9.2015.

Helsingin Yliopisto 2005. Muovijätteen kierrätys Suomessa. Kemia yhteiskunnassa-kurssi. Viitattu 3.11.2015.

<http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/aineistot/muovit2/kierratys/index.htm>

Keski-Pohjanmaan koulutusyhtymä 2015. Prosessitekniikka. Viitattu 2.11.2015.

<http://prosessitekniikka.kpedu.fi/doc-html/muovi.html>

KnowPulp 2015. Koivumustalipeän koostumus. Viitattu 24.11.2015.

http://www.knowpulp.com/suomi/demo/suomi/pulping/cooking/1_process/1_principle/mustalip_koost.html

Koivisto, S. & Autio, S. 2009. Kemikaalien ympäristövaikutukset ja riskinarviointi. Ympäristö ja terveys-lehti 40 (2009): 7, 40-45.

Kumar, M.S. & Chakrabarti, T. 2011. Production of Polyhydroxybutyrate (PHB) from Activated Sludge. Teoksessa A Handbook of Applied Biopolymer Technology. Synthesis, Degradation and Applications. Saharma, S. and Mudhoo, A. (toim.) RSC Green Chemistry No. 12. Royal Society of Chemistry 2011, 452- 472.

Mannio, J. 2009. Itämeren uuden myrkkyuhat. Viitattu 27.11.2015.

www.evira.fi/files/attachments-archived/tapahtumat/mannio.ppt

Metla 2010. Biomassojen hemiselluloosat – uusi raaka-aine kemikaalien ja materiaalien tuotannossa. Viitattu 19.11.2015.

<http://www.metla.fi/uutiskirje/bio/2010-02/uutinen-3.html>

Muoviteollisuus 2015. Muovit ovat monipuolinen materiaaliryhmä. Viitattu 2.11.2015.

<http://www.muoviteollisuus.fi/fin/muovitieto/muovit/>

Museum für Gestaltung 2015. Plastic garbage gyre. Viitattu 3.11.2015.

<http://www.plasticgarbageproject.org/en/plastic-garbage/problems/plastic-garbage-gyre/>

Myllymaa, T. & Dahlbo, H. 2012. Jätteiden käsittelyn ja hyödyntämisen ympäristövaikutukset suomalaisissa elinkaariarvioinneissa. Ympäristö ja terveys-lehti 43 (2012): 8/9, 10-16.

Myllymaa, T., Mattila, T., Seppälä, J. & Mäenpää, I. 2011. Suomen materiaalivirtojen tehostamis-potentiaalit ja niiden merkitys jätekertymien ja ilmastovaikutusten vähentämisessä. Ympäristö ja terveys- lehti 42 (2011):10, 42-47.

Nelson, B. 22.12.2008. A greener alternative to plastics: liquid wood. NBC news. Viitattu 27.11.2015.

http://www.nbcnews.com/id/28283260/ns/technology_and_science-innovation/t/greener-alternative-plastics-liquid-wood/#.Vlg303YrJaR

Oikarinen, A. 24.11.2014. Tuntiopettaja. Oulun ammattikorkeakoulu, rakennustekniikka. Muovit ja kumit -luento 2014.

Palo, M. 13.12.2015. Männystä muovipusseja – Ruotsi innostui ”vihreästä kullasta”. Suomenmaa. Viitattu 9.4.2015.

<http://www.suomenmaa.fi/etusivu/7232417.html>

Pitzi, T. 27.7.2009. Mirel Bioplastics: The Fundamental Differences between Processing High Performance Bioplastics and Conventional Plastics. Viitattu 2.9.2015.

http://www.plasticstoday.com/sites/default/files/Whitepaper_Bioplastics_Processing_Pitzi_Telles.pdf

Pohjanpalo, J. 1972. Muovit ja me. Muoviyhdistys ry. Lahti: Kanervan Kirjapaino Oy.

Professional Plastics 2015. CAB-Cellulose Acetate Butyrate. Viitattu 2.10.2015.

<http://www.professionalplastics.com/CAB-CELLULOSEACETATEBUTYRATE>

Rai, R. & Roy, I. 2011. Polyhydroxyalkanoates: The Emerging New Green Polymers of Choice. Teoksessa A Handbook of Applied Biopolymer Technology. Synthesis, Degradation and Applications. Saharma, S. and Mudhoo, A. (toim.) RSC Green Chemistry No. 12. Royal Society of Chemistry 2011, 79- 101.

Rantanen, K. 23.4.2008. Puusta kasvaa uutta. Viitattu 28.9.2015.

http://www.tiede.fi/artikkeli/jutut/artikkelit/puusta_kasvaa_uutta_

Resinex Group Finland 2015. LCP- nestekidepolymeerit. Viitattu 22.9.2015.

<http://www.resinex.fi/polymeerilaatuja/lcp.html>

Runsten, K. 2015. Suomalaiskeksintö: Puu korvaa kauppakasseissa muovin. Maaseudun Tulevaisuus 13.11.2015. Viitattu 4.3.2015.

<http://www.maaseuduntulevaisuus.fi/mets%C3%A4/suomalaiskeksint%C3%B6-puu-korvaa-kauppakasseissa-muovin-1.132420>

Sainio, T. 2013. Hyötyaineet talteen biojalostamoiden mustalipeästä. Lappeenranta University of Technology. Viitattu 19.11.2015.

http://www.lut.fi/uutiset/-/asset_publisher/h33vOeufOQWn/content/hyotyaineet-talteen-biojalostamoiden-mustalipeasta

Seppänen, A. 2011. Orgaanista ainesta sisältävän jätteen kaatopaikkakäsittelyn rajoittaminen. Ympäristö ja terveys-lehti 42 (2011): 10, 22-25.

Setälä, O. 2014. Suomen ympäristökeskuksen vanhempi tutkija. Kuningaskuluttaja, esitetty Yle Areenalla 18.9.2014 klo 20.00. Yle TV1. Viitattu 29.9.2015.

<http://areena.yle.fi/tv>

Suomalaiset onnistuivat – Puusta alkaa syntyä ”muovia” isossa mittakaavassa. Talouselämä 23.1.2012. Viitattu 28.9.2015.

<http://www.talouselama.fi/uutiset/suomalaiset+onnistuivat++puusta+alkaa+syntya+muovia+isossa+mittakaavassa/a2082058>

Suomen ympäristökeskus SYKE 31.7.2015. Öljyلاادut. Viitattu 2.1.2015.

http://www.ymparisto.fi/fi-fi/Vesi/Oljy_ja_kemikaalivahinkojen_torjunta/Onnettomuus seuranta/Oljy-laadut

Taloudellinen tiedotustoimisto TAT 1.2.2014. Entistä parempi biomuovi. Viitattu 28.9.2015.

<http://www.opetin.fi/teemat/luonnonvarat/innovaatiot/entista-parempi-biomuovi/>

Tampereen kaupunki. Meri hädässä- Muovijäteprojekti. Viitattu 3.11.2015.

<http://tr1.tampere.fi/meri-hadassa-muovijateprojekti-11-5-4-8/>

Teramoto, N. 2011. Synthetic Green Polymers from Renewable Monomers. Teoksessa A Handbook of Applied Biopolymer Technology. Synthesis, Degradation and Applications. Saharma, S. and Mudhoo, A. (toim.) RSC Green Chemistry No. 12. Royal Society of Chemistry 2011, 22-61.

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2014. Ftalaatit. Viitattu 22.4.2015.

<https://www.thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/ymparistomyrkyt/tarkempaa-tietoa-ymparistomyrkyista/ftalaatit>

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2016. Bisfenoli A. Viitattu 1.9.2016.

<https://www.thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/ymparistomyrkyt/tarkempaa-tietoa-ymparistomyrkyista/bisfenoli-a>

Tuikka, R. 6.10.2015. Stora Enso Metsä. Markkinointiesimies. Luento 6.10.2015.

Tuomi, J. 2007. Tutki ja lue – Johdatus tieteellisen tekstin ymmärtämiseen. Kustannusosakeyhtiö Tammi 2007.

Tornianen, E. 2.11.2015. Papticin puupohjainen materiaali korvaa muovia. Viitattu 17.11.2015.

<http://www.biotalous.fi/papticin-puupohjainen-materiaali-korvaa-muovia/>

UPM 2015. Biokemikaalit. Viitattu 5.10.2015.

<http://www.upm.com/FI/TUOTTEET/biofibrillit/Pages/default.aspx>

Uusipuu 2015. Nestepakkaus uusiutuvista materiaaleista. Viitattu 17.9.2015.

<http://www.uusipuu.fi/ratkaisu/nestepakkaus-uusiutuvista-materiaaleista>

Vahti, J. 21.11.2008. Metsästä muovia. Viitattu 8.4.2015.

<http://www.vihrealanka.fi/teemat/metsasta-muovia>

Varteva, R. 2005. Puu nousee pinnalle. Viitattu 8.4.2015.

http://m.tiede.fi/artikkeli/jutut/artikkelit/puu_nousee_pinnalle

Veistola, T. 2014. Muovikassien vähentämistä koskevasta EU-direktiivistä. YmV kirjallinen lausunto. Suomen luonnonsuojeluliitto. Viitattu 28.9.2015.

<http://www.sll.fi/ajankohtaista/liitto/2014/muovikassien-vahentamista-koskevasta-eu-direktiivista>

Verbreek, C.J.R. & Bier, J.M. 2011. Synthesis and Characterization of Thermoplastic Agro-polymers. Teoksessa A Handbook of Applied Biopolymer Technology. Synthesis, Degradation and Applications. Saharma, S. and Mudhoo, A. (toim.) RSC Green Chemistry No. 12. Royal Society of Chemistry 2011, 197- 242.

Visakh, P.M., Thomas, S. & Pothan, L. 2011. Fully Green Bionanocomposites. Teoksessa A Handbook of Applied Biopolymer Technology. Synthesis, Degradation and Applications. Saharma, S. and Mudhoo, A. (toim.) RSC Green Chemistry No. 12. Royal Society of Chemistry 2011, 102- 128.

Volama, J. 2012. Michtech Oy. Ligniini teollisessa valmistuksessa ja sen kaupalliset mahdollisuudet. Teknologiaselvitys. Viitattu 2.10.2015.

<http://www.miktech.fi/media/getfile.php?file=191>

VTT 2015. Biopohjainen pakkaus säilyttää terveelliset eväät arjen kiireessä. Viitattu 17.9.2015.

<http://www.uusipuu.fi/ratkaisu/biopohjainen-pakkaus-sailyttaa-terveelliset-eva-at-arjen-kiireess>

VTT 2012. Muovipakkausten valmistuksessa käytettävä öljy mahdollista korvata kokonaan uusiutuvilla raaka-aineilla. Viitattu 30.9.2015.

<http://www.vtt.fi/medialle/uutiset/vtt-muovipakkausten-valmistuksessa-k%C3%A4ytett%C3%A4v%C3%A4-%C3%B6ljy-mahdollista-korvata-kokonaan-uusiutuvilla-raaka-aineilla>

Wiik, C. 2012. Muovijätteestä uusioraaka-aineeksi. Ympäristö ja terveys- lehti 43 (2012): 8/9, 42-45.

LIITTEET

LIITE 1 BIOMUOVIEIN KÄYTTÖ JA TUNNETTUUS-KYSELY



Biomuovien käyttö ja tunnettuus

Tämä kysely on osa Oamkin hanketta ja agrologiopiskelijän opinnäytetyötä. Vastauksia ei ole tarkoitus käyttää kaupallisiin tarkoituksiin.

Muovit ovat osa jokapäiväistä elämäämme. Muovia valmistetaan vuositasolla n. 100 miljoonaa tonnia ja muoviteollisuus kuluttaa arviolta 5 % maailman raakaöljyn kulutuksesta. Muovit voivat sisältää lisäaineita, joista osa voi olla hyvinkin vahingollisia terveydelle. Muoveja voidaan valmistaa raakaöljyn lisäksi myös uusiutuvista raaka-aineista. Uusiutuvien, biopohjaisten muovien raaka-aineena voidaan käyttää esimerkiksi puupohjaista selluloosaa. Biopohjaisiin muoveihin on saatu kehitystyöllä jalostettua samoja ja jopa parempia teknisiä ominaisuuksia kuin vastaaviin raakaöljypohjaisiin tuotteisiin. Biomuvien etuja ovat biohajoavuus, ympäristöystävällisyys ja riippumattomuus raakaöljystä. Uudet biotuotetehtaat voisivat lisätä työpaikkoja Suomessa ja tuoda ansaintamahdollisuuksia maaseudulle raaka-aineen toimittajille. Toistaiseksi biomuoviteollisuutta Suomessa on jarruttanut investointien puute.

1. Sukupuoli *

Nainen
 Mies

2. Kuinka hyvin tunnet biomuoveja ja niistä valmistettuja tuotteita?

Tunnen hyvin
 Tunnen jonkin verran
 En tunne lainkaan
 En osaa sanoa

3. Tiesitkö, että seuraavia raaka-aineita voidaan käyttää biomuvien raaka-aineena?

	Olen ollut tietoinen	En ole ollut tietoinen
Selluloosa (puu)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hemiselluloosa (puu)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ligniini (puu)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mustalipeä (puu)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kitiini	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tärkkelys	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Proteiini	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bakteerien fermentoimat aineet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4. Tiesitkö, että alla olevia tuotteita voidaan valmistaa biomuoveista?

	Olen ollut tietoinen	En ole ollut tietoinen
Auton muoviosat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Elintarvikepakkaukset	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Juomapullot	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kasvinsuojeluruiskut	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kammat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kertakäyttöastiat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kompostipussit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kosteuspyyhkeet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kynät	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kännykän kuoret	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lasten lelut	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lääketieteen sovellukset	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ulkokäyttöön tarkoitetut rakennuskomponentit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5. Olisitko valmis korvaamaan tavallisesta muovista valmistettuja esineitä/ tarvikkeita biomuovipohjaisilla vaihtoehdoilla, jos nämä tuotteet olisivat saatavilla lähes samaan hintaan ja samoilla teknisillä ominaisuuksilla varustettuna? Voit jättää kohdan tyhjäksi, mikäli kysymys ei kosketa sinua.

	Valitsisin aina	Valitsisin usein	Voisin harkita	En valitsisi
Auton muoviosat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Juomapullot	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kammat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kertakäyttöastiat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kertakäyttöiset muovipakkaukset, kuten karkkipussit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kosteuspyyhkeet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kynät	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kännykän kuoret	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lasten lelut	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Maatalouden sovellukset, kuten kasvinsuojeluruiskut	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Muovipussit (kaupan kantokassit)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Paalainmuovi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rakennusten muovikomponentit, kuten kosteussulut	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tuorekelmu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vauvan vaijat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. Olisitko valmis korvaamaan samoja tuotteita biopohjaisena, jos nämä olisivat tavallisia tuotteita selvästi kalliimpia?

	Valitsisin aina	Valitsisin usein	Voisin harkita	En valitsisi
Auton muoviosat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Juomapullot	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kammat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kertakäyttöastiat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kertakäyttöiset muovipakkaukset, kuten karkkipussit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kynät	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kännykän kuoret	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lasten lelut	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Maatalouden sovellukset, kuten kasvinsuojeluruiskut	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Muovipussit (kaupan kantokassit)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Paalainmuovi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rakennusten muovikomponentit, kuten kosteussulut	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tuorekelmu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vauvan vaipat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

7. Millaiset syyt saisivat sinut käyttämään biomuoveista valmistettuja tuotteita?

	Kyllä	Ei
Fossiilisten raaka-aineiden säästö	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hyvä hinta-laatusuhde	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hyvät tekniset ominaisuudet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Jättemäärien pienentäminen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kompostoitavuus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kotimaisuus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Turvallisuus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8. Kuinka mielestäsi biopohjaisten muovien tunnettavuutta voitaisiin parhaiten lisätä? Voit valita yhden tai useamman vaihtoehdon.

	Kyllä
Lehtiartikkelit	<input type="radio"/>
Tv- ohjelmat	<input type="radio"/>
Opetus kouluissa	<input type="radio"/>
Projektit, eri alojen yhteistyö	<input type="radio"/>
Tietoiskut ja ständit kampuksella	<input type="radio"/>

Seuraava -->



Biomuovien käyttö ja tunnettavuus

Kiitos vastauksestasi!

