# Vaihtoehtoisten ja fossiilisten elintarvikejoustopakkausmateriaalien merkittävimmät eroavaisuudet ympäristön näkökulmasta

Arja Laitinen

Opinnäytetyö, ylempi AMK
Toukokuu 2024
Biotalouden kehittämisen tutkinto-ohjelma

jamk | Jyväskylän ammattikorkeakoulu
University of Applied Sciences

jamk

**Kuvailulehti**

**Laitinen, Arja**

**Vaihtoehtoisten fossiilisten elintarvikejoustopakkausmateriaalien merkittävimmät eroavaisuudet ympäristön näkökulmasta**

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Toukokuu 2024, 85 sivua

Biotalouden kehittämisen tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö YAMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

**Tiivistelmä**

Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa, mikä pakkausmateriaali olisi ympäristön näkökulmasta paras vaihtoehto elintarvikkeen joustopakkaukselle ja erityisesti makeisille. Opinnäytetyön avulla haluttiin selvittää, millaisia ympäristövaikutuksia fossiilisen muovin vaihtoehtoisilla materiaaleilla on. Haettiin myös vastausta siihen miten eri ympäristövaikutukset eroavat toisistaan. Pyrittiin selvittämään olisiko joku pakkausmateriaali selvästi vähäisempi tai merkittävämpi ympäristövaikutuksiltaan. Tarkasteluun rajattiin mukaan pääasiallisesti biopohjaiset muovit, kuitumateriaalit (paperi) ja rajoitetusti kierrätysmuovi. Opinnäytetyössä kartoitettiin myös tulevaisuuden potentiaalisia pakkausmateriaaleja. Toimeksiantajan puolesta oli määritelty kehitystarpeessa olevia pakkausmateriaaleja, joille haettiin etenemisratkaisuja. Opinnäytetyön yhtenä tavoitteena määriteltiin tiedon lisääminen ja ymmärryksen laajentaminen tutkittavien pakkausmateriaalien osalta.

Tietoperustaa haettiin kirjallisuudesta, ammattijulkaisuista, artikkeleista ja seminaareista. Tietoperustan täydennykseksi toteutettiin laadullinen tutkimus teemahaastattelu menetelmällä. Haastatteluun valittiin kolme pakkausalan osaajaa, kaksi kotimaista ja yksi kansainvälinen asiantuntija.

Opinnäytetyön tuloksena voidaan todeta, että selvää erottavaa tekijää materiaalien kesken ei löytynyt eikä mikään ratkaisu erottunut joukosta ylivertaisena tai heikoimpana. Tulos ei yllättänyt, vaan oli ennalta arvattavissa. Voidakseen tehdä luotettava vertailu materiaalien kesken, tulee tehdä elinkaarilaskenta tuotteelle huomioiden kokonaisuuden kaikki osat elinkaaren ajalta. Elintarvikkeelle ei voi yleisesti pelkän materiaalin perusteella määritellä ympäristön kannalta parasta ratkaisua. Kuitenkin on nostettavissa esiin paperimateriaali potentiaalisena vaihtoehtona. Sillä havaittiin olevan eniten positiivisia ympäristövaikutuksia ja vähiten kyseenalaistuksia. Haasteita materiaalien suhteen tuo kierrätysmateriaalin käytön rajoitteellisuus elintarvikepakkauksissa ja biopohjaisten pakkausten määrittelemätön rooli ja monet kyseenalaisuudet. Toimeksiantajalle pystyttiin kuitenkin luomaan ehdotelma etenemisestä esiin nousseiden tekijöiden perusteella. Lisäksi löydettiin alalle yhteiskunnallisia kehityskohteita, kuten kuluttajien valistamisen ja toiminnan suhteen. Massabalanssiperiaatteellisen materiaalin ympäristövaikutusten arvioinnin kehittäminen. Ympäristökuormitusten luokittelu ABC-tyyppisesti sekä nähtiin tarve määritellä mikä tai millainen on vastuullinen pakkaus.

**Avainsanat (asiasanat)**

Pakkausmateriaalit, joustopakkausmateriaalit, muovi, biopohjainen materiaali, biopohjainen muovi, kierrätysmuovi, kuitumateriaali, paperimateriaali, elinkaarilaskenta, ympäristövaikutukset, pakkauskehitys

**Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)**

Ei salassa pidettäviä tietoja

jamk

**Description**

**Laitinen, Arja**

**Biggest differences of substitute food flexible packaging materials comparing fossil-based packaging materials in environmental point of view**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, May 2024, 85pages.

Master´s Degree Programme in Bioeconomy Development. Master's thesis.

Permission for open access publication: yes

Language of publication: Finnish

**Abstract**

Thesis target was to search which packaging material would be the best solution from the environmental point of view for food flexible packaging material and especially for candys. Thesis tried to find out which kind of environmental impacts the substitutes of fossil-based materials have and how those differs from each other. Target was to find out if one of materials have more or less environmental impacts than other. The mapping was delimiting biobased plastics, fiber materials (paper) and limited recycled plastic. In thesis was mapped also the future potential packaging materials. The employer was defined some packaging materials, which will need development in the future. Thesis one target was to add knowledge and understanding around packaging materials.

Theoretical data was searched from literature, professional publishing, articles, and seminars. The qualitative research was made by theme interview method. For the interviewed specialists were chosen three packaging field specialists, two from Finland and one international specialist.

The result for thesis did not give any special factor which differs materials from environmental impact point of view and no material raised up clearly better or worse than other. The result wasn´t surprise, it was predictable. To make the reliable comparison between materials, there is need to do the Life Cycle Analysis for each comparable product. Anyhow the paper material can be named as a potential option. Around paper material was found more positive impacts and less questionable facts. Challenge around of food packaging materials were the possibility to use the recycled material and the open issues about the use of biobased materials and some questionable issues around those. For employer was able to create suggestion how the proceed with packaging development. The social suggestion for development was made also. The consumer guidance and the development of mass balance principal material environmental impact valuation. The environmental impact classification and to define what or what kind of the sustainable packaging is.

**Keywords/tags (subjects)**

Packaging materials, flexible packaging materials, plastic, biobased material, biobased plastic, recycled plastic, fiber material, paper material, life cycle analysis, environmental impact, packaging development

**Miscellaneous (Confidential information)**

No confidential information.

**Sisältö**

**1 Kohti pakkausmateriaalien tulevaisuutta ..... 4**
**2 Tutkimusasetelma ..... 9**
**3 Pakkausmuovi ..... 10**
3.1 Muovin ja pakkausmuovin historia ..... 10
3.2 Keskeisimmät käsitteet ..... 11
3.2.1 Fossiiliset muovit ..... 11
3.2.2 Biomuovien pelikenttä ..... 12
3.2.3 Kuitumateriaali ..... 17
3.2.4 Elinkaarilaskenta – LCA ..... 18
3.3 Materiaaleihin liittyviä määritelmiä ja ominaisuuksia ..... 18
3.4 Muovimateriaalien kierrätystapoja ..... 21
**4 Elintarvikepakkaamisen muutostarve ..... 23**
4.1 Muutostarpeen perusta ..... 24
4.2 Ympäristövaikutuksia ..... 29
**5 Fossiilisen muovin vaihtoehtoja elintarvikkeen joustopakkaukselle ..... 34**
5.1 Biopohjaiset materiaalit ..... 35
5.1.1 Sokeriruoko ja maissi ..... 35
5.1.2 Puukuidut, selluloosa, biomassat ..... 37
5.1.3 Massabalanssiperiaatteellinen öljy ..... 39
5.2 Kierrätysmateriaalit ..... 40
5.3 Tulevaisuuden ratkaisut ..... 41
**6 Tutkimuksen toetuttaminen ..... 42**
6.1 Tutkimusmenetelmät ..... 42
6.2 Aineiston keruu ja analysointi ..... 43
**7 Tutkimuksen tulokset ..... 44**
7.1 Fossiilisen muovin käytöstä luopumisen syyt pakkausmateriaalina ..... 44
7.2 Eri materiaalien valmistusprosessien merkittävät erot ympäristön kannalta ..... 46
7.3 Biopohjaisten raaka-aineiden riitto ja lähteet vastuullisuusnäkökulmasta ..... 49
7.4 Raaka-aineen valmistaminen Massabalanssi periaatteella – vastuullisuus ..... 51
7.5 Tulevaisuuden raaka-aineet ja pakkausmateriaalit ja nykyisten ratkaisuiden ..... 52
7.6 Pakkausmateriaalien kierrätyksen vaikutukset ympäristöön ..... 54
**8 Johtopäätökset ..... 56**
8.1 Materiaalien merkittäviä ympäristövaikutusten eroavaisuuksia ..... 56

8.2 Elintarvikkeiden ympäristöystävällisimpiä pakkausmateriaaleja ..... 60
8.3 Suurimpaan rooliin nouseva(t) ympäristövaikutukset ..... 61
8.4 Materiaalikierrätyksen kehittäminen ..... 62
**9 Pohdinta ..... 63**
9.1 Tutkimuksen toteutuminen ja havainnot ..... 63
9.2 Tutkimuksen kohdentuminen toimeksiantoon ..... 65
9.3 Toimenpide-ehdotuksia ..... 67
9.4 Jatkokehitys ..... 69
9.4.1 Toimeksiantajalle ..... 69
9.4.2 Yhteiskunnallisesti ..... 71
9.5 Luotettavuus ja eettisyys ..... 73
**Lähteet ..... 75**
**Liitteet ..... 81**
Liite 1. Haastattelukysymykset FI ..... 81
Liite 2. Haastattelukysymykset GB ..... 82

**Kuviot**

Kuvio 1. Pakkauksiin kohdistuvia rasituksia ..... 4
Kuvio 2. Tutkimuksen vastaajien yhtenevät mielipiteet merkityksellisistä seikoista valintoja tehdessä ..... 6
Kuvio 3. Biopohjaisten muovien nelikenttäjaottelu ..... 12
Kuvio 4. Biomuovien maailmaanlaajuisen tuotantokapasiteetin jakautuminen eri muovityypeille v.2023 ..... 15
Kuvio 5. Ennuste v. 2028 biomuovien maailmaanlaajuisen tuotantokapasiteetin jakautumisesta eri muovityypeille. ..... 15
Kuvio 6. Vitriinituotteita pakattuna uusiutuvaan puupohjaiseen kelmuun. ..... 16
Kuvio 7. Talteen otettava hiilidioksidi voidaan hyödyntää joko päästökompensaatioiden tai fyysisen uu-siokäytön kautta ..... 17
Kuvio 8. Kuvaus tuotteen laatuun vaikuttavan aineiden liikkumisesta. ..... 19
Kuvio 9. Suuntaa antava vertailu eri materiaalien hapen ja vesihöyryn läpäisy ominaisuuksista 100 µm vahvuiselle kalvolle. ..... 20
Kuvio 10. Mekaanisen kierrätyksen kaavio ..... 22
Kuvio 11. Kemiallinen kierrätyksen kaavio ..... 22
Kuvio 12. Kestävänruokapakkaamisen kriteerit ja niiden välisiä jännitteitä. ..... 24
Kuvio 13. Elintarvikepakkaaminen alueittain, milj.tonnia 2018 ja 2030 (ennuste) APAC= Aasian ja tyynen-merenalue. 2015–2030 ..... 25

Kuvio 14. Elintarvikepakkausmateriaalien määrien kehitys globaalisti 2015–2030 (ennuste) .. 26

Kuvio 15. Kuvio 15. Joustavien elintarvikepakkausmateriaalien käytön ennustettu kehitys globaalisti 2015–2030 ..... 27

Kuvio 16. Muoviroskaa Karpaattien vuoristojoessa ..... 29

Kuvio 17. Sokeriruoko bagassin käytön jakautuminen eri sovelluksiin ..... 36

Kuvio 18. Puukuidusta valmistettu valettu pakkaus ..... 37

Kuvio 19. Kauran kuoresta valmistettuja paperi pakkauksia ..... 39

Kuvio 20. The mass balance approach along the supply chain ..... 40

Kuvio 21. Tutkimusongelma ratkaistaan aineiston keruumenetelmillä tuotettavalla tutkimusaineistolla ..... 43

Kuvio 22. Opinnäytetyön teossa esiin nousseita materiaali raaka-aine tyyppien ympäristö vaikutuksia ..... 57

Kuvio 23. Etenemisehdotus toimeksiantajan makeispakkauksiin ..... 70

**Taulukot**

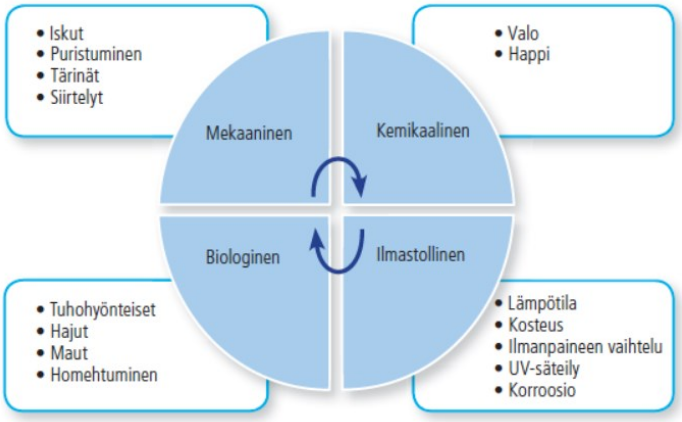
Taulukko 1. Esimerkkejä toimeksiantajan tuotteiden kehitettävien materiaali tilanteesta ..... 23

Taulukko 2. Muovilaatujen sopivuus laitosmaiseen lajitteluun, jatkokäsittelyyn ja syntyvän uusiomuovin markkinatilanne. ..... 31

Taulukko 3. Toimeksiantajan materiaali tilannekotimaan markkinoilla vuonna 2023 ja kehitysehdotukset tulevaisuuteen ..... 69

# 1 Kohti pakkausmateriaalien tulevaisuutta

Elintarvikepakkauksen tärkein tehtävä on suojata tuotetta ympäristöltä, ja toisaalta ympäristöä tuotteelta. Lisäksi pakkauksen tulee säilyttää tuote turvallisena käyttäjälleen, kulutus tilanteeseen saakka. Pakkauksen tehtävä on antaa myös informaatiota kuluttajalle sekä helpottaa tuotteen käsittelyä niin logistiikassa, kaupassa kuin kuluttajan käsittelyssä. (Lehtinen 2021, 14.) Pakkauksia ja muovipakkauksia tullaan tarvitsemaan edelleen tuotteen suojaajana myös tulevaisuudessa. Pakkauksilta vaadittavat ominaisuudet tulevat säilymään tärkeinä. Kuviossa 1 on kuvattuna eri tekijöitä, jotka voivat aiheuttavat kuormitusta ja rasitusta materiaaliin pakatun tuotteen elinkaaren matkalla.




Kuvio 1. Pakkauksiin kohdistuvia rasituksia (Pakkausmateriaalit n.d.)

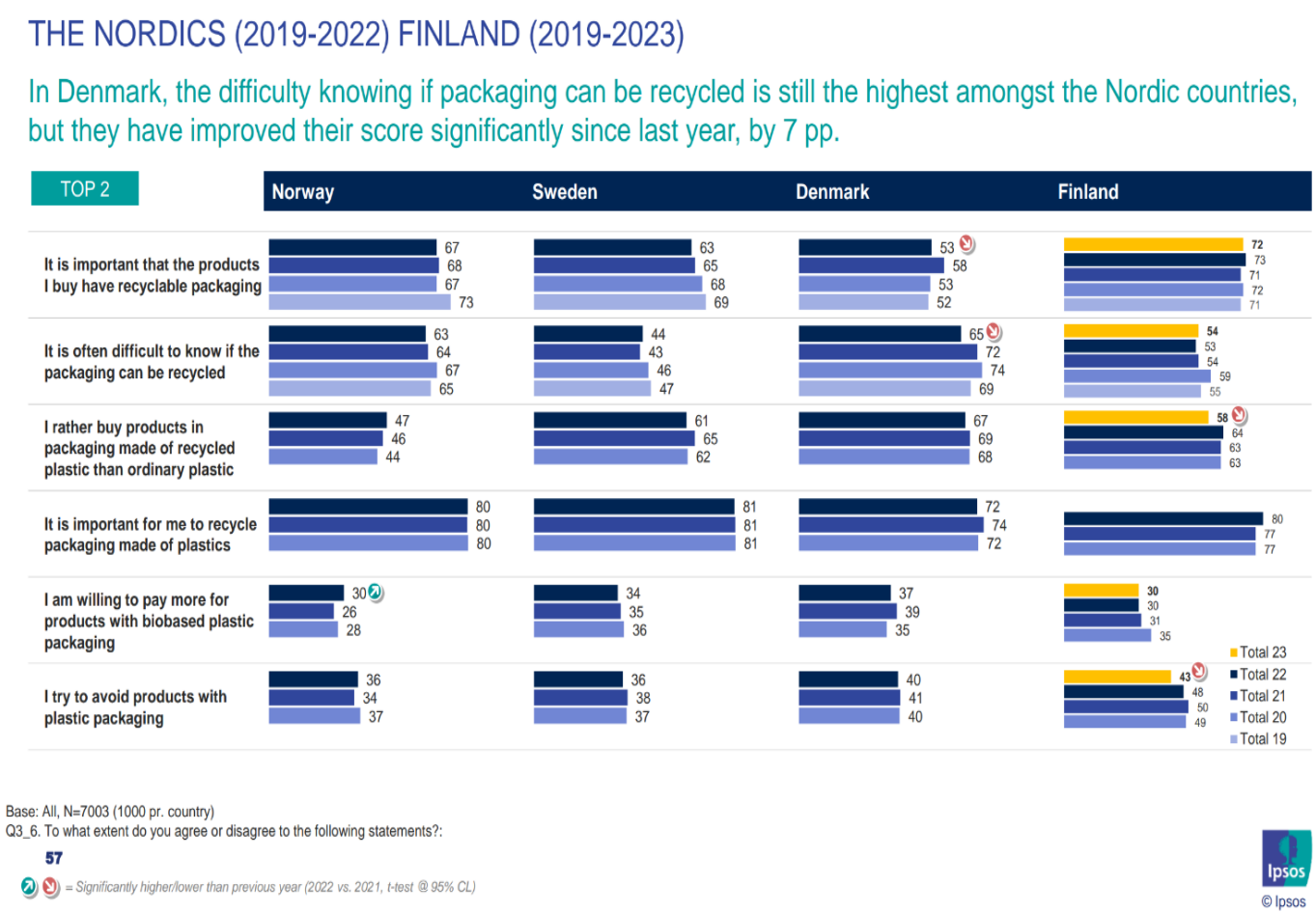
Nämä ovat seikkoja, jotka tulee huomioida tehtäessä valintoja tuotteen pakkausmateriaaleille nyt ja tulevaisuudessa. Kuormitukset ja rasitteet vaihtelevat tuotteen ja sen käyttötarkoituksen mukaisesti. Tarvittavat suojausominaisuudet arvioidaan tapauskohtaisesti ja niiden tarve aiheuttaa pakkausmateriaalille suhteellisen vaativiakin tehtäviä.

Pakkausmateriaalit ja etenkin muovipakkaukset ovat joutuneet viime vuosina enenevässä määrin julkisessa keskustelussa voimakkaan kritisoinnin kohteeksi. Ihmiset ovat tulleet hyvin tietoisiksi ilmaston muutoksesta, roskaantumisesta ja niiden vaikutuksista ympäristöömme. Uutisointi valtamerten muovilautoista on aiheuttanut vastarintaa muovipakkauksia kohtaan ja nostanut ne ns. pahiksen asemaan. (Viitanen, Kataja, Mutanen, Viitala, Åkerman Lahtinen, Silvenius, Forssen 2021.)

Työn toimeksiantajana oli Suomen mittakaavassa merkittävä elintarvikkeita valmistava sekä maahantuova yritys, joka on osa kansainvälistä konsernia. Liikevaihto vuonna 2022 oli n. 253MEUR. Vuosittain yritys toimittaa markkinoille yli 200 miljoonaa kuluttajapakkausta. (Yritysesitys 2023.) Yrityksen toiminnassa vastuullisuus on tärkeä osa toimintaa ja tulevaisuuden suunnitelmia, sekä konsernissa kansainvälisesti että paikallisesti maatasolla. Vastuulliset pakkausmateriaalit ovat osa tätä kokonaisuutta. Konserni määrittelee vastuulliset pakkaukset seuraavasti: Helposti kierrätettäviä optimoidut pakkauskoot, varastointi ja kuljetus sekä pakkaukset valmistettu kierrätetystä tai uusiutuvasta materiaalista. (Sustainability academy 2023.) Tänä päivänä kuluttajat olettavat yritysten toimivan vastuullisesti ja valitsevan vastuullisia raaka-aineita sekä pakkausmateriaaleja.

Vuodesta 2019 lähtien opinnäytetyön toimeksiantaja on vuosittain teettänyt pohjoismaissa Sustainable life barometer -tutkimuksen. Vuonna 2023 se teetettiin vain Suomessa. Tutkimuksessa kysyttiin kolmea merkittävintä huolenaihetta ympäristön suhteen. Vastauksissa on noussut joka vuosi kärkikolmikkoon ilmaston lämpeneminen (59 %) ja muovin päätyminen meriin (58 %) sekä jätemäärän hallinta (36 %). (Sustainable life barometer 2023.) Nämä seikat ovat osaltaan herättämässä keskustelua ja lisäävät kuluttajien kiinnostusta tekemiään valintoja kohtaan. Julkinen keskustelu vauhdittaa myös pakkausteollisuuden materiaalikehitystä nyt ja tulevaisuudessa. EU on koostanut uuden pakkausjäteasetuksen (tuonnempana PPWR), joka on virallista hyväksymistä vaille valmiina astumaan voimaan lähiaikoina. Sen keskeisin rooli on vähentää pakkausjätteenmäärää, lisätä laadukasta kierrätystä, vähentää luonnonvarojen kulutusta ja luoda markkinoita kierrätetyille materiaaleille. (Provisional agreement on proposal for regulation concerning packaging and packaging waste 2024). Myös kuluttajat vaativat ja edellyttävät toimia valmistajilta tekemiensä valintojen kautta.

Toimeksiantajan teettämän tutkimuksen mukaan, kuluttajat haluavat ostaa tuotteita joiden pakkaukset ovat kierrätettäviä, ja he haluavat myös kierrättää ne. Valinta kohdistuu myös mieluummin muovipakkaukseen, joka on tehty kierrätetystä muovista. Kuviossa 2 on esitetty vastaajien nimeämät väittämät ja prosenttiosuudet maittain pohjoismaissa, joista he olivat samaa mieltä. (Sustainable Life barometer 2023.)




Kuvio 2. Tutkimuksen vastaajien yhtenevät mielipiteet merkityksellisistä seikoista valintoja tehdessä (Sustainable life barometer 2023.)

Kuluttajien oletuksena on myös, ettei vastuullisemmat vaihtoehdot saisi olla kalliimpia kuin vastaavat tuotteet ilman vastuullisuuslisää. Kuten kuviosta 2 käy ilmi vain 30 % kotimaan vastaajista olisi valmis maksamaan enemmän biopohjaisessa pakkauksessa olevasta tuotteesta verrattuna fossiilisesta muovista valmistettuun pakkaukseen. Nähtävissä on pieni laskusuunta kiinnostuksessa, verrattuna aiempien vuosien tuloksiin. (Sustainable life barometer 2023.) Etenkin impulssikategorian tuotteissa hinta on ostopäätöksessä merkittävänä tekijänä ja vastuullisuus oletetaan saatavan ilman lisäkustannusta. Kuluttajien olettamuksena on, että yritysten tulisi ottaa mahdollinen lisäkustannus itselleen investointina vastuullisuuteen.

Muovipakkausten rooli on nykyisin erittäin merkittävä elintarviketeollisuudessa. Muovipakkausten käyttö on lisääntynyt vuosien varrella aina 1960-luvulta saakka. Vuonna 2018 muovien tuotanto olikin jo noin kaksikymmentä kertaa enemmän kuin 1960-luvulla (Suomen muovitiekartta 2018, 7).

Muovin suojaavat ominaisuudet tunnetaan yleisesti ja ne ovat merkittävästi parempia kuin esimerkiksi kuitupohjaisten pakkausten. Muovi on edullista, kevyttä ja helppo saada teknisesti toimimaan. Muovin barrier-ominaisuudet ovat ylivertaiset esimerkiksi kuitumateriaaliin verrattuna. Tietyt elintarvikkeet vaativat muovipakkauksen ja sen ainutlaatuiset barrier-ominaisuudet, säilyäkseen tuoreena ja käyttökelpoisena pidempään. Kurkku on usein mainittu esimerkki tällaisesta, ilman pakkaamista muoviin se pilaantuisi kaksi kertaa nopeammin. Ympäristöä kuormittaakin enemmän turha kurkun viljely, mikäli se päätyy hävikkiin, kuin sen muovipakkaus. (Pakkaaminen ja muovi 2021.)

Pakkausmateriaalien kehitys on mennyt huimaa vauhtia eteenpäin. Fossiilista muovia korvaavia vaihtoehtoja työstetään useiden toimijoiden keskuudessa. Suomessakin on paljon potentiaalisia vaihtoehtoja kehitteillä biomateriaalien keskuudessa. Haasteena biopohjaisen muovin laajenemiselle on sen teollisen valmistamisen vähyys ja materiaalien suhteellisen korkea hinta. Teollisen tuotannon mittakaava vaatii usein vielä lisäkehitystä tai laiteinvestointeja ja tämän vuoksi niitä onkin vielä markkinoilla rajoitetusti. (Suomen muovitiekartta 2018, 8.)

Opinnäytetyön toteutuksessa koottiin taustatietoa muovipakkausten historiasta, kehityksestä ja roolista elintarviketeollisuudessa. Tietoa haettiin kirjallisuudesta, tieteellisistä ja ammatillisista julkaisuista. Myös omaa ammatillista osaamista aiheesta hyödynnettiin sekä käytyjen seminaarien sisällöistä saatiin tietoa työn toteutukseen. Tutkimuskysymysten ratkaisemiseksi ja asiakokonaisuuden ymmärryksen lisäämiseksi päätettiin käyttää laadullista eli kvalitatiivista tutkimusmenetelmää. Tutkimuksen avulla pyrittiin lisäämään ymmärrystä tutkimuskysymysten aihepiirin ympärillä ja helpottamaan asian kuvaamista sekä tekemään johtopäätöksiä asian ympärillä. Laadullisella tutkimuksella tavoitellaan ilmiön ja sen koostumuksen ymmärtämistä sekä kuvailemaan ilmiöön liittyviä tekijöitä ja niiden välisiä suhteita (Kananen 2017, 35, 44.) Lisäksi hyödynnettiin teema haastatteluja, vahvistamaan kirjallisuuden tietoperustaa. Tutkimukseen valittiin kolme alan asiantuntijaa haastateltavaksi, jotta saatiin lisää tietoa eri materiaalivaihtoehtojen ympäristövaikutuksista. Mukana oli pakkausalan asiantuntija Valtion tieteellisestä tutkimuskeskuksesta (VTT), Luonnonvarakeskuksen (LUKE) edustaja, joka on perehtynyt vastuullisuuteen, elinkaarilaskentaan näiden kautta pakkauksiin sekä toimeksiantajayrityksen konsernin muualla Euroopassa työskentelevä, pakkausmateriaaleihin ja vastuullisuuteen perehtynyt asiantuntija tuomassa mukaan kansainvälistä näkökulmaa.

Tämä työ käsittelee elintarvikkeiden joustopakkausmateriaaleja sekä niiden vaihtoehtoja. Työn tietoperustan ja aiheasetannan pohjaksi rajautui toimeksiantajan kotimaisen omavalmistuksen kuluttajapakkaukset impulssikategoriassa, rajautuen pääasiassa makeisiin. Työllä pyrittiin selvittämään mikä tai mitkä pakkausmateriaalivaihtoehdot olisivat ympäristölle vaikutuksiltaan vähäisempiä ja sitä kautta parempia pakkausmateriaalina makeistuotteille. On kuitenkin muistettava, että aina viimekädessä arvioitaessa kyseiselle tuotteelle parasta ja vastuullisinta pakkausratkaisua, on otettava huomioon tuote kokonaisuudessaan. Pakkauksen osuus koko tuotteen hiilijalanjäljestä on usein vain noin 0,5–2 %, joka on huomattavasti vähemmän kuin hävikkiin päätyvän syötävän tuotteen. Pakkauksen hiilijalanjäljen osuuteen vaikuttaa merkittävästi pakattavan tuotteen ominaisuudet. Esimerkiksi juomilla pakkauksen osuus hiilijalanjäljestä on suurempi, jopa kymmeniä prosentteja johtuen tuotteen korkeasta vesipitoisuudesta. Tällöin pakkauksen merkitys kokonaisuudessa kasvaa huomattavasti. (Ruuan ympäristövaikutukset n.d.)

Tässä työssä haettiin tietoa fossiilisesta muovista valmistettavien pakkausmateriaalien korvaajista, kuten kuitupohjaisista (paperi) materiaaleista ja biopohjaisista ratkaisuista. Biopohjaisen muovin osalta keskityttiin kierrätettäviin muoveihin. Biohajoavat materiaalit, niin biopohjaiset kuin fossiilista alkuperää olevatkin, rajattiin pääsääntöisesti tarkastelun ulkopuolelle ja niitä käsiteltiin vain tietyissä osioissa. Niiden ominaisuudet avataan kuitenkin lyhyesti. Myös kierrätysmateriaaleja käsiteltiin rajoitetusti. Kierrätyksen osalta painotus oli mekaanisessa kierrätyksessä ja sen materiaaleissa.  Kemiallinen kierrätys oli mukana vain mainintana tietyissä yhteyksissä, johtuen toistaiseksi järjestelmän rajallisen hyödyntämisen vuoksi. Näkökulma työssä oli Suomen markkinoille. Kansainvälistä toimintaa sivuttiin hyvin kapeasti tietyissä osioissa. Rajaus työssä oli toimeksiantajan valmistamiin makeistuotteisiin. Kuitenkin tutkimuksen avulla tavoiteltiin myös välillisesti lisätietoa ja suuntaviivoja myös muihin omavalmistettaviin tuoteryhmiin. Lisäksi tavoiteltiin taustatiedon kasvattamista ja konkretiaa keskusteluihin toimeksiantajan tuontituotteiden osalta valmistavien tehtaiden kanssa, liittyen pakkauskehitykseen. Nämä seikat perustelivat työn aiheen yleistämistä eikä erittäin tarkkaa kohdentamista tiettyyn tuotteeseen. Aihe on laajasti alaa koskeva ajankohtaisuudellaan, ja haasteet kaikilla toimijoilla ovat samankaltaisia. Tutkimuksen avulla tarjottiin mahdollisuutta myös muille alalla toimijoille saada aiheesta lisätietoa kartoituksen avulla ja yhteenvedolla.

# 2 Tutkimusasetelma

Opinnäytetyössä haettiin vastausta mm. kysymykseen, mikä olisi puhtaasti pakkausmateriaalin näkökulmasta vastuullisin pakkausvaihtoehto elintarvikkeelle? Tämän työn avulla tavoiteltiinkin selvitystä kuinka eri materiaalit elintarvikepakkausmateriaalina vaikuttavat ympäristöömme? Millaisia seikkoja tulee huomioida valitessamme uusia pakkausmateriaaleja? Onko kuitupakkaus ympäristön kannalta parempi materiaalivaihtoehto kuin fossiilisesta muovista valmistettu materiaali tai millaisia vaikutuksia biopohjaisella muovilla on? Tällä tutkimus asetelmalla pyrittiin löytämään suuntaviivoja, kuinka opinnäytetyön toimeksiantaja tulisi suhtautua uusiin vaihtoehtoisiin materiaaleihin ja / tai onko joku materiaali sellainen mihin tulisi keskittyä. Mikä olisi oikea tie joustopakkauksien fossiilisen muovin korvaamiseksi jollain muulla materiaalilla? Tutkimuksella haettiin lisätietoa materiaaleista ja niihin liittyvistä ympäristöä kuormittavista seikoista, niin raaka-ainepohjan kuin valmistuksenkin vaikutuksista. Toteutetulla opinnäytetyöllä pyrittiin löytämään avoimiin seikkoihin ratkaisuja seuraavien tutkimuskysymyksien avulla:

**1. Millaisia merkittäviä eroavaisuuksia vaihtoehtoisilla pakkausmateriaaleilla fossiiliselle muoville on keskenään ympäristön näkökulmasta?** Tavoitteena on löytää seikkoja millä tekijöillä on mahdollisesti vaikutusta ympäristöön negatiivisesti ja onko joku esiin nouseva seikka ympäristöä kuormittavampi kuin toinen. Vaikutukset voivat olla myös positiivisia, ja niiden löytäminen olikin erittäin toivottavaa.

**2. Mikä tai mitkä tarkastelluista vaihtoehtoisista pakkausmateriaaleista olisi suositeltavin elintarvikkeille ympäristön kannalta? Miksi?** Tuotteelle soveltuvan pakkausmateriaalin tarkastelussa tulee lopulta huomioida myös siihen pakattava tuote ominaisuuksineen. Kuitenkin on hyvä myös ymmärtää pakkausmateriaalien vaikutukset ympäristöön sellaisenaan. Myös perustelut paremmuudelle ovat tarpeen arvotettaessa pakkausmateriaalien vastuullisuutta ja ympäristövaikutuksia. Toki lopullisessa päätöksenteossa pakkausmateriaalin valinnan suhteen, tulee aina huomioida koko tuote sisältöineen ja pakkauksineen ja kokonaisuuden elinkaaren kestävyys. Vähän ympäristöä kuormittava materiaali ei ole kestävä ja vastuullinen valinta, mikäli sen käyttö aiheuttaa lisääntynyttä ruokahävikkiä.

**3. Mikä seikka nousee suurimpaan rooliin elintarvikepakkausmateriaalissa ympäristön kannalta?** Onko materiaaleissa olemassa tiettyä asiaa, joka on se merkittävin ympäristön kuormituksen kannalta? Nouseeko eri materiaalityypeillä toisistaan poikkeavat seikat esiin, vai ovatko ne hyvin samankaltaisia, ilman suuria eroja?

# 3 Pakkausmuovi

## 3.1 Muovin ja pakkausmuovin historia

Muoviksi kutsutaan materiaalia, joka on lämmöllä tai paineella muovattava ja on valmistettu polymeereistä sekä tarvittavista lisäaineista. Muovit ovat seoksia, mutta ne nimetään kuitenkin polymeerissä toistuvan monomeeriyksikön mukaisesti, kuten polyeteeni (PE), polypropeeni (PP). (Hänninen, Karppinen, Leskelä, Pohjakallio. 2022, 208.)

Muovi itsessään on kehitetty jo kauan ennen sen päätymistä pakkausmateriaaliksi. Muovi -sanasta aiemmin käytettiin nimityksinä mm. tekohartsi, kertahartsi tai plastiikki. Jo tuhansia vuosia sitten on hyödynnetty luonnosta saatavaa selakkaa ja meripihkaa. Kyseessä olivat luonnonmateriaalit, joita voitiin hyödyntää sellaisenaan ns. ”luonnonmuoveina”. 1800-luvulla todettiin, että käytössä olleelle norsunluulle tulee löytää edullisempi korvaaja ja silloin havaittiin selluloosan sopivan tähän tehtävään. Selluloosa on myös tällä hetkellä yksi ehdokas fossiilisen muovin korvaajaksi. Alun perin muovin valmistus perustui ainoastaan luonnon raaka-aineisiin. Selluloosan rinnalla käytettiin myös galaattia, joka on peräisin maidon kaseiinista. Tästä lähti liikkeelle myös muovin valmistus Suomessa. Ensimmäinen täysin synteettinen muovi oli bakeliitti (fenoliformaldehydihartsi), joka kehitettiin 1907. Muovin alkupisteeksikin onkin sanottu vuotta 1907. (Muovit n.d.) Synteettistä muovia käytettiin mm. teknisissä laitteissa ja kulutustavaroissa. Synteettinen muovi nimitystä käytetään, teollisesti tai laboratorio-olosuhteissa valmistetusta muovista. (Pohjakallio 2020.) Voisikin sanoa, että muovin valmistuksen alkujuurilla ollessamme olimme itseasiassa aika edistyksellisiä, kun käytimme jo silloin uusiutuvia raaka-ainelähteitä. Öljyn jalostuksen kehittymisen myötä 1930-luvulla, mukaan tulivat **fossiiliset muovit** ja uusiutuvat raaka-aineet väistyivät öljyn käytön tieltä. (Muovi(n)en maailma 2018.)

Muovi saavutti 1960-luvulla nopeasti merkittävän aseman pakkausmateriaalina. Vielä 1950-luvulla muovia ei juurikaan käytetty elintarvikkeiden pakkaamiseen, vaan silloin tuotteet pakattiin kaupassa ruskeaan käärepaperiin, eikä valmispakkauksia ollut. Muovin edullisuus, keveys ja hyvät barrier-ominaisuudet olivat merkittäviä tekijöitä materiaalin voimakkaaseen kasvuun elintarvikepakkausmateriaalina. Myös tekninen toimivuus ja ilmatiiviys tyhjiöpakkaamisen avulla ovat olleet osaltaan lisäämässä materiaalin suosiota pakkausmateriaalina. Muovipakkausten erinomaisten ominaisuuksiensa ansiosta on ruokahävikkiä saatu pienennettyä merkittävästi. (Viitanen ym. 2021.)

## 3.2 Keskeisimmät käsitteet

Työssä käytettäviä keskeisempiä käsitteitä avataan tarkemmin seuraavassa. Tärkeimpiä käsitteitä työssä ovat mm. fossiilinen muovi, biomuovi, biopohjainen muovi, kuitumateriaali ja elinkaarilaskenta. Seuraavissa alaluvuissa avataan kyseisiä käsitteitä ja niihin liittyviä määreitä. Jäljempänä luvussa 3.3 avataan myös muita käsitteitä, joita työssä tulee esiin. Nämä käsitteet liittyvät oleellisesti mm. työssä läpikäytävien materiaalien toiminnallisuuksiin ja raaka-aineisin.

### 3.2.1 Fossiiliset muovit

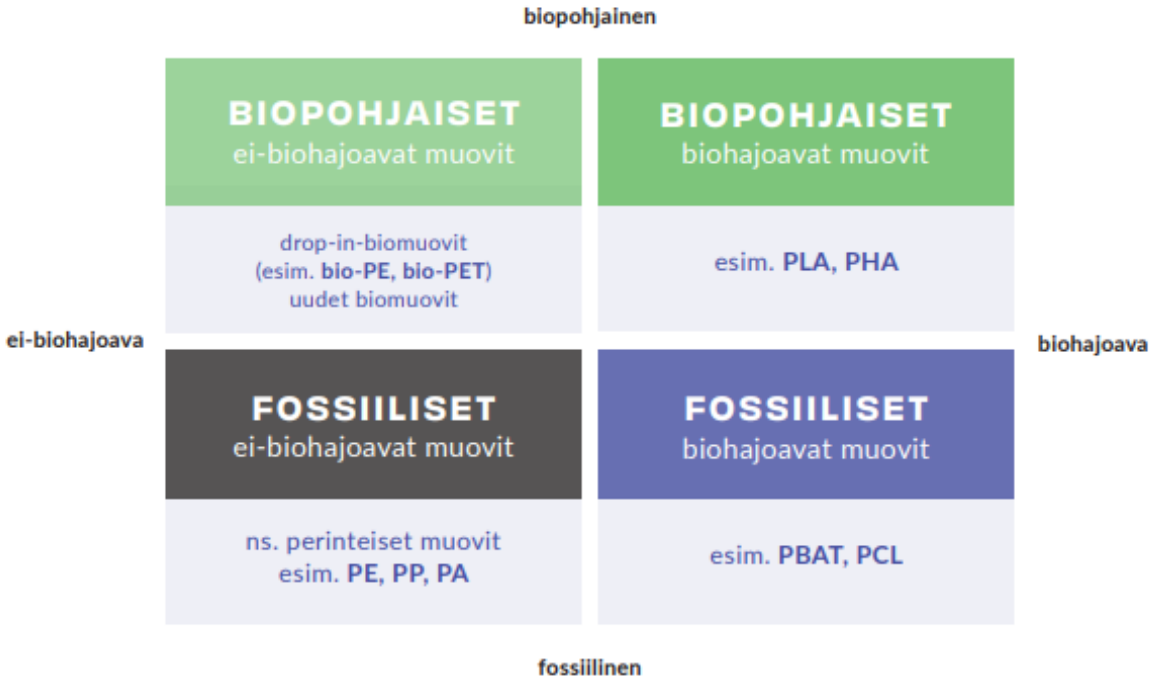
Fossiilinen polttoaine, josta fossiilinen muovi valmistetaan, on peräisin maaperään sitoutuneesta ja vuosikausia sitten varastoituneesta biomassasta. Tällaisia ovat mm. raakaöljy, maakaasu, kivihiili. (Tietoa tilastoista n.d.) Nämä fossiiliset raaka-aineet ovat peräisin uusiutumattomista lähteistä. Useimmiten fossiilisen muovin raaka-aine on peräisin raakaöljystä tai maakaasusta, joko suoraan tai jalostuksen sivutuotteena. Fossiilinen muovi on pääsääntöisesti kierrätettävää monomateriaalina, riippuen muovityypistä, mutta vähintäänkin hyödynnettävissä energiaksi. Fossiilista alkuperää olevaa muovia kutsutaan usein myös **neitseelliseksi muoviksi.** Lisäksi voi nähdä käytettävän nimitystä **ensiömuovi** (Tepa -termipankki 1992).

Fossiilisen muovin valmistus on edullista, yksinkertaista ja helppoa. Vaikka biomuovien käytön lisäämisestä on keskusteltu jo pitkään, on eteneminen ollut hidasta. Fossiilisen raaka-aineen maailmanmarkkinahinnan vaihtelut ovat osaltaan aiheuttaneet aaltoliikettä biopohjaisten ratkaisujen kehittämiseen. Nyt fossiilisen öljyn hinnan ollessa korkealla, on kiinnostus biomuovien tuotantoon kasvanut. Muistettava on, että fossiilisten muovien tuotantomäärät lisääntyvät koko ajan ja niitä

ennustetaankin valmistettavan myös jatkossa enemmän kuin biomuoveja. (Leinonen, Kataja, Vares, Immonen, Räty, Viitala, Verkasalo, Lähtinen, Hagner, Heräjärvi, Viitanen, Yadav, Harlin 2022, 10.) Fossiilisen muovin kulutuksen kasvusta huolimatta, pakkausten osuus fossiilisen öljyn kulutuksesta on kuitenkin kovin vähäinen. Fossiilisen öljyn kokonaistuotanto määrästä muovien valmistukseen käytetään vain 4–6 % ja muovipakkauksien osuus on ainoastaan 1,7 %. Todellisuudessa neitseellisten muovipakkausten rooli kokonaisöljyvarojen vähenemisessä on varsin pieni. (Kohvakka, Lehtinen 2019, 15)

### 3.2.2 Biomuovien pelikenttä

Biomuovit jakautuvat sekä biopohjaisiin muoveihin että biohajoaviin muoveihin. Biohajoava muovi voi olla myös peräisin fossiilisista lähteistä. Termien käytössä on oltava tarkkana ja itse asiassa biomuovi sanaa sellaisenaan ei tulisi käyttää ilman varmuutta siitä, että kuulija ymmärtää käsitteen tai että selvitetään, mitä todellisuudessa käsitteellä tarkoitetaan. Kuviossa 3 on kuvattuna Biomuovien nelikenttä kokonaisuudessaan. (Biomuoviopas 2020, 9.) Nelikentässä esitetään mihin ryhmiin eri muovimateriaalit voivat kuulua.




Kuvio 3. Biopohjaisten muovien nelikenttäjaottelu (Biomuoviopas 2020, 9.)

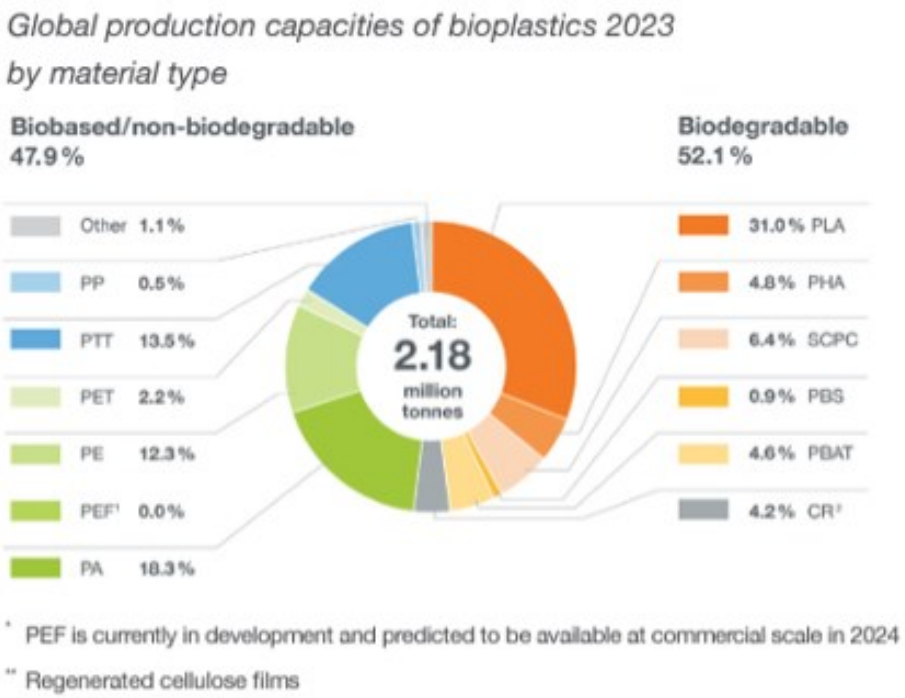
Biopohjainen muovi on fossiilisen muovin kaltainen rakenteeltaan ja ominaisuuksiltaan, mutta valmistettu uusiutuvasta raaka-ainelähteestä, joka sisältää eloperäistä ainetta. Biopohjaisina muoveina voidaan markkinoida myös materiaaleja, jotka sisältävät osittain lisäksi fossiilista raaka-ainetta. (Lehtinen 2021, 151.) Tällaista biopohjaista muovia voidaan kutsua myös **Drop-in biomuoviksi** (Biomuoviopas 2020, 40). Drop-in muovin toimivuus on lähtökohtaisesti vastaava kuin fossiilisilla muoveilla. Tämä on hyvä vaihtoehto teoreettisesti fossiilisten muovien korvaajaksi. Kierrätyksessä Drop-in biomuovit ovat myös hyödynnettävissä käytännön tasolla ainoana biomuoveista. Jotta Drop-in biomuoveja voitaisiin hyödyntää laajemmin pakkausteollisuudessa, tulisi hinnoittelu saada matalammaksi. Tällä hetkellä raaka-aine on liian kallista ollakseen kilpailukykyinen pakkausmateriaalivaihtoehto teollisuudelle. Raaka-ainetta ei ole myöskään niin paljoa saatavissa, mitä kysynnän potentiaali vaatisi. (Biosykli hintaero pitää biomuoveja marginaalissa 2021.)

Biopohjaisia kuten fossiilista alkuperää olevia muoveja voi olla biohajoavina pakkausmateriaaleina, kuten kuviossa 3 edeltävässä kappaleessa on esitetty. Biohajoavien materiaalien kokonaisuus on haastava koska materiaalien hajoamiseen vaikuttavat mm. aika, lämpötila ja kosteus olosuhteet. Luontoon päätyessään biohajoavaksi määritelty materiaali ei välttämättä hajoa luonnossa lainkaan tai hajoaa huomattavasti hitaammin kuin on oletettu. Mukaan tulisi aina liittää aika ja olosuhdemääre, jossa materiaalin kuuluu hajota ja onko materiaali biohajoava vai kompostoitava. Kiertotalouden kannalta pohdittuna biohajoavuus ei ole yksiselitteisesti positiivinen asia. Kuten edellä kuvattiin, on monia eri tasoja missä kyseinen materiaali voi hajota. Nämä ovat määritelty eri standardein. Osa ja useimmat, materiaaleista hajoavat vain teollisessa tarkoin säädellyissä kosteus – ja lämpötilaolosuhteissa. Toiset taas ovat biohajoavia myös kotikompostorissa. Luonnossa tai vesistöissä biohajoavat materiaalit sen sijaan ovat molemmat omaa laatuaan, myös suolainen merivesi aiheuttaa eroavuutta hajoamisnopeudessa verrattuna makeaan veteen. Lämpötilat luonnollisesti ovat yksi osatekijä biohajoavan materiaalin hajoamiseen myös luonnossa. (Biomuoviopas 2020, 17–24.)

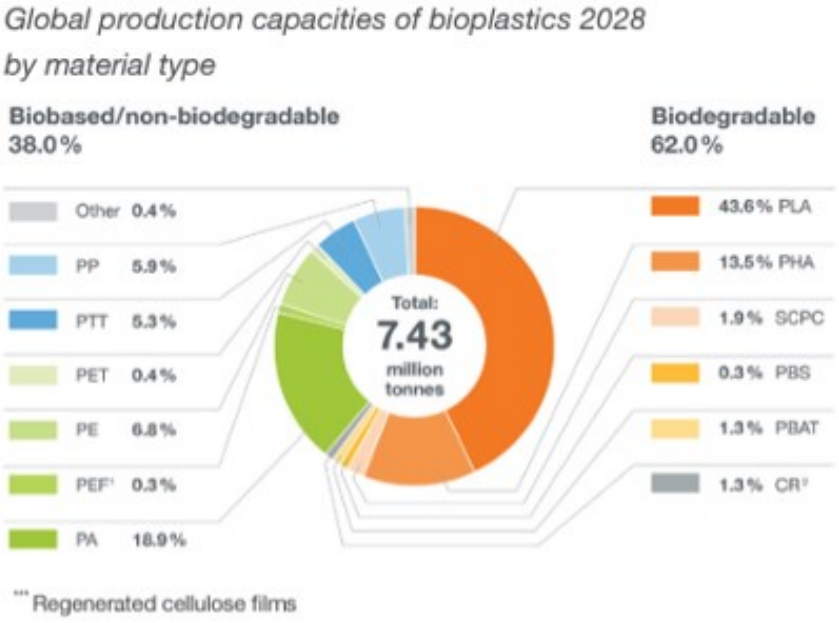
Biohajoava materiaali kyllä hajoaa ja maatuu, mutta sitä ei voi kierrättää. Uuden materiaalin tuottamiseen tarvitaan aina uutta raaka-ainetta. Kestävän kehityksen kannalta on tärkeää valita materiaalit niin, että ne ovat helposti kierrätettäviä, muovipakkauksien osalta syntyvälle kierrätysgranulaatille on myös jatkokäyttömarkkinoita tai ne ovat uudelleenkäytettäviä. Biohajoavuuden tason

osoittamiseksi on olemassa hajoamisolosuhteisiin liitettyjä sertifiointeja. TÜV Austrialta on saatavissa testaukset biohajoavuudelle niin maaperässä, makeassa vedessä kuin merivedessäkin. Sertifiointien avulla voidaan osoittaa olosuhteet ja aika missä materiaalin tulee hajota. Oleellista biohajoavuudessa ja kompostoitavuudessa on ymmärtää että ”kaikki kompostoituvat muovit ovat biohajoavia, mutta kaikki biohajoavat muovit eivät ole kompostoituvia”, (Lahtinen 2020). Kompostoituvan muovin tulee olla täysin biohajoava ja hajota joko teollisessa tai kotikompostissa tietyssä ajassa ja olosuhteissa. Määritelmä liittyy eurooppalaiseen standardiin EN 13432, jonka mukaisesti muovin tulee hajota kompostoinnissa määritellyssä ajassa niin, että materiaalin hiilestä 90 % on muuttunut hiilidioksidiksi. Tämän lisäksi muovin tulee hajota määritellyssä ajassa 90 prosenttisesti alle 2 mm paloiksi. Huomioitavaa on, että kompostoituva muovi vaatii kuitenkin pidemmän kompostoitumisajan kotikompostorissa kuin teollisessa kompostoinnissa. (Biomuoviopas 2020, 23.) Eurooppalaisen standardin lisäksi on myös Yhdysvaltalainen ASTM D6400 vaatimus, joka on vaihtoehtoinen kriteeri kompostoinnin määrittelylle kyseisellä alueella. Molemmissa ovat yhtäläiset vaatimukset materiaalin täydelliselle hajoamiselle kompostoinnissa, ilman haitallisia jäämiä. Leinonen ym, 2022, 21.)

Kaiken kaikkiaan muovia valmistettiin vuonna 2019 yli 359 miljoonaa tonnia. Kokonaisuudesta biomuovien osuus oli tuolloin vain noin 1 %, n. 2,1 miljoonaa tonnia, josta n. 44,5 % oli biohajoamatonta muovia ja 55,5 % biohajoavaa. (What are ”bio-plastics” market 2019.) Vuonna 2023 vastaava biomuovien osuus oli kasvanut hieman, mutta ei mitenkään merkittävästi 2,18 miljoonaan tonniin. Kuviosta 4 voidaan nähdä biomuovivalmistuksen jakautuminen materiaaleittain. Kokonaisuudesta n. 43 % kohdistui pakkauksiin (934tn). Tästä eteenpäin biomuovin määrän odotetaan kasvavan reilusti, vuoteen 2028 mennessä jopa 7,4 miljoonaan tonniin, kuten kuviossa 5 ennustetaan. (Bioplastics market development update 2023.)




Kuvio 4. Biomuovien maailmaanlaajuisen tuotantokapasiteetin jakautuminen eri muovityypeille v.2023 (Bioplastics market development update 2023.)




Kuvio 5. Ennuste v. 2028 biomuovien maailmaanlaajuisen tuotantokapasiteetin jakautumisesta eri muovityypeille (Bioplastics market development update 2023.)

Toteutunut kasvukehitys on ollut aiemmin arvioitua hitaampi. Vuonna 2019 arvioitiin biomuovien osuuden olevan vuonna 2023 n.2,4 miljoonaa tonnia (What are ”bio-plastics” market 2019). Nyt arvioitu kasvuennuste on entistä kunnianhimoisempi, koska vuonna 2023 käytössä olleesta kapasiteetista tuottaa biopohjaisia muoveja oli vapaana ainoastaan vajaat 20 %. Päästäksemme vuoden 2028 tavoitteeseen, tarkoittaa se merkittävää kapasiteetin lisäämistä. Tuotanto haasteiden lisäksi biomuoveissa usein saattaa olla saatavuus haasteita raaka-aineen rajallisen määrän vuoksi.

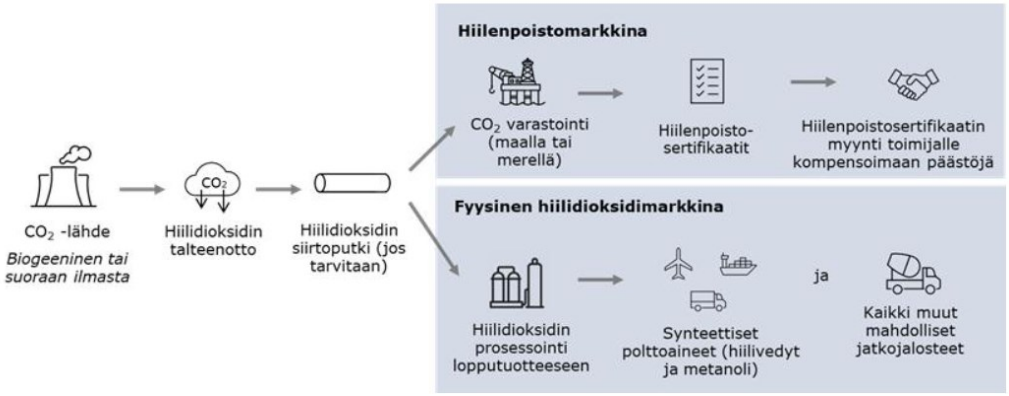
**Selluloosaa (sellu)** valmistetaan useimmiten puusta ja se onkin yksi kolmesta raaka-aineesta, josta puu koostuu. Kaksi muuta ovat **ligniini** ja **hemiselluloosa**. Selluloosaa käytetään yleisesti paperin ja kartongin valmistuksessa, mutta siitä voidaan tehdä nykyisen kehityksen ansiosta paljon muutakin. Selluloosa soveltuu melkein kaikkeen mihin muovikin käy. Sellulla voidaankin tulevaisuudessa korvata fossiilisten raaka-aineiden, etenkin muovin käyttöä. Myös ligniini nähdään potentiaalisena tulevaisuuden raaka-aineena. Tällä hetkellä kehitys keskittyy pääasiassa selluloosaan, vaikkakaan sitä ei toistaiseksi hyödynnetä niin paljoa kuin voitaisiin. Selluloosa muodostuu keittämällä puuta eri kemikaaleissa. (Selluloosa ja sen monet erilaiset mahdollisuudet 2021.) Selluloosasta voidaan valmistaa myös hyvin kirkasta läpinäkyvää materiaalia. Kuviossa 6 onkin nähtävissä kahvilan vitriinituotteita pakattuna puupohjaiseen pussiin. Materiaali näyttää täysin muovipakkaukselta eikä sitä voi silmällä erottaa fossiilisesta muovista valmistetusta materiaalista. Muokkaamalla selluloosaa apuaineilla on mahdollista saavuttaa muovin kaltainen materiaali. Usein kuitenkin joukossa joudutaan käyttämään fossiilisia aineita, koska kaikkea ei ole toistaiseksi saatavissa biopohjaisina teollisessa mittakaavassa. Siksi monissa tapauksissa pakkauksesta voidaan saada vain esim. 40–60 %: sesti biopohjainen. (Puupohjainen-muovi n.d.)

Kuvio 6. Vitriinituotteita uusiutuvassa puupohjaisessa kelmussa. (Puupohjainen-muovi n.d.)

Selluloosaa on saatavissa myös muista kasveista ja niiden kuiduista, mutta lisäksi myös levien ja bakteerien avulla. Käyttökohteita pakkauksien lisäksi löytyy myös vaatteissa ja myös elintarvikkeissa. Selluloosa onkin taipuvainen monentyyppisiin tuotteisiin. Se voi olla tulevaisuudessa kehityksen myötä hyvinkin potentiaalinen raaka-aine usealle tuotteelle. (Kääriäinen 2016.)

**Biogeenistä hiilidioksidia** syntyy biopohjaisen materiaalin, kuten puu, biokaasu, jätevesilietteen ja biohajoavien jätteiden tai siitä jalostetun aineen palamisen tai hajoamisen yhteydessä. Vapautuvaa hiilidioksidia kutsutaan biogeeniseksi hiilidioksidiksi. Esimerkkinä tällaista hiilidioksidia syntyy metsäteollisuudessa joko mustalipeänpoltosta tai puu- ja /tai metsätähteiden energiatuotanto käytöstä. (Tietoa tilastoista n.d.) Esimerkkinä tällaisesta on biokaasun palaessa vapautuva hiilidioksidi, kun palamisen lähde on peräisin puun biologisen hajoamisesta. (Tulevaisuussanasto n.d.)

Biogeenisen hiilidioksidin jatkokäyttövaihtoehdoin voitaisiin tavoitella pääsyä kansainvälisiin ilmastotavoitteisiin. Pohdittava onkin mikä tapa olisi ympäristöä eniten hyödyttävä, kierrättäminen vai varastoiminen. Seuraavassa kuviossa 7 havainnollistetaan nämä vaihtoehtoiset polut.




Kuvio 7. Talteen otettava hiilidioksidi voidaan hyödyntää joko päästökompensaatioiden tai fyysisen uu-siokäytön kautta (Sivill 2023.)

### 3.2.3 Kuitumateriaali

Kuitumateriaalilla tarkoitetaan tässä kohtaa lähinnä paperimateriaalia. Kuitumateriaalia voivat olla myös erilaiset kartonki ja aaltopahvi sovellukset. Paperin valmistuksessa puukuidut irrotetaan valmistusprosessissa puuaineksesta. Puukuidut ovat puun soluja, jotka kasvavat rungon suuntaisesti.

Puukuitu koostuu selluloosasta, ligniini ja hemiselluloosasta. (Häggblom-Ahnger, Komulainen 2006, 24.) Paperin kuitu on peräisin yleensä puusta. Havupuut ovat perinteisesti olleet paperin valmistuksen lähteenä pitkien kuitujensa vuoksi. Nykyisin tekniikan kehityttyä paperia valmistetaan myös lehtipuista ja Pohjolan ulkopuolella kasvavista lajikkeista kuten eukalyptuksesta ja akaasiasta. Paperia voidaan valmistaa myös muiden kasvien kuiduista. Näitä kuituja kutsutaankin nimityksellä non wood fibers. Edellä biomuovien kohdalla käsiteltiin jo sokeriruokoa, se soveltuu myös paperin valmistukseen. Sen lisäksi käyttökelpoisia ovat bambu ja kaisla, sekä suomessa mahdollinen raaka-aine lähde on heinäkasveista ruokohelpi. (Isotalo 2004, 15–16.)

### 3.2.4 Elinkaarilaskenta – LCA

Elinkaarilaskentaa kutsutaan myös nimellä LCA-laskenta ja sillä pyritään selvittämään laskennan kohteen ympäristövaikutukset. Sen tavoitteena on löytää potentiaaliset päästöjen vähennyskohteet ja päästöjä aiheuttavat tekijät. Elinkaarilaskentaa käytetään apuna suunniteltaessa kuluttajaviestintää ja päätöksenteon tukena tuotteiston osalta. Elinkaarilaskenta on yhä enenevässä määrin perusta yrityksen vastuullisuustyölle. (Elinkaariarviointi (LCA)- ja hiilijalanjälkilaskentapalvelut n.d.)

Elinkaarilaskentaa ohjaa ISO standardit 14040 ja 14044. Nämä ovat keskittyneet elinkaarivaikutusten laskentaan, kun kyseessä ovat tuotteet. Kyseistä laskentaa voidaan tehdä myös organisaatioille. Elinkaarilaskenta ottaa hyvin laajasti huomioon koko ketjun ympäristövaikutukset alkupään raaka-aineen maankäytöstä, lopputuotteen asiakkaalle päätymiseen saakka. Verrattuna pelkkään hiilijalanjäljen laskentaan, tämä huomioi kokonaisuuden laajemmin. Hiilijalanjäljen laskennassa keskitytään vain ilmastonmuutosta edistäviin vaikutuksiin. (Laitinen 2022.) Elinkaarilaskentojen tulee olla vertailukelpoiset ja laskentojen menetelmät yhden mukaiset, jotta saadaan luotettavia tuloksia ja sitä kautta eri pakkausjärjestelmät ympäristövaikutuksiltaan vertailukelpoiseksi.

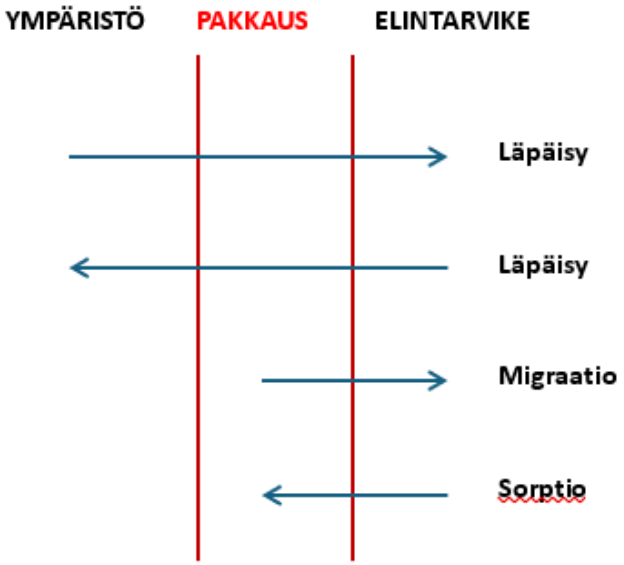
## 3.3 Materiaaleihin liittyviä määritelmiä ja ominaisuuksia

**Barrier**

Ominaisuutta, jolla kuvataan pakkausmateriaalin tuotetta suojaavaa kerrosta eli estokerrosta kutsutaan yleisesti barrieriksi. Eri materiaaleilla on erilaisia barrier-ominaisuuksia ja kykyä suojata tuotetta erilaisilta ympäristön vaikutteilta. Suojaa tarvitaan myös toiseen suuntaan, ettei tuote päästä

materiaalin läpi ympäristöön omia ominaisuuksiaan esim. hajuja, kosteutta tai rasvaa. Jotta saavutetaan optimi barrier-materiaalille, johon tuote pakataan, joudutaan usein käyttämään useita eri materiaalien yhdistelmiä. Yleisimpiä mitattavia barrier-arvoja ovat happi, rasva, vesihöyry, valo. (Vähä-Nissi, Rautakoski & Kataja 2020)

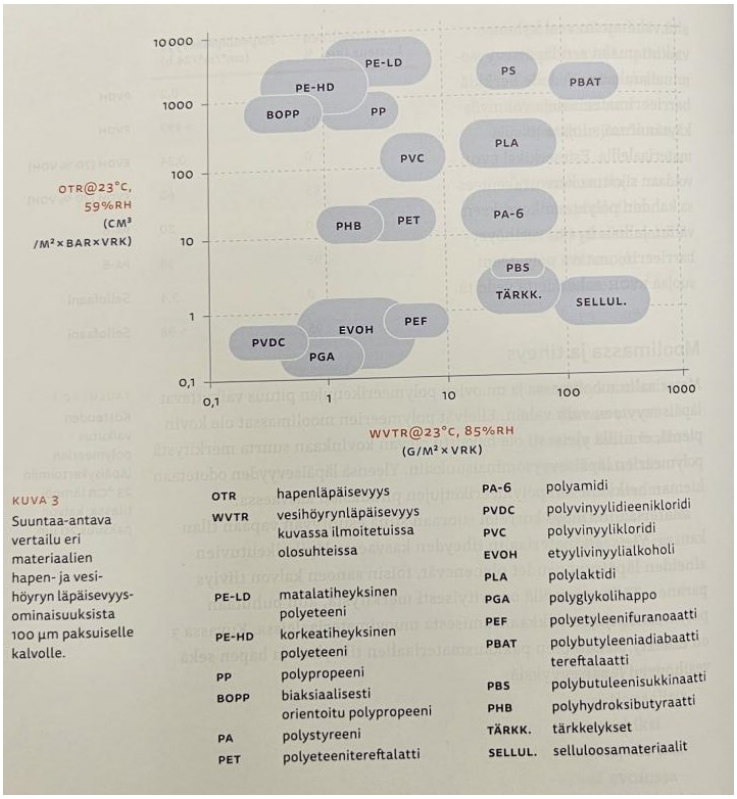
Kuviossa 8 kuvataan barrier-kerroksen tehtävää. Sen kuuluu estää tuotteelle määritellyllä tasolla joko **migraatio** eli makujen ja hajujen siirtymistä materiaalista tuotteeseen tai **sorptio** jolloin esimerkiksi tuotteessa oleva rasva pääsee sotkemaan pakkauksen.




Kuvio 8. Kuvaus tuotteen laatuun vaikuttavan aineiden liikkumisesta (Kestävä Pakkaus 2021, 44.)

Tarvittavan barrier-tasoon vaikuttaa pakattava tuote erittäin vahvasti. Myös materiaalityyppi ja sen vahvuus ovat merkityksellisiä. Eri materiaaleilla on erilaisia barrier-pitävyysarvoja. Materiaaleissa on usein mikroreikiä ja huokosia, joiden syntyminen on useimmiten haastavaa välttää. Myös olosuhteet, jossa materiaali ja tuote pakkauksessaan tullaan säilyttämään ja kuljettamaan, ovat yksi merkittävä tekijä. Materiaalin vahvuudella ja monikerrosrakenteella, (kahta tai useampaa materiaalilaatua laminoituna yhteen) voidaan päästä parempaan barrier-tasoon ja välttää mikroreikien aiheuttamaa vuotoa. Barrierin toiminnan edellytys on pakkauksen tiivis suljenta. Mikäli sauma vuotaa, menettää barrier merkityksensä. Siksi myös tuotannolla ja sen

oikealla toimivuudella on merkityksensä. (Kestävä pakkaus 2021, 45–46.) Kuviossa 9 on esimerkkinä eri muovityyppejä sijoitettuna kuvaajalla, niiden happi ja vesihöyry läpäisy barrier-arvojen mukaisesti. Barrier-arvo on määritelty suhteellisen vahvalle materiaalille, jota harvemmin on käytössä impulssikategorian tuotteilla. Mutta tätä voidaan pitää suuntaa antavana myös makeiskategorian tuotteiden pakkausmateriaaleja arvioitaessa. Makeisissa usein käytössä onkin joko PP, PE, ja PET materiaalityyppejä tai niiden yhdistelmiä.




Kuvio 9. Suuntaa antava vertailu eri materiaalien hapen ja vesihöyryn läpäisy ominaisuuksista 100 µm vahvuiselle kalvolle (Kestävä Pakkaus 2021, 44.)

**Dispersiopinnoite**

Nykyisin on yleistynyt vesipohjainen pinnoite, jota kutsutaan dispersiopinnoitteeksi. Siinä veden seassa on pieniä polymeeripartikkeleita, jotka muodostavat materiaalin pintaan barrier-suojan. Nämä partikkelit voivat olla joko biopohjaisia tai synteettisiä. Dispersiopinnoitetta saatetaan markkinoida muovittomana vaihtoehtona, mutta sitä se ei kuitenkaan ole. Mukana on polymeereja ja

ne rinnastetaan muoviin, vaikkakin olisivat biopohjaisia. (Muovisanastoa n.d.) Dispersiopinnoitteella voidaan parantaa tuotteen säilyvyysominaisuuksia ja lisätä esimerkiksi paperin tai kartonkipakkauksen barrier-ominaisuuksia. Valmistamalla dispersiopinnoite sellaisista kemikaaleista, jotka voidaan paperin kierrätyksessä hyödyntää, varmistetaan että dispersiopinnoitteinen pakkaus on täysin kierrätettävä pakkaus kartonkikierrätyksessä, toisin kun usein käytetty PE-pinnoite. Dispersiopinnoitteen avulla voidaan myös vähentää fossiilisen muovin kulutusta. (3 reasons why dispersion barrier coatings are the future of recyclable food packaging n.d.) Dispersiopinnoite on lisättävissä kartongin valmistuksen yhteydessä. Se lisätään joko erillisellä päällystysosalla samalla kun itse kartonki tehdään tai liittämällä dispersio materiaaliin erikseen päällystyskoneella. (Kestävä pakkaus 2021, 83)

## 3.4 Muovimateriaalien kierrätystapoja

Kierrättämisestä puhuttaessa kuluttajalähtöinen ajattelutapa ohjautuu siihen hetkeen, kun kotiin kerääntyneet pakkaukset viedään keräyspisteeseen. Muovin kierrätys on kokonaisuudessaan huomattavasti laajempi kokonaisuus ja se sisältää useita eri vaiheita ennen kuin keräyspisteeseen toimitetut materiaalit päätyvät uusiomuoviksi ja uudeksi tuotteeksi. Kierrätyksen lähtökohtana on tuotesuunnittelu ja -hankinta, jotta uudet materiaalit olisivat kierrätettäviä. Kun pakkaukset päätyvät kuluttajan toimittamana keräyspisteeseen, alkaa niiden matka lajittelulaitokseen, jossa materiaalit lajitellaan ja erotellaan kierrätyskelpoiset materiaalit jatkokäsittelyyn. Nämä pestään ja hajotetaan pieniksi hiutaleiksi ja jalostetaan edelleen kierrätysgranulaatiksi. Valmis kierrätysgranulaatti on valmis uusiokäyttöön sille suunnitellulle tuotteelle. Toki kyseiselle granulaatille on oltava markkina ja suunnitellut tuotteet, jotta toiminta on kannattavaa. (Koivuniemi 2019 11.)

**Mekaaninen kierrätys**

Perustana ovat mekaanisen kierrätysjakeen käsittelytekniikat, jota jo edellä kuvattiin. Mekaaninen kierrätys soveltuu lähinnä yksinkertaisisille materiaaleille, esimerkiksi muovissa monomateriaaleille. Mekaanisen kierrätyksen yksi heikkous on kierrätysjakeen arvonlasku (Tenhunen-Lunkka 2020.) Mekaanisen kierrätyksen energiakulutus on maltillinen ja materiaalihukka pieni. Kuviossa 10 on kuvattu mekaanisen kierrätyksen prosessi ja kierrätettävän materiaalin saantoprosentit.

Kuvio 10. Mekaanisen kierrätyksen kaavio (Fortum Muovinkierrätyksen keinot 2023.)

**Kemiallinen kierrätys**

Muovien yhdistelmämateriaaleja pystytään käsittelemään kemiallisen kierrätyksen avulla ja tämä tekniikka pystyy kierrättämään myös värilliset materiaalit mekaanista kierrätystä paremmin. Kemiallisessa kierrätyksessä materiaali hajotetaan takaisin sen lähtöaineiksi eli monomeereiksi. Kun materiaali on pilkottu takaisin sen lähtöaineiksi, on sen hyödyntäminen muovin raaka-aineena uudelleen tämän jälkeen mahdollista. Kierrätysmuovia voidaan valmistaa kemiallisesti kierrätetystä materiaalista yhtäläisesti kuin fossiilista, neitseellistä alkuperää oleva raaka-ainekin. Kemiallinen kierrätys mahdollistaa mekaanista kierrätystä laadukkaamman raaka-aineen, edesauttaa kierrätysasteen nostamista ja edistää kiertotaloutta. (Harlin 2022) Kuviossa 11 on kuvattu kemiallisen kierrätyksen prosessi ja saantoprosentit. Kemiallisessa kierrätyksessä huomioitavaa on kuitenkin suuri hävikki prosessin aikana.

Kuvio 11. Kemiallinen kierrätyksen kaavio (Fortum Muovinkierrätyksen keinot 2023.)

Toistaiseksi kemiallisen kierrätyksen jalosteet eivät ole hyväksyttyjä elintarvikekäyttöön kontaktimateriaalina (Muovit elintarvikekontaktimateriaalina 2023.)

# 4 Elintarvikepakkaamisen muutostarve

Pakkausteollisuus ja elintarvikepakkaajat hakevat koko ajan uusia ratkaisuja muovipakkausten korvaamiseksi. Kansalliset ja kansainväliset lainsäädännöt ja ympäristötavoitteet asettavat raameja tulevaisuuteen, niin meillä Suomessa, kuin EU:n tasolla sekä muualla maailmassa. EU on asettanut tavoitteet vuoteen 2030 vuonna 2018 julkaistun muovistrategian pohjalta. Vuoteen 2030 mennessä mm. kaikki EU:n alueelle myyntiin tulevat muovipakkaukset tulisi olla helposti kierrätettäviä tai uudelleen käytettäviä. Kevään 2024 aikana viimeistelyssä oleva pakkausjäteasetus ottaa kantaa mm. kierrätysmuovin käyttöön ja sekoitevelvoitteeseen. (Suomen muovitiekartta 2.0 2022, 21)

Opinnäytetyön toimeksiantaja yritys on saanut maakohtaiset tavoitteet konsernin taholta pakkausmateriaalien kehitykseen. Vuonna 2025 konsernissa tavoitellaan: 100 % kierrätettävät pakkausmateriaalit, 75 % kierrätysmateriaalia sisältävät pakkaukset ja 50 % kierrätysmateriaalia sisältävät muovipakkaukset. (Vastuulliset hankinnat 2024.) Näihin tavoitteisiin pääsemiseksi vaaditaan muutoksia nykyisiin käytössä oleviin pakkausmateriaaleihin. Taulukossa 1 on kuvattuna muutamia selvityksessä olevia materiaaleja kotimaan markkinoilta, jotka tarvitsevat muutosta tai ovat mahdollisia kehityskohteita kohti konsernin ja EU:n tavoitteita.

Taulukko 1. Esimerkkejä toimeksiantajan tuotteiden kehitettävien materiaali tilanteesta (Sisäinen raportointi 2024.)

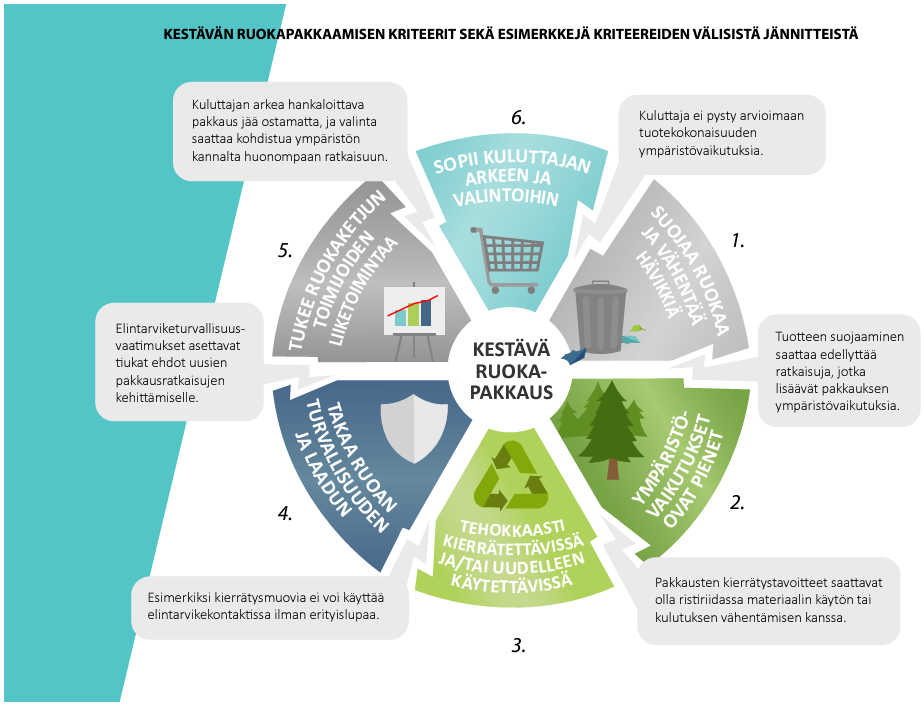
| Tuotetyyppi | Nyky materiaali | Soveltuvuus kierrätykseen | Kulutus kotimaassa (v.2023) |
|---|---|---|---|
| Makeispussi | PET/PE | Ei | 31 000 kg |
| Makeiskääre | PP | Kyllä | 9 000 kg |
| Monipakkaus | PET/PE | Ei | 121 kg |

Kaiken kaikkiaan toimeksiantajan kotimaan markkinoille tuotettu muovin määrä vuonna 2023 oli n. 174 tn. Taulukossa 1 nähtävät joustopakkausten määrä yhteensä on hiukan vajaa neljännes toimeksiantajan vuotuisesta kokonaismuovin kulutuksesta, kohdennettuna kotimaan markkinoille. (Sisäinen raportointi 2024.) Tämän opinnäytetyön tarkastelussa keskityttiin kuitenkin kotimaan markkinoille suunnattujen tuotteiden tarkasteluun.

Tavoitteet ovat erittäin haasteellisia niin EU:n kuin konserninkin tasolta. Koska vuoteen 2025 ja vuoteen 2030 on myös kohtuullisen lyhytaika, toimeksiantajalla on tiedossa, että on paljon tehtävää, jotta asetetut tavoitteet pystyttäisiin saavuttamaan. Tämän opinnäytetyön avulla tavoiteltiinkin suuntaviivoja ja vastauksia avoimiin kysymyksiin tulevien pakkausmateriaalimuutoshankkeiden osalta ja selvyyttä mihin suuntaan niiden kanssa tulisi edetä.

## 4.1 Muutostarpeen perusta

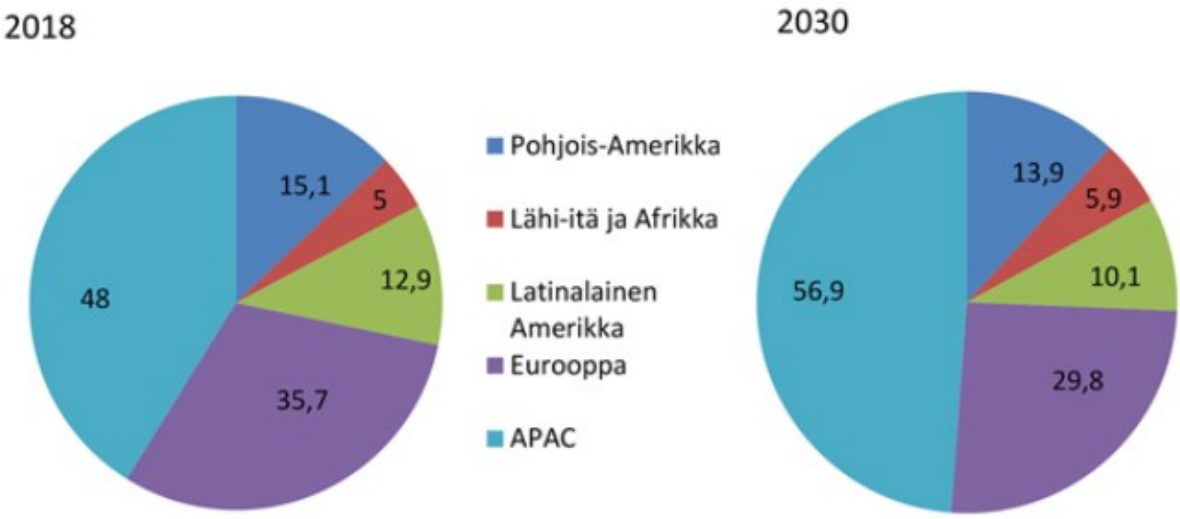
Pakkauksen tärkein tehtävä on suojata tuotetta koko logistisen ketjun matkalla, säilyttää tuote turvallisena ja tuoreena käyttäjälleen sekä vähentää ruokahävikin syntymistä. Ruokahävikin syntymisen estäminen on oleellista vähentämään tuotteen hiilidioksidipäästöjen määrää. Tässä tehtävässä pakkauksella on suuri merkitys. Pohdittaessa mitkä seikat vaikuttavat elintarvikepakkaamisen kestävyyden arviointiin, tulee ottaa huomioon koko tuotteen valmistuksen ketju, raaka-aineista ja niiden valmistuksesta lähtien aina logistiikkaan ja jätehuoltoon saakka. Verrattaessa kuitenkin itse pakkausta ja muuta tuotteen valmistamisessa syntyvää ympäristö kuormitusta on pakkauksen aiheuttama kuormitus vähäinen. Kuviossa 12 kuvataan ruokapakkaamiseen vaikuttavia tekijöitä ja niihin liittyviä haasteita.




Kuvio 12. Kestävänruokapakkaamisen kriteerit ja niiden välisiä jännitteitä (Åkerman, Sundqvist, Hakala, Harlin, Katajajuuri, Leinonen, Sonck-Rautio, Tynkkynen, Viitala, Viitanen 2021.)

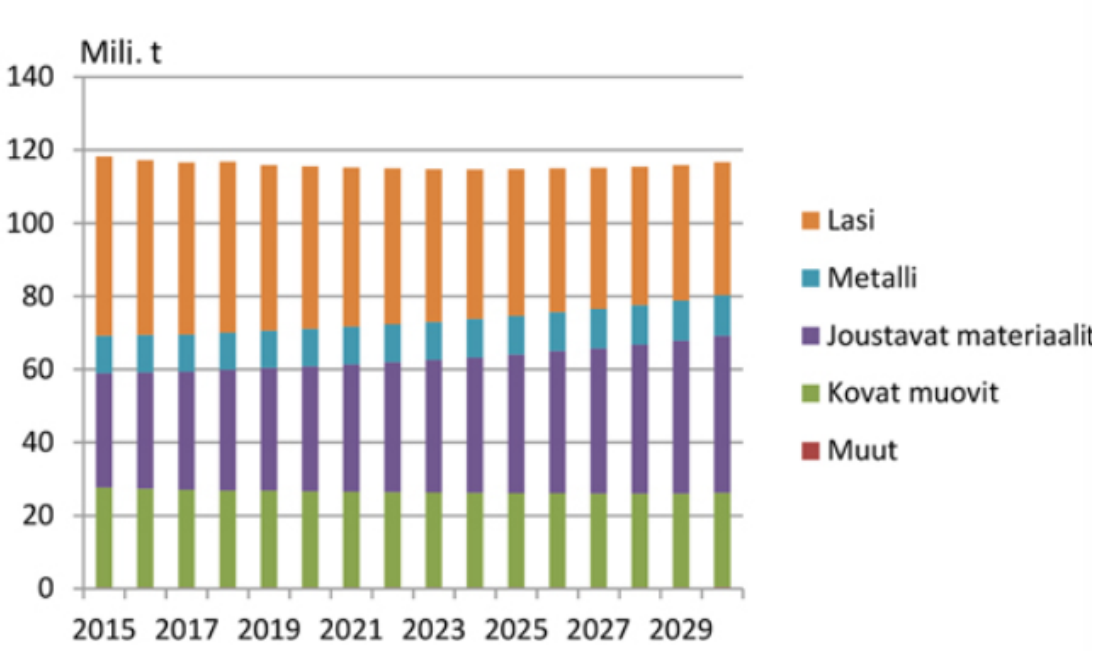
Pakkauksia ja myös muovipakkauksia tarvitaan nyt ja tulevaisuudessa, jotta voidaan taata kuluttajalle myös jatkossa turvalliset tuotteet ja tasoittaa tuotteen kohtaamia ulkoisia vaikutuksia matkalla tuotteen valmistuksesta kulutustilanteeseen. Pakkauksien määrän elintarviketeollisuudessa arvellaan kasvavan tulevaisuudessa, kuten aiemmin todettiin. Maailman väkiluku kasvaa koko ajan ja sen myötä riittävä ruokatuotannon varmistaminen onkin yksi suurimmista globaalisista haasteista (Vastuullinen ruoantuotanto 2022). Ruokatuotannon lisääntymisen tarve, luo paineen pakkausmateriaalien tuotannon ja käytön lisääntymiselle. Tämän vuoksi on tärkeää tehdä toimia niin materiaalin kulutuksen, kuin käytettävän materiaalin laadun suhteen. Työtä tähän suuntaan on yrityksissä aloitettu ja sitä tulee jatkaa edelleen entistä vahvemmin. Vastuullisen pakkauksen matka lähtee liikkeelle pakkaussuunnittelusta. Jo alkuvaiheessa pyritään tarkastelemaan materiaalien vahvuuksia, optimoimaan pakkauskokoja sekä karsimaan turhaa materiaalin käyttöä että valitsemaan vähemmän ympäristöä kuormittavia ratkaisuja.

Vuonna 2018 arveltiin pakkauksien määrän hiukan pienenevän vuoteen 2024 saakka, mutta kuitenkin vuoteen 2030 mennessä arvellaan suunnan kääntyvän kasvuun takaisin aiemmalle tasolle. Pidemmällä aikavälillä pakkausten määrän arvellaan kasvavan entisestään. Viitasen ym. (2021) mukaan Frostin ja Sullivanin (2019) esittämiä kuviota tarkasteltaessa arvioidaan eniten pakkauksien määrän kasvavan kehittyvissä maissa mm. Aasian alueella, kuten kuviosta 13 voidaan todeta.

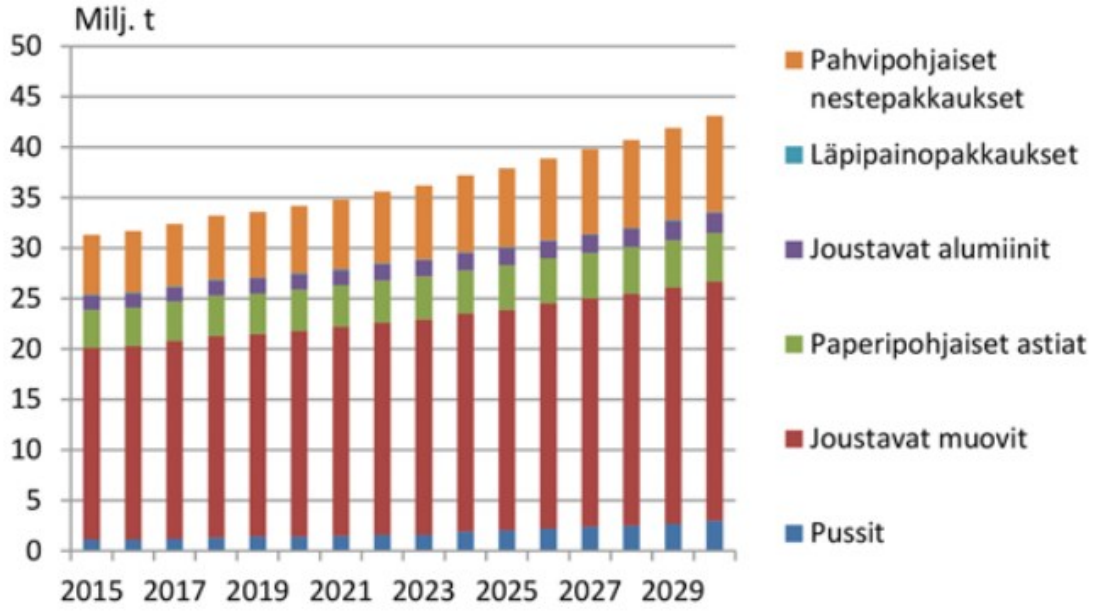



Kuvio 13. Elintarvikepakkaaminen alueittain, milj.tonnia 2018 ja 2030 (ennuste) APAC= Aasian ja tyynen-merenalue 2018–2030 (Viitanen ym. 2021.)

Kun tarkastellaan Viitasen ym. (2021) esittämiä Frostin ja Sullivanin (2019) Kuvioita 14 ja 15 eri pakkausmateriaalien käytöstä tarkemmin, on nähtävissä, miten niiden kulutuksen keskinäinen suhde jakautuu ja kehittyy. Voidaankin todeta, että niin joustopakkausten kuin kuitupakkaustenkin määrän arvellaan jatkavan kasvuaan. Osittain näiden materiaalien kasvun syynä arvellaan olevan ilmiö, jossa pyritään siirtymään painavista lasi- ja metallipakkauksista edellä mainittuihin kevyempiin materiaali vaihtoehtoihin. Myös jousto- ja kuitupakkausten valmistus ja pakkaustekniikoiden kehittyessä avautuu uusia pakkaustyyppi vaihtoehtoja perinteisten tilalle. Kuviossa 14 ja 15 on kuvattu kehitystä tarkemmin materiaaleittain ja vuosittain. (Viitanen ym. 2021)




Kuvio 14. Elintarvikepakkausmateriaalien määrien kehitys globaalisti 2015–2030 (ennuste) (Viitanen ym. 2021.)




Kuvio 15. Kuvio 15. Joustavien elintarvikepakkausmateriaalien käytön ennustettu kehitys globaalisti 2015–2030 (Viitanen ym. 2021.)

Pakkausmateriaalien laadun ja käytön määrän ohjeistuksia tulee myös yhteiskunnalta niin kansainvälisesti kuin kansallisestikin, joiden avulla on tavoitteena vähentää pakkaamisen ympäristökuormituksia ja edistää kestävää kehitystä. Viimeisimpänä EU:lla on parhaillaan viimeistelyssä oleva pakkausjäteasetus (PPWR) joka tulee antamaan tavoitteita, käyttösuosituksia ja määräyksiä EU:n jäsen valtioille. (Proposal for a revision of EU legislation on packaging and packaging waste 2022.) Esimerkkinä yhteiskunnallisesta kannustamisesta toimintatapojen muutokseen on kotimaassa vapaaehtoinen Ympäristöministeriön toteuttama Green deal -sopimus hanke 2022–2027, johon useita merkittäviä elintarvikeyrityksiä ja pakkausmateriaali toimijoita on pakkausten osalta liittynyt. Green deal -sopimuksia on kohdennettu useille eri toimialoille. Pakkausteollisuutta koskee muovisiin annospakkauksiin, niiden materiaaleihin ja käyttöön kohdentuva sopimus. Sopimuksien tavoitteena on tukea kestävää kehitystä ja auttaa ympäristötavoitteiden saavuttamisessa ja se liittyy EU direktiiviin 2019/904. (Muovisten kertakäyttöisten annospakkausten kulutuksen vähentämistä koskeva green deal-sopimus n.d.)

**Tuottajavastuu**

Valmistajat ja maahantuojat ovat vastuussa Suomessa pakkaamiensa sekä Suomeen maahantuomiensa pakkausten elinkaaresta lainsäädäntöön perustuen. Lainsäädäntö velvoittaa kaikki tuotteita maahantuovat ja valmistavat yritykset kuulumaan pakkausten tuottajavastuun piiriin. Lainsäädännön sisältöä on päivitetty vuoden 2024 alussa. Sen tavoitteena on pyrkiä ohjaamaan yrityksiä käyttämään pakkausmateriaaleja vähemmän, valitsemaan helposti kierrätettäviä ja ympäristöystävällisempiä materiaaleja. Tuottajavastuun piirissä olevat yritykset maksavat maksuja tuottamistaan pakkauksista materiaalikohtaisesti. (Rinki 2023.) Viime vuosien ja tulevaisuudenkin suuntana ovat kasvavat muovimateriaalien tuottajavastuumaksut ja tällä osaltaan pyritäänkin ohjaamaan pakkauskehitystä kestävämpään suuntaan. Kehitys pakkausmateriaaleissa on ollut viime vuosina nopeaa ja uusia materiaaleja kehitetään markkinoille taajaan. Uudet materiaalit saattavat olla täysin uusia yhdistelmiä. Pakkausmateriaalien käyttäjien saattaa olla haastavaa selvittää, onko kyseinen uusi ratkaisu todellisuudessa yhtään sen vastuullisempi vaihtoehto, kuin käytössä oleva ratkaisu. Kartoittaessa mahdollisia uusia materiaalivaihtoehtoja on tärkeää muistaa selvittää materiaalin todelliset säilyvyys- ja toiminnallisuusominaisuudet mm. tuotantotestein. Tärkeintä on aina huomioida pakkauksen ydintehtävä tuotteen suojaajana. Uusien materiaalien kartoittaminen ja soveltuvuuden selvittäminen tuotteelle vie aikaa ja tuo kustannuksia yritykselle jo testausvaiheessa. Tämän vuoksi jo ennen testejä on tärkeää saada mahdollisimman avointa tietoa materiaalista ja ymmärtää taustoja, kun arvioidaan hyötyä testausten aloittamiselle. Usein uudet ratkaisut ovat myös kalliimpia vaihtoehtoja ja toisaalta niiden saatavuus voi olla rajallista, jonka vuoksi käyttöönotto ei ole kuitenkaan välttämättä kannattavaa tai edes mahdollista. Usein vaihdettaessa muovimateriaali toiseen, esimerkiksi paperimateriaaliin, joudutaan valitsemaan aiempaa paksumpi materiaali. Tämä voi olla ainut vaihtoehto saada uuteen materiaaliin riittävät suojausominaisuudet. Tämän seurauksena käytetyt pakkausmateriaalikilot kasvavat, kun vaihdetaan muovimateriaali uusiutuvasta raaka-aineesta valmistettuun pakkausratkaisuun.

## 4.2 Ympäristövaikutuksia

**Roskaantuminen**

Ihmiset ovat tulleet hyvin tietoisiksi ilmaston muutoksesta, roskaantumisesta ja niiden vaikutuksista ympäristöömme. Uutisointi valtamerten muovilautoista on vahvistanut vastarintaa muovipakkauksia kohtaan entisestään (Elintarvikepakkaaminen muuttaa muotoaan 2021). Kuitenkin tutkimusten mukaan itseasiassa luontoon päätyvä muovi on merten muovilauttoihin verrattuna kaksi kertaa suurempi ongelma. OECD on julkaiseman raportin mukaan lähes kolme kertaa enemmän muovijätettä jää keräämättä tai vuotaa luontoon, kuin mitä sitä kierrätetään uusiomuoviksi. Kuviossa 16 nähdään esimerkkinä vesistöjen muovi ongelmaa vuoristojen lahden pohjukkaan kasaantunut muovilautta Karpaateilla.

Kuvio 16. Muoviroskaa Karpaattien vuoristojoessa (Saarinen 2022, kuva: Adobe Stock 2021.)

Kaikesta muovijätteestä on 40 % pakkausmuovia, jonka elinkaari on vain alle puoli vuotta. Muovijätettä syntyi vuonna 2020, 353 miljoonaa tonnia. Määrä on yli kaksinkertaistunut vuodesta 2000.

Luontoon päätyvän muovin määrästä makromuovit (osuus 88 % muovivuodosta) ovatkin merkittävästi isompi haaste kuin mikromuovit. Raportin mukaan luontoon arvioidaan päätyvän 13 miljoonaa tonnia muoviroskaa ja meriin siitä vajaa puolet eli 6,1 tonnia. (Saarinen 2022.) Tutkimus tämän suhteen on selvästi haasteellista. WWF:n mukaan meriin arvioidaan päätyvän 9–14 miljoonaa tonnia vuosittain muovia maailman laajuisesti. Tämä on merkittävästi enemmän kuin OECD:n raportin mukainen määrä. WWF:n mukaan muovin kokonaismäärä merissä olisi nyt yli 150 Milj tonnia. Mikäli toimia ei tehdä asian parantamiseksi voi roskan määrä jopa nelinkertaistua vuoteen 2050 mennessä. Haasteellisuutta ja arvioiden epätarkkuutta lisää määrän arvioimisen vaikeus. Suurin osa muovista painuu vesistöjen pohjaan ja vain osa jää kellumaan pinnalle. (Merten muoviroska n.d.) OECD arvioi, että vuosien varrella maailman vesistöihin on kerääntynyt kaiken kaikkiaan 139 miljoonaa tonnia muoviroskaa. Kuitenkin vain 29 tonnia on saatu virallisesti kierrätettyä uusiomuoviksi globaalilla tasolla. Määrä kuulostaa paljolta ja sitä se toki onkin, mutta määrä on kuitenkin ainoastaan 9 % kaikesta syntyvästä muovijätteestä. (Saarinen 2022.) Meriin päätyvä muoviroska on alun perin peräisin pääasiallisesti kaatopaikoilta, jotka sijaitsevat merien ja jokien läheisyydessä, jäte ja hulevesien kuljettamina ja roskaamisesta. Ylipäätään maalta meriin päätyvä muoviroskan määrä on 80 % kokonaisuudessaan merien muoviroskasta. Aasian alue ja sen heikkojätehuolto on suurin merten roskaantumisen aiheuttaja. Yli puolet merten suurista roskista on peräisin Kiinasta, Indonesiasta, Filippiineiltä, Thaimaasta ja Vietnamista. Kehittyneissä maissa kuten Suomessa meriin päätyvästä muovista yli puolet on taas mikromuovia.

**Muovin kierrätys**

Yhtenä ongelmana tavoitteiden asetannassa on muovipakkausten kierrätyksen alhainen kierrätysaste. EU:n tavoitteena on nostaa muovin kierrätysaste 50 %:iin v. 2025 mennessä. Vuonna 2023 muovijätteistä vain noin 30 % päätyi kierrätykseen. (Muovipakkausten uusi raportointi alkaa – tavoitteena nostaa muovin kierrätystä 2023.) Toisena haasteena on toistaiseksi kierrätysmateriaalin rajallinen hyödynnettävyys uudeksi tuotteeksi. Kierrätysmateriaalin valmistaminen on liiketoimintaa. Tietyille kerätyille jakeille ei ole toistaiseksi joko riittävästi kysyntää jatkokäyttöön tai materiaalivirta ei ole riittävän suurta, ei niistä ole kannattavaa valmistaa kierrätysgranulaattia, vaan ne päätyvät polttoon energiaksi. EU:n laatiman PPWR:n esityksen mukaan tulevaisuudessa muovipakkauksille tulisi määrätty prosenttiosuus minkä verran kaikissa muovipakkauksissa pitäisi olla mukana kierrätysmuovia (Provisional agreement on proposal for regulation concerning packaging and

packaging waste 2024). Yksityiskohdat tarkentuvat asetuksen hyväksymisen myötä, mutta esitys tuo varmasti vauhditusta kierrätysmateriaalin käytön lisäämiseen ja materiaalin tarjonnan kasvuun. Tämä tulee kuitenkin olemaan haasteellista elintarvikepakkaamiselle. Lainsäädäntöön täytynee tulla muutoksia ja / tai tarjontaa lisätä merkittävästi, jotta tämä olisi mahdollista toteuttaa.

Muovin kierrätystä materiaaleittain on avattu tarkemmin Taulukossa 2, jossa on kuvattuna eri muovilaatujen soveltuvuutta lajittelusta aina uusiomarkkinoille Suomen näkökulmasta katsottuna. Vastaava pätee pääpiireteittäin myös kansainvälisillä markkinoilla. Mikäli materiaalityyppi on saanut kolme Ok:ta, voidaan sitä kutsua kierrätettäväksi (Opas kierrätyskelpoisen muovipakkauksen suunnitteluun n.d).

Taulukko 2. Muovilaatujen sopivuus laitosmaiseen lajitteluun, jatkokäsittelyyn ja syntyvän uusiomuovin markkinatilanne (Opas kierrätyskelpoisen muovipakkauksen suunnitteluun n.d.)

| | **Lajittelu** | **Jatkokäsittely** | **Markkinat** |
|---|---|---|---|
| LDPE- kalvo (myös green PE) | Ok | Ok | Ok |
| HDPE | Ok | Ok | Ok |
| PP kovat pakkaukset | Ok | Ok | Ok |
| PP-kalvo | Ok | (Ok)* | - |
| A-PET | Ok | Ok | Ok |
| C-PET ja PET-G | (Ok) | - | - |
| PS | Ok | (Ok)** | -*** |
| EPS**** | - | - | - |
| PVC***** ja PVDC | Ok | - | - |
| PLA ja muut biohajoavat | - | - | - |
| OXO-hajoavat | - | - | - |

* Uusiomuovista valmistettu PP-kalvo ei ole kirkas
**PS lajitellaan ns. sekamuoviryhmään, jonka kierrätys on tapauskohtaista
*** Käyttö vähäistä, rajalliset markkinat
**** EPS (styrox) kuluttajapakkaukset; yrityspakkauksilla omat kierrätysjärjestelmänsä
*****PVC ei sovi kuluttajapakkauskierrätykseen

Elintarvikepakkauksissa kierrätysmateriaalin käyttömahdollisuudet ovat hyvin rajalliset. Lokakuussa 2022 voimaan tuleen EU:n kierrätysasetuksen mukaan on kaksi hyväksyttyä kierrätystekniikkaa käytettäväksi elintarvikepakkausmuoviin. Jo aiemmin tuttu suljetun kierron PET pullojen

(käytännössä panttipullot) elintarvikekelpoisen uusiokäytön rinnalle on noussut kulutuksen jälkeinen mekaaninen kierto samaiselle PET muoville. Tämän uuden materiaalityypin kierrätykseen liittyy tarkka valvonta ja ohjeistus, kuinka sen prosessi etenee. (Kierrätysmuoviasetus (EU)1616/2022.) Säädetty ohjeistus perustuu uusiomateriaalin soveltuvuuden varmistamiseksi käytettävälle tuotteelle.

Teknologinen kehitys kierrätysmateriaalin hyödyntämiseen ja lainsäädännön tarkastelu ja yhteiskunnalliset toimet, ovat avainasemassa mahdollisuudelle laajentaa kierrätysmateriaalien hyötykäyttöä elintarvikepakkauksissa.

**Materiaalien ja pakkausten prosessit**

Ympäristönkuormitusta tapahtuu mm. pakkausmateriaalien valmistusprosessissa, logistiikassa ja materiaalin työstämisessä pakkaukseksi. Jotta pakkauksen ympäristövaikutus voitaisiin aivan kokonaisuudessaan arvioida, tulisi tehdä elinkaarilaskenta ja huomioida koko ketju raaka-ainelähteen alkujuurilta pakattavan tuotteen valmistamiseen ja pakkauksen mahdolliseen uudelleen käyttämiseen tai kierrättämiseen saakka. Vaikka kuinka arvioidaan useilla erilaisilla mittareilla ympäristövaikutuksia, voi silti eteen tulla ristiriitaisia tilanteita. Lähtökohtaisesti materiaalin kierrättäminen kohdistuu neitseellisen materiaalin käyttöön. Käytettäessä kierrätysmateriaalia, pakkauksen ympäristövaikutus pienenee. (Harlin 2023.)

Fossiilisen muovin ympäristö vaikutusten osuus koko öljyn tuotannosta on suhteellisen pieni, kuten luvussa 3.2.1. todettiin.  Suurimmat ongelmat fossiilisen öljyn käytössä on sen polttamisesta aiheuttavat päästöt ja sen myötä ilmaston lämpeneminen. Fossiilisien öljyn käytöstä aiheutuu ympäristövaikutuksia myös muovin valmistamiseen ohjautumisessa. Öljyn päätyminen ympäristöön aiheuttaa vahinkoa kasveille ja eläimille sekä vesistöille alueilla, joilta öljyä pumpataan. (Fossiilisten polttoaineiden ympäristöongelmat n.d.)

Biopohjaisten muovien ympäristövaikutuksia pohdittaessa nousee maankäytölliset asiat esiin. Kyseenalaista on pakkausmateriaalin raaka-aineen valmistaminen sellaisesta lähteestä, joka soveltuisi myös ruokatuotantoon, kuten maissi, viljat, sokerijuurikas ja erilaiset kasviöljyt kuten rypsi ja rapsi. Usein kyllä tuodaan esiin raaka-aineen olevan peräsisin sivuvirrasta. Eri asia on sellaiset lajit,

jotka eivät ainakaan suoraan sovellu ruuan tuotantoon, esimerkiksi sokeriruo'on kuitu (bagasse), maissin varret tai elintarviketeollisuuden jäterasvat tai muut tuotantojen sivuvirrat, kuten mäntyöljy. Toisaalta kyseenalaistamista aiheuttaa myös se, kuinka paljon välillisesti näiden sivuvirtojen kysynnän kasvu nostaa itse päätuotteen kasvattamista ja onko kasvattamisen lisääminen järkevää. Samalla saatetaan viedä maankäytöllistä aluetta ruokatuotannon kasvien laajentamiselta. (Leinonen ym. 2022, 12)

Kuitupohjaisten materiaalien kuten paperimateriaalien valmistuksessa käytetään paljon energiaa. Vaikkakin usein metsäteollisuuden valmistavat laitokset ovat hyvin energia omavaraisia, on kulutettavan energian määrä suuri. Metsäteollisuudessa on kehitetty ratkaisuja jo vuosia sitten, joiden avulle on pystytty käyttämään omaa tuotannosta syntyvää jätettä tarvitsemaansa energian tuotantoon. Esimerkiksi puun kuorta ja lisäksi käytetään muita uusiutuvan energian lähteitä esimerkiksi vesivoimaa. Fossiilisen polttoaineen käyttöä ei ole juurikaan ollut enää pitkään aikaan. Kierrätysraaka-aineen hyödyntäminen Suomen metsäteollisuudessa on valitettavan vähäistä. Vaikka Suomessa paperi ja kartonki pakkausten kierrätys on hyvällä tasolla, viedään Suomen tuotannosta iso osa valmistuksesta vientiin, joka ei meille palaudu kierrätysmateriaalina. Tämän vuoksi joudutaan valmistuksessa käyttämään paljon uutta raaka-ainetta. (Seppälä, Klemetti, Kortelainen, Lyytikäinen, Siitonen, Sironen 1999, 16.)

Tänä päivänä on metsäteollisuuden energia tuotannot kehittyneet paljon ja nykyään pystytäänkin talteen ottamaan muodostuvat hiilidioksidipäästöt ja hyötykäyttämään ne biokaasun muodostumisena. Päästöjä metsäteollisuus on onnistunut vähentämään kaiken kaikkiaan merkittävästi. Vesistöjen hapen kulutuksessa metsäteollisuus on edelleen yksi isoimmista aiheuttajista. Toinen iso ympäristöä kuormittava vaihe on sellun valkaisu. Siitä huolimatta vaikka kemikaalien käyttöä on parannettu ja tekniikoita kehitetty. Jätevesien seuranta on ollut systemaattista jo pitkään ja niissä olevien happea kuluttavien aineiden vähennykseen on kiinnitetty erityistä huomiota ja saatu parannettua tilannetta. Veden kulutus on yksi merkittävä yksi iso tekijä kuitumateriaalien valmistuksessa. Veden kulutuksen vähentämiseksi on tehty kehitystyötä, mutta tosiasia on, että vettä tarvitaan kuitujen työstämisessä ja materiaalien valmistuksessa. Materiaalin laatu ja paperivalmistuksen toimivuus ovat usein riippuvaisia veden käytön määrästä. Vettä kuitenkin pyritään kierrättämään tehtaan sisällä mahdollisimman paljon ja hyödyntämään käytettyä vettä eri prosessien vaiheissa, puhdistusmenetelmien kautta. (Seppälä ym. 1999, 169–172.)

# 5 Fossiilisen muovin vaihtoehtoja elintarvikkeen joustopakkaukselle

Aiemmin jo käsiteltiin lyhyesti materiaaleihin liittyviä määritelmiä. Seuraavassa otetaan syvempi katsaus materiaaleihin, joihin tämän työn selvityksessä keskityttiin. Lisäksi kuvataan materiaalien käyttöön liittyviä tuotannollisia tekijöitä.

Arvioitaessa materiaalin soveltuvuutta automatisoituneeseen teolliseen pakkaamiseen, käytännössä fossiilisen joustopakkauksen vaihtoehtoisen materiaalin täytyy olla ominaisuuksiltaan hyvin samankaltainen, jotta se soveltuu teknisesti käytettäväksi olemassa olevilla pakkauslaitteistoilla. Myös tuotantonopeudet tulisi pystyä pitämään yhtäläisenä, jotta tuotanto olisi edelleen yhtä kannattavaa vaihtoehtoisella materiaalilla. On todennäköistä, että vastaan tulee tilanne, vaikka teoreettisesti materiaalin pitäisi toimia samoilla laitteilla, voi testauksissa ilmetä toimintaongelmia, joita ei ole osattu ennakoida. Jopa pienet muutokset materiaaleissa saattavat aiheuttaa haasteita ajettavuudessa. Uuden materiaalin kitkaominaisuudet voivat esimerkiksi aiheuttaa vaikeuksia pakkauksen siirtymisessä pakkauslinjalla eteenpäin tai tuotteen kartonoinnissa. (Lehtinen 2021, 224.) Materiaalien saumautuminen ja leikkaantuminen ovat kriittisiä pisteitä. Varsinkin vanhempien pakkauskoneiden kohdalla, niiden säädöt eivät ole välttämättä uusien laitteiden veroisia ja yhtä monipuolisia. Tekniikat saattavat olla yksinkertaisia ja koneet ovat suunniteltu tietylle käytössä olleelle fossiiliselle muovimateriaalille. On myös laitteita, jotka ovat optimoituja yhdistelmämateriaalille esimerkiksi PET/PE ja tällaiselle ei välttämättä pysty vaihtamaan monomateriaalia, vaikka niin haluttaisiin. Biopohjainen muovi on todennäköisesti helpompi saada toimivaksi pakkauskoneella sen yhtäläisten ominaisuuksien vuoksi verrattuna fossiiliseen muovimateriaaliin. Kuitupakkauksien (paperi) käyttöönotossa on ennakoitavissa eniten haasteita, johtuen paperimateriaalin erilaisuudesta muoviin liittyen. Usein paperin on oltava myös paksumpi kuin vastaava muovimateriaali, joka sekin osaltaan on tuomassa haasteita toimivuuteen. Kuidusta valmistettu paperimateriaali eroaa paljon muovimateriaalista ominaisuuksiensa vuoksi. Tämän vuoksi paperin vaihtaminen muovin tilalle ei ole lainkaan niin yksinkertaista. Tavoiteltu materiaalimuutos saattaa edellyttää merkittäviä laiteinvestointeja. Myös tuotannon tehokas toiminta saattaa vaatia laitemuutoksia. Materiaalin vaihtaminen ei ole siis pelkästään kiinni tuotteelle sopivan materiaalin löytämisestä sen säilyvyyden suhteen. Usein tekniset asiat nousevat jopa merkittäväksi haasteeksi.

Biopohjaisista raaka-aineista valmistettuja vaihtoehtoisia materiaaleja ovat esimerkiksi erilaiset polymeerityyppiset, fossiilisen muovin kaltaiset materiaalit, kierrätysmuoviset- ja kuitupohjaiset

materiaalit ja kuitupohjaisista lähinnä erilaiset paperi- tai selluloosamateriaalit. Vaihtoehtoiseen materiaalin valintaan vaikuttaa käytettävän pakkauslaitteiston soveltuvuuden lisäksi tuotteen asettamat vaatimukset säilyvyysominaisuuksien suhteen. Elintarviketeollisuudessa tärkeä huomioitava seikka on pakkausmateriaalin estokerros eli barrier-taso. Pakkauksen tulee suojata tuotetta ympäristövaikutuksilta ja tuotteen kontaminoitumiselta. Toisaalta aivan yhtä tärkeää on pakkauksen tuotteen säilyttämisominaisuudet. Pakkauksen tulee suojata tuotetta hapelta, vesihöyryn siirtymiseltä. Myös rasvan pitävyys ja valon läpäisemättömyys ovat usein kriittisiä tekijöitä. Jossain tuotteessa saattaa olla öljypohjainen pinnoite, joka vaatiikin kovemman barrier-tason kuin toinen tuotteessa käytettävä pinnoite, kuten esimerkiksi makeisissa erilaiset raetuotteet. Toisaalta jos materiaalin vesihöyryn läpäiseväisyys on matalalla tasolla, saattaa tuote kuivua tai toisaalta tuote saattaa imeä kosteutta itseensä ulkopuolelta. Herkkiä kuivumiselle ovat mm. lakritsituotteet. Kosteuden ja/tai hapen siirtymiselle pakkauksen ulkopuolelta tuotteeseen on taas esimerkkinä erilaiset snackstuotteet, kuten perunalastut, maissisnacksit, popcornit tai muut rapeat tuotteet. Myös tuotteeseen lisätty maku- tai tekstuurikomponentti voi tuoda haasteita tuotteen säilyvyydelle ja pakkauksen barrierille. On huomioitava myös mahdollisten makumuutosten tapahtuminen ulkoisten tekijöiden vuoksi. Myymälässä vierekkäin myytävät makeiset ja hajuvedet voivat aiheuttaa syötävään tuotteeseen makumuutoksia, mikä voi tapahtua sorption seurauksena, mikäli pakkaus ei suojaa tuotetta tarpeeksi hyvin. (Vähä-Nissi ym. 2020.)

## 5.1 Biopohjaiset materiaalit

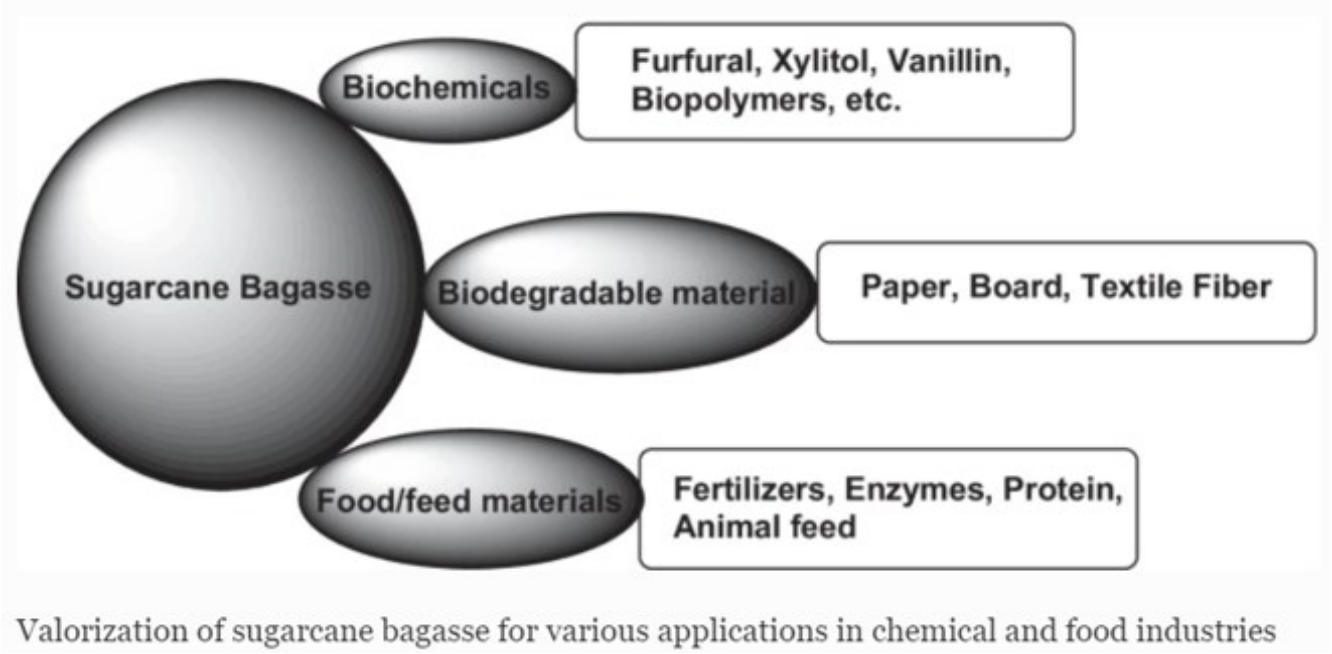
Muoveista Euroopan laajuisesti käytetään n. 40 % pakkausteollisuudessa. Biomuoveja valmistetaan vain noin 0,6 % muovivalmistuksen kokonaismäärästä (2021). Biomuoveiksi lasketaan sekä biopohjaiset eli uusiutuvista lähteistä peräisin olevat muovit, sekä biohajoavat muovit, jotka voivat olla myös fossiilista alkuperää. Biohajoavien muovien osuus on yli puolet (n. 60 %) biomuovien kokonaisuudesta. Tilanne muuttuu vuosittain uusien ratkaisuiden tullessa markkinoille ja sen onkin ennustettu kasvavan tulevina vuosina n. 17 % /vuosi. Vuonna 2030 biomuovien markkinan arvioidaan olevan n. 6–7 % kaikista muoveista. (Leinonen ym. 2022, 8.)

### 5.1.1 Sokeriruoko ja maissi

Pakkausmateriaaleihin viimeaikojen ensimmäiset teollisen mittakaavan muovibiopohjaiset muovit ovat olleet lähtöisin lähinnä sokeriruo’osta. Tämä mielletäänkin luontaisesti uusiutuvaksi raaka-

aineeksi nopean kasvutahtinsa vuoksi. Tällaisissa myös ruokatuotantoon käytettävissä raaka-aineessa on oltava tarkkana, ettei materiaali ole lähtöisin sellaisesta osasta, joka sopisi ns. korkeamman luokan käyttöön eli ravinnoksi. Raaka-aineen tulee olla peräisin tuotteen sivuvirroista, käytettäessä pakkausmateriaalien lähteenä. Ei ole myöskään kestävän kehityksen kannalta hyväksi, että pakkausmateriaalien raaka-aineiden kasvatus veisi viljelypinta-alaa ruokatuotannon muulta viljelyltä. Ekologinen positiivisuus kääntyy nopeasti itseään vastaan, niin viljelypinta-alan varaamisen puolesta, kuin ruokatuotantoon kelpaavien osien hyödyntämisestä pakkausmateriaaliksi. (Kohvakka & Lehtinen 2019, 125.)

Sokeriruoko on monipuolinen raaka-aine, sitä voidaan hyödyntää hyvin monen erityyppiseksi materiaaliksi. Kuviossa 17 on sen vaihtoehtoisia käyttökohteita ja niiden merkittävyyttä kuvattuna kuvioiden suuruudella pääpiirteittäin:




Kuvio 17. Sokeriruoko bagassin käytön jakautuminen eri sovelluksiin (Singh, Sharma, Sambyal, 2022.)

Vaihtoehtojen laajuuden takia, myös kilpailu käyttökohteiden kesken on kovaa. Koska käyttökohteita on paljon, on olemassa suuri riski siihen, että sokeriruo'on kasvatusta lisätään väärin perustein. Tämä on todellinen haaste tulevaisuudessa niin maailman väkiluvun kasvun ja lisääntyvän

ruokatuotannon tarpeen, kuin pakkausmateriaalimäärien kasvun suhteen. Vastaava riski on olemassa myös muilla viljellyillä raaka-aineilla.

Pakkausmateriaalisektorilla sokeriruoko on varsin monipuolinen materiaali käyttökohteiltaan. Brasialialainen Braskem lienee tunnetuin ja suurin sokeriruokoraaka-aineen valmistaja ja sen käyttökohteita kehitetään jatkuvasti. Polymeerityyppisten muovituotteiden raaka-aineena sen ominaisuudet fossiilisen muovin korvaajana, ovat hyvät niin teknisen toimivuuden, kuin erilaisten barrieerien suhteen. Jo pitkään on ollut saatavilla muoveina polyeteeniä (PE), mutta nykyään myös Polypropeenia (PP). Sokeriruokoa voidaan hyödyntää myös biohajoavien materiaalien valmistukseen ja lisäksi myös erilaisiin kuitupakkauksiin, kuten laatikoihin. (Singh, Sharma, Sambyal, 2022.) Maissia käytetään sokeriruo'on rinnalla myös biomassan raaka-aineena, josta voidaan valmistaa myös pakkauksia. PLA:ta (polylaktidi) käytetään esimerkiksi erilaisissa rasioissa, juomamukeissa, pilleissä ja kartongin pinnoitteissa. PLA ratkaisut ovat biohajoavia. Maissista valmistettuna pakkaus muodostuu reilu kolmannes pienemmällä energian kulutuksella, kuin valmistettuna fossiilisesta öljystä. (Desmond 2022) Huomioitavaa on, että PLA ei ole kierrätettävä vaan biohajoava, eli uuden PLA pohjaisen tuotteen valmistamiseen tarvitaan jälleen uutta raaka-ainetta.

### 5.1.2 Puukuidut, selluloosa, biomassat

**Puukuitu**

Monikäyttöisyydessään puukuitu on potentiaalinen tulevaisuuden materiaali, joka soveltuu käytettäväksi esimerkiksi tukipakkauksien raaka-aineeksi. Kuviossa 18 nähdään mallinnos kuitupohjaisesta valetusta pakkauksesta kuljetusta varten.

Kuvio 18. Puukuidusta valmistettu valettu pakkaus.

Materiaali on kevyttä ja voidaan lajitella kartonkikeräykseen. Sillä on helppo korvat esimerkiksi kuplamuovia ja polystyreeniä (Styrox). Myös elintarviketeollisuus tätä voisi hyödyntää tuotteilla, jotka vaativat hyvää suojaa vaativissa logistisissa olosuhteissa, esim. verkkokauppatoimituksissa. Valmistusmuottikustannus tällaiselle puukuitupakkaukselle on huomattavasti alempi kuin Styroxille. Tämä tuo myös taloudellista hyötyä. (Ympäristöystävällinen ja helposti kierrätettävä pakkausmateriaali n.d.)

**Selluloosa** on mahdollista hyödyntää biomassankautta myös muovin kaltaiseksi kirkkaaksi materiaaliksi. Tämän tyyppinen materiaali on periaatteessa valmis toimivaksi olemassa olevilla linjastoilla, joilla muovikalvoja käytetään pakkausmateriaalina. Materiaalista voidaan valmistaa mm. pusseja, kääreitä, rasioita ja kelmuja ja on hyödynnettävissä kartongin päällystämiseen antamaan suojaa mm. nesteille. (Puupohjainen lasinkirkas pakkausmateriaali muovin korvaamiseen n.d.)

Selluloosaa valmistetaan useimmiten puusta, mutta toisaalta se on myös puukuidun yksi osa kuten ligniini ja hemiselluloosakin. Selluloosaa käytetään paperinvalmistuksessa. Sellu tai selluloosa muodostuu keittämällä puuta eri kemikaaleissa. (Forest sanasto n.d.) Selluloosaa on saatavissa myös muista kasveista, mutta lisäksi myös levien ja bakteerien avulla. Käyttökohteita pakkauksien lisäksi löytyy myös vaatteissa ja myös elintarvikkeissa. Selluloosa onkin taipuvainen monentyyppisiin tuotteisiin. Se voi olla tulevaisuudessa kehityksen myötä hyvinkin potentiaalinen raaka-aine monelle tuotteelle. (Kääriäinen 2016.)

**Kaura tai muut kasvipohjaiset biomassasovellukset** Suomessa on tehty paljon kehitystyötä yhdessä eri toimijoiden kanssa, jossa on selvitetty mahdollisuuksia hyödyntää erilaisia sivuvirtoja pakkausmateriaalien valmistuksessa. Kuviossa 19 nähtävissä esimerkkinä Herää Pahvi! -hankkeen tiimoilta onnistuneesti valmistettuja paperipakkauksia kauran kuoresta, jossa voi tuntea kauran kuoren rouheisuuden.

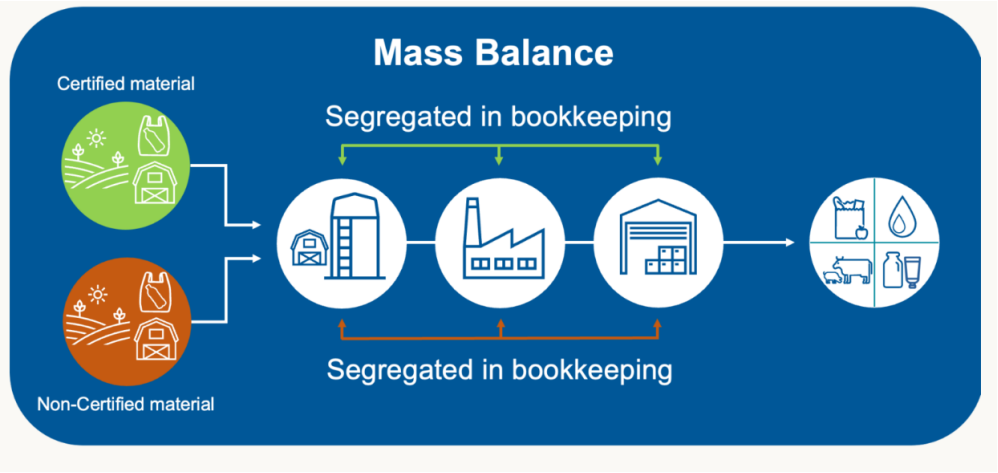
Kuvio 19. Kauran kuoresta valmistettuja paperi pakkauksia.

Yhtä lailla voitaisiin raaka-aineena käyttää esimerkiksi tomaatin tai kurkun varsia. Sivuvirtojen hyödyntäminen pakkausmateriaalien raaka-aineena on merkittävä kiertotaloutta edistävä teko. Pilottiprojektissa valmistettiin paperia havusellun sijaan kauralla. Vastaavalla tavalla voitaisiin hyödyntää myös muita maataloustuotantomme sivuvirtoja ja valmistaa näistä pakkauksia esimerkiksi vihanneksillemme. (Kauran kuoresta pakkauksia n.d.)

### 5.1.3 Massabalanssiperiaatteellinen öljy

**Massatasemuovi,** jota kutsutaan myös **massabalanssimuoviksi,** koostuu fossiilisesta muovista, jonka sekaan on lisätty määritelty prosenttimäärä biopohjaista- ja/tai kierrätysmuovi lähteistä raaka-ainetta (Biomuoviopas 2.0 2020, 40). Massabalanssimuovin lähtökohtainen ajatus on ostaa tietty määrä biopohjaista muoviraaka-ainetta ja sekoittaa se fossiilisen raaka-aineen sekaan. Tämä on erittäin toimiva vaihtoehto silloin, kun ei ole mahdollista taata 100 % saatavuutta halutulle raaka-aineelle, mutta kuitenkin halutaan edistää vastuullisempaa materiaalin valmistusta. Massabalanssimuovi onkin noussut tunnetuksi pakkausmateriaaleissa esim. ISCC sertifioituna raaka-aineena. Sertifiointi takaa järjestelmän luotettavuuden ja vastuullisen toiminnan. Kuvioissa 20 on

kuvattu massabalanssiperiaatteella ISCC sertifioidun raaka-aineen muodostumista ja matkaa sertifioiduksi raaka-aineeksi. Massatasemuovin sertifioitu materiaalin osuus voi olla peräisin valinnan mukaan joko biopohjaisesta lähteestä tai kierrätetystä materiaalista. (The Mass-balance approach n.d.)




Kuvio 20. The mass balance approach along the supply chain (The Mass-balance approach, n.d.)

Massabalanssiperiaate on kuluttajille tullut tutuksi myös muista tuotteista. Vastaavalla tavalla tuotetaan vastuullisempaa sähköä, kuten esimerkiksi tuulisähkö.

## 5.2 Kierrätysmateriaalit

Elintarviketeollisuudella on suurena haasteena kierrätysmateriaalien käyttämisen rajoitteet elintarvikekontaktissa. Lokakuussa 2022 voimaan tulleen EU:n uuden kierrätysmuoviasetuksen 1616/2022 mukaan kierrätysmuovin käyttö on sallittua elintarvikekontaktissa joko suljetusta kierrosta peräisin oleva tai mekaanisesta kierrätyksestä tuleva elintarvikelaatuinen PET muovi. Mekaanisen kierrätyksen PET muovin hyväksyminen vaatii kuitenkin erillistä hyväksyntää tapauskohtaisesti. (EU A 1616/2022.) Käytännössä helpoiten voidaan hyödyntää palautuspulloista saatavaa rPET-materiaalia, jolle on jo järjestelmä olemassa. Suljetun kierron rPET onkin erittäin haluttu materiaali pakkauksiin joihin PET materiaali soveltuu. Suljetussa kierrossa voidaan taata materiaalin turvallisuus eikä joukkoon eksy väärää materiaalia.

Niin muovin kuin muidenkin materiaalien lajittelu, kerääminen ja kierrättäminen on tärkeää kestävän kehityksen kannalta. Kierrättämisen avulla voimme hyödyntää käytettyjä materiaaleja uudeksi raaka-aineeksi kierrätysgranulaattina ja näin vähentää neitseellisen raaka-aineen valmistuksen tarvetta. Tämä säästää luonnonvaroja, energiaa ja vähentää hiilidioksidipäästöjä neitseellisen raaka-aineen valmistusprosessissa ja jätteen polttamisessa. Jos vaihtoehtona olisi joku biopohjainen-muovi, säästyy kyseistä raaka-ainetta muuhun käyttöön ja edesauttaa raaka-aineiden parempaan riittoon pitkällä tähtäimellä. Suomessa on ollut jo pitkään Riihimäellä Fortumin mekaanisen kierrätyksen muovinjalostamo. Mekaaninen kierrätys pystyy hyödyntämään kierrätysgranulaatiksi monomuovien materiaaleja, kuten PE, PP ja PET. Mekaanisen kierrätyksen ja siitä saatavan raaka-aineen kontaminaatioriskin vuoksi, sitä ei voida hyödyntää elintarvikepakkauksissa. Toisaalta mekaanisen kierrätyksen etuna on sen vähäinen energian kulutus ja korkea saanto n. 68 % roskien ja kosteuden poislaskemisen jälkeen. (Koivuniemi 2023.)

Kemiallinen kierrätys on kovasti odotettu kasvava kierrätysmuoto, joka on Euroopassa jo toiminnassa. Sen osuus on vielä hyvin pieni Euroopan tasolla vain n. 2 %. Suomessa kemiallinen kierrätys on testauksessa, mutta ei vielä tuotantovaiheessa. Kemiallisessa kierrätyksessä toisaalta mahdollisuutena ja toisaalta haasteena on hyvin pitkälle prosessoitu tekniikka ja materiaalin työstäminen. Sen avulla saadaan puhdistettua pienet ja likaantuneet muovit ja eroteltua monikerrosmateriaalit. Kuitenkin tämä kierrätysmuoto kuluttaa paljon energiaa ja luonnonvaroja, toisaalta myös materiaalihukka on suurempi. Tämä yhtälö tekee kemiallisenkin kierrätysmateriaalien käytön elintarvikepakkauksissa haastavaksi. (Suomen muovitiekartta, 21) Kemiallinen kierrätys on tällä hetkellä ainut tapa, jolla voidaan kierrättää ns. monikerrospakkaukset, jotka sisältävät useampaa eri muovilaatua. Tässä tulee haasteeksi niissä usein osana käytetty PET materiaali, jonka happipitoisuus haittaa pyrolyysin toimintaa. Kuitenkin kemiallisen kierrätyksen etuna on saatavan kierrätystuotteen korkea laatu, joka on neitseellisen muovin veroinen. (Koivuniemi 2023.)

## 5.3 Tulevaisuuden ratkaisut

Kohdassa 5.1.2 käsiteltiin hiukan myös kehityksen alla olevia biomassa- ja kuituratkaisuja. Vaikka ne on saatettu valmiiksi tuotteiksi saakka, on siellä kuitenkin vielä paljon kehitysmahdollisuuksia olemassa. Materiaalien koostumus, teolliseen tuotantoon saaminen tai jo olemassa olevan kehittäminen on vielä tarpeen, jotta laajempi hyödyntäminen on mahdollista.

Näiden lisäksi tutkittu myös mahdollisuutta valmistaa muovia **hiilidioksidista ja vedestä** valmistetusta metanolista. Vety on mahdollista tuottaa hajottamalla vettä hapeksi ja vedyksi elektrolyysin avulla. Prosessissa voidaan hyödyntää hiilidioksidin saamiseksi esim. sellutehtaanpolton yhteydessä syntyvää hiilidioksidia ilmasta tai kaapata sitä merivedestä (Ahola, J., Laari, A., 2019). Myös Fortumin Riihimäen jätteen käsittelylaitos on tehnyt vastaavaa kehitystyötä. Tavoitteena on hyödyntää tulevaisuudessa jätteenpoltosta muodostuva hiilidioksidi ja aloittaa hiilidioksidipohjaisten muovien valmistaminen. Vuonna 2023 on ollut rakenteilla tutkimuslaboratorio Riihimäelle ja teollista pilottilaitosta suunnitellaan aloitettavaksi vuoteen 2028 mennessä. (Fortumin pilotointi jätteen polton hiilidioksidipäästöjen talteen otosta ja hyödyntämisestä onnistui – suunnitelma fossiilivapaan muovin valmistuksesta etenee 2023.)

Jo olemassa olevista materiaaleista **PHA** (polyhydroksi alkonaatti) on myös varteenotettava tulevaisuuden fossiilisen muovin korvaaja. Se on biohajoava kuten PLA, mutta PHA hajoaa luonnossa nopeammin (Biomuoviopas 2020, 29.) PHA on sovellus, jota voitaisiin valmistaa jätevedestä. Jätevedessä on mukana merkittävästi erilaisia hiilipohjaisia materiaaleja esim. selluloosaa. jätevesiliete on potentiaalinen hiililähde biomuovin (PHA) valmistamiseen, jolla fossiilisesta öljystä valmistettuja muoveja voitaisiin korvata. Lietteestä saatava orgaaninen aine voitaisiin muuttaa varastorasvaksi rikastamalla. Nykyiselleen liete hyödynnetään lähinnä biokaasuksi, josta syntyy kasvihuonepäästöjä. Tässä olisi yksi tulevaisuuden ratkaisu, jota ei vielä ole juurikaan hyödynnetty. Erilaisia ratkaisuja tarvitaan tulevaisuudessa fossiilisten muovien korvaamiseksi. Biohajoavana PHA voi auttaa maailmalla koettujen ympäristöongelmien ratkaisussa. Asiaa on tutkittu BIOSYKLI-projektissa ja siinä on saatu varsin lupaavia tuloksia lietteen hyödyntämisen tehokkuudesta. (Kontro 2022.)

# 6 Tutkimuksen toetuttaminen

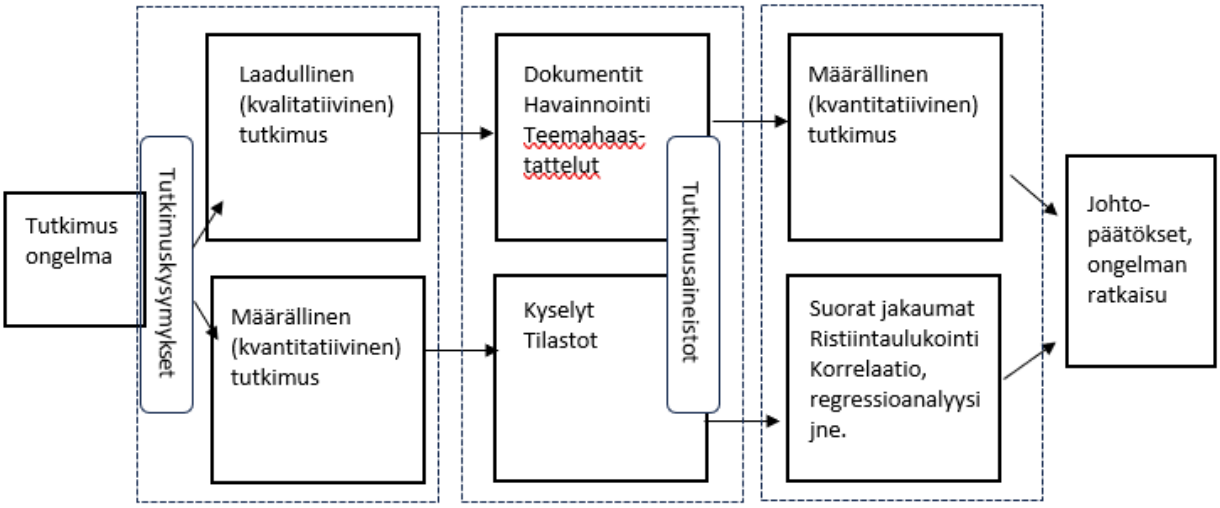
## 6.1 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyön tutkimusmenetelmäksi valikoitui laadullinen eli kvalitatiivinen tutkimus. Laadullisen tutkimuksen metodi perustuu aineistojen keräämiseen ja kerätyn tiedon analysointeihin. Laadullisen tutkimuksen tavoitteena on kerätä aiemmin esitettyä teoriaa ja koostaa se vastaamaan tutkimuskysymyksiin. (Kallinen, Kinnunen 2021.)

Opinnäytetyön aihe soveltuu tutkimuskysymyksien ratkaisemiseksi paremmin olemassa olevan aineiston analyysiin. Tietoa täydennettiin ja tuettiin lisäksi teemahaastatteluin. Aiheesta on paljon teoriaa ja tehtyjä tutkimuksia, mutta aihe on varsin laaja. Myös tieto vanhenee nopeasti alan nopean kehittymisen vuoksi. Olemassa olevan tiedon yhteen saattaminen ilman tutkimuksen koostamista on haasteellista. Kvalitatiivinen lähestymistapa valittiin, jotta saatiin koostettua yhteenvedonomainen koonti tutkimuskysymysten aihepiiristä ja niiden kautta haetuista vastauksista. ”Laadullinen tutkimus pyrkii tutkimaan ilmiötä eli sitä mistä ilmiössä on kyse”, kiteyttää Kananen (2017) kirjassaan. Laadullista tutkimusta on hyvä käyttää sellaisessa työssä, jossa ilmiöstä halutaan saada hyvä kuvaus. (Kananen 2017, 32–33.)

## 6.2 Aineiston keruu ja analysointi

Tutkimusongelmaan haettiin ratkaisuja tietoperustan keräämisellä tutkimuskysymysten muodostuttua. Aineistoa työhön kerättiin alan kirjallisuudesta, julkaisuista, artikkeleista ja asiantuntija lähteistä sekä seminaareista. Myös omaa osaamista ja havainnointia oman työn kautta aiheeseen liittyvistä seikoista hyödynnettiin opinnäytetyötä koottaessa. Kuviossa 21 kuvataan kvalitatiivisen ja kvantitatiivisen tutkimuksen aineistokeruu menetelmien polut ja eroavaisuudet.




Kuvio 21. Tutkimusongelma ratkaistaan aineiston keruumenetelmillä tuotettavalla tutkimusaineistolla (Kananen 2016, 67.)

Kvalitatiivisen tutkimuksen ollessa kyseessä valittiin tietoperustan tueksi haastateltavaksi asiantuntijoita, joita haastateltiin teemahaastatteluin. Näin saatiin teoriapohjaan täydentävää tietoa ja tarkennusta eri näkökulmiin, miten tulisi arvottaa eritekijöitä. Asiantuntijoiksi valittiin sellaisia, jotka hallitsevat hyvin pakkausalan, materiaalien vastuullisuusnäkökulman, joilla on puolueeton pohja asiantuntijuudelleen ja laaja osaaminen asiasta. Myös kansainvälisen näkökulman edustaja haluttiin mukaan. Haastattelut toteutettiin alkuvuodesta 01-02/2024 Teams haastatteluin. Haastattelut tallennettiin ja litteroitiin.

# 7 Tutkimuksen tulokset

## 7.1 Fossiilisen muovin käytöstä luopumisen syyt pakkausmateriaalina

Asiantuntija A:n mukaan fossiilisen muovin käyttämisellä pakkausmateriaalina jatkossakin, otetaan edelleen käyttöön lisää uusiutumattomia luonnonvaroja käyttämällä öljyä tai maakaasua ja sitä kautta vaikutetaan suoraan negatiivisesti ilmastonmuutokseen. ”Fossiilisen hiilen käytön rajoittaminen on merkittävin syy”, toteaa asiantuntija B. Tämä varmastikin laajasti tiedossa oleva ja ymmärretty seikka, miksi fossiilisesta muovista pitäisi pyrkiä eroon.

Roskaantuminen on yksi iso haaste muovikeskustelussa, kuten tietoperustassakin todettiin. Roskaantumisen seurauksena aiheutuu monenlaista haittaa ympäristölle ja eläimille. Täysin luonnossa hajoamattoman muovin päätyminen luontoon sen pitkäikäisyyden vuoksi, on haitallista kuten yleisestikin tiedetään. Merien muoviroska on todellinen haaste etenkin eteläisillä merialueilla. Ehkä hiukan yllättävää kuitenkin on se, että muuhun luontoon päätyvän muoviroskan määrä onkin suurempi kuin vesistöihin päätyvän määrä. Tässä voidaankin todeta median merkittävä vaikutus mielikuvaan asioista. Uutisoinnilla voidaan vaikuttaa vahvasti ihmisten ajatteluun, miten, mistä ja kuinka paljon asioista kerrotaan. Toki se tässä tapauksessa on hyväkin, että ihmisiä herätellään median avulla todellisuuteen. Luontoon kertyy makromuovia, joka pikkuhiljaa hajoaa mikromuoviksi. Tämä on haitallista niin luonnossa eläville eläimille ja varmasti jollain lailla myös meille ihmisille. ”Vielä ei ole olemassa tutkimustietoa siitä, miten mikromuovi lopulta vaikuttaa ekosysteemiin, luontoon ja ihmisiin”, mainitsee asiantuntija A.

Viimeistelyssä oleva EU:n pakkausjäteasetus PPWR ottaa kantaa myös jätteen määrän muodostumiseen ja ohjeistaa suunnittelemaan pakkauksia niin, että turhaa materiaalia vältettäisiin. Voidaankin todeta, että roskaantuminen on oikeastaan lähtöisin jo pakkaussuunnittelusta. Yrityksen pakkaussuunnittelun tulisi ottaa vastuuta enemmän siitä, että pakkausmateriaalin määrä olisi mahdollisimman optimaalinen tuotteelle. Siinä kohtaa on valmistajilla vaikuttamisen mahdollisuus. ”Jätteenkeräysjärjestelmä ja sen puutteet ovat usein ongelman lähde. Toisaalta myös roskan syntymishetki luo haasteen – onko syntyneelle roskalle sijoituspaikkaa helposti saatavilla?”, pohtii asiantuntija B. Ongelmana on ylipäätään ihmisten käyttäytyminen ja toisaalta roskakorien puuttumisen lisäksi niiden rakenne. Avoin roskakori on altis luonnon ilmiöille jolloin mm. tuuli edesauttaa osaltaan roskaantumisen lisääntymistä. Myös ihmisten valistaminen jätteiden lajittelusta ja oikeanlaisesta hävittämisestä on tärkeää. Vaikka meillä Suomessa tilanne on varsin hyvä verrattuna maailmanlaajuiseen tilanteeseen, niin parannettavaa on meilläkin. Oikein toimimalla, roskien roskiin laittamisella ja pakkausten lajittelulla silloin kun se on mahdollista, pystyttäisiin helposti tilannetta parantamaan.  Yhteiset siivoustalkoot omassa lähiympäristössä varmasti osaltaan auttavat tilannetta ja avaavat ihmisten silmiä. Maailmanlaajuistesti ongelma on huomattavasti suurempi ja haastavampi. Kuinka saada ihmiset ymmärtämään mihin roskat kuuluvat ja toisaalta, miten ja kenen toimesta kehittää jätehuoltojärjestelmiä. Tähän tarvitaan mukaan kansainvälisiä yhteiskunnallisia toimia, jotta todellisia vaikutuksia saadaan aikaan.

”Mikäli roskan materiaali on muovi, niin tässä kohtaa muovin materiaali ei sinänsä ratkaise tätä ongelmaa, vaikka se olisikin biohajoavaa. Jos roskaantumisen kannalta pitäisi valita vähiten haitallinen materiaali, niin paperi olisi ehdottomasti parempi kuin muovi, koska paperi hajoaa muutamassa vuodessa luonnossa, vaikka sisältäisikin barrier-kerroksen. Muovi vastaavasti saattaa säilyä vuosikymmeniä hajoamattomana” pohtii asiantuntija C. Biohajoavan valitseminen materiaaliksi voi olla kuitenkin riskialtista, koska materiaali ei kuitenkaan välttämättä hajoa kaikissa luonnon olosuhteissa, vaan vaatii säädellyt stabiilit olosuhteet mm. lämpötilan ja kosteuden suhteen. Periaatteessa pakkaussuunnittelun yhteydessä tulisi tietää millaisiin olosuhteisiin materiaali suunnitellaan päätyväksi. Mutta suunniteltaessa pakkausta emme voi lähteä olettamuksesta, että kyseinen kääre päätyy jonnekin luontoon tai suolaiseen mereen ja suunnitella optimaalista hajoavaa materiaalia näihin olosuhteisiin niihin. Lähtökohta pakkaussuunnittelussa on, että materiaali päätyy säädeltyihin olosuhteisiin, jätteenkäsittelyyn, lajittelu ja kierrätyslaitoksiin. Sen myötä myös pakkaus tulee

suunnitella hävitettäväksi tai hyödynnettäväksi kierrätykseen. Voidaankin todeta, että roskaantumisen ehkäisemiseksi kaikkein tärkeintä on ihmisten opettaminen ja erikulttuurien ymmärryksen lisääminen jätteiden oikean lajittelun on tärkeydestä.

## 7.2 Eri materiaalien valmistusprosessien merkittävät erot ympäristön kannalta

Kaikkien materiaalien valmistaminen aiheuttaa päästöjä. Niitä muodostuu eri tavoin ja mahdollisuudet päästöjen jatko hyödyntämiseen eroavat. ”Harvoin kyseessä on yksi tietty prosessi tai osa-alue, josta aiheutuvat päästöt muodostuvat, vaan kyseessä on kokonaisuus”, summaa asiantuntija A. Sekä fossiilisen että uusituvan lähteen raaka-aine tai niistä valmistetun materiaalin valmistusprosessi on pitkäketjuinen ja vaikutukset syntyvät laskettaessa ne yhteen. Asiantuntija A nostaakin esiin tehokkaan öljyn jalostuksen. Sen valmistusprosessin tehokkuudesta huolimatta jalostettaessa tuotteita, kuluu kuitenkin energiaa, josta muodostuu päästöjä. Tämä vaikuttaa luonnollisesti ilmastonmuutokseen haitallisesti. ”Öljypohjaisia muoveja tarkastellessa harvemmin puhutaan lainkaan öljyn raaka-aineen tuotannon ympäristövaikutuksista. Tähän liittyy kuitenkin mm. kohtuullisen merkittävät hiilidioksidipäästöt ja lisäksi öljyn tuhoamien maa- ja vesialueiden vahingoittuminen”, asiantuntija B tuo esiin. Ympäristön likaantuminen ja veden saastuminen onkin öljyn tuotannon merkittävä riskitekijä, joka vaatii erityistä huolellisuutta ja aktiivista seurantaa vahinkojen ehkäisemiseksi. Joissain maissa käytetään muovin valmistukseen öljyn sijaan kivihiiltä kaasutuksen avulla ja siellä puolestaan hiilidioksidipäästöjen merkitys lisääntyy entisestään. ” Jotta saadaan tuotettua 1 kg muovia, tarvitaan siihen n. 2,5–3 kg öljyä”, huomauttaa asiantuntija B. Tarvittavat raaka-ainemäärät ovatkin moninkertaiset verrattuna saatuun lopputuotteeseen – pakkausmateriaalin. Aiemmin on yleisesti kerrottu muovin raaka-aineen tulevan polttoainetuotannon sivutuotteena. ”Nykyään kuitenkin muovin tuotannon lisäännyttyä, käytetään valmistukseen suoraan myytävää pumpattua öljyä. Nämä ovat seikkoja, jotka usein jäävät kertomatta”, sanoo asiantuntija B ja lisää vielä: ”Yleensä lähdetäänkin vertaamaan valmistusta vasta siitä vaiheesta, kun itse muovi lähdetään valmistamaan.”

Veden kulutus on fossiilisen muovin valmistuksessa pienempää kuin biomassapohjaisten lähteiden käytössä. Mukaan tulee myös monia muita tekijöitä, joita ei fossiilisen raaka-aineen tuotannon yhteydessä synny. ”Biomassoissa mukaan tulee vedenkulutuksen lisäksi myös peltoviljelyn kuormitukset, traktoreiden päästöt, lannoitteiden käyttö. Nämä tosin kyllä yleensä huomioidaan tehdyissä laskelmissa”, toteaa asiantuntija B. Hän myös kyseenalaistaa tiedon biomassojen

valmistamisesta elintarvikelähteiden sivuvirroista, yleensä kuitenkin raaka-aine kasvatetaan nimenomaan tarkoitustaan varten. Tämä on varmasti todellinen riski, erityisesti kysynnän kasvaessa ja maksettavan hinnan noustessa. ”Kun tarkastellaan kasvatetun raaka-aineen hyötysuhdetta se jää yllättävän pieneksi. Esimerkiksi maissin jalostuksessa raaka-aineeksi, jo melassiksi teon vaiheessa häviää n. 10 % raaka-ainetta. Myöskään kaikki kasvin osat eivät ole käytettävissä, jäljelle jää 50 % alkuperäisestä kasvista. Mukaan tulevat mikrobit työstämään raaka-ainetta, jotka tarvitsevat ruokaa energiakseen ja taas häviää n. puolet jäljellä olevasta. Lopulta kun muoviraaka-aine on käsissä, jäljellä on n. ¼ osaa alkuperäisestä määrästä. Lukuarviot ovat summittaisia ja niitä harvemmin esitetään, koska ovat vaikeasti arvioitavia ja huonosti vertailtavia”, avaa asiantuntija B taustoja tarkemmin.

Biopohjaisia raaka-aineita arvioitaessa haasteita tuovat moninaiset raaka-ainelähteet.” On hyvin erityyppisiä vaikutuksia, kun tehdään muovia sokeriruo’osta, kun se valmistettaisiin öljystä (mäntyöljy tai ravintoloiden jäteöljy). Jos oikeasti eroja halutaan verrata, tulisi päästä hyviin LCA-käytänteisiin ja saada laskenta ko. logiikalla laskettua. Mitä enemmän meillä on erilaisia raaka-ainelähdevaihtoehtoja, sitä monimutkaisemmaksi laskenta menee”, arvioi asiantuntija A. Kun ravintolarasva on raaka-ainelähteenä, haasteena onkin koko ketjun mukaan saaminen laskentaan. ”Millään yleisellä tasolla en usko, että asiaa voidaan tutkia. Emme voi yleisesti sanoa, että joku biopohjainen tai joku toinen on automaattisesti parempi, kuin joku toinen, myöskään fossiilinen, vaan arviointi pitäisi mennä ketjujen ja laskennan kautta” toteaa asiantuntija A.

Kuitupakkauksien osalta yhtäläisesti arviointi tulisi tehdä LCA-laskennan kautta. Periaatteena on sama logiikka kuin muissa materiaaleissa. Paperia ei voi myöskään ajatella automaattisesti olevan parempi vaihtoehto vain siksi, että se on paperia tai biopohjaista materiaalia. ”Tärkeää on kokonaisuuden kannalta, että se pystyy tarjoamaan saman funktionaalisuuden kuin perinteinen muovi, jonka korvaajaksi se tulisi” toteaa asiantuntija A.

Metsästä saatavan raaka-aineen vapauttama hiilidioksidi on ns. kiertävää hiiltä, joka on pystytty varastoimaan metsään sen kasvaessa, mutta myös maaperään ja puustoon. Otettaessa raaka-aine käyttöön hiili voidaan palauttaa uudelleen käyttöön. ”Hiilimielessä ja yleensäkin ilmastovertailussa kuituraaka-aine voi näyttäytyä paremmalta kuin fossiiliset raaka-aineet. Mutta tätäkään ei voida aivan varmasti aukottomasti sanoa”, toteaa asiantuntija A. Asiaan vaikuttaa myös se missä ja millaisissa olosuhteissa metsä on kasvanut. Aiheuttaako metsän hoito ja hakkuut hiilensidontaa vai

kulutetaan sitä? Toisaalta riittäkö meillä raaka-aine tulevaisuudessa, jos metsiä käytetään liikaa? Suunnitelmallinen metsien hoito ja käyttö on avainasemassa, jotta voidaan varmistaa metsiemme riittävyys myös tuleville sukupolville. Tässäkin alueella on merkityksensä. Tilanne Suomessa on hyvin erilainen kuin Euroopassa tai muualla maailmassa. Katsontakulma Suomeen tai pohjolaan verrattuna muuhun maailmaan eroaakin aika tavalla ja sitä kautta jakoi myös haastateltavien näkemykset myös metsien riittävyydestä nykykäyttövauhdilla ja huomioiden tulevaisuuden lisääntyvä materiaali tarve. Myös metsäteollisuuden ja sen jalostusprosessit eroavat jonkin verran eri puolilla maailmaa. Meillä Suomessa kehitys on varsin pitkällä ja sikäli olemme tehokkaassa tuotannossa edellä monia muita maita.

Veden kulutus on yksi merkittävä ja usein esiin nouseva ympäristötekijä eri pakkausmateriaalien valmistuksessa. Veden käyttö on kuitenkin välttämätöntä monessa prosessissa. Asiantuntija B toteaakin: ”Selluloosan valmistamiseen käytetään vähintäänkin n. 5tn vettä per 1 selluloosa tonni. Kartongin valmistamisessa vielä kaksinkertainen määrä eli n. 10tn per kartonki tonni. Käytettävä vesimäärä on huomattavan iso. Suomessa tämä ei ole ongelma, mutta on maita ja alueita, joissa sillä on merkitystä”. Tässä nousee esiin maakohtaiset erot ja mahdollisuudet vedenkäyttöön. Kehittyvissä maissa ja paljon kuivuudesta kärsivillä alueilla runsas vedenkäyttö materiaalin valmistusprosessissa tai raaka-aineen kasvatuksen mahdollistamisessa, voi tulla eteen jopa kriittisenä haasteena. Onko biopohjainen materiaali enää kuitenkaan oikea ratkaisu, mikäli sen kasvatukseen vaadittava vesi on pois ruokatuotannon kastelusta?

Tarkastellessa valmistuksen hiilidioksidipäästöjä kuitumateriaali tuotannossa, toteaa asiantuntija B: ” Valmistuksen aikaisia hiilidioksidipäästöjä ei varsinaisesti huomioida vaan ns. kirjoitetaan ulos, koska se on biogeenistä hiiltä”. Kuitumateriaali tehtaat ovat kehittäneet toimintaansa ja ovat nykyään hyvin omavaraisia, mikä on erinomainen asia. ”Parhaat sellutehtaat ovat n. 230–250 %: sesti energiaomavaraisia”, toteaa asiantuntija B. ”1980-luvulla kun laitokset käyttivät vielä sähköenergiaa ja ennen kun laitosten energiatehokkuutta kehitettiin, materiaalisaanto oli 70–80 %”, kertoo asiantuntija B ja arvioi: ”Oletettavasti tulevaisuudessa lähdetään uudelleen kehittämään tuotantoa niin, että materiaali saanto saataisiin korkeammalle”. Tänä päivänä varsin matala materiaalisaanto tuntuu aika pieneltä ja ehdottomasti tuossa olisi kehittämisen paikka metsäteollisuudelle. Toki tämä on hyvä esimerkki siitä, että ratkaisuja ja muutoksia tehtäessä usein joudutaan kompromis-

seihin ja arvioimaan sitä mikä on vähemmän haitallista tai tuo enemmän hyötyä kuin toinen. Muutoksia ja kehitystä joudutaan tekemään useissa vaiheissa, kaikkea ei voida saavuttaa kerralla, vaan muutos tapahtuu pala kerrallaan.

Veden kulutuksen lisäksi myös jätevedet ja niiden käsittely kuitu raaka-aineen valmistuksessa nousevat esiin. ”Niitä toki hyvin nykyisin puhdistetaan, mutta riskinä on biokemiallisen hapen kulutuksen lisääntyminen vesistöissä”, mainitsee asiantuntija A. Sitä kautta metsäteollisuudessa kohdistuu enemmän kuormitusta vesistöille, kuin fossiilisen raaka-aineen valmistuksessa. Tämä on myös seikka, joka meillä Pohjolassa on tarkkojen ympäristösäädösten mukaisesti paremmalla mallilla kuin muualla maailmassa. Vertailu eroa myös tässä kohtaa on nähtävissä, mikä tuotannon jätevesien tilannetta tarkastellaan kansainvälisellä näkökulmalla.

Lopputulemana on LCA-laskennan merkitys. Jotta pystytään arvioimaan eri materiaalien todelliset vaikutukset, pitäisi tehdä tarkat, aidosti vertailukelpoiset elinkaarilaskelmat. Lopputulokseen vaikuttaa niin moni asia. ”On hankala yleistää edes eri kuitupakkauksia, koska lähteitä mistä raaka-aine tulee voi olla monia. Toisaalta kuitumateriaali mielletään herkästi päästöiltään vähäiseksi ja tämä on nimenomaan kuitupakkauksen tuotannon osalta. Kun otetaan huomioon koko ketju raaka-aineen kasvamisesta ja korjaamisesta lähtien, tilanne voi muuttua radikaalistikin”, toteaa myös asiantuntija C. Jos huomioidaan metsän kasvamisessa syntyvä hiilikompensaatio, voi näkymä olla hyvinkin positiivinen.  Merkitystä on myös sillä mistä alueelta (maasta) raaka-aine on peräisin. Hän lisää vielä: ”Ihan vastaavasti muissa biopohjaisissa raaka-aineissa mentäessä raaka-aine lähteen alkujuurille, voi todellisuus vastuullisuudesta ja ympäristökuormituksesta muuttua merkittävästikin."

## 7.3 Biopohjaisten raaka-aineiden riitto ja lähteet vastuullisuusnäkökulmasta

Biopohjaiset raaka-aineiden haasteena ovat mm. maankäytölliset seikat. Maailmalla on alueita, joilla on jo nyt haasteita ruokatuotannon raaka-aineiden viljelyalan kanssa. Tämä aiheuttaa ristiriitaa ja kyseenalaistaa onko kestävää ja vastuullista viljellä pakkausmateriaali tuotantoa varten raaka-ainetta alueella, jossa olisi tärkeämpää lisätä ruuan tuotantoa. Sokeriruoko on yksi merkittävä esimerkki tällaisesta. Asiantuntija A korostaakin” On tärkeää varmistua, että raaka-aineen käyttö pakkausmateriaalilähteenä perustuu ainoastaan sivuvirtoihin ja niiden jalostamiseen.” Myös asiantuntija B:n mukaan suorasta viljelystä pakkausmateriaaliraaka-aineeksi pitäisi päästä

pois, jos ajatellaan biopohjaisia muoviraaka-ainelähteitä. Aina pitäisi varmistua, että raaka-aine tulee olla peräisin vain sivuvirroista tai jätevirroista, jotta raaka-aineen tuotanto olisi kestävää. Tämä on yksi haasteellinen seikka pakkausten valmistajalle, kuinka varmistua raaka-aineen tulevan todella sivuvirrasta. Ja ristiriitaisuutta herättää myös viljelymaan käyttö, mille raaka-aineelle se olisi kyseisellä alueella tärkeintä osoittaa? Voiko alueella tulla esiin sellaisia seikkoja, joita emme osaakaan huomioida, kuten asiantuntija B seuraavassa nostaakin esiin. Myös veden käyttö on kyseenalaista, jos tuleekin pitkiä kuivia kausia. ”Tässä merkittävänä asiana on mm. kastelu ja viljelymaan käytön vastakkaisasettelu ruokatuotantoon ja muuhun materiaalituotantoon. Maailmalla on myös aiheuttanut kritiikkiä viljelyiden yhteydessä käytettävät hyönteismyrkyt ja geenimuunnellut raaka-aineet, toki nämäkin ovat sallittuja tietyillä alueilla”, huomauttaa asiantuntija B.

Kuitumateriaalien raaka-aineiden riittävyys on hiukan kaksijakoinen seikka. Kuten aiemmin todettiinkin, alueellisia eroja on kuinka suunnitelmallisesti esim. metsiä hoidetaan ja sitä kautta varmistetaan raaka-aineen riitto myös tulevaisuudessa. Tämä asia jakaa haastateltujen näkemykset raaka-aineen riitosta. Toki näkemyksiin vaikuttaa myös katsonta kanta ja se, kuinka asiaa tarkastellaan. Mikäli puunkäytön kysyntä lisääntyy muillakin teollisuuden aloilla voi haasteita tullakin ilman suunnitelmallisuutta. Kaiken kaikkiaan meillä Suomessa on kuitenkin suhteellisen hyvä tilanne. ”Kuitupohjaisten raaka-aineiden riittävyys pakkausmateriaalikäyttöön ei tule olemaan ongelma ainakaan Suomessa, jos mietitään muovipakkausten korvaamista. Tällä hetkellä muovin tuotantomäärät pakkausmateriaalikäyttöön ovat hiukan suuremmat kuin sellun tai kartongin valmistuksen määrät ovat”, summaa asiantuntija B.

Kun mietitään biopohjaisten lähteiden vastuullisuutta asiantuntija C korostaakin: ”On merkittävää, miten vastuullisuutta mitataan”. Myös hänen mukaansa oleellista on elinkaarilaskenta ja siinä merkittävää mistä lähteestä biomassa tulee sekä kuinka kaukaa se kuljetetaan. Jopa fossiiliset muovit voivat olla aika hyviä vastuullisuuden näkökulmasta, kun huomioidaan niiden kierrätettävyys. Vastaavasti biohajoava muovi puolestaan voi ollakin huono samasta syystä, koska sillä ei ole kierrätettävyyttä. Asiantuntija C huomauttaakin: ”Vaikka se olisi tehty biopohjaisesta raaka-aineesta, mutta käytön jälkeen se häviää eikä sitä voida hyödyntää enää uudelleen kierrätyksen kautta.”

## 7.4 Raaka-aineen valmistaminen Massabalanssi periaatteella – vastuullisuus

Massabalanssiperiaatteellinen raaka-aineessa on kaksi katsontakantaa ja se saakin asiaa tutkivan mietteliääksi, mikä on oikeasti hyvä. Periaatteessa massabalanssi on hyvä tapa saada lisättyä uusiutuvan raaka-aineen menekkiä ja sen avulla voidaan lisätä biopohjaisten raaka-aineiden käyttöä. olettamuksella että niiden raaka-aine lähde olisi parempi kuin fossiilisen öljyn. Tarjolla olevissa massabalanssiperiaatteellisissa raaka-aineissa on vaihtoehtoina myös kierrätysraaka-ainetta. Tämän version kautta pystyttäisiin edistämään kiertotaloutta. Mikäli asiaa tarkastellaan elinkaarilaskennan kautta, on tilanne haasteellinen. Elinkaarilaskentoihin perehtyneet tutkijat ovat asiaa selvittäneet syvemmin useampien tutkimushankkeiden yhteydessä. ”Lopputuloksena on tultu siihen johtopäätökseen, että LCA-laskentaa ei ole näissä järkevä käyttää ainakaan toistaiseksi, eikä siten voida varmaksi osoittaa sen vastuullisuutta. Haasteena näissä on raaka-ainelähteen mahdollinen vaihtelevuus ja tietämättömyys materiaalin sisältämästä todellisesta biopohjaisen raaka-aineen määrästä”, asiantuntija A pohtii. Käytännössä kyseinen pakkaus saattaakin kokonaisuudessaan sisältää pelkkää fossiilista öljyä ja biopohjainen tai kierrätysmateriaali onkin esimerkiksi toisen tuotevariantin pakkauksessa. On myös havaittu, ettei massabalanssituotteen tuottajat itsekään ole julkaisseet LCA:han perustuvia laskelmia. Tämä osoittaa myös heidän itsensä tiedostavan lähteen haasteellisuuden tässä mielessä.

Kuinka voidaan sitten varmistaa massabalanssiperiaatteella valmistetun pakkauksen vastuullisuus tai vastuullisuuden merkittävyys? Se todetaankin olevan myös asiantuntijoiden keskuudessa hiukan haastavaa, mutta kuitenkin sen käyttö nähdään positiivisena biopohjaisen raaka-aineen käytön lisäämiseksi. ”Massabalanssi periaatteen käyttäminen on jollain tapaa välttämättömyys, että saadaan biopohjaisten raaka-aineiden järjestelmä toimimaan. Sen vastuullisuuden toteamisessa on tärkeää, että järjestelmän toimivuus voidaan varmistaa”, sanoo asiantuntija B. Meillä on olemassa paljon vastaavia järjestelmiä muilla teknologian aloilla esimerkkinä tuulisähkö. Ilman massabalanssiperiaatetta sitä ei voitaisi hyödyntää ainakaan toistaiseksi ja systeemi pitää vain ymmärtää ja hyväksyä. ”Lainsäädäntö määrittelee sen toimintatavat ja se on oikeastaan monesti ainut toimiva tapa useilla markkinoilla” asiantuntija C toteaa ja jatkaa ” Joku voi sanoa sitä huijaamiseksi, mutta sitä se ei ole. Kuitenkin niin, järjestelmän ajatusmalli tulee vain ymmärtää.” Materiaalin vastuullisuus seikkojen viestimisessä tulee kuitenkin käyttää harkintaa ja olla tarkkana mitä väitteitä ilmaistaan, ettei viestinnällä johdeta kuluttajaa harhaan.

## 7.5 Tulevaisuuden raaka-aineet ja pakkausmateriaalit ja nykyisten ratkaisuiden

Nykyisiä kuitu ja biopohjaisia materiaaleja on ollut käytössä jo pitkään, vaikkakin uusia tulee aika ajoin ja kehitystä materiaaleissa tällä alueella on runsaasti. Tulevaisuus on vaikea ennustaa tämän osalta. Mitä todennäköisimmin ne ovat tulleet jäädäkseen, tästä kaikki asiantuntijat olivat yhtä mieltä. Yhdistelmämateriaaleissa, joissa halutaan pakkauksen antavan paperinen mielikuva kuluttajalle, mutta tosiasiallisesti suoja tulee muusta materiaalista (esim. muovista, metalloinnista) on haasteena niiden todellinen kestävyys vastuullisuusnäkökulmasta - onko materiaalin käyttö silloin vain imagollista? ”Nämä yhdistelmät eivät ehkä ole kestäviä pitkällä tähtäimellä, ainakin ne vaatisivat laskentaa taakseen, jolla niiden päästöt pystyttäisiin todentamaan. Ulkokuoren ja vain muodon vuoksi näitä ei tulisi käyttää. Materiaalin suojaavuus on kuitenkin tärkeintä, siksikin laskenta takana auttaa arvioinnissa”, toteaa asiantuntija A. Asiantuntija C yhtyy tähän näkemykseen ja toteaa lisäksi: ”Kuituyhdistelmäpakkauksilla ei ole tulevaisuutta pitkällä tähtäimellä, sillä niiden kierrätys on hankalaa, eikä näköpiirissä ole kierrätettävyyteen parannusta. ” Yhdistelmämateriaaleissa tulee ristiriitaisuutta kuluttajakommunikoinnissa. Paperimainen pinta saattaa luoda luo kuluttajalle miellyttävää kokemusta pakkauksesta ja hän kokee sellaisen toivottavana. Tämä aiheuttaa ristiriitaa, koska saattaa syntyä virheellinen mielikuva pakkauksen materiaalista. Tämän vuoksi on erityisen tärkeää pakkaukseen painettavat selkeät lajitteluohjeet kullekin materiaalille, jotta tulkinnan varaa ei lajittelusta synny.

Olettavaa on, että barrier-paperit tulevat kehittymään jatkossakin. Kehitystä tehdään koko ajan laajasti ja ne ovat kiinnostavia ja nähdään potentiaalisina vaihtoehtoina tulevaisuudessa. Asiantuntija C sanookin: ”Täysin uudet kehitteillä olevat materiaalit ovat todennäköisesti erittäin kalliita ja jo sitä kautta monen käyttäjän tavoittamattomissa. Kehitystä tulee ja sitä pitääkin olla, mutta se ottaa vuosikausia aikaa.”

Asiantuntija C arvioi tulevaisuudessa pakkausmateriaaleista olevan n. 75 % on tehty monomuovista ja n.25 % kuitupohjaisista materiaaleista. Mahdollisuudet kuitupakkauksien hyödyntämiseen liittyvät vahvasti teollisuuden alaan. Hän uskookin, että impulssikategoriassa vastaavat luvut olisivat vähintäänkin n. 60 % monomateriaaleja ja 40 % kuitupakkauksia. Kuitupakkausten osuus voi olla jopa vielä suurempi. Hänen arviointinsa perusteella voitaisiinkin sanoa, impulssikategorian olevan potentiaalinen kuitupakkausten käyttäjä tulevaisuudessa. Asiantuntija C huomauttaa: ”Bio-

pohjaisten materiaalien käyttöönotto on pitkälti kiinni siitä, kuinka paljon yritys on valmis maksamaan materiaalista. Selvää on, että se on kalliimpaa.” Tulevaisuudessa kuitenkin kehityksen etenemisellä on merkittävä vaikutus siihen, millaisia materiaaleja elintarvikepakkausteollisuudelle tarjotaan tulevaisuudessa ja mikä niiden toiminnallisuus on. Myös yhteiskunnallisilla ohjeistuksilla, lainsäädännöillä ja asetuksilla on oma vaikutuksensa siihen millaiset materiaalit ovat tulevaisuudessa sallittuja ja tuleeko tukitoimia tiettyjen materiaalien kehittämiselle.

Asiantuntijoiden mielestä maataloustyyppisesti kasvatettujen raaka-aineiden rooli pakkausmateriaalilähteenä ei ole pitkällä tähtäimellä globaalisti nähtävissä. Kuten jo aiemmin todettiin, raaka-aineiden tulisi olla sivuvirroista tuotettuja, joista materiaaleja voitaisiin jalostaa. ”Maataloustyyppisesti kasvatettujen raaka-aineiden sijaan, esim. biokaasutuotannon yhteydessä syntyvistä sivuvirroista mm. metaani ja biometaani voisi hyvinkin olla sellaisia, joista voisi lähteä kehittämään raaka-aineita. Vastaavalla tavalla kuten vedystä on tutkittu mahdollisuuksia”, visioi asiantuntija A. Haasteena tämän tyyppisissä kehityksissä on kuitenkin energian kulutus ja sen suuruus. Myös tuotannollisessa toteuttamisessa on kehittämistä, jotta kulutuksia saataisiin matalimmiksi. ”Relevantteja raaka-aine lähteitä nämä voivat olla vasta reilun 10 vuoden kuluttua – ei vielä lähivuosina”, hän toteaa. ”Kaiken kaikkiaan muovi on vuosikymmenien ajan osoittanut suojaavat ominaisuutensa monelle eri ominaisuudelle. Tulevaisuudessa mikä on sitten se lähde mistä ne valmistetaan, on vaikea sanoa, onko se jopa edelleen fossiilinen vai biopohjainen. Aihiona muovi on varmasti hyvä pakkausmateriaali vaihtoehto elintarvikkeille kuitenkin myös tulevaisuudessa” asiantuntija A toteaakin.

Haastatteluissa nousi esiin myös juuri EU:ssa viimeistelyssä oleva PPWR jätelaki esitys. ”Haasteena biopohjaisten käytön lisäämiselle on myös se, että vasta tehdyn PPWR esitykseen EU parlamentille ei sisälly kannanottoa biopohjaisten muovi tuotteiden raaka-aineen asemaan tulevaisuudessa”, toteaa asiantuntija C. Tähän tullaankin palaamaan myöhemmin ja sen rooli määritellään jälkeen päin.

PHA (polyhydroksi alkonaatti) on yksi mielenkiintoinen raaka-aine, sen laajan saatavuuspohjan vuoksi, mainitsee asiantuntija B. Siinä on mahdollista tuottaa pakkausmateriaali raaka-ainetta jätevirroista. ”Toki mielenkiintoinen kysymys on, voidaanko käyttää lantaa tai viemärijätettä elintarvikemuovin valmistamiseen?” hän huomauttaa. ”Mutta esimerkiksi jäteöljyllä ruuan valmistuksesta

on merkittävä potentiaali tulevaisuuden muovin raaka-ainelähteeksi”, jonka puolestaan konsernin asiantuntija tuo esiin PHA:n osalta. Kuitenkin niin tässä, kuin monessa muussakin vaihtoehtoisessa ratkaisussa hinta tulee todennäköisesti olemaan keskeisessä roolissa läpimurrossa. PHA nousee esiin kaikkien asiantuntijoiden arvioissa kiinnostava tulevaisuuden materiaalina. Sillä nähdään oleva todellista potentiaalia ja tutkimuksellisesti se on kyseisiä tahoja kiinnostava kehitettävä materiaalipohja.

Kehityksessä on lisäksi kaksi biopohjaista ratkaisua, joiden barrier-suoritusarvot ovat korkeammat kuin fossiilisen muovin, jotka asiantuntija B tuo esiin. Toinen on polyglygolihappo, jolla on erinomainen happibarrier ja se on lisäksi biohajoava biopohjaisuuden lisäksi. Toinen on PEF eli polyeteeni furonaatti. PET:iin verrattuna sen hiilidioksidin barrier-ominaisuudet ovat 6 ja jäykkyys noin puolitoistakertainen. ”Mikäli se saataisiin pidettyä suljetussa kierrossa, olisi tämä yksi mielenkiintoinen vaihtoehto”, huomauttaa asiantuntija B. Oletettavaa on, että luonnon polymeerien suora käyttö tulee lisääntymään, mikäli vaihtoehtona ei ole käyttää modifioituja luonnon polymeerejä. Tämä arvio perustuu siihen, että materiaalien suorituskyky on aidosti parempi. ”Lainsäädäntö sanelee meille millaisia ratkaisuja voimme käyttää ja päätökset niistä ovat kuitenkin yleensä monen tekijän summa ja taustalla on monesti kompromisseja, jotta saadaan mahdollisimman monia palveleva kokonaisuus” hän toteaa.

Selvää on, että kehitystä pakkausmateriaali rintamalla tarvitaan. On monia seikkoja, jotka puoltavat täysin uusia raaka-ainepohjia nykyisten rinnalle. Maankäytölliset haasteet, vesivarantojen rajallisuus, maailman väkiluvun kasvu, ilmaston lämpeneminen kaikki osaltaan ovat vaikuttamassa siihen, että nykytilanne ei voi olla tulevaisuutta. Mutta mikäli halutaan todellista kehitystä, tarvitaan myös yhteiskunnallista ohjaamista kohti sellaisia materiaaleja, joiden avulla päästään asetettuihin tavoitteisiin. Yritykset eivät pysty yksinään niitä saavuttamaan. Tarvitaan yhteistyötä, tukea ja ohjeistusta, jotta ne ovat saavutettavissa.

## 7.6 Pakkausmateriaalien kierrätyksen vaikutukset ympäristöön

**Muovinkierrätys** on lähtökohtaisesti ehdottomasti hyvä asia. Materiaalien saaminen talteen luontoon päätymisen sijaan ja niistä uusien tuotteiden valmistaminen edistää kiertotaloutta ja vähentää uuden materiaalin tarvetta. Asiantuntija A:n mukaan kuitenkin tarkasteltaessa elinkaarilaskennan tutkimuksia, voi tulla eteen tilanne, jolloin tulokset osoittautuvat ovat jopa

vertailukelvottomiksi. ”Vaikutelmana voi olla päästöjen kompensoituminen kierrätykseen menevän materiaalin vuoksi, josta katsotaan tulevan uutta materiaalia. Samaan aikaan tehdään toinen tutkimus, jossa tarkastellaan samaisesta kierrätetystä materiaalista valmistetun tuotteen ympäristövaikutuksia ja siinä otetaan mukaan jälleen mukaan samaiset ympäristöhyödyt marginaalisilla päästöillä. Tätä kutsutaan kaksoislaskennaksi”, hän selventää ja toteaa vielä: ”Kumpikaan laskenta ei ole sinänsä väärin, mutta kuitenkaan ei ole ihan oikeinkaan laskea samoja hyötyjä kahteen kertaan.”

Mekaaninen kierrätys on sinänsä hyvä vaihtoehto, koska sen prosessi on suhteellisen tehokas ja energian kulutus on maltillinen. Valitettavasti kuitenkin siitä saatava kierrätysmuovi on laadullisesti neitseellistä muovia heikompaa ja mukaan tarvitaan pääsääntöisesti myös uutta neitseellistä muovia. Myös kierrätysmuovin väri on yleensä hiukan harmaa. ”Mitä enemmän kierrätyskierroksia materiaalille tulee, sitä enemmän muovilaatu heikkenee” toteaa asiantuntija A. Kuitenkin on hyvä, että kierrätysmuovilla voidaan kuitenkin korvata esimerkiksi käyttöesineissä osa uudesta muovista. Asiantuntija A huomauttaa kuitenkin: ”Toki uusia tuotteita ja materiaalikulutusta ei kierrätetyn muovin käyttämisen vuoksi kannata tehdä, vaan korvata olemassa olevia raaka-ainetarpeita.” Vaikka osa lajitellusta muovista päätyykin energiapolttoon, niin polttoprosessi on kuitenkin muovijakeelle tehokkaampi kuin sekajätteelle ja sitä kautta saadaan tuotettua enemmän energiaa.

**Kartonkikierrätyksen** vaikutukset ovat asiantuntija A:n mukaan ovat samantyyppiset paperipakkauksen kierrätyksen kuormituksessa kuin muovin kierrätyksessäkin. Yhtä lailla paperipakkauksen kierrätyksessä sen laatu heikkenee kierrosten lisääntyessä, mutta hiukan hitaammin. Kartonki kierrätyksen materiaalia kierrätettäessä hyötysuhde on yleensä aika korkea, noin 80 % kartonkikierrätyksen tuotteista päätyy kiertoon. ”Kuitu kestää noin 5 kierrätyskierrosta ja laskennallisesti vielä viidennenkin kierroksen jälkeen jäljellä on vielä noin 33 % alkuperäisen massan määrästä”, toteaa asiantuntija B. Tämähän luonnollisesti vähentää aika tehokkaasti uuden materiaalin määrän tarvetta.

Asiantuntijan C nostaa esiin kierrätyksen roolin yleisesti kehityskohteena ja näkee että myös kierrätyksen parissa tullaan tarvitsemaan kehitystä ja uusia tekniikoita mukaan. Hän näkee tämän jopa tärkeämmäksi kehityskohteeksi materiaalikehityksen rinnalla, kestävän toiminnan eteenpäin

viemiseksi. ”Kierrätyksen kehittäminen onkin enemmän relevanttia uusien materiaalien sijaan. Kemiallisen kierrätyksen parantaminen ja tehostaminen on yksi potentiaalinen kehityksen kohde mekaanisen kierrätyksen rinnalla, mutta se on kuitenkin haasteellinen toteuttaa ja tuskin sen avulla tullaan kuitenkaan saavuttamaan asetettuja kierrätysmateriaalien käyttötavoitteita”, hän toteaa.

# 8 Johtopäätökset

Pakkausmateriaalien ympäristövaikutusten suurimmat erot painottuvat materiaalin raaka-aineen alkupäähän. Merkitystä on mistä lähteestä ja millä tavalla raaka-aine on tuotettu. Materiaalin tuotantovaiheilla ympäristövaikutukset ovat enemmän samankaltaisia, niiden merkittävyyden painotukset kuitenkin vaihtelevat jonkin verran toisistaan. Materiaalin kierrättämisprosessi on myös hyvin samankaltainen keskenään. Esimerkiksi muovin kierrätyksessä ei ole eroa onko materiaalin raaka-aine fossiilista vai biopohjaista, kierrätysprosessi on sama.  Kuitenkin kokonaisuudessa pakkausmateriaalien ympäristö vaikutuksen osuus on pieni suhteutettuna koko tuotteen ympäristö vaikutukseen. Toki tässäkin on poikkeuksia kuten juoma tuotteet, joissa pakkauksen ympäristövaikutuksen rooli on huomattavasti suurempi. Seuraavissa alaluvuissa käydään läpi opinnäytetyön tutkimuksen ja teoriapohjan perusteella tehtyjä johtopäätöksiä asetettujen tutkimuskysymysten näkökulmasta.

## 8.1 Materiaalien merkittäviä ympäristövaikutusten eroavaisuuksia

Seuraavassa kuviossa 22 on esitetty tutkimuksessa esiin nousseita merkittävimpiä materiaalikohtaisia ympäristövaikutuksia tiivistetysti. Vihreällä on esitetty positiivisia, punaisella negatiivisia ja sinisellä seikka, jolla molempia vaikutuksia.

Kuvio 22. Opinnäytetyön teossa esiin nousseita materiaali raaka-aine tyyppien ympäristö vaikutuksia.

Kuvioon 22 koottuja opinnäytetyön toteutuksessa ja tulosten läpikäynnissä havainnoituja asioita ja niihin vaikuttavia seikkoja pohditaan tarkemmin seuraavissa luvuissa.

**Fossiilinen muovi**

Jatkossakin fossiilisesta öljystä valmistetun muovin käytön jatkamisella, vaikutetaan suoraan uusiutumattoman raaka-aineen käytön tukemiseen ja annetaan sitä kautta edelleen fossiilisen raaka-aineelle tarveindikaatiota. Fossiilisen raaka-aineen käyttämisellä on merkittäviä ympäristövaikutuksia suoraan raaka-aineenlähdemaahan. Öljyn aiheuttavat vakavat ympäristöriskit ovat todellinen ongelma. Öljyn nostosta aiheutuvia vaikutuksia tuodaan harvemmin esiin. Tämä näkyi myös tietoperustan tiedon haussa. On hyvin tavallista analysoida ympäristövaikutuksia vasta raaka-aineen jalostuksesta muovimateriaaliksi, joka voi antaa hiukan virheellisen kuvan kokonaisvaikutuksista.

**Roskaantuminen**

Merien muovilautat ja ympäristön roskaantuminen nousi tutkimusta tehdessä ennalta ajateltua suurempaan rooliin. Asia nousi esiin niin tietoperustaa tutkiessa kuin asiantuntijoiden arvioissa. Roskaantuminen koettiinkin kaikkien asiantuntijoiden näkökulmasta yhdeksi keskeiseksi seikaksi ympäristövaikutuksia arvioitaessa. Kuinka suuri merkitys median uutisoinnilla on asiantuntijoiden mielikuviin, sitä on vaikea arvioida. Roskaantumisen vähentämiseksi ja ehkäisemiseksi toki toimia voidaan tehdä materiaalivalinnoin, mutta suurempana ongelman ratkaisijana toimii jätehuoltojärjestelmän parantaminen ja tehostaminen etenkin alueilla, joissa se on puutteellinen. Myös kuluttajien valistaminen materiaalien hävittämisestä on tärkeä toimi vähentämään ongelmaa. On hyvä ymmärtää, että pelkkä materiaali tai sen laatu ei ole syyllinen roskaantumiseen. Siihen liittyy moni eri tekijä ja yritystasolla valmistavan teollisuuden onkin kerrottava kuluttajille selkeästi, kuinka lajitella valmistansa pakkaukset. Valmistavana yrityksenä jokainen toimija kuten opinnäytetyön toimeksiantaja voi tehdä voitavansa kiinnittämällä huomiota pakkausmateriaalin määrään tuotteen ympärillä ja valitsemalla helposti kierrätettävät materiaalit. Toki materiaaliksi voisi valita sellaisen, joka hajoaa luonnossa ja meressä nopeasti. Mutta en näe tällaista toimintaa vastuullisena, koska pakkausta ei tule suunnitella heitettäväksi luontoon. Tutkimuksessa on selvästi esiin tullut että pakkaus tulee suunnitella kierrätettäväksi ja hävitettäväksi lajittelun kautta kierrätysmateriaaliksi tai ainakin roskiin ja jätehuollon hävitettäväksi. Biohajoavissa materiaaleissa ovat haasteena tietyt hajoamis olosuhteet, mihin materiaalin tulisi päätyä. Niitä ei pysty ennalta määrittelemään, mikäli materiaali päätyy mereen tai luontoon.

**Biopohjainen muovi**

Tarkasteltaessa eri raaka-ainelähteitä biopohjaisten muovien osalta, nousi tärkeäksi seikaksi raaka-aineen lähde sivuvirrasta ns. muun tuotannon jätteestä. Tämä aiemmin hävitykseen päätynyt raaka-aineen osa voidaan pakkausmateriaalin valmistukseen hyödyntää. Yksi ympäristövaikutusten tarkastelukulma oli raaka-ainepohjan lähde ja muodostumistapa. Kysynnän kasvaessa sivuvirrasta tuotetulle raaka-aineelle, tulee helposti paine lisätä varsinaisen kasvin kasvatusta, jotta sivuvirtaa muodostuisi lisää. Toisaalta voi kasvaa riski myös puhtaan raaka-aineen käyttöön pakkausmateriaalin raaka-aineeksi sivuvirran sijaan, varsinkin jos siitä maksettava hinta on korkea.

Samalla voidaan viedä entisestään maapinta-alaa kasvatuksen lisäämisen vuoksi. Tämä on kyseenalaista, jos samaan aikaan kyseiselle alueelle olisi tarvetta ruuan tuotannon lisäämiselle. Kasvatettavasta kasvista huomioitavaa on maankäytölliset seikat, joiden merkitys vaihtelee myös riippuen siitä, missä päin maailmaa kasvi kasvaa. Kasvin kasvatus ei saisi viedä tilaa ruokatuotannolta. Toisaalta joudutaan huomioimaan myös kasteluveden käyttö ja riitto alueilla, joilla on kuivuutta ja pakkausmateriaalikasvin kastelu voi olla pois ruokatuotannon kasvin kasvatukselta. Maankäytön jakautumista ruokatuotannon ja materiaalien käyttöön kasvatettaviksi tarkoitettujen kasvien välillä joudutaan pohtimaan kriittisesti. Maailman väliluku on nousemassa entisestään ja sen myötä kaikki kulutus lisääntyy. Maankäyttöä, kastelua ja viljelystä aiheutuvia ravinnejäämiä joudutaan todella pohtimaan, ja varmasti kehittämään uudenlaisia viljelytapoja ja tekniikoita. Raaka-aineen riittävyys tulee myös jollain lailla kyseenalaiseksi. Pitäisikö tuotantoa lisätä, jotta raaka-ainetta olisi saatavilla enemmän. Tämän vuoksi lisätyn raaka-aineen tuotannon lisäys on kyseenalaista, jos samalla viedään tilaa ravinnon viljelyltä ja kehitetään jopa uusia tuotteita markkinoille lisääntyvän puhtaan raaka-aineen valmistuttua? Maankäytölliset seikat ovat hyvin aluekohtaisia ja korostuvat maissa, joissa väestön kasvu on suurta. Samoilla alueilla on merkittävää sokeriruo'on kasvatusta, josta myös biopohjaisen PE:n raaka-aine valmistetaan. Tämä on aihealue, johon pitäisi määritellä yhteiskunnallisella ja kansallisella tasolla toimintatavat ja rajoitteet, kuinka yritykset voivat toimia. Vaikutukset voivat olla hyvin erilaisia eri puolilla maailmaa. Tärkeää on huomioida alueelliset erot ja näin ollen tehdä tiivistä yhteistyötä eri maiden välillä.

**Kuitumateriaalit**

Paperin ja kuitumateriaalien valmistuksessa käytetään paljon vettä ja sitä kautta ko. prosessin kuormitus voi olla kriittistäkin alueilla, joilla kärsitään kuivuudesta. Tässä nousevat erot kansainvälisellä tasolla esiin. Suomessa tilanne on kuitenkin vesivarojen osalta hyvällä tasolla, eikä se ole ongelma. Myös muiden biopohjaisten materiaalien valmistusprosessit kuluttavat vettä enemmän kuin fossiilisen raaka-aineen materiaalit. Biopohjaisissa materiaaleissa haasteena on materiaali- ja raaka-ainehukan määrä. Haasteena on hukan määrän arviointi ja se vaihtelee suurestikin materiaalin ja tuotantoprosessin laadusta. Mikäli tarkkoja eroja halutaan saada esiin, tulee materiaaleille ja tuotteille, joita siihen ajatellaan pakkaavan tehdä tarkat LCA-laskennat. Laskentojen avulla on mahdollista löytää kuormittavuuden erot tuotekohtaisesti tarkastikin. Materiaalista riippumatta tilanne on kaikissa sama.

**Massabalanssiperusteinen raaka-aine**

Tällä hetkellä vahvassa roolissa biopohjaisissa muoveissa ovat massabalanssiperiaatteella valmistetut ratkaisut. Niitä kohtaan suhtautuminen on kuitenkin kaksijakoista. Toisaalta kyseenalaisuutta herättää materiaalin sisältämä biopohjaisen (tai kierrätetyn) raaka-aineen todellinen määrä. Sitä ei pystytä varmentamaan vaan materiaalin hankkija tekee valinnan ostollaan. Markkinoille tuodaan jonnekin tietty määrä biopohjaista raaka-ainetta, vaikka se ei juuri kyseisessä tuotteessa olisikaan. Haastateltavien keskuudessa oli kuitenkin yhtenevä mielipide massabalanssijärjestelmän positiivisuudesta ja tällä hetkellä ainutlaatuisuudesta, viedä eteenpäin biopohjaisten materiaalien määrää markkinoilla. Asiat kehittyvät, ja tällä hetkellä tämä on oikeastaan ainut tapa ja voidaankin olettaa, että sillä on vaikutusta positiiviseen suhtautumiseen. Muutoin on vaikea taata materiaalin riitto halukkaille käyttäjille. Mikäli olisi vaihtoehtoja todennäköisesti suhtautuminen olisi nykyistä kriittisempää. Kyseenalaisuutta tällä raaka-ainetyypillä lisää LCA-laskennan käytön vaikeus. Raaka-ainemäärä sekä fossiilisen öljyn osuus että lähteen vaihtelevuus tekevät LCA-laskennan käytön mahdottomaksi, ainakin toistaiseksi. LUKE on asiaa useammassa yhteydessä selvittänyt ja tämänhetkisen tiedon valossa päätynyt johtopäätökseen huomioiden hyvät LCA-käytänteet, ettei kyseistä biopohjaisesta raaka-aineesta vain osin tuotetun raaka-aineen ympäristövaikutuksia tulisi arvioida biopohjaisina, mikäli raaka-aine / materiaali on oikeasti pääosin fossiilista alkuperää.

Biopohjaiset pakkausmateriaalit on jätetty myös tulossa olevan EU:n PPWR jätelaki uudistuksen ulkopuolelle. Tämä viittaa osaltaan vaikeuteen määritellä myös laajemmin biopohjaisten materiaalien roolia ja siihen onko raaka-ainepohjissa tai prosesseissa kenties jotain kyseenalaisuutta.

## 8.2 Elintarvikkeiden ympäristöystävällisimpiä pakkausmateriaaleja

Johtopäätöksenä teoriapohjaan tutustumisen ja tehdyn tutkimuksen myötä voidaan todeta, että elintarvikkeelle tai elintarvikeryhmälle ei voida nimetä tiettyjä pakkausmateriaaleja pelkästään aiheperusteisella materiaalien ympäristövaikutustarkastelulla. Luotettavan lopputuloksen saamiseksi tarkasteluun tulisi huomioida koko ketju LCA-laskennan kautta. Mikäli tarkastelussa olisi yksinään vähän ympäristöä kuormittava materiaali, jossa tuote ei kuitenkaan säilyisi riittävällä tavalla, olisi riski vähäisten ympäristövaikutusten kumoutumiseen, ruokahävikin muodostumisen myötä. Kuitenkin tarkastelun avulla löydettiin erilaisia painotuksia vahvemmin kohdentuvista ympäristövaikutuksista eri materiaalien välillä, joita esiteltiin edeltävässä luvussa, kuviossa 22.

Tarkasteltaessa eri materiaalityyppien ympäristövaikutuksia sellaisenaan, tämänhetkisen tiedon perusteella biopohjaisiin muoveihin liittyy eniten kysymyksiä sekä kyseenalaistamista. Eri biopohjaisilla muoveilla on hyvin erityyppisiä ympäristövaikutuksia. Huomioitavaa on, ettei luotettavaa LCA-laskentaa voida toistaiseksi tehdä, mikäli materiaali on massabalanssiperiaatteella valmistettu. Tämä johtaa siihen, ettei massabalanssiperusteisen materiaalin ympäristövaikutuksista voida varmistua raaka-aine määrän ja pohjan mahdollisen vaihtelun vuoksi. EU on näkemyksissään myös harkitsevalla kannalla biomuovien suhteen, mikä aiheuttaa tällä hetkellä epätietoisuutta pakkaavan teollisuuden keskuudessa, millaisia materiaaleja valita. Kuitenkin biopohjaisten materiaalien käytön lisäämisellä annetaan indikaatiota valmistajille ja uusien sovellusten kehittäjille, että tuotteille on kysyntää. Opinnäytetyössä esiin tulleisiin seikkoihin viitaten, myös toimeksiantajan on aiheellista käyttää harkintaa etenemiseen kohti biopohjaisia muoveja. Mikäli niihin kuitenkin päätettäisiin siirtyä, raaka-ainepohjan huolellinen selvitys on aiheellista. Myös viestintä kuluttajalle on mietittävä tarkkaan, jotta viestintä säilyy läpinäkyvänä eikä anna virheellistä mielikuvaa materiaalin vastuullisuudesta.

## 8.3 Suurimpaan rooliin nouseva(t) ympäristövaikutukset

Yhtenä tutkimuskysymyksenä oli selvittää suurin mahdollinen tekijä mietittäessä elintarvikepakkauksen ympäristövaikutuksia. Tietoperustaa hakiessa tai tutkimusta tehdessä ei voida sanoa, että yksikään ympäristövaikutus olisi noussut ylitse muiden, tai että joku materiaali olisi vaikutuksiltaan selkeästi merkittävämpi tai vähäisempi. Aiheutuvat ympäristövaikutukset ovat osittain myös sidonnaisia alueeseen, josta raaka-aine on peräisin. Vastaavan raaka-aineen ympäristövaikutusten merkittävyys saattaa olla meillä Suomessa tai Pohjolassa hyvinkin erilainen, kuin esimerkiksi Aasiassa tai Etelä-Amerikassa. Niin haastatteluiden yhteydessä kuin myös tietopohjaa haettaessa nousi useassa yhteydessä esiin LCA-laskennan merkitys, kuten jo edellisissä tutkimuskysymysten johtopäätöksissä todettiin. Tärkeää on muistaa pakkausmateriaalivalintoja tehdessä, pakkauksen tärkein tehtävä. Pakkauksen tulee säilyttää tuote hyvänä ja turvallisena, läpi koko ketjun valmistuksesta kulutustilanteeseen saakka. Tästä voidaan tehdä johtopäätös, että pakkauksen ympäristö vaikutuksen suuruus ja merkittävyys koko tuotteen ympäristövaikutuksesta voidaan arvioida vain LCA-laskennan avulla. Toisaalta voidaan myös sanoa, että mikäli pakkauksen suojaavuus tuotteelle ei ole riittävä ja tuote joutuu hävikkiin, voi pakkaus silloin olla välillisesti isoin ympärivaikutuksen aiheuttaja. Ruokahävikki on yleensä aina suurempi vaikuttaja ympäristöön kuormittavasti kuin pakkaus ja kumoaa pakkauksen mahdollisen vähäisen ympäristövaikutushyödyn.

Haastateltujen asiantuntijoiden yhteinen näkemys oli, että kuitu- ja biomateriaalitkin ovat tulleet jäädäkseen. Kehitystä niissä tapahtuu koko ajan enenevässä määrin ja ratkaisujen toiminnallisuutta sekä ominaisuuksia, että tuotannon tehostumista pyritään parantamaan. Alalla toimijat odottavat mihin uudet EU:n ohjeistukset ja tavoitteet asetetaan ja millaiseksi biopohjaisten muovien asema siinä muodostuvat. Selvää on, että monomuovit ja materiaalien kierrätettävyys ovat lähiaikojen selkeät päätavoitteet, tämä nousi esiin niin tietoperustassa kuin haastatteluissakin. Yhdistelmämateriaalien roolin asettuneekin tulevaisuudessa entistä enemmän kyseenalaiseen valoon. Haastatellut asiantuntijat arvioivat yksimielisesti niiden jäävän tulevaisuudessa entistä pienempään rooliin. Myös EU tavoitteet, kansalliset sekä kansainväliset toimet ohjaavat tähän suuntaan. Erilaisilla struktuureilla tavoiteltavan pinnan (esim. paperi) kaltaisen mielikuvan hakemista muovipakkauksessa arvioitiin olevan kyseenalaisia. Miksi luoda vastuullisempaa mielikuvaa pakkauksesta, joka on valmistettu jopa monikerrosmateriaalista. Niitä ei voida kierrättää ja näin ollen yhdistelmämateriaali on kiertotalouden kannalta huonoin mahdollinen vaihtoehto. Suomessa pystytään osassa kuitukierrätyslaitoksista kierrättämään muovipinnoitettu paperipakkaus. Tämä ei ole useinkaan muualla maailmassa mahdollista. Mielikuvien luominen jostain vastuullisemmasta struktuuripintojen avulla voi aiheuttaa kuluttajalle väärää käsitystä materiaalista ja sitä voitaneen sanoa jopa harhaanjohtamiseksi, mikäli ei viestitä todellisesta materiaalista selkeästi.

Meillä Suomessa on vahvaa osaamista materiaalikehityksessä. Tietoperustaa haettaessa vahvistui tieto meneillään olevista monista kehitysprojekteista, jotka ovat eri vaiheissa useilla tahoilla sekä uusista raaka-ainepohjista, jotka eivät ole vielä teollisessa tuotannossa. Kehityksen alla olevista hankkeista ei tule löytymään ratkaisuita kuitenkaan aivan lähitulevaisuuteen, mutta n. 5-10 v. ja 10 v.-> aikajänteellä mahdollisuuksia teolliseen tuotantoon kuitenkin on. Ennen kuin teollinen mittakaavan valmistus saavutetaan näissä, on matkalla monia kysymyksiä ratkaistavana, kuten PHA:n elintarvikekelpoisuus sen raaka-ainepohjan vuoksi, joka voi olla peräisin jopa jätevedestä.

## 8.4 Materiaalikierrätyksen kehittäminen

Tulevaisuuden yhdeksi tärkeäksi ja erittäin potentiaaliseksi kehityskohteeksi nostetaan kierrätyksen parantaminen ja tekniikoiden kehittäminen. Mekaaninen kierrätys itsessään on vähän energiaa vievä kierrätysmuoto ja sikäli potentiaalinen kehitettävä osa-alue. Toisaalta kemiallinen kierrätys antaa mahdollisuuden tehdä täysin uutta raaka-ainetta kierrätysmateriaalista. Tämä ei

kuitenkaan mahdollista toistaiseksi, puhtaudesta huolimatta, raaka-aineen elintarvikekäyttöä kontaktimateriaalina. Kemiallisen kierrätyksen haaste on myös korkea energian kulutus ja toisaalta suuri materiaalihukka. Isona haasteena on elintarvikekelpoisen kierrätysmateriaalin saaminen käyttöön. Tämänhetkisen rPET:in rinnalle tarvittaisiin kipeästi myös muita vaihtoehtoja. Tämän hetken tiedon mukaisesti vain ns. suljetun kierron tuotteet (kuten palautuspullot) hyväksytään elintarvikekäyttöön. Olisi erittäin tärkeää lähteä kehittämään ja kartoittamaan pakkauksia, joita voitaisiin kerätä hallitusti takaisin ja saada kierrätyksen kautta jalostettua raaka-ainetta elintarvikepakkausmateriaalien valmistukseen PP- ja PE-materiaaleista. Tämä vaatii laajaa yhteistyötä ja infrastruktuurin rakentamista.

En usko näköpiirissä olevan tilannetta, että kierrätyksellä ja / tai kierrätettävillä materiaaleilla koskaan päästään tilanteeseen, ettei uutta materiaalia tarvittaisi lainkaan. Niin muovilla kuin muillakin materiaaleilla on rajallinen määrä kertoja, jonka sama materiaali voi kiertää. Jossain kohtaa kierrätysmateriaalin laatu heikkenee niin paljon, että se on hylättävä kierrosta esimerkiksi energiaksi ja sen tilalle tarvitaan uutta materiaalia. Myös osa materiaaleista vaatii aina mukaansa hieman uutta materiaalia, jotta niiden tekninen työstettävyys ja laatu saadaan säilymään riittävän hyvänä.

Kuluttajille ymmärrystä on lisättävä siitä, että vastuullinen pakkaus jollekin tuotteelle voi olla aivan erilainen kuin toiselle tuotteelle.  Lisäksi tarvitaan viestintää yhteiskunnalliselta taholta kootusti. Samoin yhteistyössä laadittua yritysviestintä viestin on oltava samankaltainen kaikilla, jolloin vaikuttavuus on tehokkainta.

# 9 Pohdinta

## 9.1 Tutkimuksen toteutuminen ja havainnot

Opinnäytetyön avulla haettiin vastausta siihen, löytyykö elintarvikkeiden joustopakkauksille suositeltavaa korvaajaa fossiilisen pakkausmateriaalin tilalle materiaalien ympäristövaikutuksia tarkastelemalla. Toisaalta haluttiin myös lisätä ymmärrystä laajemmin vaihtoehtoisten materiaalien ympäristövaikutuksista fossiilisen muovin rinnalla. Kolmanneksi haettiin vastausta, nouseeko jokin ympäristö vaikutus merkittävämpään rooliin kuin muut. Tarkastelu rajautui impulssikategorian tuotteistoon ja lähinnä makeisiin. Aiheen laajuuden vuoksi rajaus tehtiin jo alussa ja työn edistymi-

sen aikana rajausta täsmennettiin jättämällä biohajoavat ja kierrätysmateriaalit tarkemmasta tarkastelusta. Tietoperustaa koottaessa haasteena oli monien eri käsitteiden mukanaolo ja välttämättömyys rajata myös niiden käsittelyn laajuutta työtä tehdessä. Vielä kohdennetummalla rajauksella, olisi saatu toteutunutta syvempi katselmus valitsemalla tietyt tuotteet ja niille nimetyt materiaalit. Tällöin kokonaisuutta olisi voitu tarkastella yksityiskohtaisemmin juuri kyseisen materiaalin ja tuotteen osalta sen elinkaaren kautta. Elinkaarilaskenta nousi esiin monessa kohtaa ja selkeästi ilmeni, että perusteelliset vertailukelpoiset tulokset ja analyysit pakkauksen ympäristö vaikutuksista voidaan tehdä vain elinkaarilaskennan kautta koko tuotteen osalta.

Tutkimus toteutettiin aiheen kirjalliseen materiaaliin tutustuen ja laadullisen tutkimuksen menetelmin teemahaastatteluin alan asiantuntijoille. Tietoperustaan koottua teoriaa tukivat selkeästi tehdyt haastattelut ja ne täydensivät teoriapohjan tietoa. Haastatteluissa nousi esiin vastaavia teemoja kuin tietotoperustaa koostettaessa. Haastatteluiden avulla tietoperustan eri seikkojen vaikuttavuus ja merkitys painottui ja tietyt materiaalien ympäristövaikutusten piirteet selkiytyivät. Ilman haastatteluita käsitys eri teemojen roolista olisivat jääneet vähäisemmälle huomiolle pelkän tietoperusta analyysin perusteella.

Elinkaarilaskenta nousi tutkimuksessa yhdeksi keskeiseksi teemaksi. Sen huomioimisen välttämättömyys korostui haastatteluissa vahvasti. Elinkaarilaskentaa ei alun perin tutkimukseen otettu mukaan resurssi pulan vuoksi. Mahdollisuutta ei ollut suorittaa elinkaarilaskentaa opinnäytetyön toteutuksen aikana. Tietoperustaa koottaessa aiheeseen törmäsi monesti, mutta sen merkittävyys olisi kuitenkin jäänyt vähäisemmäksi ilman toteutettuja haastatteluja. Toisaalta myös materiaalien valmistamisen yhteydessä muodostuva raaka-aineen hukka valmistusprosessin eri vaiheissa olisi mitä todennäköisemmin jäänyt pienemmälle huomiolle pelkän tietoperustan pohjalta. Tämä nousi haastatteluissa useamman kerran esiin, mutta tietoperustan lähteissä sitä ei niinkään esiin tuotu ja sen merkittävyys olisi voinut jäädä helposti huomioimatta tai ainakin vähäiseen merkitykseen eri vaikutuksia pohdittaessa. Maankäytölliset haasteet biopohjaisten raaka-aineiden ympärillä olivat aihepiiri, jotka nousivat vahvasti esiin myös teoriassa, ja korostuivat kansainvälisissä yhteyksissä. Haastatteluissa maankäytölliset kysymykset, verrattuna ruokatuotantoon ja tulevaisuuden haasteisiin käsiteltiin useammassa yhteydessä. Varsinaisesti mitään täysin uutta tietoa ei haastatteluiden perusteella esiin noussut, vaan haastatteluiden tulokset olivat vahvasti teoriatietoa tukevia ja täydentäviä. Haastattelijat olivat myös näkemyksissään aihepiirin osalta varsin

yhtä mielisiä ja toisiaan täydentäviä. Vastaava toistui teoriaa koostettaessa, teoria oli samankaltaista ja eri lähteiden tiedot tukivat toisiaan.

Tutkimuksella haettiin vastauksia toimeksiantajan pakkauskehityksen tueksi ja tulevien toimien suuntaamiseksi. Tutkimus kohdistui makeistuotteiden omavalmistukseen, mutta tuloksia voidaankin hyödyntää myös muun omavalmistuksen pakkauksia suunniteltaessa. Myös tuontituotteiden osalta koottua tietoa voidaan hyödyntää keskusteluissa valmistavien tehtaiden pakkauskehitys suunnitelmissa. Opinnäytetyön toimeksiantajan lisäksi tätä tutkimusta voivat hyödyntää yhteenvetona elintarvikepakkausmateriaalien tämänhetkisestä tilanteesta, muut alalla toimivat ja aihepiiristä kiinnostuneet tahot. Opinnäytetyö toteutettiin yleistävällä tasolla, ilman erityisen tarkasti kohdennusta tiettyyn tuotteeseen ja sen materiaaliin. Siksi tutkimuksen tuloksia ja tietoperustaa voidaan hyödyntää muissa toimeksiantajan edustamissa tuoteryhmissä ja sitä voivat hyödyntää myös muut elintarvikepakkausten vaihtoehtoisia ratkaisuja arvioivat toimijat.

## 9.2 Tutkimuksen kohdentuminen toimeksiantoon

Voidaan todeta, että tutkimuksen perusteella ei löytynyt selvää korvaavaa materiaalia elintarvikkeiden joustomuovipakkaukselle. Tulos ei sinänsä yllättänyt ja oli ennalta odotettavissa. Kuitenkin esiin nousseiden seikkojen valossa voidaan todeta kuitupakkauksen olevan materiaalina vähiten kyseenalaisuutta herättävä ja eniten positiivisia vaikutuksia omaava. Esiin nousi lisäksi useita seikkoja eri materiaaleista ja painotuksia, joiden avulla voidaan tulkintoja pakkauskehityksen suunnasta, jonne sitä tulisi ohjata. Tutkimuksesta saatiin viitteitä mihin materiaaleihin jatkokehityksessä ja testauksissa kannattaa keskittyä, sekä toisaalta minkä kanssa seurata kehityksen etenemistä. Näitä on käsitelty tarkemmin johtopäätöksissä ja pohdinnoissa. Kuitenkin on muistettava kuten työn tietoperustassakin on mainittu, että ei pidä tehdä vahvoja olettamuksia materiaalin hyvyydestä tai huonoudesta ilman vertailukelpoisia LCA-laskentoja. Tärkeintä on aina pakkauksen suojaavuus ja ruokahävikin torjuminen. Mikäli pakkauksen vuoksi aiheutuu ruokahävikkiä, on pakkauksen ympäristövaikutus silloin välillisesti suuri. Ruokahävikki kumoa lähes aina pakkauksen mahdollisen positiivisen ympäristövaikutuksen, kuten tietoperustassakin todettiin.

Kuitupakkauksissa (paperit) on enemmän potentiaalia ja vähemmän kyseenalaisuuksia, kuten luvun alussa todettiin. Paperituotanto on tehokas energiakulutuksen suhteen ja lähialueilla raaka-

ainetta on hyvin saatavana. Kuitenkin valmistuksen haasteena on runsas veden käyttö, mikä ei kuitenkaan paikallisesti ole täällä pohjoismaissa ongelma. Materiaalilla on myös tehokas kierrätysjärjestelmä ja hyvä hyödynnettävyys kierrätysmateriaalille. Vaikka roskaantumista toki tulee välttää ja pakkaukset on hyvä lajitella, jos kuitenkin pakkaus päätyisi luontoon tai veteen kuitupakkaus hajoaa huomattavasti nopeammin kuin mikään muovipakkaus, eikä aiheuta samalla lailla haasteita ympäristön eliöille kuin muovi. Kuitupakkauksissa vastaan voivat kuitenkin tulla tuotannolliset haasteet ja tekninen toimivuus. Tämän vuoksi tarvitaankin huolellista testaamista ja varmuutta tuotteen säilyvyydestä ja pakkauksen toimivuudesta läpi logistiikka ketjun, jottei aiheuteta ruokahävikkiä pakkausmateriaalia vaihtamalla. Tutkimuksen perusteella voidaankin sanoa kuitupakkausten soveltuvuuden jatkoselvitykseen toimeksiantajan pakkauksiin, valittuihin tuotteisiin olevan potentiaalinen kehityskohde.

Biopohjaisiin materiaaleihin liittyy monen tyyppisiä haasteita riippuen raaka-ainelähteestä. Esimerkiksi sokeriruoko raaka-aineena tuo maankäytöllisiä kysymyksiä ja toisaalta massabalanssiperiaatteella valmistettua raaka-ainetta ei voida tämänhetkisen tiedon valossa ottaa mukaan elinkaarilaskentaan. Kuitenkin näitä raaka-ainetyyppejä ottamalla käyttöön voidaan vähentää fossiilisen raaka-aineen käyttöä. Tällä hetkellä teolliseen tuotantoon muun tyyppisiä ratkaisuja ei ole juurikaan tarjolla. Näistä kahdesta vaihtoehdosta biopohjaisena raaka-ainelähteenä opinnäytetyössä nousseiden seikkojen perusteella voidaan nostaa biopohjaiset massabalanssiraaka-aineet potentiaalisempana ratkaisuna. Raaka-aineen lähteenä voi olla esimerkiksi ravintoloiden tai elintarviketeollisuuden jäteöljy, jonka hyödyntäminen edistää kiertotaloutta. Vaikkakaan ei voida sanoa, että kyseinen pakkaus on varmasti biopohjaista raaka-ainetta, on kyseisten pakkausten verran sitouduttu ostamaan biopohjaista muovia fossiilisen sijaan ja näin tuetaan siirtymään pois fossiilisen muovin käytöstä. Haasteena massabalanssiperiaatteen raaka-aineessa ovat alkuperän määrittäminen ja LCA-laskennan mahdottomuus, joka tuli esiin asiantuntija haastattelun yhteydessä. Materiaalista ei saada vertailukelpoista tulosta, mutta sitä käyttämällä voidaan kuitenkin vähentää uusiutumattoman raaka-aineen käyttöä. Biopohjaisen muovinosalta tutkimus tulosten perusteella on syytä käyttää harkintaa niihin siirtymisessä. Suositeltavaa on odottaa EU:n suhtautumista Biopohjaisiin muoveihin ja kuinka niiden käyttöä tullaan ohjeistamaan. Jos kuitenkin halutaan valikoidussa tuoteryhmässä tällaiseen materiaaliin siirtyä, on massabalanssi periaatteellinen muovi silloin suositeltavampi mm. kiertotaloutta hyödyntävän elintarvikekelpoisen öljyn vuoksi. Viestintä on harkittava myös tarkoin. Sokeriruokopohjainen biopohjainen materiaali on kyseenalainen

maankäytöllisten seikkojen vuoksi. Tähän ei tulisi siirtyä ilman LCA-laskennalla vertailua nykyiseen materiaaliin.

Työssä käsiteltiin vain rajatusti kierrätysmuovia koska sen asema ja mahdollisuudet hyödyntää elintarvikkeiden joustopakkauksissa ovat tällä hetkellä hyvin rajalliset. Kierrätysmuovin käyttöä toivotaan niin kuluttajien puolelta, kuin kannustetaan tavoittein myös yhteiskunnallisestikin. Sikäli voidaankin todeta, että muoveista kierrätysmuovi olisi pakkausmateriaalina suositeltavin ja se tukisi myös tehokkaasti kiertotaloutta ja vähentäisi uuden muoviraaka-aineen tarvetta. Sen käyttö elintarvikepakkaamisessa on haastavaa, käytännössä on vain yksi mahdollinen materiaali rPET. Käytön merkittävä lisääminen vaatiikin toimia sekä yhteiskunnalta että lainsäädännöltä ja lisäksi yhteistyötä eri toimijoilta. Moni kerrosmateriaaleissa (PET/PE) tämä olisi varteenotettava ratkaisu sillä välin, kunnes toimeksiantajan on mahdollista saada monomateriaali käyttöön. Suositeltavaa on myös LCA-laskennan teko näille tuotteille, jotta on saatavissa varmuutta ympäristöhyödyistä. joka tapauksessa Toimeksiantajan tulisi pyrkiä ensisijaisesti kohti kierrätettäviä materiaaleja kaikissa tuotteissa. Tämän avulla saadaan myös lisättyä kierrätys materiaalin volyymia ja sitä kautta parannettua jatkomarkkinoiden muodostumista kierrätysmateriaalille.

## 9.3 Toimenpide-ehdotuksia

Niin haastatteluissa kuin tietoperustaa kasatessa esiin nousi pakkaussuunnittelu ja sen tärkeys. Suunnittelemalla tuotteelle optimaalinen pakkaus niin toiminnallisuuden, koon kuin materiaalin suhteen, saadaan mahdollisimman sopiva pakkaus tuotteelle ja pystytään vähentämään pakkausjätteen määrää. Toimeksiantajan tulisikin kiinnittää entistä enemmän huomiota pakkausten fyysiseen kokoon ja materiaalivahvuuksiin, joiden avulla vältetään turhaa pakkausmateriaalin käyttöä, unohtamatta kuitenkaan tuotetta ja sen säilyvyyttä ja tuotannollista toimivuutta. Markkinoinnillinen pinta-ala pakkauksessa on tärkeä, mutta pakkaus ei kuitenkaan saa olla tarpeettoman suuri, mikäli tuotteen sisältö ei sitä vaadi. Jatkossa tulee tarkastella kriittisesti pakkauksen mitoitusta ja materiaalivalintoja uusissa lanseerauksissa ja jatkaa nykyisten pakkauskokojen ja materiaalien tarkastelua ja optimoida mittoja ja materiaaleja, mikäli mahdollisuuksia on.

Materiaalien suhteen päätavoite on saada kaikki käytettävät pakkausmateriaalit kierrätettäväksi. Tämä tavoite tulee niin EU:n, kuin konsernikin asettamana. Käytännön tasolla tämä tarkoittaa ny-

kyisten makeispussien ja monipakkausten PET/PE yhdistelmä pakkauksen saattamista monomateriaaliksi. Mikäli tämä ei onnistu, esimerkiksi tuotannollisten seikkojen vuoksi, seuraava vaihtoehto on selvittää mahdollisuutta vaihtaa PET muovin osuus yhdistelmäpakkauksessa kierrätys muoviksi. Tämän avulla saataisiin säästettyä neitseellisen muovin käyttöä vuosittain. Tässä tapauksessa materiaali ei olisi edelleenkään kierrätettävä nykyisillä kierrätysmenetelmillä. Tässä materiaaliryhmässä olisi syytä harkita elinkaarilaskelmien tekoa ja sitä kautta saada tarkempaa tietoa rPET/PE:n ja monomateriaalin ympäristövaikutusten eroista. Näiden toimien rinnalla tulisi jatkaa toimenpiteitä monomateriaaliin siirtymisen edistämiseksi investointien kautta lähivuosina.

Kuitumateriaalia vaihtoehtona nykyiselle fossiiliselle monomuoville (PP) suositellaan jatkoselvitettävän. Toimivuuden testauksia ja materiaali vaihtoehtojen selvitystä kannattaa jatkaa valituissa tuoteryhmissä / valmistuslinjoilla. Tuotekategoriat ja tuotantolinjat, jotka selvästi ovat nähtävissä haasteellisina jätetään toistaiseksi testauksen ulkopuolelle. Toimeksiantajalla on kuitenkin käytössä jo kierrätettävä monomateriaali, joka on kierrätettävissä, kun markkinoita kyseiselle kierrätysmateriaalille kehitettäisiin. Kuitumateriaalin avulla tietyissä tuoteryhmissä voitaisiin vähentää fossiilisen muovin käyttöä merkittävästi.

Toisena mahdollisena vaihtoehtona on biopohjainen muovi. Biopohjaiseen muoviin liittyvien avoimien asioiden vuoksi, ennen biopohjaisiin materiaaleihin siirtymistä suositeltavaa olisi odottaa EU:n kannanotto ja ohjeistus biopohjaista muovia kohtaan. Siihen mennessä ovat mahdollisesti raaka-ainepohjatkin kehittyneet eteenpäin.  Sen jälkeen tilannetta on hyvä tarkastella uudelleen.

Taulukossa 3 on kuvattuna nykyiset fossiiliset materiaalit ja niille vaihtoehtoiset uudet ehdotukset. Kierrätettävä materiaali nykyiselle yhdistelmämateriaalille on se toivottavin. Oletuksena on, että tulevat PPWR asetukseen liittyvät toimet tulevat vauhdittamaan kierrätysmarkkinoita ja tulevaisuudessa myös PP kalvolle löytyy jatkomarkkinat.

Taulukko 3. Toimeksiantajan materiaali tilannekotimaan markkinoilla vuonna 2023 ja kehitysehdotukset tulevaisuuteen.

| Tuotetyyppi | Nykyinen materiaali | Soveltuvuus kierrätykseen | Kulutus vuositasolla | Uusi materiaali | Materiaali hyöty | Huomiot |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Makeispussi | PET/PE | ⊖ | 31 000 kg | PP tai PE<br>rPET/PE | + / - 0<br>- 5 000 kg /v neitseellistä muovia | Kierrätys ✓<br>Kierrätys ⊖ |
| Makeiskääre | PP | ✓ Jatkokäyttö vähäistä | 9 000 kg | Paperi kääre | -9 000 kg /v neitseellistä muovia | Kierrätys ✓<br>Uusiutuvasta lähteestä |
| Monipakkaus | PET/PE | ⊖ | 121 kg | PP tai PE<br>rPET/PE | + / - 0<br>- 20 kg /v neitseellistä muovia | Kierrätys ✓<br>Kierrätys ⊖ |

Mikäli päätettäisiin siirtyä monikerrosmateriaaleissa käyttämään osittain kierrätysmuovia ja makeiskääreissä voitaisiin siirtyä kuitupakkaukseen, muutoksilla olisi mahdollista pelkästään taulukossa 3 esitetyissä tuoteryhmissä vähentää fossiilisen muovin käyttöä n. 14 tn kotimaan markkinoilla. Jos huomioitaisiin vientiin toimitettavat pakkaukset, olisi määrä vieläkin suurempi. Toki makeiskääreessä kuidun lisäksi on mahdollista siirtymä biopohjaiseen muoviin. Se antaisi yhtä lailla säästöä fossiilisen muovin kulutuksessa. Yhdistelmäpakkauksessa itseasiassa vielä enemmän. Kuten aiemmin todettu biopohjaisen muovin kanssa on vielä syytä pohtia siihen siirtymistä.

## 9.4 Jatkokehitys

### 9.4.1 Toimeksiantajalle

Teknisten toimivuus testausten rinnalla testauksessa olevien materiaalien elinkaarilaskenta antaisi tukea ja varmuutta valintojen oikeellisuudesta ympäristön näkökulmasta. Seuraavassa vaiheessa ehdotus olisikin tehdä kohdennettu LCA laskentaa hyödyntävä tutkimus valituille tuotteelle/tuotteille. Vertailu tehtäisiin nykyiselle fossiiliselle muovipakkaukselle verrattuna barrier-paperipakkaukseen ja/tai kierrätysmuoviseen PET/PE pakkaukseen. Näin saataisiin vertailukelpoinen laskenta materiaalin vaihtamisen merkitykselle. Valitettavasti tähän ei voida ottaa rinnalle

massabalanssiperusteista biopohjaista muovia, sen soveltumattomuuden vuoksi elinkaarilaskentaan. Kuviossa 23 on kuvattuna eri vaihtoehtoisia ratkaisuja ja huomioitavia seikkoja.

Kuvio 23. Etenemisehdotus toimeksiantajan makeispakkauksiin.

**Investoinnit**

Lähtökohtaisesti uusiutuvat materiaalit tai kierrätysmateriaalit ovat yleensä kalliimpia kuin fossiilinen muovipakkaus. Mikäli halutaan siirtyä kohti vähäisempää fossiilisen muovin kulutusta, joudutaan kalliimpi pakkausmateriaali hyväksymään investointina vastuullisuuteen, sitä harvemmin pystytään lisäämään tuotteen hintaan. Myös kehitystyö soveltuvien materiaalien löytämiseksi aiheuttaa kustannuksia. Näihin olisi hyvä olla toimeksiantajan varautuneena budjetoinnein, selkeällä linjanvedolla minkä verran kustannukset vastuullisuuden hyväksi voivat olla.

Selvää on, että ilman laiteinvestointeja tuskin kaikkia toivottavia muutoksia on mahdollista tehdä pakkausmateriaaleihin. Tämän vuoksi olisikin tärkeää kartoittaa investointitarpeita ja -mahdollisuuksia säännöllisesti ja pitää pakkausmateriaalikehitys kohti vastuullisuustavoitteita mukana argumenteissa, tehtäessä investointi tarpeiden arviointeja.

Opinnäytetyön selvitykset ovat olleet pääasiassa kohdennettuja kotimaan markkinoille valmistamiseen ja kierrätykselliset seikat myös suunnattu Suomeen. Jatkossa voisi olla mielenkiintoista ottaa kohdemaaksi joku vienti markkinoista ja tarkastella tarkemmin millaisia seikkoja tulee eteen heidän markkinoillansa, pakkauksien ympärillä viestittäessä. Teoria ja haastattelut pohjautuivat tämän opinnäytetyön osalta pääasiassa Suomen näkökulmaan, jotta työn aihe pystyttiin pitämään riittävän tiiviinä.

### 9.4.2 Yhteiskunnallisesti

Massabalanssiperiaatteellisen raaka-aineen vertailukelvottomuus on jo muodostunut tietyissä kehitysprojekteissa haasteeksi. Tämän vuoksi on ollut projekteja, joista on jouduttu tiputtamaan vertailusta pois massabalanssiperiaatteella valmistettuja materiaaleja. Yhtenä kehityskohteena olisi selvittää kuinka massabalanssijärjestelmää pitäisi kehittää ja onko se edes mahdollista, jotta kyseinen materiaali saataisiin LCA-laskennan piiriin. Toinen vaihtoehto olisi kehittää oma mittarointi, jolla tehdä vastuullisuusvertailua kyseistä raaka-ainetyyppiä hyödyntäville. Edelleenkään mahdollisella uudella kehitettävällä mittaroinnilla analysoidut materiaalit eivät olisi vertailukelpoisia elinkaarilaskennan kautta analysoitavien materiaalien kanssa. Sikäli parempi olisi saada vertailu tehtyä kaikille samalla menetelmällä.

Toisena kehityskohteena näkisin ympäristökuormitusten luokittelun tarpeen. Tutkimusta tehdessä eri materiaalien ja raaka-aineiden kohdalla nousi esiin yleisesti samoja tekijöitä tai vaikutuksia. Kuitenkin on vaikea arvioida kuinka näitä tulisi arvottaa. Miten määritellään mitkä ympäristötekijät ovat haitallisimmat ja mitkä eivät niinkään? Kuinka paljon alueella missä arviointia tehdään tai vaikutuksia luodaan, on merkitystä ympäristövaikutusten suuruuteen tai vaikuttavuuteen? Jotta voitaisiin selkeästi arvioida minkä tekijän vaikutuksia tulisi painottaa eniten, mihin puuttua matalalla kynnyksellä ja mitkä eivät kuitenkaan ole niin merkityksellisiä? Tulkintaa voisi helpottaa ABC luokittelun tyyppinen ratkaisu, jonka perusteella määriteltäisiin merkittävimmät ympäristövaikutukset, esimerkiksi alueellisesti maa- tai maanosakohtaisesti?

Kolmantena ja ehkä merkittävimpänä kehityskohteena työn perusteella nähdään edelleen entistä tärkeämpänä kuluttajien valistaminen ja opettaminen. Mutta yhtäläisesti tarvitaan yritysten yhteistyötä, tiedon jakamista ja yhteiskunnallista ohjaamista entistä enemmän. Nämä seikat korostuivat erityisen tärkeänä tekijänä mahdollistaaksemme tien kohti ympäristöystävällisempiä pakkauksia. Pakkausmateriaalien vastuullisuus, kiertotalous ja niiden kehittäminen ovat kaikki haastavia kokonaisuuksia, vaativat paljon tietotaitoa, testauksia, tutkimuksia sekä tarkoin harkittua yhtenäistä viestintää. Opinnäytetyötä tehdessä asioiden moninaisuus ja laaja-alaisuus on avautunut entisestään. Lähtökohtaisesti ajatus oli selkeyttää opinnäytetyön avulla ajatusmallia pakkausmateriaalien ympärillä kokonaisvaltaisesti. Opinnäytetyön valmistuttua, asiat ovat kyllä ryhmittyneet kokonaisuudessaan, mutta täyden selkeyden sijaan tilalle on tullut entistä enemmän kysymyksiä ja jatkoselvitettäviä asioita. Asioiden monisäikeisyys niin materiaaleista kuin raaka-ainepohjista, niiden vastuullisuudesta, ympäristövaikutuksista ja kiertotaloudesta ovat avautuneet entistä laajemmaksi.

Neljänneksi kehityskohteeksi nousi perusselvitys siitä mikä tai millainen on vastuullinen pakkaus. Miten se määritellään ja mitkä tekijät ovat sen arvottajia? Toimeksiantajan konserni on määritellyt mitä vastuullinen pakkaus pitää sisällään. Useassa yhteydessä puhutaan vastuullisuudesta, kuten vastuullisesta toiminnasta, vastuullisesta pakkauksesta, tuotteesta tai tuotannon vastuullisuudesta. Mutta mitä vastuullisuus oikeasti on, kuinka se määritellään etenkin puhuttaessa vastuullisesta tai vastuullisemmasta pakkauksesta kuin joku toinen. Kukin toimija joutuu määrittelemään vastuullisen pakkauksen omasta näkökulmastaan. Kuluttajan on äärettömän vaikea vertailla näitä kun määrittelyiden perusteet eroavat. Tutkimuksen perusteella olisi tarvetta olla yhteisesti laaditut pelisäännöt, joihin kaikki elintarvikevalmistajat voisivat tukeutua. Tällaisissa väittämissä tulee olla hyvin tarkkana ja siksi yhteisen selkeän määritelmän laatiminen helpottaisi alalla toimijoita ja kuluttajia - mitkä kriteerit tulee täyttyä, jotta voidaan puhua vastuullisesta pakkauksesta. Mutta toisaalta onko edes mahdollista määritellä mitä kaikkea vastuullisuus on. Pystymme kyllä sanomaan mitä siihen kuuluu, mutta vaikuttaako siihen kuitenkin aina ympäröivät olosuhteet ja ulkoiset tekijät niin voimakkaasti, että kaikissa tapauksissa ei voida samoja määritelmiä käyttää?

## 9.5 Luotettavuus ja eettisyys

**Luotettavuus**

Opinnäytetyön tietoperustaa koottaessa pyrittiin hakemaan tietoa mahdollisimman monipuolisesti eri lähteistä. Lähteenä käytettiin vain luotettavia ja tunnettuja lähteitä sekä alan asiantuntijoiden julkaisuja. Tietoa pyrittiin poimimaan vain tuoreimmista julkaisuista, varsinkin kun kyseessä oli materiaalien kehitykseen tai seikkoihin liittyviä asioita, joiden tiedon arvioidaan jalostuneen viime vuosina. Joitain materiaalien perustietoa poimittiin myös hiukan vanhemmasta kirjallisuudesta, silloin kun arvioitiin tiedon olevan sellaista, että se ei ajan kuluessa lähtökohtaisesti muutu. Useimmiten havaittiin, että sama tieto löytyy useammasta eri julkaisusta. Lähteiden valinnassa käytettiin apuna KATSE-muistisääntöä (Lähdekritiikki n.d.) Näin ollen voidaankin todeta tietoperustaan kerätyn tiedon olevan luotettavaa ja todenmukaista. Vastaava tutkimus voitaisiin toistaa uudelleen ja oletettavasti tulokset olisivat samankaltaiset.

Tietoperustaan kerättyä tietoa vahvisti asiantuntija haastatteluissa saadut vastaukset ja pohdinnat. Asiantuntijoiden näkemykset mukailivat tietoperustan tietoa ja toisaalta asiantuntemus vastavuoroisesti todentui tietoperustan tietoa vertailemalla heidän lausuntoihinsa. Varsinaista täysin uutta tietoa ei haastatteluiden yhteydessä tullut, vaan haastattelut enemmänkin täydensivät tietoperustan tietoa ja antoi viitteitä asioiden merkittävyyden arviointiin ja painotuksiin. Voidaankin todeta, että haastattelujen tulokset tukivat työn tietoperustan luotettavuutta. Asiantuntijat, joita haastateltiin ovat kaikki pitkään alalla toimineita, organisaatioissaan ja alallaan arvostettuja osaajia. Asiantuntijoiden näkemykset olivat myös keskenään yhteneviä eikä ristiriitaisuuksia esiintynyt. Ainoastaan aluekohtaisissa tarkasteluissa oli eroavaisuuksia, mutta tämä oli perusteltua johtuen yhden haastateltavan kansainvälisemmästä näkökulmasta.

**Eettisyys**

Opinnäytetyötä tehdessä ja raportoitaessa noudatettiin Jamkin eettisiä periaatteita. Työn toteutuksessa huomioitiin haastateltujen henkilöiden anonymiteetti, jättämällä pois haastatellun henkilön nimi tai asema. Opinnäyteyössä mainittiin vain organisaatio, jossa henkilö haastatteluhetkellä työskenteli. Tämä valittiin julkaistavaksi sen vuoksi että voitiin todentaa työn luotettavuutta, valitun organisaation ammatillisella merkittävyydellä. Haastattelun tulosten avaamisessa käytettiin

haastatelluista mainintaa asiantuntija A, asiantuntija B ja asiantuntija C. Järjestys on satunnainen verrattuna opinnäytetyön alussa mainittujen organisaatioiden järjestykseen. Myöskään haastateltujen henkilöiden sukupuolta ei paljastettu. Haastattelut tallennettiin ja litteroitiin tulosten purkamisen helpottamiseksi. Tallennetut haastattelut ovat tallennettuna vain opinnäytetyöntekijän omaan tiedostoon, toimeksiantajan palvelimella olevaan kansioon. Opinnäytetyön julkaisemisen jälkeen nämä tallennetut tiedostot poistetaan.

Toimeksiantajaa ei käsitelty nimeltä ainoastaan toimiala mainittiin. Myöskään tuotteita, joiden pakkauksien kehitystä työssä pohdittiin ei avattu tarkemmin. Opinnäytetyö ei sisällä salassa pidettävää tietoa eikä siinä käsitellä luottamuksellisia yrityssalaisuuksia.

# Lähteet

3 reasons why dispersion barrier coatings are the future of recyclable food packaging. N.d. Julkaisu Kemiran verkkosivuilla. Viitattu 19.3.2024. https://www.kemira.com/insights/3-reasons-why-dispersion-barrier-coatings-are-the-future-of-recyclable-food-packaging/

A 1616/2022. Euroopan Unionin Kierrätysmuoviasetukseen perustuva julkaisu ja viittaus Ruokaviraston verkkosivuilla 5.9.2023. Viitattu 20.4.2024. https://www.ruokavirasto.fi/elintarvikkeet/elintarvikeala/pakkaukset-ja-kontaktimateriaalit/kontaktimateriaaleja-koskeva-lainsaadanto/kierratysmuoviasetus_EY_1616_2022/

Ahola, J., Laari, A. 2019. Voiko muoveja valmistaa ilmasta? Julkaisu Muoviyhdistyksen verkkosivuilla 12.6.2019. Viitattu 20.3.2024. https://www.muoviyhdistys.fi/2019/06/12/voiko-muoveja-valmistaa-ilmasta

Biomuoviopas. 2020. Muovipolin koostama ja yhdessä Muoviteollisuus ry:n kanssa julkaisema opas biomuoveista 24.11.2020. 9, 17-24, 29, 40. Viitattu 28.11.2022. https://www.muovipoli.fi/wp-content/uploads/2020/11/Biomuoviopas.pdf

Bioplastics market development update. 2023. Julkaisu European bioplastics verkkosivuilla. Viitattu 10.3.2024. https://www.european-bioplastics.org/market/

Biosykli hintaero pitää biomuoveja marginaalissa. 2021. Julkaisu muoviyhdistyksen sivuilla 16.4.2021. Viitattu 14.3.2024. https://www.muoviyhdistys.fi/2021/04/16/biosykli-hintaero-pitaa-biomuoveja-marginaalissa/

Desmond, T., 2022. What in the husk are corn plastics? Uutinen Ilcornin verkkosivuilla 25.1.2022. Viitattu 20.3.2024. https://www.ilcorn.org/news-and-media/current-news/article/2022/01/what-in-the-husk-are-corn-plastics

Elinkaariarviointi (LCA)- ja hiilijalanjälkilaskentapalvelut. N.d. Tutkimuspalveluiden kuvaus luonnonvarakeskuksen verkkosivuilla. Viitattu 20.4.2024. https://www.luke.fi/fi/palvelut/elinkaariarviointi-lca-ja-hiilijalanjalkilaskentapalvelut

Forest sanasto. N.d. Käsitteiden selityksiä metsäalan verkkolehden sivuilla. Viitattu 19.3.2024 https://forest.fi/fi/sanasto/sellu-selluloosa-pulp/

Fortumin pilotointi jätteen polton hiilidioksidipäästöjen talteen otosta ja hyödyntämisestä onnistui – suunnitelma fossiilivapaan muovin valmistuksesta etenee 2023. Lehdistötiedote Fortumin verkkosivuilla 28.2.2023. Viitattu 20.3.2024. https://www.fortum.fi/media/2023/02/fortumin-pilotointi-jatteenpolton-hiilidioksidipaastojen-talteenotosta-ja-hyodyntamisesta-onnistui-suunnitelma-fossiilivapaan-muovin-valmistuksesta-etenee

Fossiilisten polttoaineiden ympäristöongelmat. 2024. Artikkeli Reneva-fi:n verkkosivuilla. Viitattu 20.4.2024. http://renewa-fi.com/fossiilisten-polttoaineiden-ymparistoongelmat/

Harlin, A. 2022. Muovin kemiallinen kierrätys 2022. Artikkeli Package Heroes hankkeen verkkosivuilla ja Pakkaus-lehden sivuilla 1.11.2022. Viitattu 20.3.2024. https://www.package-heroes.fi/blog_post/termit-tutuksi-muovin-kemiallinen-kierratys/

Harlin, A. 2022. Pakkaamisen ympäristövaikutuksia hallintaan systemaattisilla ratkaisuilla. Package Heroes hankkeen blogi. Julkaistu 28.3.2023. Viitattu 18.3.2024. https://www.package-heroes.fi/blog_post/pakkaamisen-ymparistovaikutuksia-hallitaan-systeemisilla-ratkaisuilla/

Hänninen, H., Karppinen, M., Leskelä, M., Pohjakallio, M. 2022. Tekniikan Kemia. 208. p.16 uudistettu painos. Helsinki: Edita.

Häggblom-Ahnger, U., Komulainen, P. 2003, Kemiallinen metsäteollisuus II. Paperin ja kartongin valmistus. 24. Jyväskylä: Opetushallitus

Isotalo, K. 2004. Puu- ja sellukemia. 15–16. p. 3 uudistettupainos. Kemi: Opetushallitus.

Kallinen, T., Kinnunen, T. 2021. Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja. Viitattu 10.5.2024. https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/

Kananen, J. 2017. Laadullinen tutkimus pro graduna ja opinnäytetyönä. 35, 44, 67. Jyväskylä: Punamusta.

Kestävä Pakkaus 2021. 14, 44–46, 83, 151, 224. Forssa: Suomen pakkausyhdistys.

Kohvakka, J., Lehtinen, L. 2019. Hyvä, paha muovi: vähennä viisaasti. 15, 125 Helsinki: Minerva.

Koivuniemi, M., 2019. 11. Long plast life plastic -muoviseminaarissa jaettu esitys 20.5.20219. Viitattu 20.4.2024 Fortum Recycling & Waste. Ei julkisesti saatavilla.

Koivuniemi, M., 2023. 2. Muovi on monipuolista ja niin on myös kierrätyksen keinot. Julkaisu Fortumin verkkosivuilla 27.9.2023. Viitattu 5.4.2024. https://www.fortum.fi/files/rwsmuovinkierratyksen-keinotwhitepaper/download?attachment=

Kontro, M. 2022. Jätevesilietteen mikrobiologinen muuntaminen PHA-biomuovin raaka-aineeksi. Artikkeli Helsingin Yliopiston avoimessa julkaisuarkistossa. Viitattu 20.4.2024. http://hdl.handle.net/10138/352938

Kääriäinen, P. 2016. Selluloosa-tulevaisuuden supermateriaali. Biotalous verkkosivustolla julkaistu blogi 25.1.2026. Viitattu 19.3.2024. https://www.biotalous.fi/selluloosa-tulevaisuuden-supermateriaali/

Lahtinen, J., 2020. Muovit. Artikkeli Suomen pakkausyhdistyksen verkkosivuilla ja pakkaus lehdessä. 03/2020. Viitattu 19.3.2024. https://www.pakkaus.com/pakkausalan-termit-2021/#muovit

Laitinen, A. 2022. Hiilijälki- ja elinkaarilaskennan erot. Uutinen Vaasan ammattikorkeakoulun verkkolehdessä 15.9.2022. Viitattu 20.2.2024. http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2022091559115

Leinonen, I., Kataja, K., Vares, S., Immonen, K., Räty, T., Viitala, E.-J., Verkasalo, E., Lehtinen, K., Hagner, M., Heräjärvi, H., Viitanen, J., Yadav, P., Harlin, A. 2022. 8, 10, 12, 21, 104. Perinteistä muovia korvaavat materiaalit ja ratkaisut. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 28/2022. Artikkeli julkaistu Luonnonvarakeskuksen verkkosivuilla. Viitattu 20.4.2024. http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-403-6

Lähdekritiikki. 2024. Käsitteiden avaamista LUT akateemisen kirjaston verkkosivuilla 10.1.2024. Viitattu 21.4.2024. https://libguides.lut.fi/c.php?g=677960&p=4831305

Merten muoviroska. N.d. Julkaisu WWF:n verkkosivuilla. Viitattu 30.4.2024. https://wwf.fi/uhat/merten-muoviroska/

Muovi(n)en maailma. 2018. Julkaisu Ekokumppanit verkkosivuilla. N.d. Viitattu 18.4.2024. https://oppaat.ekokumppanit.fi/muoviopas2018/

Muovipakkausten uusi raportointi alkaa – tavoitteena nostaa muovin kierrätystä. 2023. julkaisu ELY keskuksen sivuilla 21.6.2023. Viitattu 9.5.2024. https://www.ely-keskus.fi/web/tuottajavastuu/ajankohtaista/-/asset_publisher/CuGi4BWU5gIJ/content/muovipakkausten-uusi-raportointi-alkaa-tavoitteena-nostaa-muovin-kierr%25C3%25A4tyst%25C3%25A4

Muovisanastoa. N.d. Termistöä Muoviteollisuus ry:n verkkosivuilla. Viitattu 17.3.2024. https://www.plastics.fi/sanasto/?ltr=4

Muovisten kertakäyttöisten annospakkausten kulutuksen vähentämistä koskeva green deal-sopimus. N.d. Julkaisu Motivan ylläpitämällä Sopimus 2050 verkkosivustolla. Viitattu 20.4.2024. https://sitoumus2050.fi/muoviset-annospakkaukset#/

Muovit. N.d. Julkaisu Plasthousen verkkosivuilla. N.d. Viitattu 18.4.2024. https://www.plasthouse.fi/muovit/

Muovit elintarvikekontaktimateriaalina. 2023. Julkaisu Ruokaviraston verkkosivuilla. Päivitetty 5.9.2023. Viitattu 8.4.2024. https://www.ruokavirasto.fi/elintarvikkeet/elintarvikeala/pakkaukset-ja-kontaktimateriaalit/kysyttya-kontaktimateriaaleista/muovit/

Onko yrityksesi tuottajavastuun piirissä? Pakkausten tuottajavastuu laajenee kaiken kokoisille yrityksille verkkosivuilla. 2023. Julkaisu Rinki ry:n verkkosivuilla 2.11.2023. Viitattu 12.4.2024. https://rinkiin.fi/2023/11/02/onko-yrityksesi-tuottajavastuussa-pakkausten-tuottajavastuu-laajenee-kaiken-kokoisille-yrityksille/

Opas kierrätyskelpoisen muovipakkauksen suunnitteluun. N.d. Helsinki: Suomen Uusiomuovi Oy

Pakkaaminen ja muovi 2021. Artikkeli Kauppapuutarhaliitto ry:n Puhtaasti kotimainen verkkosivuilla 5.5.2021. Viitattu 10.4.2024. https://puhtaastikotimainen.fi/pakkaaminen-ja-muovi/

Pakkausmateriaalit. N.d. Julkaisu Logistiikan maailman verkkosivuilla. Viitattu 10.5.2024. https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/pakkaaminen/pakkausmateriaalit/

Pohjakallio, M., 2020. Muovi-ilmiö 3.0. julkaisu Muoviteollisuus ry:n verkkosivuilla. 22.9.2020. Viitattu 18.4.2024. https://www.plastics.fi/ilmio/

Proposal for a revision of EU legislation on packaging and packaging waste. 2022. EU:n verkkosivuilla julkaistu ehdotus pakkausjäte asetukseksi. 30.11.2022. Viitattu 17.3.2024. https://environment.ec.europa.eu/publications/proposal-packaging-and-packaging-waste_en

Provisional agreement on proposal for regulation concerning packaging and packaging waste 2024. Lehdistötiedote julkaistu Ympäristöministeriön verkkosivuilla 6.3.2024. Viitattu 11.5.2024. https://ym.fi/en/-/provisional-agreement-on-proposal-for-regulation-concerning-packaging-and-packaging-waste

Puupohjainen lasinkirkas pakkausmateriaali muovin korvaamiseen n.d. Julkaisu Uusipuun verkkosivuilla. Viitattu 18.3.2024. https://www.uusipuu.fi/ratkaisut/puupohjainen-lasinkirkas-pakkausmateriaali/

Puupohjainen muovi. N.d. Woodlyn verkkosivuilla artikkeli. Viitattu 18.4.2024. https://woodly.com/fi/puupohjainen-muovi/

Ruuan ympäristövaikutukset. N.d., Artikkeli WWF:n verkkosivuilla ruuan ympäristövaikutuksista. Viitattu 10.4.2024. https://wwf.fi/ruoka/ruuan-ymparistovaikutukset/

Saarinen, E. 2022. Muovijätettä vuotaa luontoon ja dumpataan triplasti enemmän kuin sitä kierrätetään. 2022. Artikkeli Uusiouutiset verkkolehdessä 22.2.2022. Viitattu 20.4.2024. https://www.uusiouutiset.fi/tuore-raportti-paljastaa-muovijatetta-vuotaa-luontoon-ja-dumpataan-triplasti-enemman-kuin-sita-kierratetaan/

Samasta puusta sellua ja bioenergiaa. 2024. Julkaisu UPM:n verkkosivuilla. Viitattu 10.4.2024 https://www.upmpulp.com/fi/sellun-tuotanto/miten-sellua-valmistetaan/

Selluloosa ja sen monet erilaiset mahdollisuudet. 2021. Woodlyn verkkosivuilla artikkeli. 5.5.2021. Viitattu 18.4.2024. https://woodly.com/fi/metsan_kaytto/selluloosa-ja-sen-monet-mahdollisuudet/

Seppälä, J., Klemetti, U., kortelainen, V-A., Lyytikäinen, J., Siitonen, H., Sironen, R. 1999. Paperimassan valmistus. 16. p. 2 tarkistettu painos, Jyväskylä: Opetushallitus.

Singh, R., Sharma, P., Sambyal, K. 2022. Application of Sugarcane Bagasse in Chemicals and Food Packaging Industry: Potential and Challenges. Viitattu 7.9.2022. https://doi.org/10.1007/s43615-022-00167-9

Sisäinen raportointi. 2024. Toimeksiantajan sisäisestä raportointijärjestelmästä poimittua materiaalia, ei julkisesti saatavilla. Viitattu 12.5.2024.

Sivill, L., 2023. Pitäisikö biogeeninen hiilidioksidi varastoida vai uusiokäyttää synteettisiin polttoaineisiin? Artikkeli Arfyn verkkosivuilla. 5.9.2023. Viitattu 18.4.2024. https://afry.com/fi-fi/artikkeli/pitaisiko-biogeeninen-hiilidioksidi-varastoida-vai-uusiokayttaa-synteettisiin

Suomen muovitiekartta. 2018. 7–8. Julkaisu Suomen Ympäristöministeriön verkkosivuilla. Viitattu 15.3.2024.https://ym.fi/muovitiekartta

Suomen muovitiekartta 2.0. 2022. 21. Julkaisu Suomen Ympäristöministeriön verkkosivuilla. Viitattu 19.2.2024. https://ym.fi/muovitiekartta

Sustainability academy. 2023. Toimeksiantaja konsernin tarjoama vastuullisuus akatemian henkilöstölle suunnattu koulutusmateriaali. Ei julkisesti saatavilla. Viitattu 11.5.2024.

Sustainable life barometer 2023. Toimeksiantajan teettämä tutkimus ja julkaisema yritysesitys henkilöstön ja sidosryhmien käyttöön. Ei julkisesti saatavilla. Viitattu 20.4.2024

Tenhunen-Lunkka, A. 2020. Kemiallinen kierrätys ratkaisuna muovien kierrätysongelmiin. Artikkeli VTT:n verkkosivuilla julkaistu 23.12.2020. Viitattu 20.3.2024. https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/kemiallinen-kierratys-ratkaisuna-muovien-ymparistoongelmiin-0

The Mass-balance approach. N.d. Kuvaus ISCC:n verkkosivuilla heidän toiminnastaan ja massabalanssi periaatteesta. Viitattu 15.3.2024 https://www.iscc-system.org/certification/chain-of-custody/mass-balance/

Tietoa Tilastoista. N.d. Käsitteistö StatFin-tietokannan verkkosivuilla. Viitattu 16.3.2024. https://www.stat.fi/meta/kas/fossiiliset_pol.html

Tulevaisuussanasto. N.d. Sitran verkkosivuilla julkaistu termien selitteitä. Viitattu 19.3.2024. https://www.sitra.fi/tulevaisuussanasto/biogeeninen-hiilidioksidi/

Vastuullinen ruoantuotanto. 2022. Julkaisu Bayerin verkkosivuilla vastuullisesta ruuantuotannosta. päivitetty 9.12.2022. Viitattu 8.4.2024. https://www.bayer.com/fi/fi/vastuullinen-ruoantuotanto

Vastuulliset hankinnat 2024. Julkaisu materiaalitavoitteista Orkla Suomen verkkosivuilla. Viitattu 12.5.2024. https://www.orkla.fi/vastuullisuus/vastuulliset-hankinnat/

Viitanen, J., Kataja, K., Mutanen, A., Viitala, E.-J., Åkerman, M., Lahtinen, T., Silvenius, F., Forssen, A. 2021. Elintarvikepakkaaminen muuttaa muotoaan. Metsätieteen aikakauskirja vuosikerta 2021 artikkeli 10511. Viitattu 15.2.2024. https://doi.org/10.14214/ma.10511

Vähä-Nissi, M., Rautakoski, H., Kataja, K., 2020. Barrieerit suojaavat sisältöä. Artikkeli Suomen pakkaus yhdistyksen verkkosivuilla ja Pakkaus lehdessä. 04/2020. Viitattu 20.2.2024. https://www.pakkaus.com/pakkausalan-termit-2021/#barrieerit

What are ”bio-plastics”, Market 2019. Julkaisu bioplastic europen verkkosivuilla. N.d. Viitattu 28.11.2022. https://bioplasticseurope.eu/about

VR ottaa käyttöön Woodlyn puupohjaiset ruokapakkaukset ravintolavaunuissa. 2022. Julkaisu Woodlyn verkkosivuilla. Viitattu 20.4.2024 https://woodly.com/fi/tiedotteet/vr-ottaa-kayttoon-woodlyn-puupohjaiset-ruokapakkaukset-ravintolavaunuissa/

Ympäristöystävällinen ja helposti kierrätettävä pakkausmateriaali. N.d. Julkaisu Uusipuun verkkosivuilla. Viitattu 18.3.2024. https://www.uusipuu.fi/ratkaisut/ymparistoystavallinen-pakkausmateriaali/

Yritysesitys 2023. Toimeksiantajan julkaisema yritysesitys henkilöstön käyttöön. Ei julkisesti saatavilla. Viitattu 20.4.2024

Åkerman, M., Sundqvist-Andberg, H., Hakala, H., Harlin, A., Katajajuuri, J-M., Leinonen, I., Sonck-Rautio, K., Tynkkynen, N., Viitala, E-J., Viitanen, J. 2021. Kohti kestävää ruokapakkaamista. Artikkeli Package Heroes hankkeen verkkosivuilla 9.3.2021. Viitattu 15.3.2024. https://www.package-heroes.fi/2021/03/09/kohti-kestavaa-ruokapakkaamista/

# Liitteet

## Liite 1. Haastattelukysymykset FI

### Haastattelukysymykset

Työ ja haastattelu rajautuu käsittelemään elintarvikkeen muovimateriaaleja, joista etenkin joustopakkausmateriaaleja ja niiden korvaajia (pussit, kääreet yms.)

- Miksi fossiilisesta muovista pitäisi päästä eroon ympäristön näkökulmasta
- Mitkä asiat ovat merkityksellisiä ja millaisia eroavaisuuksia materiaalien valmistusprosessissa on ympäristön kannalta
    - Fossiilinen muovi
    - Biopohjaiset muovit
    - Kuitupakkaus (paperi)? ml erilaiset barrieeripinnoitteet ja dispersiot
    - Kuitu(paperi)/muovi yhdistelmämateriaalit
- Biopohjaisten raaka-aineiden riitto ja lähteiden kestävyys – kuinka perusteellisesti niiden vastuullisuutta on tutkittu?
- Massabalanssi periaatteen kestävyys? Kyseenalaisuus esim LCA-laskennassa ja tulosten vertailukelpoisuus
- Onko kuitu ja biopohjaiset väliaikainen ratkaisu?
- Mitkä kehityskaaressa olevat materiaalit /raaka-aine lähteet ovat realistisia vaihtoehtoja teolliseen mittakaavaan tulevaisuudessa (n. 5v / 10v)?
- Mikä on tulevaisuuden todennäköisin elintarvikepakkausmateriaalin raaka-aine?
- Fossiilisen muovin/biomuovin kierrätyksen (mekaaninen) vaikutukset ympäristöön
- Kuinka paperipakkauksen kierrätys eroaa kuormitukseltaan muovinkierrätyksestä

## Liite 2. Haastattelukysymykset GB

**Questions**

This thesis concentrates to treat food packaging plastic material, mainly film materials and possible substitute materials (bags, wrappers, ect.)

- Why we should get rid of fossil plastic,
- Which things matters most and what kind of differences there are when thinking of producing different materials?
    - Fossil plastic
    - Biobased plastic
    - Fiber packaging (paper) including different barrier coatings and dispersions
    - Fiber (paper)/ plastic combination materials

- How you see biobased raw materials sufficiency and sustainability of sources _ How deeply sustainability of those has been studied?
- How you see the mass balance principal raw materials sustainability? For example LCA counting and the comparable of results.
- How you see the fiber – and biobased materials, are those just the temporary substitute?
- Which materials/raw material sources on developing scale at the moment you see as a realistic option in industrial production in the future (approx. 5-10 years)?
- Which one you think would be the most likely the future food packaging material?
- Fossil plastic / bioplastic recycling influences to environment
- How the paper packaging recycling differs as an environmental load from plastic recycling?