

Opinnäytetyö (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka insinööri AMK

2019

Hanna Pääkkönen

EPS -JÄTTEEN ENERGIA- JA KUSTANNUSTEHOKAS KERÄYS JA KIERRÄTYS

– Tutkimus limoneenin käytöstä ja vaikutuksista
EPS - materiaaliin

Tekijä: Hanna Pääkkönen

EPS -JÄTTEEN ENERGIA- JA KUSTANNUSTEHOKAS KERÄÄMINEN JA KIERRÄTTÄMINEN

- Tutkimus limoneenin käytöstä ja vaikutuksista EPS materiaaliin

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on tutkia soveltuisiko Japanissa käytettävä EPS keräys-, kierrätys- ja kuljetuskäytäntö myös Suomessa.

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää Japanissa käytettävän menetelmän mekaniikkaa ja sen soveltumista myös likaisen materiaalin kierrättämiseen.

Opinnäytetyö tehdään Lounais-Suomen jätehuolto Oy:lle (LSJH), joka tuli mukaan Turun ammattikorkeakoulun Kiertotalouden liiketoimintamallit tutkimusryhmän hankkeeseen. Tämän hankkeen myötä selvisi tarve kehittää EPS:n keräystä, kierrätystä ja kustannustehokasta kuljetusta myös Suomessa.

Kiertotalouden liiketoimintamallit ryhmän toimeksiannon taustatutkimuksen yhteydessä nousi esille Aasiassa käytettävä toimintamalli, jonka pohjalta käynnistyi tähän opinnäytetyöhön sisältyvät tutkimukset. Japanissa EPS kerätään jätehuollon toimesta autoon, jossa on sekoittaja, astia ja sitrushedelmien kuorista puristettua eteeristä öljyä, jonka liuottava ainesosa on limoneeni. EPS kerätään kierrätyspisteiltä ja liuotetaan jo autossa massaksi. Sitten massa toimitetaan jatkokäsittelijöille.

Vaikka menetelmä toimivana konseptina oli tiedossa, tietoa siitä ei ole saatavilla edes englanninkielellä ja siksi avoimia kysymyksiä oli tutkimuksen alussa paljon. Opinnäytetyössä tulee esille näitä kysymyksiä ja vastauksia niihin, koska ne ovat oleellisen tärkeitä käytännön soveltamiseen Suomessa.

Tutkimukseen kuuluu olennaisena osana laboratoriotyöskentely, jossa limoneeni saadaan eroteltua sitruskuorista tislamalla. Tislauslaitteisto oli käytössä Turun AMK:n laboratoriossa Lemminkäisenkadun kampuksella.

Opinnäytetyössä tutustutaan liuotinta käyttävään kierrätykseen prosessina sekä todistetaan sen toimivuus konseptina, jota käytäntöön soveltamalla saadaan onnistuneesti likainen EPS kerättyä sekä kierrätettyä että kuljetettua energia- ja kustannustehokkaasti Suomessa.

ASIASANAT:

Limoneeni, expanded polystyrene, keräys, kierrätys, kuljetus, tutkimus

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Energy and Environmental Technology

2019 | 19

Hanna Pääkkönen

ENERGY EFFICIENT AND COST EFFECTIVE COLLECTING AND RECYCLING OF EPS

- Research of using limonene and its efficiency to EPS material

The purpose of this thesis was to examine whether the EPS collection, recycling and transport model used in Japan is applicable in Finland as well.

The main goal of this thesis was to open and introduce the mechanics of recycling EPS in Japan, and to study how to apply them in Finland.

The thesis was commissioned by Lounais-Suomen jätehuolto Oy (LSJH), which participated in a project led by Circular Business Models research group of Turku University of Applied Sciences. This project raised the need to develop EPS collection, recycling and cost-effective transportation in Finland.

There is a video on Youtube about the Japanese model, based on which the research included in this thesis was launched. In Japan EPS is collected by waste management into a car with a mixer, a pot and citrus based ethereal oil with solubilizing ingredient limonene. EPS is collected from recycling points and dissolved in the car as mass. The mass is then delivered to the processors.

The video did not tell everything and therefore there were many open questions at the beginning of the research. The thesis also raised these questions and answered them because they are essential in order to make the practice work in Finland.

Laboratory work was an essential part of this study. The limonene was separated from the citrus crust by distillation. Distillation equipment was used at the Laboratory on Lemminkäinenkatu campus of Turku University of Applied Sciences

The thesis provides valuable research results that conclude that-, by applying the practice, EPS can be successfully collected and recycled and transported efficiently and cost efficiently in Finland.

KEYWORDS:

Limonene, Expanded polystyrene, Collecting, Recycling, Transportation, Research

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	5
1.1 Tausta	5
1.2 Tavoitteet	5
2 EPS YLEISESTI	7
2.1 Limoneeni ja muut EPS:ää liuottavat aineet	7
2.2 EPS -jätteen keräys	8
2.3 Kierrätys	9
2.4 Kuljetus	9
2.5 Limoneenin ja EPS:n erottelu	10
3 LABORATORIOTESTAUKSET	11
4 KIERRÄTETYN EPS:N TESTAUS	16
5 TUTKIMUKSEN LOPPUTULOKSET	17
LÄHTEET	19

1 JOHDANTO

1.1 Tausta

EPS:n (EPS on lyhenne sanoista Expanded Polystyrene) kierrätyksen ja kuljettamisen kehittäminen Suomessa on ajankohtaista, koska kiertotaloutta pyritään saamaan osaksi prosesseja rajallisten luonnonvarojen säästämiseksi. EPS:ää on valmistettu pelkästään neitseellisiä raaka-aineita käyttäen. Kierrätyksen suurin ongelma on ollut EPS:n likaisuus, jolloin sitä ei ole voinut juurikaan uusiokäyttää. Kuljetuksen haasteena kannattamattomuus, koska EPS sisältää ilmaa niin paljon (Nieminen syyskuu 2018).

Kiertotalouden liiketoimintamallit – tutkimusryhmä, joka opettaa Turun ammattikorkeakoulussa kiertotaloutta ja järjestää projektioppimisympäristössään kasvunpajoja, sai innovoitavakseen EPS:n jatkojalostusmahdollisuuksia Suomessa ja samalla kartoitettiin mahdollista yhteistyötä Baltian maiden kanssa. Kasvunpajassa oli mukana PS-Processing Oy, jonka työntekijä Jeri Sorri kertoi 19.1.2018 tapaamiskerralla PS-Processing Oy:n olevan yritys, joka keskittyy EPS:sta tehtyjen elintarvikepakkausten kierrättämiseen granuloimalla ne ja toimittamalla granulaation yhteistyökumppanilleen. Yritystä kiinnostaisi löytää myös yhteistyökumppaneita Baltiasta. Kasvunpajaan liittyvän toisen tapaamisen yhteydessä 14.5.2018, Jeri Sorri kertoi, että EPS:n sisältämien epäpuhtauksien vuoksi granulaatio ei täytä kuitenkaan jatkokäsittelijöiden laadullisia vaatimuksia.

Työryhmän tehtävänantoon syventymisen myötä, sen taustatutkimuksen yhteydessä eteen tuli Youtubesta mielenkiintoinen video, joka käsittelee Japanissa käytettävää toimintamallia EPS:n keräämisessä ja kierrättämisessä. Tämä toimintamalli olisi mahdollisesti ratkaisu myös epäpuhtauksien poistamiselle materiaalista (Associate Press Archive 2015).

Yrityksen tavoitteena oli etsiä Baltiasta kontaktia, ja tähän tavoitteeseen päästiin löytämällä alun perin ranskalainen, mutta nyt kansainvälistynyt yritys, Veolia Recycling Solutions Finland Oy, jolla on toimisto myös Turussa. Kasvunpajan aikana saatiin joitakin Ps-processing Oy:tä hyödyttäviä ratkaisuja ja vastauksia, joita yritys voi soveltaa käytäntöön. Kasvunpajan päätyttyä alkoi tämän opinnäytetyön aiheeseen liittyvä tutkimus.

Lounais-Suomen jätehuolto selvitti eräässä hankkeessaan EPS -jätteen materiaalivirtaa ja kiinnostui kasvunpajan myötä saatujen tietojen perusteella sen kustannustehokkaasta keräyksestä ja kierrättämisestä (CircHubs tietopankki).

1.2 Tavoitteet

Tämän työn tarkoituksena on tutkia sosisiko luvussa 1.1 mainittu, Japanissa käytetty toimintamalli sovellettavaksi Suomessa. Sitä soveltamalla voisi ratkaista keräykseen, kierrätykseen ja kuljetukseen liittyvät ongelmat.

Tarve kehittää EPS:n keräystä, kierrätystä ja kustannustehokasta kuljettamista on ilmeinen, koska EPS -jäte vie runsaasti tilaa ja sen hajoaminen luonnossa tapahtuu erittäin hitaasti. EPS hajoaa luonnossa mikromuoveiksi aiheuttaen vakavia ympäristöhaittoja. Kuljetus on kustannustehokasta jos se suoritetaan Japanin toimintamallin mukaisesti ja liuotetaan massaksi limoneenin avulla. Liuennut polystyreeni voidaan erotella limoneenista haihduttamalla. Suljetun prosessin sisällä limoneeni saadaan talteen ilman suurempaa hävikkiä. Erottelun jälkeen polystyreeni etenee prosessissa paisutukseen ja siitä valmistetaan uutta pakkausmateriaalia. Kenties Japanissa limoneenia käytetään pelkästään puhtaan EPS:n keräykseen ja kustannustehokkaaseen kuljettamiseen (Associate Press Archive 2015).

On syytä olettaa, että erottelun jälkeen limoneenin hukkaprosentti on pieni ja, että se on puhdasta uudelleenkäyttöä varten. Puhdas limoneeni antaa mahdollisuuden käyttää kierrätettyä EPS:ää valmistusraaka-aineena. Limoneenista erottelun jälkeen, jäljelle jää siis myös puhdas polystyreeni raaka-aine (Associate Press Archive).

Tässä työssä pyritään vastaamaan seuraaviin kysymyksiin:

- Kuinka paljon limoneenia tarvitaan liuottamiseen?
- Kuinka paljon EPS:ää liukenee massaksi tiettyyn määrään limoneenia?

Kahden ensimmäisen kysymyksen vastaukset kertovat hyötysuhteen ja keräys saadaan suoritettua sekä EPS:n että limoneenin optimimäärillä.

Suomessa on kiinnostusta erityisesti likaisen EPS:n kierrätykselle. Japanin toimintamallia seuraamalla myös tämä on mahdollista. Luvussa 1.1 mainitulla videolla näkyvä erottelulaitteisto ei todennäköisesti kelpaa likaisen EPS:n erotteluun ja siksi kehitettiin prototyyppi, joka mahdollistaa EPS:n käsittelyyn erilleen limoneenista ja liasta.

Limoneeni on prototyyppilaitteiston ansiosta puhdasta, samoin kuin siitä eroteltu polystyreeni. Tämä tutkimus sivuaa tuon prototyypin kokeilun tuloksia mutta ei ota kantaa limoneenin kustannustehokkaaseen tuottamistapaan. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää limoneenin talteenottoa polystyreeni-limoneeniseoksesta tislamalla.

Limoneenia voidaan käyttää uudelleen useamman kerran, joten tässä tutkimuksessa ei ole syytä käsitellä loppusijoituspaikkaa.

Tässä työssä tuodaan esiin mitä eri ominaisuuksia kierrätetystä EPS:stä voidaan tutkia, mutta niistä ei ole varsinaisia tutkimustuloksia.

2 EPS YLEISESTI

EPS on lyhenne sanoista expanded polystyrene. EPS sisältää 2-4 % muovia ja loppu on ilmaa. EPS valmistetaan paisuttamalla 200°C:n höyryn avulla polystyreenihelmiä, joihin on imeytetty pentaania. Pentaani toimii ponnekaasuna, jolloin polystyreenihelmet täyttyvät hiilidioksidilla kuumen höyryn vaikutuksesta ja liimautuvat yhteen. (Hyytinen ym. 2011, 3; ICA 2018; Thermisol.fi 2018; Finnfoam.fi 2018).

EPS laajenee kuumen höyryn vaikutuksesta liki satakertaiseksi, jolloin eristyskyky kasvaa eli U-arvo nousee. Siksi se on ihanteellinen materiaali esimerkiksi kertakäyttöiseksi keittokulhoksi, kylmälaukuksi sekä pakkaus-, että eristemateriaaliksi (Todd Johnson 2018; ICA ; ThoughtCo 2018).

Pelkästään Suomessa tuotetaan 140 000 tonnia EPS -muovijätettä vuosittain. Hyvin suuri osa tästä jätteestä muodostuu pakkausmateriaaleista (Eskelinen & Haavisto 2016).

Muovit kuten polystyreeni hajoavat luonnossa hyvin hitaasti, ja hajoamistuotteena syntyvät mikromuovit kuormittavat ekosysteemiä raskaasti (Hirsjärvi ym. 2017, 1-4; Vesitalouslehti, 2/2018; Suomen ympäristömerkintä Oy 2018).

Tämän työn tarkoituksena on tarkastella mahdollisimman kustannus-, ja energiatehokasta tapaa kerätä ja kuljettaa EPS -jätettä.

Japanissa EPS:n kierrättämisen pilottihanke aloitettiin vuonna 1997. Laki muovin kierrättämisestä asetettiin jo vuonna 1995 ja se on lisännyt Aasiaan kuten Kiinaan ja Japaniin useita EPS:n kierrättämiseen erikoistuneita yrityksiä (JEPESA, 2010). Aasian toimintamalliin perustuen ja sen mukaisesti esimerkiksi Kiinaan toimitetaan myös Suomesta EPS -materiaalia jatkokäsittelyyn.

Japanissa EPS liuotetaan massaksi sitrushedelmien kuorista uutetun öljyn, limoneenin kanssa. Se on kustannustehokkaampaa kuljettaa, kun limoneeniin EPS sekoittuu moinen määrän verrattuna suuriin, tilaa vieviin paloihin. Massan kierrättämisen etuna on, että sen voi toimittaa suoraan jatkokäsittelijälle. EPS:n ja limoneenin erottelulaitteisto saattaa Suomessa tosin olla erilainen kuin Japanissa, koska Suomessa on tarkoitus kierrättää myös likainen EPS.

Tärkeää olisi kierrättää EPS ja jatkokäsitellä siitä uudelleen käyttökelpoista materiaalia eikä vain polttaa sitä energiaksi.

2.1 Limoneeni ja muut EPS:ää liuottavat aineet

Japanissa EPS kerätään jätehuollon toimesta pakettiautoon, jossa on astia ja sitrushedelmien kuorista puristettua eteeristä öljyä, jonka liuottava ainesosa on limoneeni. EPS:n kerätään kierrätyspisteiltä ja liuotetaan jo autossa massaksi. Sitten massa toimitetaan jatkokäsittelijöille (Associate Press Archive).

Sitruhedelmien kuoria muodostuu jätteenä esimerkiksi pienemmillä tuoremehuasemilla. Karkea laskennallinen määrä, jota sitruskuorijätettä Turun alueella muodostuu noilla tuoremehuasemilla, liikkuu 60 kg ja 300 kg:n välillä/asema. Esimerkkinä Turun länsikeskuksen Citymarket, jonka tuoremehubaarista tulee noin 100 – 150 kg sitruhedelmien kuorijätettä päivässä, ja viikonloppuna kaksinkertainen määrä päivää kohden.

Kiinnostavaa on, että havupuista saatava eteerinen öljy sisältää limoneenia, johon EPS liukenee, ja mäntyöljy on yksi sellutuotannon sivutuotteista. Sellutehtaan mäntyöljystä tuotetaan tällä hetkellä muun muassa biodieseliä.

Mehubaarien ja tuoremehuasemien tuottama sitruskuorijäte on määrältään kuitenkin niin riittoisaa, että tässä tutkimuksessa päädyttiin käyttämään limoneenin tuottamiseen juuri mehubaarien sitruskuorijätettä eikä mäntyöljyä. (Sowden Mark, 2017).

EPS liukenee muihinkin liuottimiin, kuten esimerkiksi asetoniin, mutta alhaisen höyrystymislämpötilan vuoksi asetoni ei sovellu tässä tutkimuksessa esitetyn keräysmenetelmän liuottimeksi. Kuitenkin jos liuotus tehdään keskitetysti jäteasemalla, ja suljetun prosessin sisällä, voi asetoni tehokkaampana liuottimena olla myös varteenotettava vaihtoehto. Tällöin saataisiin käytettyä alhaisempia lämpötiloja liuottimen ja polystyreenin erotteluun.

2.2 EPS -jätteen keräys

Nimensä mukaisesti suurin osa EPS -materiaalista on Ilmaa. EPS -jäte vie paljon tilaa ja on kallista kuljettaa suuren volyymin vuoksi. Volyymin pienentämiseksi on jo olemassa tapoja, esimerkiksi lämpöä hyödyntäen voidaan päästä eroon turhasta ilmasta, mutta tämä menetelmä ei ratkaise epäpuhtauksista koituvia ongelmia.

Kustannustehokkain tapa kerätä EPS -jätettä olisi käyttää liuotinta, esimerkiksi limoneenia. Keräyksen onnistuminen edellyttää, että yhteistyökumppanille annetaan EPS:n keräyssäiliö, joka sisältää liuotinta. Kun säiliö täyttyy liuenneesta polystyreenistä, vaihdetaan säiliö uuteen. Tämä tuo säästöjä kuljetuskustannuksiin ja mahdollistaa keräämisen suuremmalla volyymillä ja isommalta alueelta. Polystyreenin ja limoneenin erottaminen toisistaan jo jätehuoltoasemalla mahdollistaisi pelkän polystyreenin toimittamisen jatkokäsittelijälle uudelleen paisutukseen.

Yhteistyötä tarvittaisiin myös sellaisten yritysten kanssa, joilta tulee sitruhedelmien kuorijätettä.

Yritykset, jotka myyvät elektroniikkaa tuottavat runsaasti EPS jätettä. Keräyspisteet voisivat sijaita isojen toimijoiden, kuten Gigantti, Power ym. tonteilla, koska sellaisilta tulee pakkausjätteenä paljon EPS:ää.

2.3 Kierrätys

Suomessa on tähän mennessä voitu kierrättää EPS:ää jonkin verran käyttämällä sitä täyteaineena esimerkiksi meluvalleissa, tierakentamisen yhteydessä sekä polttamalla se muovijätteen mukana energiaksi. Lisäksi granuloitua EPS:ää toimitetaan ulkomaille jatkokäsittelyyn. (Sorri, 2018)

Vaatii monen eri tahon yhteistyötä, kun päädytään limoneenin mahdollistamaan keräykseen, kustannustehokkaaseen kuljetukseen, jatkokäsittelyyn ja lopputuotteen markkinointiin. Parhaimmassa tapauksessa kiertoon laittaja hyötyy itse lopputuotteestakin, kuten rakennusalalla saattaisi käydä. Rakennustyömailla toimintamalli EPS:n keräämiseksi voisi olla sellainen, että jätehuollon toimesta työmaalle mahdollisesti järjestettäisiin erillinen keräysastia pelkästään EPS:lle. Materiaalin voisi työmailta kuljettaa sitten limoneenin avulla kustannustehokkaasti, ja joko erotella sen itse limoneeniksi ja polystyreeniksi tai viedä jatkokäsittelijälle erotteluun ja uudelleenpaisutukseen. Jatkokäsittelijä valmistaa eristemateriaalin jälleen rakennustyömaan käyttöön.

Kun EPS liukenee limoneeniin, EPS:stä tulee materiaalina silloin pelkkää polystyreeniä. Materiaali on siis sellaista, että se joutuu käymään uudelleen läpi paisutuksen, ja siitä muodostuu uudelleen laadukasta ja käyttökelpoista EPS:ää (Associate Press Archive).

Tämän tutkimuksen puitteissa ei ollut kuitenkaan mahdollista suunnitella keräysinfrastruktuuria eikä testata ja hioa sen toimivuutta käytännössä.

2.4 Kuljetus

Kustannustehokasta kuljetusta varten tarvitaan joko säännöllisesti kiertävä jätehuolto-auto, jossa on limoneenia ja sekoittaja EPS:n liuottamista varten, tai keräysastia, jossa on limoneenia valmiiksi pohjalla. Keräysastiakin tarvitsee todennäköisesti sekoittajan pohjalle, koska se tehostaa sidosten katkeamista ja liukenemista massaksi.

Kumpikaan keräystapa ei ole täysin ongelmaton esimerkiksi Suomessa vallitsevien suurten lämpötilaerojen vuoksi. Esimerkiksi kesällä aiheutuu ongelmia limoneenin alhaisen höyrystymispisteen kanssa saattaen aiheuttaa palovaaran, jos keräysastia on alttiina suoralle auringonpaisteelle. Talviset olosuhteet taas aiheuttavat omanlaisensa ongelmat. Keräysauto ei olisi herkkä säänvaihteluille, mutta osaltaan sen mukana häviää osa keräysastioiden tuomasta joustavuudesta.

2.5 Limoneenin ja EPS:n erottelu

Tutkimuksen edetessä huomattiin tiettyjä haasteita polystyreenin ja limoneenin erottamisessa toisistaan, vaikka tislaminen todisti hypoteesin limoneenin uudelleen käytävyydestä todeksi, sen tehokkuus erottelussa oli riittämätöntä. Tislaamalla suoritettu erottelu on työläs, hidas ja tehoton tapa, eikä kaikkea limoneenia saatu annetussa ajassa talteen. Siksi oli tarpeen kehittää erotusmenetelmä, joka olisi sekä energia- että toiminnallisesti tehokas malli ja säästäisi aikaa.

Malli hyödyntää limoneenin alhaisempaa haihtumispistettä veteen verrattuna ja veden käyttämistä lämmönlähteenä. Limoneenia raskaampana vesi painuu limoneenikerroksen läpi lämmittäen sitä kauttaaltaan. Höyrystynyt limoneeni on suhteellisen helppo kerätä talteen ja tiivistää uudestaan.

Tämän tutkimuksen puitteissa ei ole tarvetta selvittää konseptia tämän pidemmälle.



Kuva. Kun EPS – limoneeni seoksesta haihdutettiin limoneeni, alkoi haihdutuskammi-oon muodostua muovisidoksia. Lopulta tuloksena oli paksu polystyreenikalvo.

3 LABORATORIOTESTAUKSET

Laboratoriossa sitruhedelmien kuorista tislattiin limoneenia. Tislaus perustuu tässä tutkimuksessa kahden nestemäisen, toisiinsa liuenneiden aineiden erottamiseen toisistaan. Liuenneilla aineilla on eri höyrystymispisteet (Snowdem)

Ensimmäistä tislauskertaa varten raastettiin raastinraudalla sitruhedelmien kuoren pintaosaa, jossa limoneenin määrä on suurimmillaan. Sitruskuorijätettä tislattiin laittamalla pulloon, tislauskolviin 200g raastettua kuorijätettä ja 2dl vettä. Koe-erässä saatiin selville kuinka paljon limoneenia irtoaa tuosta sitruskuorimäärästä. Tarkoitus oli samalla selvittää, irtoaako limoneenia kilomäärän kasvaessakin suhteessa saman verran. Työ suoritettiin kaksi kertaa.

Toista tislauskertaa varten raastettiin koneellisesti koko kuori ja siitä kuorimassasta tislattiin samoilla määrillä limoneeni erilleen. Tämäkin tislauskersta suoritettiin kaksi kertaa ja päästiin samoihin limoneenimääriin kuin ensimmäisellä tislauskeralla.

Kolmannella tislauskeralla tislattiin sitruskuorijätteen kylmäpuristetta. Kylmäpuristeen viskositeetin vuoksi tislauskolviin jätettiin tilaa, jotta kylmäpuriste ei lämmitettäessä kuohu yli. Litran tislauskolvin saa tislattaessa täyttää 600ml, mutta kuohumisen varalta keittopullo täytettiin vain 500 ml asti. Heikon limoneenin tuoton vuoksi tislaus suoritettiin vain kerran.

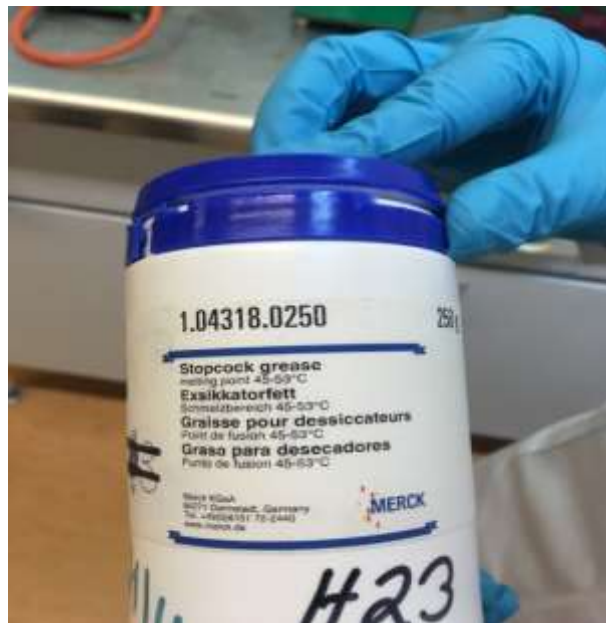
Tislauksessa käytettiin kuorijätettä kolmella eri tavalla ja tislauksen aikana havaittiin, että kuorijättemäärästä 0,6 % on limoneenia. Kun kuorimassa-vesiseoksen lämpötila on 84 °C:sta, alkaa limoneeni tislautua erilleen. Tislaus kesti puolitoistatuntia, eikä limoneenia erottunut enää sen jälkeen. (Taulukko 1.)

Massan liuottamiseksi tarvittiin likaista EPS:ää ja limoneenia. Limoneenia mitattiin 1dl ja siihen liuotettiin 1kg EPS:ää. Massasta saatiin kylläinen liuos suhteella: 100ml limoneenia ja 1000g EPS:ää.

Tutkimuksen kuluessa havaittiin, että EPS:ää ei kannata liuottaa kyllästyspisteeseen asti, koska massasta tulee liian sakeaa erottelulaitteiston prototyypin käsittelyä ajatellen. Optimaalinen suhde on 100ml limoneenia ja 700g EPS:ää. Erotteluun suunniteltu prototyyppi perustuu haihdutus-lauhdutus systeemiin, jossa limoneenin haihtuminen edellyttää, ettei massalla ole liian korkeaa viskositeettia. Vesi ei muutoin läpäise sitä tehokkaasti mikä hankaloittaa limoneenin haihtumista erilleen polystyreenistä.



Kuva 1. Kuvassa on tisluslaitteisto. Lämmittimen pesässä on tisluskolvi, joka sisältää kuoriraastetta (200g) ja vettä (2dl). Limoneeni tislautuu pienempään pulloon, tislekolviin. Pullojen välissä on Liebig – jäähdytin.



Kuva 2. Tisluslaitteiston lasiosat rasvattiin, jotta ne eivät jää kiinni toisiinsa.



Kuva 3. Tislauksen aikana havaittiin, että kuvassa näkyvä ilma-aukkoinen lasiosa (kuva 4.), tislekolvin yläpuolella, on välttämätön paineen tasaamiseksi. Paine purkautuu muutoin tislauksolvista (kuorimassa-vesiseos) ja saattaa aiheuttaa lämpömittarin rikkoutumisen ja sen sisältämän elohopean karkaamisen.



Kuva 4. Ilma-aukkoinen lasiosa.



Kuva 5. Tislekolvin sisältö kaadettiin erotussuppiloon ja limoneeni otettiin siitä talteen. Limoneenin erottuminen vedestä tapahtui erittäin nopeasti.

Lisäksi laboratoriossa tislattiin vesi – EPS – limoneeni seosta, jotta nuo kaksi ainesosaa saadaan eroteltua toisistaan niiden uudelleen käyttöä varten. Limoneeni haihtuu 80–90 °C:ssa ja tislauksessa se saadaan kerättyä talteen. Tässä selviää limoneenin mahdollisen hävikin määrää. Limoneenia laitettiin tislaukseen 1 dl, EPS 100 g ja vesijohtovettä 2 dl. Tislaus aika oli 3 tuntia, ja limoneenia saatiin talteen niin vähäinen määrä, että todettiin tislauksen olevan tehoton tapa limoneenin erottamiseen ja talteenottoon. Konseptin todentamiseen tislaminen kuitenkin sopi mainiosti, koska sillä voitiin todentaa limoneenin ja polystyreenin erottuminen toisistaan.



Kuva 6. Limoneenin talteenoton testaus.

Taulukko 1.

Sitruskuorimäärä	Vesijohtovettä	Tislaus aika	Limoneenin määrä	
raastettua 200g	200ml	1h 30min	3ml	
raastettua 200g	200ml	1h 30min	3ml	
koko kuori 200g	200ml	1h 30min	3ml	
koko kuori 200g	200ml	1h 30min	3ml	
kylmäpuriste 500ml	-	1h 30min	1ml	

Laboratoriokokeiden tuloksia tislatusista limoneenista.

4 KIERRÄTETYN EPS:N TESTAUS

Limoneeni ja EPS liuotetaan ensin massaksi. Kun keräys on suoritettu näin sekä limoneenin että EPS:n optimimäärällä jotta massa on koostumukseltaan sopivaa, ne erotellaan toisistaan. EPS:sta katkeaa sidoksia limoneenin vaikutuksesta ja siitä tulee polystyreeniä. Limoneeni otetaan talteen ja käytetään uudelleen. Polystyreeni vaatii uudeen paisutuksen, jotta siitä voidaan jälleen valmistaa eriste- tai pakkausmateriaalia.

Japanin toimintamalli ei kuitenkaan sisällä tietoa siitä kerätäänkö Aasiassa myös likainen EPS. Esille tulee vain puhtaan pakkausmateriaalin keräys, liuotus massaksi ja uuden pakkausmateriaalin valmistus. Kenties puhdasta pakkausmateriaalia syntyy jätteesi niin paljon, että limoneenin ansiosta sen keräys, kuljettaminen ja kierrätys on saatu kustannustehokkaaksi. Kiinnostavaa on, että todennäköisesti esimerkiksi kalan pakkaamiseen ja kuljetukseen tarvittavia laatikoita valmistetaan kierrätetystä EPS-materiaalista. Kenties limoneenin ansiosta saavutetaan puhtaat, elintarvikkeillekin soveltuvat pakkausmateriaalit, jotka täyttävät elintarvikelakien edellyttämät ominaisvaatimukset.

Suomessa limoneenin ansiosta voidaan kerätä ja kuljettaa kustannustehokkaasti myös likainen EPS. Polystyreeni ei ole limoneenista erottelun jälkeen enää likaista ja sitä voidaan käyttää uudelleen. Tämän tutkimuksen pohjana toiminut Japanin toimintamalli on käyttökelpoinen likaisenkin EPS:n kierrättämiselle. Asianmukaiset laitteistot ja laboratorio takaavat luotettavia tutkimustuloksia kierrätetyn EPS:n käyttökelpoisuudesta.

Kierrätetystä EPS:sta voidaan tutkia laadullisia ominaisuuksia kuten lujuutta, U-arvoa ja säilykö kierrätetyssä materiaalissa työstettävyyttä. Tässä työssä siis ei selvitetä täytykö polymerointi suorittaa uudelleen, mutta silmämääräisten havaintojen perusteella ei tarvitse, koska kun limoneeni -polystyreeni -seoksesta eroteltiin limoneeni, alkoi muodostua veden pinnalle muovisidoksia, ja lopulta astian kattava kalvo. Tästä havainnosta voisi siis päätellä että polymerointia ei tarvitse suorittaa uudelleen.

5 TUTKIMUKSEN LOPPUTULOKSET

Onnistuneen tutkimuksen ansiosta saatiin arvokasta tietoa EPS:n keräämiseen ja kierrättämiseen liittyen.

Tutkimuksen lopuksi on oleellista vastata kysymyksiin, joita alussa esitettiin ja tarkentaakin niitä, koska tutkimuksen edetessä limoneenista ja EPS:stä tuli esille ominaisuuksia koko kierrätysprosessin osalta, joita ei osattu huomioida alussa.

- **Kuinka paljon limoneenia tarvitaan liuottamiseen?**

- **Kuinka paljon EPS:ia liukenee massaksi tiettyyn määrään limoneenia?**

Kahden ensimmäisen kysymyksen vastaukset kertovat hyötysuhteen ja myös sen, mikä on limoneenin ja polystyreenin erottelun kannalta se paras massan koostumus. Hyötysuhde on 70 % kylläisestä liuoksesta eli 1 dl limoneenia liuottaa 700 g EPS:ää koostumukseltaan sopivaksi massaksi. Tämä liukoisuus on lineaarinen eli 1 l limoneenia liuottaa 700 g EPS:ää koostumukseltaan sopivaksi massaksi.

Liian tiheä massa on sitkeää ja tarttuvaa koostumukseltaan eikä limoneenia saada tehokkaasti siitä talteen.

Liian vähän EPS:ää sisältävä massa taas lisää keräys- ja kuljetuskustannuksia, vaikka limoneenin siitä talteen saakin.

Tämän tutkimuksen oli tarkoitus selvittää onko myös likaisen EPS:n kierrättäminen mahdollista ja Japanin toimintamallia soveltamalla se osoittautui toteuttamiskelpoiseksi

- **Jos EPS liuotetaan massaksi limoneenin avulla, kuinka monta kertaa sitä voi käyttää, jotta se säilyttää puhdistavan vaikutuksensa?** Haihduttamisen ja talteenoton ansiosta limoneeni on aina erottelun jälkeen puhdasta ja sitä voi käyttää uudelleen. Limoneenissa siis itsessään ei ole likaa puhdistavaa vaikutusta vaan lika erottuu samalla kun polystyreeni erotellaan limoneenista.

- **Mihin käyttökelvoton öljy loppusijoitetaan, jos se kerran sisältää epäpuhtauksia?** Limoneeni ei sisällä epäpuhtauksia. Limoneeni pysyy kierrossa ja puhtaana, kun polystyreeni erotellaan siitä pois. Jonkin verran sitä haihtuu erottelun yhteydessä, mutta jos talteenotto on kuitenkin tehokasta, ei hukan määrä ole mainittava. Ei ole syytä siis ajatella, että limoneeni pitäisi loppusijoittaa jatkokäsittelijälle, koska se säilyy käyttökelpoisena kokoajan.

- **Heikkenevätkö EPS -materiaalin ominaisuudet kierrätyksessä?** Tämä tutkimus ei sisällä tarkkoja testaustuloksia likaisen, kierrätetyn EPS:n laadullisista ominaisuuksista, mutta siitä voidaan tutkia esimerkiksi lujutta ja U-arvoa, jotta saadaan selville eristekyky ja kelpoisuus pakkausmateriaalina.

Esimerkiksi elintarvikepakkausten hygieniavaatimukset eivät välttämättä täyty, vaikka kierrätetty EPS olisikin puhdasta sekä pakkaus- että eristemateriaalin valmistukseen.

Kappaleessa 1.1 mainitussa videossa näkyy, että Japanissa käytetään kalan säilytykseen ja kuljettamiseen EPS laatikoita, mutta esille ei tule kierrätetäänkö niitä. Jos kierrätetään, kuinka kalan haju poistetaan vai poistuuko se limoneenin käytön myötä. Vai menevätkö elintarvikepakkaukset kuten kalan säilytys- ja kuljetuslaatikot käytön jälkeen suoraan polttoon, jos ne onkin valmistettu kierrätetystä EPS:stä.

Ominaisuuksien tutkiminen vaatii suuret määrät limoneenista eroteltua polystyreeniä, koska laitteistotkin ovat suuria ja lisäksi laadun tutkimiseen tarvitaan kattavaa laboratoriovälineistöä.

Yhteenvetona tästä opinnäytetyöstä voisi sanoa, että Japanin toimintamalli soveltuu käytettäväksi Suomessa myös likaisen EPS:n keräämiseen ja kierrättämiseen. Tämän työn pohjalta uusia kierrätysmalleja ollaan jo ottamassa käyttöön.

Limoneenia ei valmisteta Suomessa tällä hetkellä. Sitä toimitetaan Suomeen ulkomailta, ja siksi se on kallista. Tämänhetkinen limoneenin litrahinta ei mahdollista EPS:n kustannustehokasta kierrättämistä eikä kuljettamista, mutta limoneenin tuottamiseen löytyisi tehokas ja halvempi tapa varmasti tutkimustyön ansiosta.

Lisää tutkimusta tarvitaan lisäksi vielä EPS -jätteen keräysinfrastruktuurin järjestämisestä ja logistiikan rationalisoinnista, jotta polystyreenin jatkokäsittelijä saa käyttöönsä tarvitsemansa määrän kierrätyskelpoista materiaalia

LÄHTEET

Associate Press Archive.2015. Lähde: <https://www.youtube.com/watch?v=s1hi6M7ek-E>. Lähteeseen on viitattu 14.9.2018.

Nieminen, H. 2018. Haastattelu. Salon Finnfoam Oy:n toimitusjohtajaa Henri Niemistä CEO M.Sc. haastatteli 20.11.2018 Hanna Pääkkönen.

Circhubsin tietopankki. Lähde: <https://circhubs.fi/tietopankki>. Lähteeseen on viitattu 9.1.2019.

Hyytinen, E-R.; Taxell, P.; Ahonen I.; Priha E. 2011. Työterveyslaitoksen tavoitetasomuistio. Helsinki. Lähde: <https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/12/PS-tavoitetaso.pdf>. Lähteeseen on viitattu 11.1.2019.

www.thermisol.fi/eristeet/eps.html%23tuoteominaisuudet Lähteeseen on viitattu 28.9.2018

<https://www.finnfoam.fi/tuotteet/finnfoam-eristelevyt/koostumus-ja-rakenne/> Lähteeseen on viitattu 28.9.2018

Insulation Corporation of America (ICA). Lähde: <https://insulationcorp.com/eps/> Lähteeseen on viitattu 1.10.2018

Johnson, T. 2018. Lähde: <https://www.thoughtco.com/what-is-eps-expanded-polystyrene-820450>. Lähteeseen on viitattu 15.10.2018

Eskelinen, H.; Haavisto T.; Salmenperä, H.; Dahlbo, H. 2016. Muovien kierrätyksen tilanne ja haasteet. Raportti. Helsinki. Lähde: <http://www.syke.fi/download/noname/%7B5903968F-2B4E-4BEA-BC45-099C7D210D36%7D/117935>. Lähteeseen on viitattu 11.11.2019.

Setälä, O.; Fjäder, P.; Hakala, O.; Kautto, P.; Lehtiniemi M.; Raitanen, E.; Sillanpää, M.; Talvitie, J.; Äystö, L. 2017. Mikromuovit riski ympäristölle. Haittojen ehkäisy tarjoaa uusia liiketoimintamahdollisuuksia. Lähde: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/177566/SYKE_PolicyBrief_mikromuovi_FI_web.pdf?sequence=1. Lähteeseen on viitattu 15.10.2018.

Vesitalouslehti 2/2018: Mikromuovit ja muut haitta-aineet puhdistetaan kaupunkien hulevesistä. Lähde: <https://www.vesitalous.fi/2018/02/mikromuovit-ja-muut-haitta-aineet-puhdistetaan-kaupunkien-hulevesista/>. Lähteeseen on viitattu 24.10.2018.

Suomen ympäristömerkintä Oy.1989. Mikromuovit. Uutiskirje. Lähde: <https://joutsenmerkki.fi/teemat/mikromuovit/>. Lähteeseen on viitattu 5.11.2018

Japan Expanded Polystyrene Association. 2010. Lähde: www.jepsa.jp/en/eps_recycling.html, Lähteeseen on viitattu 30.11.2018

Snowden, M. 2017. Video. Lähde: <https://www.youtube.com/watch?v=t0wlgFqD14>. Lähteeseen on viitattu 14.9.2018