

Bioöljyraportti

Jere Tiitta

Kohti öljyvapaata ja vähähiilistä Pohjois-Karjalaa



Pohjois-Karjalan
MAAKUNTALIITTO



S Y K E

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Sisällys

Taustatietoa	3
Pyrolyysiöljy	3
Bioöljyt liikenteessä	3
Käyttömahdollisuudet ja tulevaisuus.....	4
Hallituksen lakiesitysluonnokset bioöljyn edistämisestä.....	5
Kysely	7
Vastausten yhteenveto	7
Lämpörittäjät	7
Yritykset.....	8
Lähteet.....	10



Pohjois-Karjalan
MAAKUNTALIITTO



S Y K E

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Taustatietoa

Bioöljy termin alle mahtuu monia eri öljyalaatuja, jotka eroavat niin valmistustekniikaltaan kuin ominaisuuksiltaan. Keskeisin jako voidaan tehdä esimerkiksi jakamalla bioöljyt pyrolyysiöljyihin ja liikennebioöljyihin. Toisaalta voidaan puhua ensimmäisen, toisen ja kolmannen sukupolven bioöljyistä, mutta tällöin puhutaan vain liikennekäytöstä. Yhteistä kaikille öljyille on se, että ne ovat peräisin uusiutuvasta bioperäisestä raaka-aineesta.

Pyrolyysiöljy

Pyrolyysiöljy valmistetaan uusiutuvista bioperäisistä raaka-aineista. Valmistus tapahtuu kaasuttamalla biomassaa hapettomissa olosuhteissa, jonka jälkeen kaasuuntuneet komponentit lauhdutetaan takaisin nesteeksi. Ominaisuuksiltaan pyrolyysiöljy on tummanruskeaa ja juoksevaa nestettä. (Green Fuel Nordic Oy) Pyrolyysiöljy eroaa fyysisiltä ja kemiallisilta ominaisuuksiltaan tavallisesta fossiilisesta öljystä. Keskeisimpiä eroja ovat korkea vesipitoisuus ja matala lämpöarvo sekä toisaalta korkea kiintoainepitoisuus ja viskositeetti (Siponen, 2016). Pyrolyysiöljy vastaa perinteisen öljynteollisuuden keskitisleitä, joten sillä voidaan korvata esimerkiksi raskasta polttoöljyä ja mahdollisesti kevyttä polttoöljyä. Käyttöpaikasta riippuen pyrolyysiöljy tarvitsee eri ominaisuuksien vähimmäisvaatimuksia, kuten esimerkiksi viskositeetin osalta. (Lankinen, 2013) Pyrolyysiöljyn lämpöarvo on noin puolet fossiilisen öljyn lämpöarvosta (Starck, 2011).

Fortum Oy valmistaa Joensuussa pyrolyysiöljyä metsätähteestä, hakkeesta ja sahanpurusta hyödyntämällä hukkalämpöä. Pyrolyysiöljylaitos on integroitu Fortumin CHP-laitokseen. (Fortum) Integroimalla pyrolyysi CHP-laitokseen, voidaan saada prosessille korkea hyötysuhde ja saanto, koska pyrolyysin sivutuotteet voidaan hyödyntää CHP-laitoksessa (Lehto, Oasmaa, Solantausta, Kytö ja Chiaramonti, 2013).

Pyrolyysiöljyä tuottaa Suomessa tällä hetkellä vain Fortum. Tulevaisuudessa Green Fuel Nordic aikoo aloittaa bioöljyn tuotannon Lieksassa.

Bioöljyt liikenteessä

Kasvi- ja eläinperäiset bioöljyt ovat käytössä liikennepolttoaineina. Kasviperäisten öljyjen raaka-aineita ovat rypsi, rapsi, soija, palmu, auringonkukka, maissi, saflori, sinappi, jatropa ja mahuapuu. Kasviperäisten öljyjen valmistuksessa hyödynnetään myös kierrätettyjä kasviöljyjä, kuten esimerkiksi ravintoloiden friteerausrasvoja. Eläinperäisien öljyjen valmistukseen käytetään lihanjalostuksen sivutuotteita, kuten teurasjätteitä. (Moisio, 2014) Puuta käytetään myös raaka-aineena, kuten esimerkiksi mäntyöljyä. Yleisesti ottaen bioöljyjä



Pohjois-Karjalan
MAAKUNTALIITTO



S Y K E

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

liikennekäyttöön jalostetaan Fatty Acid Methyl Ester (FAME), Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) ja Biomass to Liquids (BTL) –polttoaineiksi.

FAME jalostusmenetelmä on vanhin, jossa esteröidään uusiutuvaa öljyä esim. rypsiä. Kyseinen öljy käy pienillä muutoksilla moottoreihin, mutta siihen käytetään ravinnoksi kelpaavia kasveja sekä se aiheuttaa moottorin karstoittumista. HVO –menetelmässä bioperäiset öljyt ja rasvat vedytetään, jolloin vety korvaa happea polttoaineessa. Myös hiilivetyketjuja muokataan ominaisuuksien parantamiseksi. Menetelmällä saavutetaan ominaisuuksiltaan nykyaikaisiin moottoreihin sellaisenaan sopivaa polttoainetta. BTL –tekniikassa bioperäinen massa kaasutetaan, ja syntetisoidaan käytettävistä komponenteista uusia hiilivetyketjuja. BTL –tekniikan etuna on moninaisten raaka-ainejakeiden käyttö, kuten esimerkiksi puun. (Grönroos, 2012) BTL –tekniikka ei ole vielä kaupallistunut, toisinkuin esimerkiksi HVO-diesel.

Neste on kehittänyt vetykäsittelyyn (HVO) perustuvaa uusiutuvan dieselin tuotantoa, mikä tunnetaan kaupallisella nimellä NexBTL. Kyseisen tuotteen etuja ovat soveltuvuus nykyiseen moottoritekniikkaan ilman muutoksia sekä jopa 90 % matalammat hiilidioksidipäästöt. Kyseistä tuotetta on otettu käyttöön useissa eri kohteissa, kuten esimerkiksi busseissa, lentoalalla ja rahtiliikenteessä. (Neste) Toisen ja kolmannen sukupolven biopolttoaineilla voisi hyvin korvata esimerkiksi työkonien fossiilisen öljynkulutusta. Tuotetta myös sekoitetaan perinteiseen fossiiliseen dieseliin, kuten esimerkiksi Nesteen Pro Dieselissä on uusiutuvaa dieseliä keskimäärin 15 % (Neste). UPM valmistaa myös HVO-tyyppistä uusiutuvaa dieseliä mäntyöljystä, minkä kaupallinen nimi on BioVerno (UPM). Sillä on yleisesti ottaen samankaltaiset ominaisuudet kuin NexBTL-polttoaineella.

Käyttömahdollisuudet ja tulevaisuus

Pyrolyysiöljyä on mahdollista käyttää lämpölaitoksissa, joissa on aiemmin käytetty fossiilista öljyä. Tekniikka vaatii muutamia muutostöimenpiteitä, jonka jälkeen fossiilisen öljyn sijasta voidaan käyttää pyrolyysiöljyä. (Siponen, 2016) Vanhojen lämmityskattiloiden hyödyntäminen voi olla joissakin tapauksissa nopeampaa ja kustannuksiltaan tehokkaampaa kuin uuden rakentaminen.

Kattiloita joudutaan muuttamaan siten, että kaikki ne komponentit vaihdetaan, jotka ovat kosketuksissa öljyn kanssa. Myös pumppuja saatetaan joutua vaihtamaan tai säätämään



Pohjois-Karjalan
MAAKUNTALIITTO



S Y K E

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

suuremman massavirran takia. (Siponen, 2016) Vaihdeettavat osat tulevat olla haponkestäviä, jolloin kustannuksetkin nousevat verrattuna tavallisiin osiin fossiilista öljyä varten (Starck, 2011). Espoossa on toiminut pyrolyysiöljyä varten muunnettu kattila vuodesta 2013, ja vastaavasti myös Joensuussa pyrolyysiöljyä on käytetty Fortumin CHP-laitokseen integroidussa kattilassa.

Pyrolyysiöljyn koekäyttöä on toteutettu Savon Voiman Iisalmen lämpölaitoksessa, johon investoitiin lämpölaitos pyrolyysiöljyä varten. Koepoltot päätettiin 2017, eikä koepoltoille asetettua tavoitetta saavutettu. Tavoitteena oli laitoksen toiminta miehittämättömänä. Tavoitteesta jääminen johtui säiliön valinnasta, joka tehtiin parhaan tiedon mukaan suunnitteluvaiheessa. Lämpölaitos jatkaa kuitenkin toimintaansa varalaitoksena kevyellä polttoöljyllä. (Savon Voima)

Liikenteessä ja koneiden polttoaineena bioöljyt ovat saamassa jalansijaa. Neste on tuonut markkinoille NexBTL –dieselä, jota sekoitetaan fossiilisen dieselin sekaan tai sitä on saatavilla sellaisenaan. Nesteen tuotteita on käytössä mm. pääkaupungin seudun julkisessa liikenteessä, Helsinki-Vantaa lentokentällä sekä rahtiliikenteessä. (Neste) UPM:n kehittämää BioVerno uusiutuvaa dieselä on testattu julkisissa liikennemuodoissa, joten sillä on vastaavat mahdollisuudet liikennekäytössä. BioVerno on sovellettu meriliikenteessä, jossa BioVerno käytettiin 50 % sekoitussuhteella onnistuneesti. (UPM) Myös St1 on mukana uusiutuvissa polttoaineissa etanolidieselillä. Erityisesti toisen ja kolmannen sukupolven uusiutuvilla polttoaineilla toivotaan olevan mahdollisuus leikata liikennesektorin päästöjä. Etuna toisen ja kolmannen sukupolven polttoaineissa on se, että ne ovat käytettävissä nykyisessä moottoritekniikassa ilman muutoksia sekä ne eivät vie ruuantuotantomaata.

Suomessa liikennepolttoaineiden bio-osuuden velvoite on 10 % energiasisällön kokonaismäärästä. Tätä bio-osuuden kehitystä Suomessa lisätään erityisesti kehittyneillä biopolttoaineilla. Vuonna 2015 Suomen uusiutuvan energian osuus liikenteessä oli 22 % (Eurostat). Jos laki esitys biopolttoaineiden ja biopolttoöljyjen lisäämisestä etenee, niin on odotettavissa varsinkin uusiutuvan dieselin käytön kasvua. Toisaalta myös on mahdollista, että uusiutuvan dieselin markkinat kärsivät niukkuudesta, jos tuotantoa ei pystytä kasvattamaan. Se nostaisi siirtymän kustannuksia entisestään, varsinkin niillä aloilla, joiden tuottavuus on vahvasti sidottu polttoaineen hintaan.

Hallituksen lakiesitysluonnokset bioöljyn edistämisestä

Biopolttoöljyjen ja liikennebioöljyjen käytön edistämisen lakeihin on suunniteltu muutoksia. Lakimuutosten on tarkoitus astua voimaan vuonna 2019. Lakimuutosten taustalla on tavoite



Pohjois-Karjalan
MAAKUNTALIITTO



S Y K E

Kestävä kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

vauhdittaa energia- ja ilmastostrategian käytäntöön viemistä. Lailla todetaan olevan positiivinen vaikutus liikennebiopolttoaineiden investointipäätöksiin, koska aiemmin alalla on vallinnut epävarmuus. Laki muutokset huomioivat ILUC-direktiivin mukaiset muutokset RES-direktiiviin. (Lausuntopalvelu)

Lain tavoitteena on täyttää EU:n taakanjakoasetuksen mukaisen päästöjen vähentämisvelvoitteen kaudella 2021–2030. Muutoksia biopolttoöljyjen edistämiseen säädetään erillisellä lailla, koska jakeluelvoitelakiin on tulossa suurempia muutoksia 2020 sekä jakeluelvoitelain mukaisten tehtävien siirto Energiavirastolle tapahtuu vuonna 2021. (Lausuntopalvelu)

Liikennebiopolttoaineiden jakelijoilla on velvollisuus toimittaa biopolttoaineita 30,0 % vuonna 2030. Myös kehittyneille biopolttoaineille asetetaan oma 10,0 % alatavoite vuonna 2030. Velvoitteen laiminlyömisestä seuraava seuraamusmaksu säilyy edelleen 0,04 €/MJ, mutta kehittyneiden biopolttoaineiden velvoitteen laiminlyömisestä säädetään 0,03 €/MJ seuraamusmaksu. Kevyen polttoöljyn jakelijoilla on velvollisuus korvata osa öljystä biopolttoaineilla, ja kyseinen velvollisuus on 10,0 % vuonna 2028. Mikäli velvoite ei toteudu, niin jakelijalle kohdistuu seuraamusmaksu, joka on 0,04 €/MJ. Molemmissa jakeluelvoitteissa voidaan hyödyntää edellisen vuoden velvoitteen ylittävän määrän käyttämistä velvoitteen täyttämiseksi. Edellisen vuoden ylitystä voi käyttää kuitenkin vain 30,0 % jakelijan jakeluelvoitteen energiamäärästä. (Lausuntopalvelu)

Muutokset lisäävät pääasiassa uusiutuvan dieselin (HVO) käyttöä. Etanolin ja perinteisen biodieselin käytön lisäämistä estävät sekoitusrajoitteet, jolloin niitä ei voida lisätä EU:n säätämiä rajoja enempää. Etanolin enimmäistilavuus voi olla 7 % bensiinissä, kun taas biodieseliä enintään 10 % dieselissä. Liikennebiopolttoaineet ja biopolttoöljyt tarvitsevat siten laadullisesti uusiutuvaa dieseliä velvoitteiden täyttämiseksi. Biopolttoöljyn osalta on tehty koepolttoja FAME:lla sekä uusiutuvalla dieselillä. Molemmat paloivat kattiloissa hyvin, mutta FAME:lla oli ongelmia varastoinnissa talvella. Koepolttojen perusteella oletetaan, että velvoitetta toteutetaan pääasiassa uusiutuvalla dieselillä. Kustannusten kohtuullinen nouseminen on odotettavissa, mutta kustannukset eivät nouse kohtuuttomasti aloilla, jotka eivät ole voimakkaasti riippuvaisia polttoaineiden hinnoista. (Lausuntopalvelu)



Pohjois-Karjalan
MAAKUNTALIITTO



S Y K E

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Kysely

Kyselyssä tiedusteltiin lämpölaitosyrittäjiltä ja eri yrityksiltä bioöljystä. Kyselyssä käytiin läpi ovatko vastaajat käyttäneet bioöljyä ja ovatko he harkinneet sen käyttöä. Myös vastaajilta kysyttiin korvaavatko he muilla uusiutuvilla energianlähteillä polttoöljyn käyttöä. Kyselyssä selvitettiin vastaajien näkemyksiä bioöljyn siirtymisen aikataulusta ja kuinka paljon sillä olisi mahdollista korvata fossiilista polttoöljyä. Kiinnostavaa oli selvittää vastaajien näkemyksiä siitä, minkä takia bioöljyä ei vielä ole käytössä. Lopuksi vielä vastaajilta kysyttiin mielipidettä kansallisen ilmasto- ja energiastrategian 10 % bio-osuuden sekoitevelvoitteesta.

Vastausten yhteenveto

Lämpöyrittäjät

Bioöljy tuotteena kiinnostaa lämpöyrittäjiä ja jotkin yrittäjät ovat harkinneet fossiilisen polttoöljyn korvaamista bioöljyllä. Yksikään kyselyyn osallistuneista yrittäjistä ei ole kuitenkaan käyttänyt bioöljyä omassa tuotannossaan. Bioöljyä ei ole käytetty aikaisemmin, koska yrittäjät eivät ole tienneet sitä olevan saatavilla tai bioöljyn käyttöä on harkittu vasta suunnitteilla olevaan laitokseen. Miltei kaikki vastanneet yrittäjät kertoivat korvaavansa muilla uusiutuvilla energialähteillä polttoöljyn käyttöä. Keskeisimpänä yrittäjät mainitsevat puun pääasiallisena lämmönlähteenä, ja polttoöljyä käytetään pieniä määriä varalla. Yksi yrittäjä on harkinnut bioöljyä varavoimaksi, mutta on todennut kustannusten olevan niin korkeita, ettei investointi kannattaisi.

Osa lämpöyrittäjistä uskovat pystyvänsä korvaamaan kaiken polttoöljyn käytön bioöljyllä tai muulla uusiutuvalla. Osa yrittäjistä on kuitenkin sitä mieltä, että korvaaminen on sitten mahdollista, kun traktorit toimivat bioöljyllä tai muilla uusiutuvilla. Puolet yrittäjistä voisivat siirtyä bioöljyn käyttäjiksi, kun he saavat taloudellisesti kannattavan tarjouksen. Eräs yrittäjä arvioi mahdolliseen siirtymiseen kuluvan lämpölaitoksen osalta 5 vuotta ja muiden työkoneiden osalta 7-10 vuotta.

Mielipiteet polttoöljyn sekoitevelvoitteesta olivat hyvin jakautuneet. Muutamit eivät osanneet sanoa onko sekoitevelvoite parempi vai bioöljyn käyttö sellaisenaan. Muutaman mielestä



Pohjois-Karjalan
MAAKUNTALIITTO



S Y K E

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

sekoitevelvoite on paras vaihtoehto, kun taas yksi oli bioöljyn sellaisenaan käyttämisen kannalla. Yksi yrittäjä mainitsi sekoitevelvoitteen olevan helpompi reitti lisätä bioperäisen öljyn käyttöä.

Suurimmaksi esteeksi lämpöyrittäjät arvioivat bioöljyn hinnan, joka ilmeni lähes kaikista vastauksista. Toisaalta mainittiin myös saatavuus sekä polttoaineen ominaisuudet ja sen tuomat haasteet. Lämpöyrittäjien mielestä bioöljyn käyttöönotolle ei olisi esteitä, mikäli se olisi kohtuullisen hintaista ja laitteiston hankintahinta sopiva.

Yritykset

Yrityksillä fossiilista polttoöljyä käytetään pääasiassa työkoneissa, mutta myös joissakin prosesseissa. Yksi yrityksistä tietää käyttävänsä bioöljyä ainakin Nesteen polttoaineen mukana, mutta muuten yrityksissä ei käytetä bioöljyä. Bioöljyn käyttöä on harkittu kahdessa yrityksessä, ja se mainitaan osaksi hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen liittyvää selvitystä. Osa yrityksistä on siirtynyt jo pois öljyn käytöstä esimerkiksi lämmityksen osalta, eikä koe tarvetta harkita bioöljyä työkoneisiin. Kaiken kaikkiaan työkoneiden polttoaineita ei ole ajateltu korvattavan bioöljyllä. Eräs yritys mainitsee fossiilisen öljyn käytön olevan lähinnä voitelu ja hydraulikka käytössä, joten siksi ei ole harkinnut bioöljyä käytettäväksi.

Fossiilista öljyä on kuitenkin korvattu aktiivisemmin muilla uusiutuvan energianlähteillä. Fossiilinen öljy on korvattu lämmöntuotannossa puuenergialla sekä myös lämmöntalteenottojärjestelmällä. Sähkötrukin ja sähköauton ostaminen ovat vähentäneet öljynkulutusta. Muutama yritys näkee kaiken öljyn olevan korvattavissa bioöljyllä lyhyelläkin aikataululla, mikäli bioöljyä on saatavilla ja se on taloudellisesti kannattavaa. Osa yrityksestä ei näe korvaamismahdollisuuksia tai kyseessä on vain pieni osa toimintaa.

Yrittäjillä ei ollut vahvaa mielipidettä 10 % bio-osuuden sekoitevelvoitteesta fossiiliseen polttoöljyyn, mutta muutaman yrityksen mielestä on parempi käyttää bioöljyä sellaisenaan. Mielipidettä perusteltiin tiedolla siitä, että bioöljy pelkästään toimii paremmin erilaisissa olosuhteissa kuin sekoitettu. Keskeisimpinä ongelmina bioöljyn yleistymiselle pidetään soveltuvuutta ja saatavuutta. Yritysten mukaan kaikissa työkoneissa ei bioöljy toimi tai bioöljyä ei pystytä käyttämään eri vuodenaikoina verrattuna fossiiliseen öljyyn. Yrittäjille ei ollut keskeistä bioöljyn käyttäminen lämmityksessä, vaan asiaa pohdittiin enemmän työkoneiden kannalta.

Lämpölaitostoiminnassa pyrolyysiöljyn käyttäminen vaati vielä haasteita ratkaistavaksi. Haasteet tulevat siitä, että jos kevyttä polttoöljyä korvataan pyrolyysiöljyllä, niin pitkät



Pohjois-Karjalan
MAAKUNTALIITTO



S Y K E

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

varastointiajat vaikeuttavat pyrolyysiöljyn käyttöä. Pienempien yritysten on myös vaikeampi investoida polttolaitteistojen uusintaan. Toisaalta lämpölaitostoiminnassa voitaisiin käyttää uusiutuvaa dieseliä, mutta korkeampi jalostuskustannus tekee vaihtoehdosta epätodennäköisen. Yrittäjien työkonekäytössä uusiutuva diesel olisi hyvä vaihtoehto, mutta täysin uusiutuvan dieselin saatavuus Pohjois-Karjalassa ei ole vielä mahdollistunut. Uusiutuvalle dieselille tulee paremmat käyttömahdollisuudet maakuntaan, jos Neste tuo NexBTL-polttoaineen jakelupisteitä Pohjois-Karjalaan. Toinen kaukaisempi tulevaisuuden vaihtoehto on odottaa sitä, että pyrolyysiöljylle kehitetään jatkojalostus mahdollisuuksia, jolloin sitäkin voidaan käyttää työkoneiden polttoaineena.

Kyselyn vastauksista näki myös sen, että bioöljy –termin alle mahtuu monia eri lajikkeita öljyjä, jolloin kunkin öljyn ominaisuudet ja ongelmat tulivat esiin eri yhteyksissä. Bioöljyistä tiedetään yleisesti vielä vähän, joten selkeälle tiedotukselle ja tietopaketeille on tarpeensa.



Pohjois-Karjalan
MAAKUNTALIITTO



S Y K E

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Lähteet

Eurostat. 2017. Share of transport fuel from renewable sources.

<http://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-eurostat-news/-/DDN-20170314-1>

Fortum. Verkkosivut

<https://www.fortum.fi/yrityksille-ja-yhteisoille/palvelut-voimalaitoksille/fortum-otso-bioolij>

Green Fuel Nordic Oy. Verkkosivut.

<http://www.greenfuelnordic.fi/bioolij>

Grönroos, M. 2012. Biodieseliä mikrolevästä. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu.

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/43837/Gronroos_Maija.pdf?sequence=3

Lausuntopalvelu. Hallituksen esitys eduskunnalle laeiksi biopolttoöljyn käytön edistämisestä, biopolttoaineiden käytön edistämisessä liikenteessä annetun lain muuttamisesta sekä biopolttoaineista ja bionesteistä annetun lain 2 §:n muuttamisesta.

<https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/Participation?proposallid=46e807d0-cfd9-4268-a2c3-4f7f335013a1>

Lehto, J., Oasmaa, A., Solantausta, Y., Kytö, M. & Chiamonti, D. 2013. Fuel oil quality and combustion of fast pyrolysis bio-oils. VTT technology 87. VTT.

<https://www.vtt.fi/Documents/T87.pdf>

Moisio, I. 2014. Bioöljyjen tutkimus ja tuotekehitys. Turun ammattikorkeakoulu.

<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/78258/Moisio%20Inkeri.pdf;sequence=1>

Neste. Verkkosivut. <https://www.neste.com/fi/puhtaammat-ratkaisut/tuotteet/uusiutuvat-polttoaineet>

<https://www.neste.com/fi/puhtaammat-ratkaisut/tuotteet/uusiutuvat-polttoaineet/neste-my-uusiutuva-diesel>

Savon Voima. 2017. Savon voiman Iisalmen pyrolyysiöljyn koepoltot päätökseen.

<https://www.savonvoima.fi/uutiset/2017/lokakuu/savon-voiman-iisalmen-pyrolyysioljyn-koepoltot-paatokseen/>

Siponen, T. 2016. Pyrolyysiöljyn käyttökohteet ja –teknologiat Suomessa. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/124726/kandidaatintyo_tommi_siponen.pdf?sequence=2

Starck, J. 2011. Nopeaan pyrolyysiin perustuvan bioöljyn tuotantolaitoksen liiketoiminnallinen malli ja kannattavuuslaskenta Savonlinnan seudulla. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

<https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/72113/nbnfi-fe201109275594.pdf?sequence=3>

UPM. Verkkosivut.

<http://www.upmbiopolttoaineet.fi/tuotteet/Pages/Default.aspx>



Pohjois-Karjalan
MAAKUNTALIITTO



S Y K E

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto