

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
LAPPEENRANTA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Tuotantotalouden tiedekunta

LUT School of Industrial Engineering and Management

LUT Kouvola

## LUT Scientific and Expertise Publications

Raportit ja selvitykset – Reports

17

Sanna Tomperi (toim.)

### BIOTULI

Biojalostamon uudet tuotteet ja  
liiketoimintamallit

Katsaus hankkeeseen

Lappeenrannan teknillinen yliopisto

Lappeenranta University of Technology

Tuotantotalouden tiedekunta

LUT School of Industrial Engineering and Management

LUT Kouvola

LUT Scientific and Expertise Publications

Raportit ja selvitykset – Reports 17

Sanna Tomperi (toim.)

## BIOTULI

### Biojalostamon uudet tuotteet ja liiketoimintamallit

Katsaus hankkeeseen



ISBN 978-952-265-546-2

ISBN 978-952-265-547-9 (PDF)

ISSN-L 2243-3384

ISSN 2243-3384

Kouvola 2013



# SISÄLLYS

ALKUSANAT .....	iv
BIOTULI-HANKE LYHYESTI .....	1
BIOJALOSTAMON INNOVAATIOJOHTAMINEN SUOMEN METSÄTEOLLISUUDESSA .....	2
BIOLIIKETOIMINNAN EDELLYTYKSET KAAKKOIS-SUOMESSA. KYSELYTUTKIMUKSEN TULOKSIA .....	3
KEMIA JA EROTUSTEKNIIKAT .....	7
UUDET KOMPONENTIT ENERGIAN LÄHTEENÄ.....	9
KOELAITE BIOMASSAN TORREFIOINTIIN.....	13
BIOLIIKETOIMINNAN UUDET LIIKETOIMINTAMAHDOLLISUUDET JA -MALLIT (caset).....	17
ANTIBAKTEERISEEN BIOJALOSTEeseen POHJAUTUVAN TUOTTEEN HYÖDYNTÄMINEN SOSIAALI- JA TERVEYSALALLA .....	19
PUU- JA KANTOLOGISTIIKKA. KANTOJEN HANKINTA BIOJALOSTAMOLLE .....	20
BIOJALOSTUKSEEN LIITTYVIEN TEKNOLOGIATRENDIEN TARKASTELU PATENTTITILASTOJEN VALOSSA .....	23
KAAKKOIS-SUOMEN ALUEEN SIOITTUMIS- JA MARKKINAPOTENTIAALI .....	24
BIOALAN YRITTÄJIEN PROFIILI .....	25
YRITYKSILLE SUUNNATUT ALUEELLISET SEMINAARIT JA KESKUSTELUTILAISUUDET.....	28
KANSAINVÄLISET MESSU- JA KONFERENSSISOSALLISTUMISET.....	30
YRITYSKONTAKTOINNIT, PATENTIT JA KEKSINNÖT .....	32
JULKAISUT JA JULKISUUS.....	34

Lisätietoa: [sanna.tomperi@lut.fi](mailto:sanna.tomperi@lut.fi)



## KUVAT JA TAULUKOT

Kuva 1. Koelaitte biomassan torrefiointiin, KyAMK energiatekniikka ja LUT Energia.....	14
Kuva 2. Torrefiointi käynnissä. Kotka, KyAMK, Metsolan kampus .....	14
Kuva 3. Puuaineksen käyttö torrefiointiin ja antibakteerisen aineen tuotantoon. ....	18
Kuva 4. Yrittäjien motivaatiotekijät yrittäjäksi ryhtymiselle .....	26
Kuva 5. Yrittäjien resurssit liiketoiminnan kehitykseen .....	26
Taulukko 1. Tunnistetut tarpeet ja kehittämissuositukset .....	27



## ALKUSANAT

Biotuli-hankkeen vahvuutena on ollut monialaisuus, toimijoiden aktiivinen ja asioita eteenpäin vievä vuorovaikutus, tutkimuslähtöinen kehittämistyö ja kyky katsoa laajemmalle.

Tervetuloa Biotuli-matkalle. Toivon, että loppuraportti antaa kokonaiskuvaa hankkeen toimijoista, tavoitteista, toimenpiteistä, tuloksista ja hyödyistä, sekä hankkeessa kohdatuista haasteista. Uteliaina lähdimme liikkeelle, useita mielenkiintoisia polkuja löysimme ja kantoihin törmäsimme. Uusia aineksia löysimme.

Metsäbiojalostus tarjoaa monia mahdollisuuksia.

Lämmin kiitos kaikille Biotuli-toimijoille reippaudesta. Erityisesti haluaisin kiittää LUT Kemian professori Heli Siréniä ansiokkaasta työstä hankkeessa.

Kouvola, 15.11.2013

Sanna Tomperi, FM, suunnittelija

Lappeenrannan teknillinen yliopisto





## BIOTULI-HANKE LYHYESTI

### BIOTULI (Biojalostamon uudet tuotteet ja liiketoimintamallit)

Biotuli-hankkeessa (Biojalostamon uudet tuotteet ja liiketoimintamallit) tavoitteena oli löytää puuperäisistä raaka-aineista uusia tai jo tunnettuja antibakteerisia yhdisteitä. Hankkeessa selvitettiin uusien, antibakteeristen tuotteiden liiketoimintamahdollisuuksia, markkinoita ja liiketoimintamalleja pk-mittakaavassa sekä tarkasteltiin innovaatioprosesseja ja innovaatioaktiivisuutta biojalostukseen liittyvien teknologiatrendien avulla. Hankkeessa tutkittiin lisäksi jalostusprosessien sivutuotteiden hyödyntämistä torrefiointi-prosessilla ja niiden käyttöä energianlähteenä sekä perehdyttiin materiaalivirtojen ohjaukseen ja logistiikkaan.

Hankkeen partnerit: Saimaan ammattikorkeakoulu, Kymenlaakson ammattikorkeakoulu, Stora Enso, UPM-Kymmene, Andritz, Kouvola Innovation, Kotkan-Haminan seudun kehittämissyhtiö Cursor, Imatran Seudun Kehitysyhtiö, Wirma Lappeenranta ja Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

Kesto: syyskuu 2010–elokuu 2013

Budjetti: n. 1,4 milj. euroa

Kohdealue: Kaakkois-Suomi

Rahoittajaviranomainen: Etelä-Karjalan liitto

[www.biotuli-hanke.fi](http://www.biotuli-hanke.fi)



## BIOJALOSTAMON INNOVAATIOJOHTAMINEN SUOMEN METSÄTEOLLISUUDESSA

- Teollista murrosta kohti bioliiketoimintaa voidaan pitää yhtenä merkittävimmistä käynnissä olevista muutoksista perinteisillä teollisilla toimialoilla. Tämä korostuu alueilla, joilla liiketoiminta on keskittynyt energia- ja raaka-aineintensiivisille teollisuudenaloille.
- Bioliiketoiminnan ajureita ovat mm. lainsäädännön muutokset, fossiilisten poltto- ja raaka-aineiden kallistuminen, sekä ympäristöajattelu ja arvojen muuttuminen.
- Integroidut biojalostamot voivat olla yksi keino metsäteollisuuden kannattavuuden parantamiseksi.

Biojalostamon innovaatiojohtaminen Suomen metsäteollisuudessa -raportti on kirjoitettu osana Biotuli-hanketta ja sen tavoitteena on antaa kattava yleiskuva mahdollisuuksista, joita integroitu biojalostus voi tarjota Suomen metsäteollisuuden yrityksille. Yritysten vahvuuksia ja heikkouksia biojalostukseen liittyen tarkastellaan innovaatiojohtamisen teorioiden kautta, toimialavertailuin, yritysesimerkein ja muutaman case-esimerkin kautta.

Biojalostamo-konsepti tarjoaa yrityksille mahdollisuuden uudistaa liiketoimintastrategiaansa ja maksimoida arvonmuodostus raaka-aineista, jotka tuodaan tehtaalle. Parhaimmillaan metsäbiojalostamot voivat olla ympäristöystävällinen vaihtoehto perinteisille valmistusmenetelmille, edistäen samalla myös yrityksen innovatiivisuutta. Ne auttavat säilyttämään nykyiset toiminnot ja tuotantolaitokset kannattavina, siirtäen yritystä vähitellen kohti uutta, tehokkaampaa ja ympäristöystävällisempää toimintatapaa.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että suomalaisella metsäteollisuudella on erityisen hyvät lähtökohdat biojalostukseen ryhtymiseen. Innovaatiojohtamisen menetelmiä voidaan hyödyntää tarvittavan muutoksen aikaansaamiseksi, mutta ennen kaikkea biojalostustoiminta edellyttää uuden innovatiivisemmän ja yhteistyöalttiimman ajattelutavan omaksumista.

Avainsanat: biojalostus, integroitu biojalostamo, innovaatio johtaminen, innovaatioiden etsiminen toimialojen rajapinnoista, strateginen ennakointi, projektiportfolion hallinta, metsäbiojalostamo, Suomen metsäsektori, sellu- ja paperiteollisuus.

Lisätietoa: Innovation Management of Biorefineries in Finnish Forest Sector. (suom. Biojalostamon innovaatiojohtaminen Suomen metsäteollisuudessa) Maunula, M. 2012.

Tutkija Melina Maunula, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, tuotantotalouden tiedekunta, Kouvolan yksikkö, melina.maunula@lut.fi

# **BIOLIIKETOIMINNAN EDELLYTYKSET KAAKKOIS-SUOMESSA. KYSELYTUTKIMUKSEN TULOKSIA**

## **Kyselytutkimus**

Biotuli-hankkeessa toteutettiin Kaakkois-Suomen yrityskenttään suunnattu kysely (2012) biotaloudesta ja -liiketoiminnasta. Kyselyn avulla kerättiin tietoa alueen yritysten näkemyksistä ja kokemuksista bioliiketoimintaan liittyen, sekä yritysten välisistä yhteistyösuhteista ja koetuista tarpeista ja halukkuudesta yhteistyölle tulevaisuudessa. Vastausten avulla on saatu tietoa yritysten mielenkiinnosta bioliiketoimintaa ja biojalostusta kohtaan, sekä Kaakkois-Suomen yrityskentän nykytilanteesta ja muutostarpeista bioliiketoimintaklusterin rakentamiseksi. Kyselyn tuloksia on hyödynnetty Biotuli-hankkeen yrityskontaktointeissa, työpajoissa ja seminaareissa sekä jatkotutkimustarpeiden mietinnässä.

## **Kyselytutkimuksen tulokset ja yhteenveto**

Ainoastaan pieni osa vastaajista ilmoitti edustamallaan yrityksellä olevan bioliiketoiminnaksi tai biojalostamotoiminnaksi luokiteltavaa toimintaa. Todennäköisesti alueen yrityksistä huomattavasti useampi tosiasiassa kuuluu bioliiketoiminnan arvoketjuun, mutta vastaajat eivät välttämättä tiedosta yrityksensä asemaa siinä. Biotalous käsitteet ovat toistaiseksi olleet valtamediassa ja julkisessa keskustelussa esillä harvoin, ja ne saattavat kyselyssä annetuista määritelmistä huolimatta tuntua vastaajista vierailta. Pääosin vastaajat kuitenkin olivat sitä mieltä, että bioliiketoiminta on maailmanlaajuisesti kasvava trendi ja yleisesti he arvioivatkin bioliiketoimintaan osallistumisen keinona parantaa yritysten kilpailuasemaa.

Tärkeimpinä bioliiketoimintaan kannustavina tekijöinä vastaajat pitivät uusia liiketoimintamahdollisuuksia ja uusiutumattomien luonnonvarojen kallistumista raaka-ainekäytössä. He myös kokevat bioliiketoiminnan mahdollistavan uusien tuoteinnovaatioiden ja liiketoimintamallien syntyminen. Valtaosa alueen yrityksistä olisi valmiita tekemään nykyistä enemmän yhteistyötä muiden yritysten kanssa, sekä toimimaan laajemmissa, useista toimijoista koostuvissa yhteistyöverkostoissa, ja myös tuottamaan bioliiketoiminnan oheispalveluja, eikä siis niinkään valmistamaan itse biotuotteita. Potentiaalisimpina biotalouden tuotekategorioina vastaajat pitivät bioenergiaa ja polttoaineita sekä sellu-, paperi- ja kartonkituotteita. Vahvuuksikseen bioliiketoiminnassa vastaajat arvioivat muun muassa kokemuksen, monipuolisuuden ja soveltuvan osaamisen. Merkittävimpänä heikkoutena pidettiin yleisesti tietämyksen puutetta bioalasta ja sen markkinoista.

Suurimpana bioliiketoiminnan kasvua estävänä tekijänä nousi vastauksissa esiin lainsäädäntö ja byrokratia, sekä niistä johtuva kankeus ja ennustettavuuden puute. Valtakunnallisella tasolla vastaajat toivoivatkin julkisen vallan toimijoilta yritysten tukemista investoinnein, panostamista alan tutkimukseen ja teknologioiden kehittämiseen, sekä valtion tukea biotuotteita kehittäviin projekteihin. Lisäksi toivottiin eri toimialojen välisen yhteistyön tukemista ja rahoitusmekanismien luomista, sekä lainsäädännön, ohjeistuksen ja verotuksen selkeyttämistä ja pitkäjänteisyyttä.

Vastaajat toivoivat maakuntatasolla jo olemassa olevan osaamisen aktivointia. Tämä voisi tapahtua perustamalla uusiin innovaatioihin perustuvia yrityksiä ja kehittämällä yritysten välistä yhteistyötä. Tärkeänä pidettiin myös riittävän laajan yritysverkoston luomista paikallisista osajista. Päättäjiä kannustettiin rohkeisiin ja nopeisiin panostuksiin ja päätöksentekoon.

Merkillepantavaa on, että enemmistö kyselyyn vastanneista yrityksistä olisi valmis tekemään enemmän yhteistyötä muiden yritysten kanssa – niin pienten ja keskisuurten kuin suurtenkin yritysten kanssa, ja tämä koskisi sekä energia- että suuria metsäalan yrityksiä. Vastaajat olivat valmiita myös toimimaan laajemmassa, useista toimijoista koostuvassa yhteistyöverkostossa.

Kyselyn tuloksia ja varsinkin kyselylomakkeen luomisessa hyödynnetyistä asiantuntijahaastatteluista nousee selkeästi esille se, että suuret yritykset – erityisesti metsäteollisuudessa - ovat kiinnostuneita suuren kokoluokan toiminnasta myös bioliiketoiminnan alalla. Esimerkki tällaisesta suuren kokoluokan toiminnasta on biodieselin valmistus. Tämä jättää pienille ja keskisuurille yrityksille tilaa paitsi pienemmässä mittakaavassa toimimiseen, myös yhteistyösuhteissa ja verkostoissa toimimiseen suurten yritysten kanssa. Näin pienemmille toimijoille löytyy bioliiketoiminnan alueelta tilaa esimerkiksi uusiutuvan energian tuottamisessa ja jalostamisessa, sekä myös monien jalostusarvoltaan korkeampien tuotteiden tuotannossa.

Lisätietoa: tutkijatohtori Risto Seppänen, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, johtamisen ja kansainvälisen liiketoiminnan laitos, kauppatieteellinen tiedekunta

risto.seppanen@lut.fi

Kyselyn laajempi yhteenveto löytyy hankkeen verkkosivustolta [www.biotuli-hanke.fi](http://www.biotuli-hanke.fi).

## **Kaakkoissuomalaisten yritysten bioliiketoimintakyvykkyys – Biotalouden innovaatioverkoston muodostuminen ja metsäbiojalostamokonsepti**

- Kaakkois-Suomessa on olemassa olevan metsäteollisuuden ja siihen linkittyvän osaamisen myötä hyvät edellytykset bioliiketoimintaan eritoten puupohjaisten tuotteiden osalla.
- Alan kehittyminen laajassa mittakaavassa edellyttää kuitenkin klusterin muovautumista kokonaisuutena. Tarvitaan uuden osaamisen omaksumista, mikä edellyttää syvällistä yhteistyötä myös toistaiseksi klusterin ulkopuolelle jäävien toimijoiden (ja toimialojen) kanssa.
- Biotuli-hankkeen puitteissa toteutetun kyselyn (2012) perusteella voidaan todeta yrityskentän olevan Kaakkois-Suomessa vahvasti tietoinen tulevasta biotaloussiirtymästä.
- Yritykset ovat halukkaita verkottumaan sekä keskenään että alueen ulkopuolelle muodostaakseen toimivan biotalousklusterin.

Kaakkoissuomalaisten yritysten bioliiketoimintakyvykkyys -raportti on kirjoitettu osana Biotuli -hanketta ja sen tavoitteena on selvittää Kaakkois-Suomen alueella toimivien yritysten kyvykkyksiä ja edellytyksiä bioliiketoiminnan suhteen ja luoda katsaus alueen elinkeinoelämän mahdollisuuksista biotalouteen siirryttäessä. Analyysin kytkemiseksi laajempaan kokonaiskuvaan alan kehityksestä, raportissa käsitellään myös laajemmalla tasolla muutosajureita bioliiketoimintaan sekä esitellään pari esimerkkiä ulkomailta.

Teollista murrosta kohti bioliiketoimintaa voidaan pitää yhtenä merkittävimmistä käynnissä olevista muutoksista perinteisillä teollisilla toimialoilla. Tämä korostuu alueilla, joilla liiketoiminta on keskittynyt energia- ja raaka-aineintensiivisille teollisuudenaloille. Suomalaisen metsäteollisuuden kannattavuutta ovat heikentäneet kypsä markkinatilanne, ylikapasiteetti, tehostuva halpatuotanto ja etelän puuplantaasit, energian hinnan nousu (Hetemäki. 2006), sekä yleinen taloustilanne (Wessman. 2012). Metsäteollisuuteen painottuneessa Kaakkois-Suomessa rakennemuutoksen vaikutukset ovat nähtävissä selvästi. Bioliiketoiminnan ajureina toimivat muun muassa ympäristönäkökulmat ja lainsäädäntö, sekä energian hintakehityksen epävarmuus (Mikkanen. 2011). Raportissa keskitytään hankkeen painotusten mukaan bioliiketoiminnan osalta biojalostukseen, jossa tuotetaan mahdollisimman korkean jalostusarvon tuotteita. Esitellyt liiketoimintamallit ja biotalouden innovaatioverkosto on rakennettu tällä taustaolettamuksella, eivätkä täten ole suoraan hyödynnettävissä muun muassa alhaisen jalostusarvon tuotantoon tai mekaaniseen metsäteollisuuteen.

Bioliiketoimintaan liittyy tiettyjä erityispiirteitä, jotka myös toimivat edellytyksenä niin sanotun biotalouden syntymiselle. Bioliiketoimintaa voidaan harjoittaa monella eri tavalla, useilla eri toimialoilla, ja se edellyttää kehitystä ja linkityksiä toimialoille, jotka luovat muun muassa teknologiset mahdollisuudet toiminnalle. Näin ollen esimerkiksi cleantech-ratkaisuilla on merkittävä rooli bioliiketoiminnassa. Monet yritykset harjoittavat jo nykyisellään bioliiketoimintaa, sitä välttämättä itse edes tiedostamatta.

Raportissa esitellään metsäbiomassaa hyödyntävän biojalostamotoiminnan mahdollisia liiketoimintamalleja Kaakkois-Suomessa, esitetään esimerkki bioalan klusteritoiminnasta Tanskasta ja osoitetaan yksi

yrittäjä esimerkkinä täydentämään hankkeen muissa raporteissa esitettyjä yritys-caseja. Raportissa halutaan korostaa toimialojen välistä, esimerkiksi klusteri, yhteistyötä. Tätä alleviivataan biotalouden innovaatioverkostoja käsittelevässä kappaleessa, joka osoittaa tarpeen nykyisten verkostojen muuntumiselle biotalouteen pyrittäessä. Samalla pyritään paljastamaan verkoston muuntautumisen kompastuskiviä ja esitellään mahdollista biotalouden kannalta sopivaa verkostorakennetta.

Kaakkoissuomalaisten yritysten bioliiketoimintakyvykkyyttä analysoidaan projektin puitteissa toteutetun kyselyn (2012) tulosten pohjalta. Vastaajista noin puolet edusti metalliteollisuuden tai maatalouden yritystä, joiden vastauksia on analysoitu tässä raportissa erikseen toimialakohtaisesti.

Avainsanat: bioliiketoiminta, biojalostus, Suomen metsäsektori, biotalouden innovaatioverkostot, Kaakkois-Suomen metsäklusteri, teollinen symbioosi

Lisätietoa: Kaakkoissuomalaisten yritysten bioliiketoimintakyvykkyys – Biototalouden innovaatioverkoston muodostuminen ja metsäbiojalostamokonsepti. Maunula, M., Kutvonen, A. & Seppänen, R. (julkaistaan joulukuussa 2013)

Tutkija Melina Maunula, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, tuotantotalouden tiedekunta, Kouvolan yksikkö, melina.maunula@lut.fi

## Termistöä

**BIOJALOSTAMOKONSEPTI** on prosessi, jossa CO<sub>2</sub>-neutraali biomassa fraktioidaan ja/tai muunnetaan energiaksi, kemikaaleiksi tai muiksi biomateriaaleiksi, tavoitteena maksimoida biomassasta saatava arvo ja minimoida syntyvä jäte.

**BIOJALOSTAMO** on biojalostamokonseptia hyödyntävä tuotantolaitos. Kyseessä voi olla joko itsenäinen laitos tai muuhun tuotantoon integroitu tuotantoyksikkö.

**BIOLIIKETOIMINTAA** on kaikki sellainen tuotanto, jossa hyödynnetään luonnosta saatavaa, yhteyttämisen seurauksena uusiutuvaa materiaalia. Bioliiketoimintaan kuuluvat myös biologisten prosessien, kuten entsyymien ja bakteerien hyödyntäminen tuotannossa.

**TORREFIOINTI** on paahtamisprosessi (225-300°C), jolla tuotetaan biomassasta ns. biohiiltä. Pelletöityä tuotetta kutsutaan TOP-pelleteiksi, joita käytetään polttoaineena. Ne kestävät verrattain hyvin säilytystä ja kuljetusta sekä soveltuvat varsin hyvin poltettavaksi hiilivoimaloissa, yleensä fossiilisen hiilen joukossa.

**PUUPOHJAINEN ANTIBAKTEERINEN AINE** tarkoittaa tässä puubiomassapohjaista ainetta, jolla on bakteerien toimintaa haittaava (deaktivoiva) vaikutus. Hankkeessa tutkittuihin antibakteerisiin yhdisteisiin kuuluvat polydatin, uronihapot, flavonoidien glukuronikonjugaatit ja esterit sekä orgaanisia suoraketjuisia ja fenolisia happoja.

## KEMIA JA EROTUSTEKNIIKAT

- Biomateriaali raaka-aineena uusille biotuotteille. Sirén, H. 2013. Julkaisussa Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan julkaisu 3/2013, Tulevaisuusvaliokunnan kirjan TUVJ 3/2013 "Kaikkea muuta puusta", Toim. Koivisto, L. & Savolainen, H. / Ajatuspaja e2.
- Menetelmä ja laitteisto tuotefraktion valmistamiseksi puupohjaisesta lähtöaineesta ja käyttö, patenttihakemus P-FI74040T. Sirén, H., Kaijanen, L., Häkkinen, A. & Mänttari, M. 2012.

Biotuli-hankkeen Kemian ja Erotustekniikan ryhmien osuudessa on tutkittu suomalaisista metsäpuista (mänty, kuusi, koivu), metsään jäävistä puuraaka-aineista sekä teollisuuden kuorimovesistä ja mustalipeästä eristettyjä aktiivisia yhdisteitä ja niiden käyttökelpoisuutta antibakteerisiksi yhdisteiksi. Sitä varten on kehitetty menettelytapoja yhdisteiden erottamiseen puusta (ydin, kuori, nila, koko puuaines seoksena) ja itse puuaineksen hajottamiseen. Lisäksi tutkimuksessa on kehitetty menetelmiä yhdisteiden tunnistamiseksi ja tuotantomäärien selvittämiseksi.

Yhdisteiden eristäminen aloitettiin perinteisillä, jo käytössä olevilla menettelyillä. Tämän vuoksi on tutkittu happo- ja emäshydrolyysien käytettävyyttä puuaineksen pilkkomiseen. Lisäksi tutkimuksessa on selvitetty entsyymi- ja mikrobifermentointia, jotka tehtiin reaktorissa optimoimalla prosessin olosuhteet tarkasti, jotta tuotteiden saannot olisivat maksimaaliset. Fermentoinnin jälkeen kiintoaine ja neste erotettiin toisistaan. Nesteeseen siirtyneet tutkimuksen yhdisteet erotettiin veteen liuenneista muista yhdisteistä, mm. ligniinistä laboratoriomittakaavassa PTFE-ruiskusuodattimilla. Pilot-mittakaavassa kalvosuodatusta tutkittiin mm. nanosuodatuskalvoilla. Kalvosuodatuksella saatiin ylimääräistä prosessivettä poistettua lopullisesta näyte-erästä, mikä mahdollisti tutkittavien yhdisteiden tehokkaamman konsentroinnin ja tunnistuksen. Määritykset ja yhdisteiden tunnistus tehtiin kapillaarielektroforeesilla, nestekromatografialla, kaasukromatografialla ja osin myös massaspektrometrialla. Yhdisteitä tutkittiin myös FTIR- ja UV/Vis -spektrofotometreilla.

Yhdisteiden antibakteerisuutta selvitettiin kirjallisuuden ja ulkopuolisen tutkimuslaitoksen toimesta. Lisäksi poolittomien fenolisten yhdisteiden identifiointi ja kvantitointi tehtiin ulkopuolisessa tutkimuslaitoksessa UPLC-MS/MS -menetelmällä, joka on LUT Kemiolla kehitetty aiemmin käytössä olleella HPLC-ESI-MS-laitteella. BIOTULI -hankkeessa uutta innovaatiota saatiin aikaan kehittämällä uusia tapoja tuottaa puuaineesta materiaalia ja yhdisteitä. Tutkimuksen menettelytapa eroaa oleellisesti kirjallisuudessa esitetyistä ja kaupallistetuista prosesseista erotusmenetelmien, käytettyjen raaka-aineiden ja niistä tuotettujen kemiallisesti aktiivisten aineiden osalta. Tuloksena saatiin tietoa useiden aktiivisten yhdisteiden prosessointimahdollisuudesta, kun lähtömateriaaleina käytettiin Skandinaavisia metsäpuumateriaaleja. Aktiivisten aineiden määrään vaikuttaa, mikä puu ja puun osa on kyseessä, mutta myös toivottujen tuotteiden ja aktiivisten aineiden tuottamistapa ja olosuhteet eristää aine seokseksi. Aktiivisten aineiden puhdistusta tai valmistusta ei tässä projektissa ole ollut mahdollista toteuttaa.



Tutkimuksen tuloksena löytyi happoja ja sokereita. Ne tunnistettiin aiemmin vähemmän tutkituista puumateriaaleista. Lisäksi niitä löytyi yhdisteitä, joilla on kaupallista tuotantoarvoa (furfuraalit, polysokerit, maitohappo, statiinit, fenoliset hapot). Tutkimuksesta on puun biologiseen käsittelyyn ja siihen liittyvään konseptiin hyväksytty LUT -keksintö. Lisäksi tutkimuskokonaisuudesta on vastinevaiheessa suomalainen patenttihakemus. Aihekokonaisuudella haetaan myös todennäköisesti PCT -patenttia marraskuussa 2013.

Tutkimustuloksista on julkaistu yksi tieteellinen kansainvälinen lehtiartikkeli. Yksi käsikirjoitus on tieteellisessä arvioinnissa ja lisäksi 5 artikkelia on lähdössä arviointiin. WP1 tutkimuksesta on valmistunut eritasoisia opinnäytetöitä 10 kpl. Lisäksi aiheesta valmistellaan väitöskirjaa, joka kokoomana julkistetaan vuonna 2015. Se perustuu neljään artikkeliin, jotka ilmestyvät tieteellisissä, kansainvälisissä lehdissä vuosina 2014-2015. Biotuli-projektin WP1-tutkimus tehtiin Lappeenrannan teknillisellä yliopistolla LUT Kemian laitoksella ja Saimaan Ammattikorkeakoululla. Yhteistyö toteutettiin sekä taustakirjallisuuden selvittämisen fokuosoinnilla että itse tutkimuksen tekemisellä.

Tutkimukseen ovat osallistuneet professori Heli Sirén (Kemia), Professori Mika Mänttari (Erotustekniikka, membraanitekniikka), Professori Antti Häkkinen (Erotustekniikka, kiinteä/neste-erotus), sekä tutkijat Laura Kaijanen, Sari Metsämuuronen, Sini Vanhala (Kaartinen), Maaret Paakkunainen, Päivi Riikonen ja Guangyu Yang. Lisäksi tutkimuksessa on ollut mukana useita opiskelijoita kandidaatti- ja maisterivaiheessa sekä kansainvälisiä harjoittelijaopiskelijoita mm. Ranskasta ja Puolasta.

Kemian laboratorion ja Saimaan ammattikorkeakoulun yhteistyönä valmistuu vielä erillinen raportti (2013), joka koostuu osioista: (1) Tausta, (2) Laboratoriotutkimus, (3) Tulokset, (4) Antibakteeristen yhdisteiden tunnistaminen ja määrien arviointi, (5) Tutkimuksessa löydetty antibakteeriset ainekset, (6) Jatkotutkimustarpeet ja (7) Viitteet.

Lisätietoa: Prof. Heli Sirén, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, teknillinen tiedekunta, LUT Kemia

heli.siren@lut.fi

## UUDET KOMPONENTIT ENERGIAN LÄHTEENÄ

**LUT Energian ensisijaisena tavoitteena oli tutkia uusien biomassajakeiden hyödyntämismahdollisuuksia energiantuotannossa ja biohiilen tuotantoa teollisuusyritysten yhteydessä.**

Suomessa on tarvetta uusiin liiketoimintamalleihin ja uusiin bioenergian tuotantotapoihin. Eräs tällainen on Biotuli-hankkeessa tutkittu torrefiointi. Lappeenrannan teknillisen yliopiston osuus hankkeessa oli selvittää pienen kokoluokan biohiilen tuotannon (torrefiointin) ja energian tuottajan yhteen kytkentää niin että biohiilen tuotannon energiahyötysuhde saadaan maksimoitua ja ympäristövaikutukset minimoitua. Biohiilen tuotanto muodostaisi esimerkiksi lämpöyrittäjälle lisätuotteen jota hän pystyisi myymään. Edelleen pyrittiin selvittämään suuren kokoluokan biohiilen tuotannon (torrefiointin) ja teollisuuslaitoksen (sellu- ja paperitehdas) yhteen kytkentää myös siten että teollisuuslaitoksella on biopolttoaineiden tuotantoa niin että biohiilen tuotannon energiahyötysuhde saadaan maksimoitua ja ympäristövaikutukset minimoitua. Biohiilen tuotanto muodostaisi tehtaalle lisätuotteen, jota pystyttäisiin myymään. Pääosin tehty työ oli konseptisuunnittelua.

Biotuli-hanke keskittyi biomassan termiseen prosessointiin. Esimerkki perinteisestä termisestä prosessista on vihreän kahvipavun paahto ja edelleen jauhanta mustaksi kahviksi. Kuljetuskustannuksia voidaan alentaa torrefioimalla biomassaa ja edelleen pelletöimällä se. Torrefioidun biomassan kuljetus n. 500 km rekalla Suomessa maksaa 3-5 €/MWh. Torrefiointin etu on siis kuljetus- ja käsittelykustannusten selkeä lasku voimalaitoskäytössä sekä se että sitä voidaan käyttää merkittävästi ilman muutoksia perinteisissä hiilikattiloissa. On arvioitu että torrefioidusta biomassasta voitaisiin voimalaitoksella maksaa yli 30 €/MWh.

Varsinaisessa integrointitutkimuksessa vertailut vaihtoehdot olivat; pieni ~ 10 MWe lämpöä ja sähköä tuottava laitos; lämmön lähde kuuma vesi, höyry tai savukaasu, suuri ~ 80 MWe lämpöä ja sähköä tuottavan laitoksen kanssa; lämmön lähde kuuma vesi, höyry tai savukaasu ja 20 MWth lämpöä (kuumaa vettä) tuottava laitos; lämmön lähde savukaasu

Integrointi pienen ja suuren lämpöä ja sähköä tuottavan laitoksen kanssa nostaa selkeästi prosessihyötysuhdetta. Vaihtoehtojen välillä ei ole suurta eroa, väliottohöyrylämmitys on selkein vaihtoehto.

Kuumavesikattilan kanssa pitää toteuttaa täydellinen integrointi, jossa kattilaan tulevaa ilmaa esilämmitetään ja torrefiointikaasut johdetaan kuumavesikattilaan. Tällöin polttoainevirta kattilaan laskee. Eli integroinnilla saadaan hyötyjä. Jos esimerkiksi vain käytetään kuumia savukaasuja polttoaineen kuivaukseen, niin integrointihyötyä ei saavuteta.

Lisätietoa: Jussi Saari; Esa Vakkilainen, Biotuli hankekokonaisuus, WP4: Uudet komponentit energian lähteenä, Lappeenranta 2013

Prof. Esa Vakkilainen, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, teknillinen tiedekunta, LUT Energia

esa.vakkilainen@lut.fi

## Torrefiointin integrointi höyryvoimalaitosprosessiin

Torrefiointi on termokemiallinen muunnosprosessi, jolla voidaan parantaa biomassan polttoainem ominaisuuksia. Kaupallinen, jatkuvatoiminen torrefiointiprosessi edellyttää turvattua biomassan saantia ja riittävää lämmönlähdettä. Torrefiointin integrointi biojalostamoon tai biomassakäyttöiseen höyryvoimalaitokseen mahdollistaa lämmön- ja materiaalinvaihdon prosessien välillä, sekä olemassa olevan infrastruktuurin ja energianlähteiden käytön. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin torrefiointin ja höyryvoimalaitoksen yhdistämisen teknistä toteutettavuutta simuloinnin avulla.

Tutkimuksessa kehitettiin IPSEpro-malli torrefiointiprosessille. Mallin toimivuus varmistettiin saatavilla olleen kokeellisen tiedon perusteella. Lisäksi käytettiin kahdelle erikokoiselle lämpöä ja sähköä tuottavalle laitokselle (CHP) ja yhdelle kaukolämpövoimalaitokselle tehtyjä malleja. Simulointia varten toteutettiin viisi erilaista torrefiointin ja CHP-laitoksen integrointia, sekä kaksi integrointia kaukolämpölaitoksen kanssa. Vertailuun käytettiin mallia, jossa torrefiointi on erillisenä prosessina. Simuloinneilla tutkittiin integroitujen laitosten massa- ja energiataseita käyttäen erilaisia prosessiarvoja. Biomassan ja torrefiointilaitteiston ominaisuudet pidettiin vakioina. Integrointimallien pääasialliset erot liittyivät torrefiointireaktorin lämmöntuontiin, joka voidaan toteuttaa monin eri tavoin. Näissä malleissa käytettiin epäsuoraa lämmöntuontia, ja lämmönlähteenä oli tapauksesta riippuen kuuma vesi tai höyry voimalaitosprosessin eri vaiheista, tai savukaasu. Osassa tapauksia torrefiointinissa syntyvät kaasut johdettiin voimalaitosprosessiin.

Lopuksi tuloksia verrattiin. Tulokset olivat hyvin samansuuntaisia pienen ja suuren CHP-laitoksen osalta. Torrefiointin integrointi CHP-laitoksen kanssa nostaa prosessihyötysuhdetta selkeästi. Eri tapauksien välillä ei kuitenkaan ollut suuria eroja. Kaukolämpölaitoksen kohdalla sen sijaan integroinnilla saavutetaan hyötyjä vain jos torrefiointikaasut hyödynnetään prosessissa, pelkkä kattilan savukaasun käyttö torrefiointin lämmönlähteenä ei riitä.

Lisätietoa: Bahnam Zakri, Jussi Saari, Ekaterina Sermyagina, Esa Vakkilainen, Integration of Torrefaction with Steam Power Plant, Torrefiointin integrointi höyryvoimalaitosprosessiin, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, 2013

Prof. Esa Vakkilainen, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, teknillinen tiedekunta, LUT Energia

esa.vakkilainen@lut.fi

## Pyrolyysiöljyn tuotannon yhdistäminen voimalaitokseen taloudellisesta näkökulmasta

Pyrolyysiteknologian ja sen sovellusten tutkimus on osa bioenergiateknologian kehitystä biopoltto-aineiden käytön lisäämiseksi. Tässä työssä tarkastellaan pyrolyysiprosesseja, raaka-aineiden ja pyrolyysillä tuotettavan bioöljyn ominaisuuksia, sekä biopolttoainemarkkinoiden tilannetta. Kahden tapaustutkimuksen kautta tarkastellaan pyrolyysin ja voimalaitosprosessin yhdistämisen taloudellista kannattavuutta. Pyrolyysiprosessien osalta erityistä huomiota kiinnitetään RTP-prosessiin (Rapid Thermal Processing) sekä ablaatiopyrolyysiin.

Sekä RTP että ablaatio ovat nopeita pyrolyysiprosesseja. Nopean pyrolyysin etuja ovat nestemäisen lopputuotteen suuri osuus ja lyhyt, vain muutamien sekuntien reaktioaika. RTP perustuu nopeaan leijukerrosprosessiin, ja se on pitkään tutkittu ja kaupallisesti saatavilla oleva teknologia. Ablatiossa biomassaa painetaan mekaanisesti kuumaa reaktoriseinämää vasten. Reaktion kulku on riippuvainen paitsi seinämän lämpötilasta, myös paineen suuruudesta ja biomassapartikkelien liikkeestä seinämää vasten. Ablatio on kehitteillä olevaa teknologiaa.

Taloudellisen kannattavuuden tarkastelussa verrataan kahta erilaista pyrolyysiprosessin ja voimalaitoksen yhdistelmää. Toinen näistä on teholtaan alle 20 MW:n kattilalaitos, johon on yhdistetty ablaatioreaktori, toinen taas alle 100 MW:n sähkö- ja lämpölaitos yhdistettynä RTP-pyrolyysilaitteistoon. Työssä on tehty kustannusarvio molemmille laitoksille. Pyrolyysiprosessin integrointi voimalaitokseen osoittautuu näiden laskelmien mukaan kannattavaksi molemmissa tapauksissa, RTP-pyrolyysiprosessin yhdistäminen sähkö- ja lämpölaitokseen vielä pienempää laitosta kannattavammaksi. Laskelmista ilmenee, että integroinnissa on sekä etuja että heikkouksia. Työ osoittaa kuitenkin, että integroinnilla voidaan tehostaa energiantuotantoa.

Lisätietoa: Dmitry Alexandrovich Shtyk, Economics of combined power plant and pyrolysis bio-oil production (suom. Pyrolyysiöljyn tuotannon yhdistäminen voimalaitokseen taloudellisesta näkökulmasta) Lappeenrannan teknillinen yliopisto, 2011

Prof. Esa Vakkilainen, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, teknillinen tiedekunta, LUT Energia

esa.vakkilainen@lut.fi

## **Energiamahdollisuudet ja uudet tuotteet – yhteenveto**

Maailman nykytila tarjoaa selluteollisuudelle uusia tuotantomahdollisuuksia perinteisen selluntuotannon ohella. Aikaisemman kokemuksen mukaan sellutehtaat hyödyntävät uudet tulomahdollisuudet herkästi, kuten nähtiin esimerkiksi ylijäämäsähkön myynnin sallimisen yhteydessä. Sellutehtaat tarttuivat tilaisuuteen nopeasti nostaen energiantuotantoa myydäkseen ylijäämän.

Teknologian kehittymisen tuomia mahdollisuuksia selluteollisuudelle ovat tällä hetkellä fossiilisten polttoaineiden korvaaminen uusiutuvilla sekä biojalostamoiden käyttöönotto ja sitä kautta biopolttoaineiden, kemikaalien ja biomateriaalien tuotanto. Teknologisten mahdollisuuksien hyödyntäminen edellyttää kuitenkin aina myös taloudellista toteuttamiskelpoisuutta. Tässä tutkimuksessa luodaan katsaus vaihtoehtoisten, erityisesti hakkuutähdepohjaisten, biopolttoaineiden tuotantoteknologioihin. Mekaanisista prosesseista esitellään pelletointi, termokemiallisista prosesseista torrefiointi, pyrolyysi, kaasutus ja suora nesteytys, sekä biokemiallisista prosesseista etanolin tuotanto hydrolyysin ja käymisen avulla.

Sellutehtaalla on monia vaihtoehtoisia mahdollisuuksia biojalosteiden tuotantoon prosessin eri vaiheissa. Tyypillisiä selluprosessista erotettavia mekaaniseen ja termokemialliseen jalostukseen soveltuvia raaka-aineita ovat puutähteet ja mustalipeä. Esimerkiksi kaasuttamalla näitä saadaan tuotekaasua, jota voidaan monin tavoin jalostaa edelleen arvokkaammiksi tuotteiksi, kuten nestemäisiksi biopolttoaineiksi. Hemiselluloosa soveltuu etanolin tuotantoon, ja mustalipeästä erotettavaa ligniiniä voidaan hyödyntää biomateriaalien tai kemikaalien tuotannossa. Erilaisten biopolttoaineiden mahdollisia tuotantomääriä voidaan vertailla taseiden avulla, kuten tässä tutkimuksessa tehdään malli-esimerkkinä käytetylle brasilialaiselle sellutehtaalle.

Tutkimus osoittaa, että valmiudet biopolttoaineiden tuotantoon selluprosessiin integroituna ovat olemassa. Sellutehtaiden etuna on hyvä hakkuutähteiden saatavuus, mutta kehityksen suuntaan vaikuttavat monet tekijät, kuten taloudellinen kannattavuus, poliittiset kannusteet ja energialainsäädäntö. Osa jalostusmenetelmistä vaatii vielä kehitystyötä ollakseen kilpailukykyisiä. Tähän kehitystyöhön myös selluteollisuus voisi osallistua, esimerkiksi demonstraatiolaitteistojen muodossa.

Lisätietoa: Marcelo Cardoso, Marcelo Hamaguchi, Esa Vakkilainen, Energy producing possibilities and new products – presentation summary, Energiamahdollisuudet ja uudet tuotteet – yhteenvetomateriaali, Lappeenranta teknillinen yliopisto, 2011

Prof. Esa Vakkilainen, Lappeenranta teknillinen yliopisto, teknillinen tiedekunta, LUT Energia

esa.vakkilainen@lut.fi

## KOELAITE BIOMASSAN TORREFIOINTIIN

KyAMK Energiatekniikan tavoitteena oli ensisijaisesti tutkia erilaisten biomassajakeiden soveltuvuutta torrefiointiin sekä suunnitella ja rakentaa koelaite biomassan torrefiointiin.

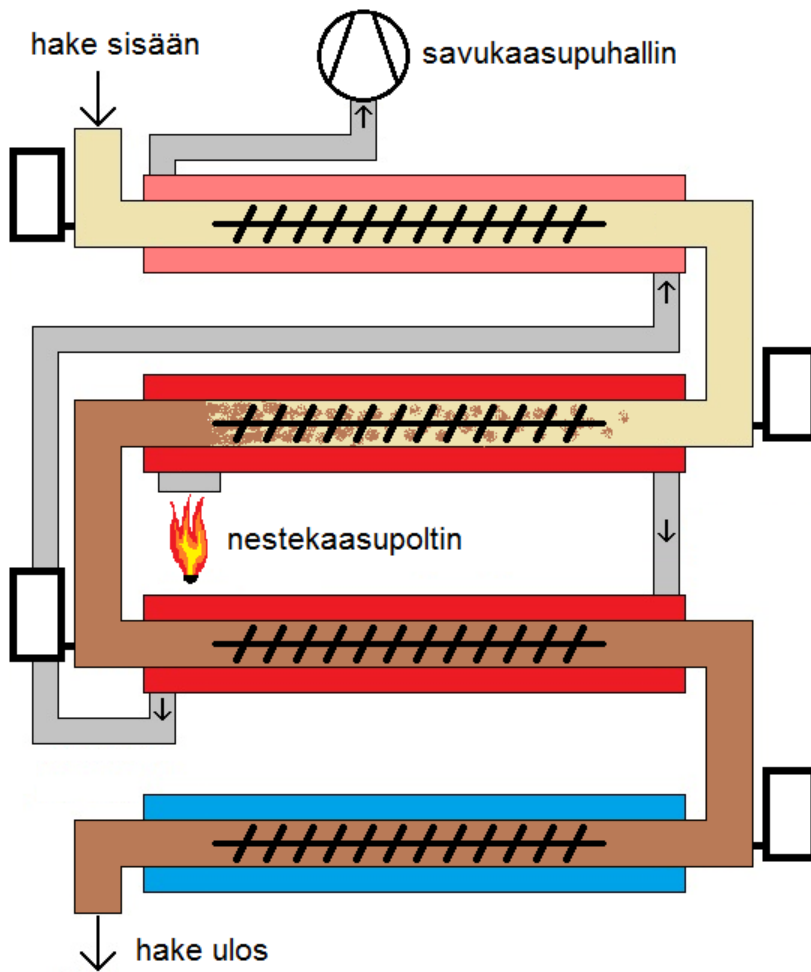
### Koelaite biomassan torrefiointiin

#### Lyhyesti:

- Jatkuvatoiminen, torrefioitua haketta 25 kg/h
- Käsittelylämpötila säädettävissä 200-350°C
- Pitoaika säädettävissä, 5-60 min
- Lämpöä tuotetaan nestekaasupolttimella
- Laite koostuu neljästä vaiheesta:

1. Hakkeen kuivaus
2. Lämmitys tavoitelämpötilaan
3. Pito tavoitelämpötilassa
4. Jäähdytys

- Haketta kuljetetaan ruuvikuljettimilla putkissa
- Putkia lämmitetään ulkopuolelta savukaasulla
- Laite on sijoitettu 20' merikonttiin, sijaitsee Kotkassa, KyAMKin Metsolan kampuksella.



**Kuva 1.** Koelaitte biomassan torrefiointiin, KyAMK energiatekniikka ja LUT Energia



**Kuva 2.** Torrefiointi käynnissä. Kotka, KyAMK, Metsolan kampus

## Tavoitteet:

- tutkia biomassan ominaisuuksien muuttumista torrefioinnissa
- saada käyttökokemuksia laitteen toiminnasta
- arvioida laitteen tuotantokustannuksia
- selvittää mahdollisuuksia laitetyypin käytöstä suuremmassa kokoluokassa
- perehtyä siihen, miten biomassojen ominaisuudet muuttuvat torrefioinnissa
- analysoida millaisia biomassoja olisi kannattava torrefioida

Tutkimusraportissa on käsitelty biomassan lämpökäsittelyyn (torrefiointiin) käytettävää koelaitetta. Biomassan torrefioinnin tarkoituksena on muuttaa sen ominaisuuksia siten, että kivihiilen käyttöä voitaisiin korvata biomassalla. Koelaitte on suunniteltu, rakennettu ja testattu vuosina 2010 – 2013 ja sillä on ollut tarkoitus tutkia torrefioinnin vaikutusta biomassan ominaisuuksiin. Koelaitte on suunniteltu hankkeessa asetettujen vaatimusten mukaisesti. Laitteen suunnittelu perustui muista vastaavanlaisista laitoksista etsittyihin tietoihin sekä kirjallisuustietoon. Koelaitteiston avulla on ollut myös tarkoitus selvittää biomassan lämpökäsittelyn edellytyksiä suuren mittakaavan laitoksena.

Koelaitteella on pystytty suorittamaan onnistuneita kokeita ja myös toistamaan niitä. Laitetta on käytetty erilaisilla toiminta-arvoilla ja toiminta-arvoista on pyritty etsimään sellaisia, joilla torrefioidun biomassan ominaisuudet olisivat optimaalisia kivihiilen korvaajaksi. Kokeiden aikana laitteen toiminnasta on saatu myös käytännön tietoa, jota voidaan hyödyntää vastaavanlaisten laitteiden suunnittelussa. Laitteella saadut tulokset eivät kuitenkaan välttämättä vastaa täysin muita vastaavanlaisia tutkimuksia, koska tulokset on saatu tällä kyseisellä laitteella. Lisäksi samanlaisia rinnakkaisia kokeita olisi tehtävä enemmän luotettavien tulosten varmistamiseksi.

Tutkimuksen tavoitteet koelaitteen rakentamisen osalta saavutettiin, mutta torrefioidun biomassan ominaisuuksien perusteelliseksi tutkimiseksi näyte-eriä olisi pitänyt tehdä enemmän. Tutkimustyötä ovat osittain vaikeuttaneet koelaitteessa useasti toistuvat vikatilanteet. Näiden vikatilanteiden estämiseksi laite olisi vaatinut tarkempaa suunnittelua. Hankkeen aikana laitteen toiminnasta on tullut esille jatkokehitysideoita, joilla laitteen luotettavuutta ja energiatehokkuutta voitaisiin lisätä. Myös laitteen kokoluokan kasvattaminen suuremmaksi on mahdollista.

Koelaitteen käyttökokemusten perusteella voidaan todeta, että laitteella voidaan tuottaa torrefioitua haketta halutuissa lämpötiloissa jatkuvatoimisesti. Laitteen käytön kanssa esiintyi kuitenkin joitakin ongelmia, mutta näistä ongelmista on saatu tietoa laitteen jatkokehitystä varten. Ongelmien myötä on pystytty selvittämään laitteessa esiintyviä tyypillisiä vikoja ja niiden syitä. Näitä voidaan huomioda, mikäli laitteesta suunnitellaan kehittyneempiä malleja. Laitteeseen suunniteltiin joitakin muutos- ja kehityskohteita, joilla voitaisiin parantaa laitteen käyttövarmuutta ja energiatehokkuutta. Tutkimuksen aikana on selvinnyt, että laitteiston edellytykset kaupalliseen käyttöön eivät ole ainakaan tällä hetkellä kannattavia. Koelaitteen suuruusluokassa kaupallinen käyttö ei ole missään tapauksessa kannattavaa, mutta laitekoko suurentamalla torrefioidun biomassan tuotanto voi olla kannattavaa.

Lisätietoa: Koelaitte biomassan torrefiointiin, Sarvelainen, H. & Töyrylä, N., Kymenlaakson ammattikorkeakoulu, 2013

Tutkimusinsinööri Hannu Sarvelainen, Kymenlaakson ammattikorkeakoulu, Energiatekniikka

hannu.sarvelainen@kyamk.fi



## **Erilaisten biomassojen soveltuvuus torrefiointiin**

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on ollut selvittää, miten biomassojen ominaisuudet muuttuvat torrefioinnissa ja millaisia biomassoja olisi kannattava torrefioida.

### **Biomassan torrefointi:**

- Biomassan ominaisuuksien muuttuminen torrefioinnissa
- Torrefiointikokeet lämpökäsittelyuunissa

### **Kokeessa käytetyt biomassat:**

- Koivu
- Männynkantohake
- Paju

### **Torrefioitujen biomassojen mitatut ominaisuudet:**

- Torrefioinnin energiatase
- Energiatiheys
- Ilmankosteuden kertyminen
- Veden hylkiminen vesisateessa
- Veden hylkiminen upotettuna veteen
- Jauhautuvuus

Yleisesti biomassan torrefioinnin tarkoituksena on muuttaa sen ominaisuuksia siten, että kivihiilen käyttöä voitaisiin korvata biomassalla. Tässä tutkimuksessa torrefioiduista biomassoista on analysoitu tärkeimpiä ominaisuuksia, jotka ovat muuttuneet käsittelemättömään biomassaan verrattuna ja kokeiden tuloksia on verrattu aikaisempiin vastaavanlaisiin tutkimuksiin. Torrefiointikokeet ja torrefioitujen biomassanäytteiden analysointi on tehty pääosin hankkeen loppuvaiheessa 2012–2013.

Tutkimuksen tavoitteena oli myös selvittää toimiiko pienen kokoluokan laitteisto riittävän hyvin torrefoidun biomassan tuotannossa. Koelaitteella on mahdollista tuottaa torrefoitua biomassaa, jonka ominaisuudet vastaavat tyypillisiä torrefoidun biomassan ominaisuuksia. Laitteella tehdyt näyte-erät ja näytteiden analyysien tulokset eivät kuitenkaan välttämättä vastaa täysin muita vastaavanlaisia tutkimuksia, koska näytteet on tehty tällä koelaitteella. Muunlaisten koelaitteiden tai laitoksien toimintaperiaatteet voivat olla erilaisia, jolloin esimerkiksi lämpötilojen mittaustavoissa voi olla eroja. Torrefoidun biomassan ominaisuuksien parempaan tutkimiseen näyte-eriä olisi pitänyt myös tehdä enemmän. Kuitenkin jokaisen tässä tutkimuksessa käsitellyn biomassalajin torrefioinnilla saavutettiin biomassan laadun paranemista.

Lisätietoa: Erilaisten biomassojen soveltuvuus torrefiointiin, Sarvelainen, H. & Töyrylä, N., Kymenlaakson ammattikorkeakoulu, (julkaistaan marraskuussa 2013).

Tutkimusinsinööri Hannu Sarvelainen, Kymenlaakson ammattikorkeakoulu, Energiatekniikka

[hannu.sarvelainen@kyamk.fi](mailto:hannu.sarvelainen@kyamk.fi)

## **BIOLIIKETOIMINNAN UUDET LIIKETOIMINTAMAHDOLLISUUDET JA -MALLIT (caset)**

Yhtenä tavoitteena Biotuli-hankkeessa on ollut selvittää Kaakkois-Suomessa, erityisesti pk-yritysten mahdollisuuksia sekä mielenkiintoa bioliiketoimintaan osallistumiselle. Lisäksi tavoitteena on ollut ideoida ja tutkia uusia tuotteita tai tuoteryhmiä hyödynnettäväksi nimenomaan alueen pk-yritysten toimesta, ja mahdollisesti useamman yrityksen muodostamassa yhteistyöverkostossa.

### **Selvitys bioliiketoiminnan uusista liiketoimintamahdollisuuksista ja -malleista raportti**

#### **Tavoitteet ja tutkimuskysymykset:**

- Millaisilla liiketoimintamalleilla Biotuli-hankkeessa löytyneitä bioliiketoimintamahdollisuuksia pystytään hyödyntämään pk-yrityksen näkökulmasta?
- Minkälaisen toimitusketjun mallit vaativat?
- Millä edellytyksillä mallin toteuttaminen on kannattavaa?

#### **Työ suoritettiin kirjallisuuskatsauksen ja asiantuntijahaastatteluiden perusteella.**

#### **Kaksi käsiteltävää casea olivat:**

- Torrefiointin ja lämmöntuotannon yhdistäminen
- Uuden erottelumenetelmän hyödyntäminen desinfiointiaineiden valmistuksessa

#### **Työn keskiössä:**

- Liiketoiminnan määrittely
- Kustannus- ja kannattavuustarkastelua
- Tulevaisuuden kehitysnäkymät

#### **Johtopäätöksiä:**

##### **Torrefiointi ja TOP-pelletit**

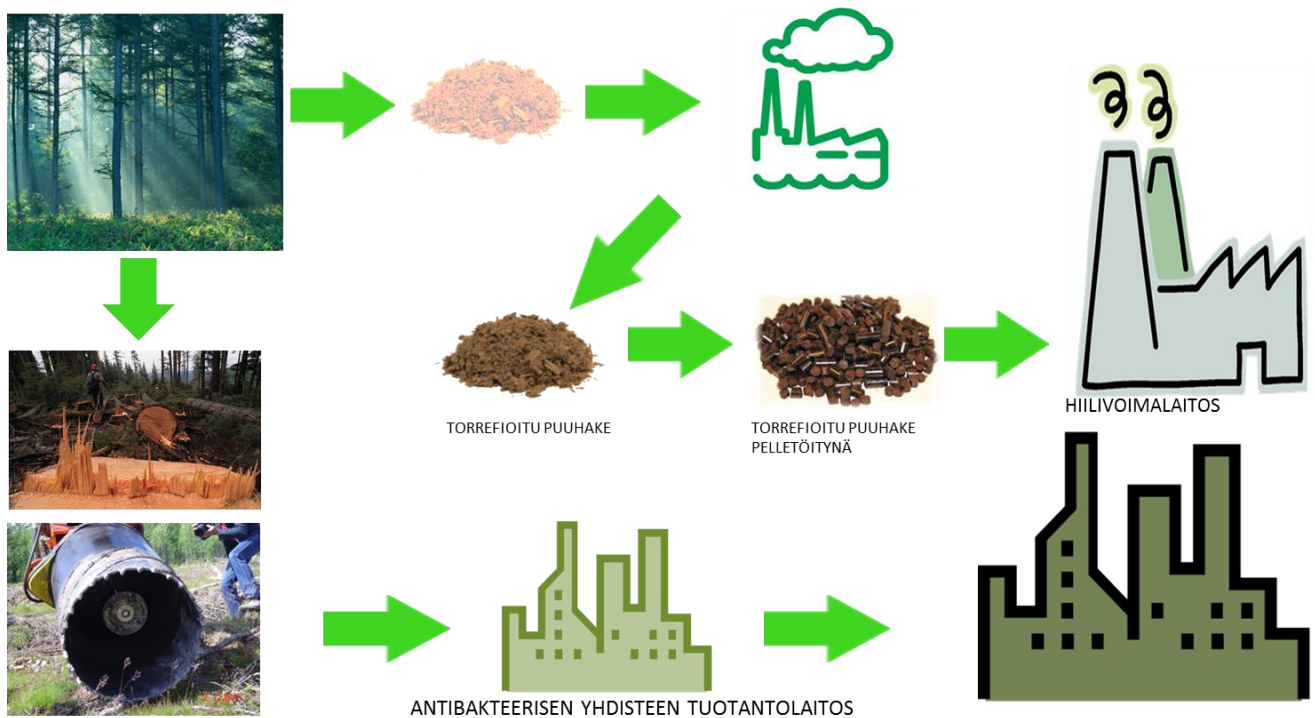
- Kaupalliset sovellukset tulevat myyntiin lähiaikoina
- Muutokset markkinatilanteessa tulevat lisäämään toiminnan kannattavuutta
- Toteutuksessa painopiste suurissa volyymeissa mahdollisimman pienillä kustannuksilla
- Synergiaetujen vuoksi torrefiointin ja lämmöntuotannon yhdistäminen voi olla kannattavaa pienilläkin katteilla

##### **Uusi erottelumenetelmä / biohajoava desinfiointiaine**

- Kaupallinen hyödyntäminen vaatii runsaasti kehitystyötä ja resursseja
- Kehitysresurssien suuntaaminen oikeisiin kohteisiin tärkeää
- Hyödyntäminen pk-yritysmittakaavassa kysymysmerkki
- Kyseessä uusi menetelmä, jolla löydetty puumateriaalista täysin uusia yhdisteitä merkittävä liiketoimintapotentiaali
- Suomen metsäteollisuus tarvitsee tämänkaltaisia innovaatioita säilyttääkseen kilpailukykyä

Torrefiointin ja lämmöntuotannon yhdistäminen ei tehdyn analyysin perusteella ole tällä hetkellä kannattavaa, mutta muutokset markkinatilanteessa voivat muuttaa tilannetta tulevaisuudessa. Biohajoavan desinfiointiaineen valmistuksessa on potentiaalia kannattavaan liiketoimintaan, mutta tutkimus on vielä kesken, joten tarkkaa liiketoiminnan tai sen kannattavuuden arviointia ei vielä voida tehdä. Työn tuloksia voi käyttää pohjana tarkemmille kannattavuusarvioille.

Tietoisuuden lisääminen biomassan torrefiointin mahdollisuuksista pk-sektorille on tärkeää, jotta yritykset saadaan mukaan kasvuhakuiseen ja uusille liiketoiminta-alueille suuntautuvaan kehittämistoimintaan. Myös puuperäisten, antibakteerisia ominaisuuksia omaavien tuotteiden kehittämisessä on merkittävää liiketoimintapotentiaalia ja siihen kannattaa suunnata kehitysresursseja. Tulevaisuuden liiketoimintamahdollisuuksien tiedostaminen on tärkeää bioliiketoiminnan alalla toimiville yrityksille. Uusien liiketoimintamallien ja tuotteiden kehittäminen tarjoavat mahdollisuuksia luoda uutta ja kehittää nykyistä yritystoimintaa.



**Kuva 3.** Puuaineksen käyttö torrefiointiin ja antibakteerisen aineen tuotantoon.

Kuvan yläosassa esitetään puuhakkeen torrefiointin ja TOP-pelletöinnin liiketoimintamallin tekijöitä, ja alaosassa antibakteerisia ominaisuuksia omaavan puuperäisen yhdisteen tuotannon liiketoimintamallia.

Lisätietoa: BIOTULI – Selvitys bioliiketoiminnan uusista liiketoimintamahdollisuuksista ja -malleista. Hönö, E. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, 2013

Tutkijatohtori Risto Seppänen, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, johtamisen ja kansainvälisen liiketoiminnan laitos, kauppatieteellinen tiedekunta

risto.seppanen@lut.fi

## **ANTIBAKTEERISEEN BIOJALOSTEESEEN POHJAUTUVAN TUOTTEEN HYÖDYNTÄMINEN SOSIAALI- JA TERVEYSALALLA**

Kymenlaakson ammattikorkeakoulun sosiaali- ja terveysalan osiossa tarkoituksena oli tutkia ja kartoittaa käytäntöjä infektioiden torjunnan osalta päiväkodeissa ja vanhusten palvelutaloissa sekä liikennevälineissä kuten linja-autoissa, junissa ja takseissa. Lisäksi tehtävänä oli tutkia ja kartoittaa näissä kohteissa käytössä olevia infektioiden torjuntamenetelmiä ja -tuotteita sekä aineita infektioiden leviämisen ehkäisemiseksi, samoin näkemyksiä yritysten tarpeista antibakteeristen tuotteiden osalta.

Kymenlaakson ammattikorkeakoulun sosiaali- ja terveysalan osiossa kartoitettiin, tehdyn kyselyn (tammikuu-maaliskuu 2013) tulosten perusteella, hankkeessa kehitettävän puupohjaisen antibakteerisen aineen/tuotteiden mahdollisia käyttöympäristöjä ja koottiin tutkimustuloksista tietopaketti, jota voidaan hyödyntää puupohjaisen antibakteerisen aineen käytössä ja sen antibakteerisen toiminnan kehittämisessä.

### **Pohdintaa puupohjaisesta antibakteerisesta aineesta**

Puupohjaiselle antibakteeriselle aineelle olisi tarvetta ja käyttöä niin sairaalamaailmassa, kuin yksityisten kuluttajien keskuudessa. Kyselyn perusteella vastanneilla ei ollut käytössä infektioiden leviämisen ehkäisemiseksi luonnonmukaisia antibakteerisia ainesosia sisältäviä aineita tai tuotteita. Tämän perusteella luonnonmukaisia antibakteerisia tuotteita voisivat olla muun muassa puupohjainen antibakteerinen käsidesi, puhdistusaine tai mikä tahansa infektioita ehkäisevä tuote. Sairaalamaailmassa on jo käytössä luonnonmateriaaleja infektioiden hoidossa, mutta nämä aineet ovat käytössä pääasiassa haavanhoitotuotteissa. Olisi tärkeää kartoittaa laajemmin nykyisten antibakteeristen tuotteiden puutteet ja kehittämistarpeet. Näin puupohjainen antibakteerinen aine ja sen ympärille mahdollisesti kehitettävät tuotteet saataisiin vastaamaan enemmän käyttäjien tarpeita ja se pystyisi kilpailemaan tehokkaammin jo olemassa olevien antibakteeristen tuotteiden kanssa. Sairaalainfektiot tuovat suuria kustannuksia sairaalalle, joten puupohjaisen antibakteerisen aineen jatkokehittämisessä olisi syytä pohtia voitaisiinko puupohjaisesta antibakteerisesta aineesta kehittää tuote, joka soveltuu myös infektiopotilaiden hoitoon?

Lisätietoa: BIOTULI-hanke. Puupohjaiset antibakteeriset tuotteet infektioiden torjunnassa. Eskola, S. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu, 2013

Projektitutkija Saara Eskola, Kymenlaakson ammattikorkeakoulu, sosiaali- ja terveysala

saara.eskola@kyamk.fi

## **PUU- JA KANTOLOGISTIIKKA. KANTOJEN HANKINTA BIOJALOSTAMOLLE**

Puupohjaisten tuotteiden kohdalla puulogistiikalla on merkittävä vaikutus tuotantoon. Merkityksellisiä ovat mm. puun hinta, saatavuus ja tuoreus. Valmistettavasta tuotteesta riippuen eri tekijöiden merkitys korostuu. Esim. energiantuotannossa hinnalla on merkittävä vaikutus kun taas korkean jalostusarvon tuotteissa, kuten antibakteerisia yhdisteitä hyödyntävät tuotteet, kohdalla puun ominaisuuksien, kuten tuoreuden, merkitys korostuu. Työssä tavoitteena on selvittää: mahdollisuudet ja rajoitteet hankkia tuoreita kantoja biojalostamojen tarpeisiin sekä kantomateriaalin soveltuvuus torrefiointiin.

### **Kantojen hankinta biojalostamolle**

Kantoja nostettiin ja käytettiin energiaksi Suomessa vuonna 2012 hieman yli miljoona kuutiometriä eli noin 442 000 tonnia kuiva-ainetta. Energiasisältönä ilmaistuna määrä oli noin 2,4 TWh. Toteutunut kantojen hankintamäärä on alle viidesosa määrästä, jonka on laskettu kantoja olevan korjattavissa suomalaisilta päätehakkuaaloilta vuosittain. Kantoja riittää Suomessa tulevaisuudessakin riippumatta siitä, miten niiden energiakäytölle käy jatkossa EU:n määrittellessä kiinteiden biopolttoaineiden kestävyyskriteerit. Kriteereistä saatujen ennakkotietojen perusteella kannot saattavat saada samanlaisen aseman kuin turve, jolloin niiden hankinta energiakäyttöön loppuisi. Tämä on kuitenkin vain yksi tulkinta julkisuuteen vuotaneesta kestävyyskriteeriluonnoksesta ja sen soveltamisesta.

Kantojen hankinta biojalostamojen tarpeisiin voidaan toteuttaa, joko erottelemalla niitä energiakäyttöön suunnatusta materiaaliavirrasta, tai järjestämällä hankinta erillisenä. Materiaalin käyttäjän vaatimukset kantopuun tuoreudesta johtavat todennäköisesti erilliseen hankintaketjuun tai nykyisen ketjun muuttamiseen soveltuvaksi sekä biojalostamon että voimalaitoksen tarpeisiin.

Kantoja voidaan nostaa ainoastaan lumettomaan ja roudattomaan aikaan. Lisäksi kelirikkoajat loppusyksyllä ja keväällä haittaavat kantojen korjuuta ja kuljetusta suuresti. Tätä varten kantopuun ominaisuuksien säilymistä varastoinnin aikana on tutkittava lisää. On myös varauduttava jalostusprosesseja suunniteltaessa siihen, että tuoreen raaka-aineen saanti ei ole tasaista ympäri vuoden. Soveltamalla metsäteollisuuden käyttämiä vesi- tai lumivarastointia voitaneen kantopuuta säilöä suuriakin määriä useammaksi kuukaudeksi.

Energiakäyttöön hankittavia kantoja tai niiden osia ei erotella mitenkään niiden noston jälkeen. Biojalostamon tarpeet kohdistunevat tiettyyn puulajiin ja tiettyyn osaan kanto- ja juuripuusta. Tämäkin johtaa joko erilliseen hankintaketjuun biojalostamolle tai nykyiseen hankintaketjuun integroitua toimintaa haluttujen jakeiden erottelemiseksi. Tämä erottelu on helpoimmin toteutettavissa kantojen pilkkomisen yhteydessä joko maastossa tai tienvarsivarastolla. Myös erillisellä terminaalilla tai tehdasvarastolla erottelu voidaan tehdä, mutta silloin pilkkomisen kuljetusta tehostava vaikutus jää hyödyntämättä.

Nykyisin käytössä oleva hankintaketju on seuraavanlainen:

- puukauppa, päätehakkuu, hakkuutähteiden korjuu
- kantojen halkaisu ja nosto sekä kantojen kuivatus palstalla
- kantojen metsäkuljetus tienvarsivarastokasaan ja kantojen kuivatus tienvarsivarastolla
- kantojen autokuljetus käyttöpaikalle
- kantojen murskaus
- kantomurskeen poltto

Kuivatusvaiheiden tarkoitus on tehollisen lämpöarvon parantamisen lisäksi pienentää tuhkapitoisuutta edistämällä maa-aineksen irtoamista kannoista. Kun puhtaan puumateriaalin tuhkapitoisuus on noin prosentti, on kantomateriaalin tuhkapitoisuudeksi saatu 4 – 13 %. Osa tästä selittyy kanto- ja juuripuun suuremmalla kuoren osuudella, mutta suurin selittävä tekijä on haitallisen kantomurskeen suuri maa-ainespitoisuus.

Hankintaketjua voidaan nopeuttaa huomattavasti, jos samalla tehostetaan maa-aineksen poistamista. Koska energiakäyttöön hankittavan kantobiomassan tulee olla mahdollisimman kuivaa, ei sen puhdistamisessa voida käyttää pesua, vaan puhdistaminen on tehtävä mekaanisesti täristämällä, harjaamalla, puhaltamalla ja seulomalla. Yksinkertaisin ratkaisu on kantojen esimurskaus ja sen jälkeinen seulonta, jolloin suurin osa maa-aineksesta jää hienojakeeseen, joka voidaan ohjata hyötykäyttöön, esimerkiksi viherrakentamiseen. Esimurskattu energiajäte jatkaa kuivamistaan etenkin hienojakeen seulomisen jälkeen, joten ketju sopii hyvin myös poltettavien osien jalostamiseen. Ennen käyttöä on esimurskattu materiaali murskattava toivottuun palakokoon.

Biojalostamolla kantomateriaali tulee mitä ilmeisimmin jossain vaiheessa sekoitettavaksi veteen, joten materiaalin esikäsittely eli puhdistus ja tarvittaessa kuorinta voidaan tehdä vettä käyttäen. Tämä tosin vaatii merkittäviä investointeja laitoksen jäteveden käsittelyyn ja talvella lämmittämiseen. Joutseno Pulp Oy:n sellutehtaalla otettiin vuonna 1975 käyttöön kantojen esikäsittelylaitos, jossa tärinäsyöttöä, murskausta, pesua ja seulontaa käyttävän laitoksen läpi tulleen kantomurskeen maa-ainespitoisuuden ilmoitettiin olevan 0,2 % ja kuoripitoisuuden 0,8 – 2,0 %. Kantojen käyttö sellun raaka-aineena lopetettiin kuitenkin pian laitoksen käynnistämisen jälkeen. Tämä kuitenkin osoittaa kantojen puhdistamisen olevan mahdollista.

Jos biojalostamolle hankitaan nimenomaan kantopuuta eikä juuripuuta, on vartenotettava vaihtoehto ruotsalaisten kehittämä reikäsahan tapainen kantopora, jolla kanto irrotetaan juurista ja nostetaan maasta. Laite olisi mahdollista asentaa koneeseen, jolla irrotus ja maastokuljetus voitaisiin tehdä yhtenä työvaiheena. Nostetut kannot olisivat muodoltaan varsin yhtenäisiä, jolloin kuljetuksissa kuorman tiiviys saataisiin nykyistä paremmaksi. Myös kantokappaleiden puhdistus ja kuorinta olisivat helpompaa kuin juuripuun.

Juuripuun hankintaan taas sopisi ketju, jossa kannot nostetaan nykyisellä menetelmällä ja juuripuu erottaisiin kantopuusta ennen murskausta. Tähän sopii kaivinkoneeseen tai kuormaajaan asennettava kantopilkkuri, joka leikkaa kantoja puristavalla terällä. Tällöin biojalostamon puunhankintaan olisi integroitu kantopuun nykyiseen hankintaketjuun. Kanto- ja juuripuu ja jopa eri puulajit voitaneen erottaa myös murskatusta materiaalivirrasta uusimmalla teknologialla, mutta se tuskin on ainakaan vielä kustannustehokas ratkaisu.

### **Selvitys kantojen kuivumisesta**

Kantopuun ominaisuuksia tutkittiin mittauksilla kosteuden kehittymisestä kantojen nostoa seuraavien 12 viikon aikana touko-elokuussa 2011. Kokeessa otettiin kuusi- ja mäntykantojen 3 – 4 cm paksuista juurista näytteitä, joista mitattiin kosteus lämpökaappia ja vaakaa käyttäen. Näytteet otettiin viisi kertaa. Kosteudet laskivat 57 % lähtökosteudesta 30 % loppukosteuteen. Alkukesästä kosteus laski lineaarisesta ja loppukesästä kosteudet laskivat hitaammin ja tulokset vaihtelivat ilmeisesti sääolojen vaihtelun johdosta.

### **Selvitys kantojen hankintaketjuista Kymenlaaksossa 2012**

Selvityksessä haastateltiin kantojen hankinnan toimijoita Kymenlaaksossa kevättalvella 2012. Haastatteluista ilmeni mm. autoyrittäjien huoli pölyn ja homeen haitoista kantoja kuormatessa. Tuloksista koostetaan raportti julkaistavaksi Theseus-järjestelmässä internetissä.

Lisätietoa: Kantojen hankinta biojalostamoille. Mulari, Jyri., Sternberger, Eerik., Mononen, K., Kymenlaakson ammattikorkeakoulu (julkaistaan joulukuussa 2013)

[jyri.mulari@kyamk.fi](mailto:jyri.mulari@kyamk.fi)

## BIOJALOSTUKSEEN LIITTYVIEN TEKNOLOGIATRENDIEN TARKASTELU PATENTTITILASTOJEN VALOSSA

”Biojalostukseen liittyvien teknologiatrendien tarkastelu patenttitilastojen valossa” -raportti on kirjoitettu osana Biotuli-projektia. Selvityksen tavoitteena oli kartoittaa biojalostukseen liittyviä teknologiatrendejä patenttitilastojen avulla.

Raportissa käsitellään eri patenttityyppejä ja muita aineettomia oikeuksia keksintöjen suojausmekanismeina, kuvataan patenttihakuprosessi merkityksellisten patenttidokumenttien löytämiseksi (PATSTAT-tietokannasta), sekä arvioidaan patentointiaktiivisuutta valittujen biojalostuksen teknologioiden osalta. Raportin pääkohdat lyhyesti ovat:

- Patenttitilastoista havaittiin mm. biomassan käsittelyyn liittyvien patenttihakemusten lisääntyneen kahden viimeisen vuosikymmenen aikana merkittävästi.
- USA on paitsi erittäin merkittävä markkina-alue, jonne patenttisuojaa haetaan, niin se on myös useimmilla teknologia-alueilla eniten patentoituja keksintöjä tuottanut valtio.
- Teknologiatrendien tarkastelu osoittaa myös että biojalostukseen liittyviä menetelmiä pyritään jatkuvasti kehittämään tehokkaammiksi ja edullisemmiksi.

Analyysin ensimmäisessä vaiheessa käsiteltiin kansallisille tai alueellisille patenttiviranomaisille jätettyjen patenttihakemusten määriä. Myös patenttihakemusten määrien kehitystä ajan suhteen tarkasteltiin valituilla teknologia-alueilla. Tilastoista voitiin havaita esimerkiksi, että biomassan käsittelyyn ja fermentaation hyödyntämiseen (avainsanojen perusteella) liittyvien patenttihakemusten määrät ovat kasvaneet nopeasti kahtena viimeisenä vuosikymmenenä suhteessa patentointiaktiivisuuden kehitykseen yleisesti. Kerätystä patenttiaineistosta selvitettiin edelleen keksintöaktiivisuuden maantieteellinen jakautuminen. Tarkastelu osoitti muun muassa, että USA on paitsi erittäin merkittävä markkina, jolle patenttisuojaa haetaan, myös useimmilla teknologia-alueilla eniten patentoituja keksintöjä tuottanut valtio.

Analyysissä poimittiin lopuksi valikoituja esimerkkejä eniten viittauksia saaneista patenteista teknologia-alueittain. Näillä esimerkeillä pyrittiin lähinnä tuomaan esille, minkä tyyppisiä keksintöjä tarkasteltaviin teknologia-alueisiin kuuluu. Yleisenä havaintona voitiin todeta, että eniten viittauksia saaneet patentit olivat melko usein suuryritysten omistamia, mutta merkittäviä patenteja kuului toisaalta myös pk-yrityksille sekä yliopistoille ja erilaisille tutkimuslaitoksille. Tarkastelluista patenteista oli lisäksi nähtävissä, kuinka biojalostukseen liittyviä menetelmiä pyritään jatkuvasti kehittämään tehokkaammiksi ja edullisemmiksi niin energiantuotannon alueella kuin muunkin biomassan hyödyntämisen kohdalla.

Avainsanat: biojalostus, teknologiatrendi, patenttianalyysi

Lisätietoa: Biojalostukseen liittyvien teknologiatrendien tarkastelu patenttitilastojen valossa, Salmi, P. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, tuotantotalouden tiedekunta, Kouvola yksikkö, 2013.

Prof. Marko Torkkeli, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Kouvola yksikkö, marko.torkkeli@lut.fi



## **KAAKKOIS-SUOMEN ALUEEN SIOITTUMIS- JA MARKKINAPOTENTIALI**

Imatran Seudun Kehitysyhtiö Oy sekä Wirma Lappeenranta Oy teettivät helmi-maaliskuussa 2013 Kaakkois-Suomen alueen sijoittumis- ja markkinapotentiaaliselvityksen. Tutkimuksen tarkoituksena oli kartoittaa Kaakkois-Suomen vetovoimaisuutta ja saada alueelle uudistuvaa liiketoimintaa. Tavoitteena oli löytää suomalaisia ja eurooppalaisia yrityksiä, jotka voisivat sijoittautua alueelle tai käynnistää nykyisestä sijainnistaan yhteistyön Kaakkois-Suomessa toimivien yritysten ja koulutusorganisaatioiden kanssa.

Selvitys kohdennettiin bioalalla ja sen lähialoilla (kuten uusiutuvan energian, elintarvike- ja lääketieteellisuuden sekä kemian- ja metsäteollisuuden aloilla) toimiviin ja näitä aloja tukeviin yrityksiin. Tutkimus toteutettiin osana Biotuli-hanketta, jonka yhtenä tavoitteena on helpottaa uusien yritysten tulemistä tulevaisuuden kasvualalle ja saada aikaan uutta yritystoimintaa sekä nopeuttaa metsäklusterin uusiutumista. Tutkimuksen käytännön toteutuksesta vastasi Innolink Research Oy. Puhelinhaastattelulla toteutettuun tutkimukseen haastateltiin 1203 vastaajaa, joista 903 oli suomalaisista Kaakkois-Suomen ulkopuolella toimivista yrityksistä ja yhteensä 300 ruotsalaisista sekä saksalaisista yrityksistä.

### **Selvityksen mukaan:**

#### **Yritysten markkinanäkymät nousussa**

Tutkimustulosten mukaan lähes neljäsosa vastaajista (24 %) kokee yrityksen markkinanäkymien parantuvan selvästi tai jonkin verran.

#### **Laajentuminen kiinnostaa vajaata kuutta prosenttia yrityksistä**

Vastaajat arvioivat yrityksen asiakasmäärän ja liikevaihdon kasvun sekä toiminnan laajentamisen Venäjälle tärkeimmäksi edellytykseksi, jotta heidän yrityksensä voisi perustaa toimipisteen tai siirtää liiketoimintaansa Kaakkois-Suomeen.

#### **Työvoima sekä logistiset ratkaisut avaintekijöinä**

Vastaajia pyydettiin arvioimaan yritystoimintaan liittyvien tekijöiden tärkeyttä. Merkityksellisimpinä asioina pidetään työvoimaan liittyviä tekijöitä (työvoiman osaaminen ja saatavuus), liikenteellisiä ja logistisia ratkaisuja sekä toimitila- ja tonttitarjontaa.

#### **Venäjän läheisyys sekä vahvuus että heikkous**

Kartoitettaessa Kaakkois-Suomen alueen vahvuuksia ja heikkouksia ilmeni yllättäen, että Venäjän läheisyys näkyy vastaajien keskuudessa sekä vahvuutena että heikkoutena.

Lisätietoa: Johtaja (Innovaatiot ja elinkeinoympäristön kehittäminen), Johanna Väyrynen, Wirma Lappeenranta Oy ja projektijohtaja (Kaakkois-Suomen osaamiskeskus. Uusiutuva energia ja biotalous) Laura Peuhkuri, Imatran Seudun Kehitysyhtiö Oy

johanna.vayrynen@wirma.fi ; laura.peuhkuri@kehy.fi

## BIOALAN YRITTÄJIEN PROFIILI

Imatran Seudun Kehitysyhtiö Oy teetti kesällä 2013 selvityksen bioalan yrittäjien profiilia määrittävän ja yritysverkostojen tarpeita kartoittavan selvitystyön. Selvityksen toteutti kilpailutuksen perusteella valittu helsinkiläinen asiantuntijayritys Owal Group Oy.

Selvitystyön tavoitteena oli

- määrittää bioalan yrittäjien profiileja ja yritysten tarpeita
- arvioida nykyisten yrityspalveluiden soveltuvuutta bioalan yrittäjien tarpeisiin
- ideoida uusia alan yritysten toimintaedellytyksiä vahvistavia palveluita

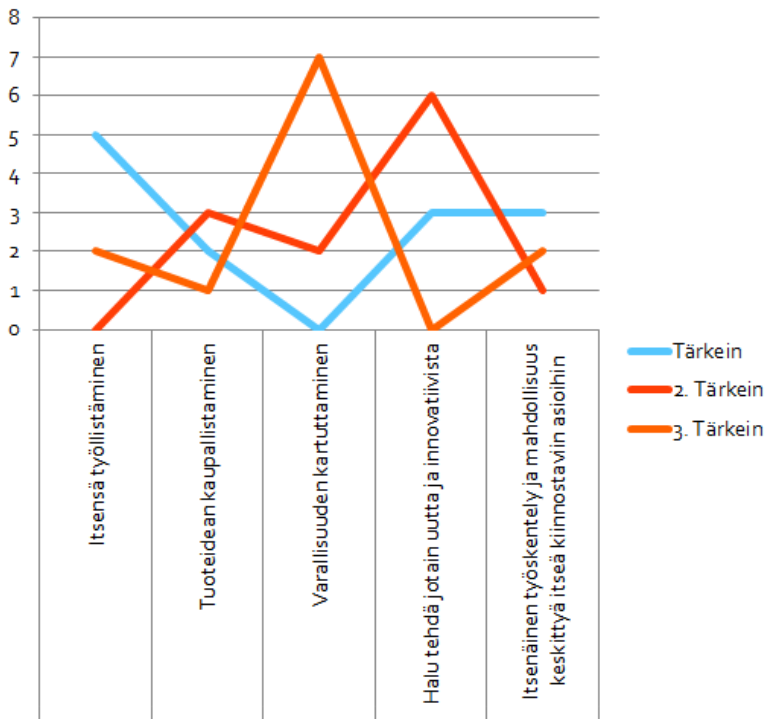
Toteutuksen päätoimenpiteenä olivat yrittäjien haastattelut, joita tehtiin yhteensä 15 kpl ja lisäksi toteutettiin sähköinen kysely, johon vastasi 18 yritystä. Haastateltavien joukko oli hyvin kohdennettu sisältäen erityyppisiä bioalan arvonketon pk-yrityksiä kautta Suomen. Valintakriteereinä käytettiin mahdollisuutta toimia osana Biotuli-hankkeen kohdealueiden verkostoa eli esimerkiksi antibakteerisen biopohjaisen aineen tuottajana tai hyödyntäjänä. Myös esimerkiksi potentiaaliset laitevalmistajat luettiin osaksi arvonkettoa. Lähestymistapa oli laadullinen ja kartoittava, minkä takia painotettiin haastattelukysymysten monipuolisuutta enemmän kuin vastaajien määrää.

Vastaajien taustatiedoissa on merkille pantavaa mm. yrittäjien korkea koulutusaste. Vähintään ylempi korkeakoulututkinto oli 60 %:lla, kun luku kaikissa yrittäjissä on noin 9 %. Lisäksi yli puolella haastatelluista koulutus oli teknilliseltä alalta. Merkittävimmät toimialat yritysten itsensä määrittelemänä olivat bioenergia, laitetoimittaja, sekä (bioalaan liittyvä) asiantuntijapalvelu. Useimmat haastatellut yritykset toimivat kansainvälisesti ja näkivät kansainvälistymisen menestymisen edellytyksenä.

Puolet vastaajista toimi ensimmäistä kertaa yrittäjänä. Yrittäjän aiempi ammatillinen tausta oli useimmiten saman alan asiantuntija-, esimies- tai johtotehtävistä. Useimmiten yrittäjäksi ryhtymisen taustalla oli jokin seuraavista syistä:

1. Työsuhteen päätyminen edellisessä työpaikassa
2. Halu kaupallistaa oman tuotekehityksen tulos
3. Vahva johtajakokemus samalta toimialalta, mikä on luonut ajatuksen oman yrityksen perustamisesta.

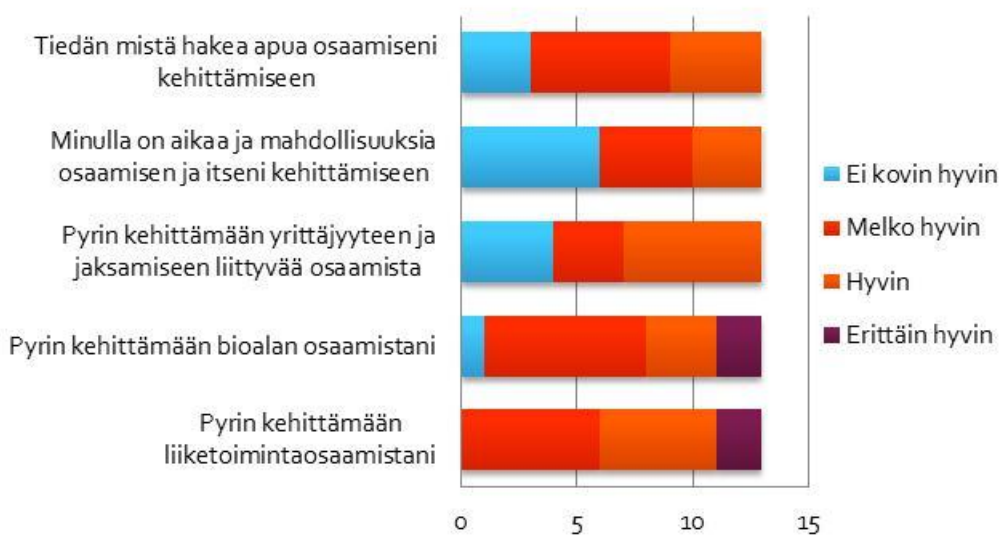
Haastateltuja motivoivista tekijöistä tärkeimmäksi nousi selvityksessä mahdollisuus toteuttaa omia visioita, kuten ilmenee kuvasta 4.



**Kuva 4.** Yrittäjien motivaatiotekijät yrittäjäksi ryhtymiselle

Yrittäjät pyrkivät kehittämään omaa osaamistaan, mutta usein aikaa siihen koetaan olevan liian vähän. Koulutusten hyödyntämisestä huolimatta useat yrittäjät kaipaavat lisätukea erityisesti myynnin ja kansainvälisen liiketoiminnan tueksi.

### Miten hyvin seuraavat väittämät kuvaavat Sinua?



**Kuva 5.** Yrittäjien resurssit liiketoiminnan kehitykseen

Kaikki selvitykseen osallistuneet yritykset olivat käyttäneet myös julkisrahoitteisia yrityspalveluita vähintään kerran. Valtaosa oli käyttänyt näitä muutaman kerran, mutta vain noin joka kymmenes käyttää säännöllisesti. Pieni osa piti saamaansa palvelua erittäin onnistuneena, lopuista noin puolet oli melko tyytyväinen saamaansa palveluun ja puolet koki, että palvelut eivät olleet vastanneet heidän tarpeitaan kovin hyvin.

Selvityksen puitteissa järjestettiin myös työpaja kehittämishenkilöille ja muille innovaatiotoiminnan sidosryhmille. Tässä kartoitettiin nykyisen palveluvalikoiman ja tarjonnan yhteensopivuutta otoksen yritysten tarpeiden kanssa. Tarpeita ja kehittämissesityksiä tunnistettiin kolmelta alueelta. Useita näistä toteutetaan jo eri toimijoiden toimesta. On kuitenkin hyvä tiedostaa, mitä palveluita kannattaa erityisesti tarjota bioalan yrittäjille. Tarpeet ja kehittämiss ehdotukset on koostettu taulukkoon 1.

**Taulukko 1.** Tunnistetut tarpeet ja kehittämissesitykset

Tunnistettu tarve	Kehittämissesitykset
Rahoitus	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Eri rahoitusinstrumentteja koskevan tiedon kokoaminen</li> <li>2. Yrityskummitoiminnan ja yksityisten rahoittajien verkoston vahvistaminen</li> <li>3. Julkiset hankinnat</li> </ol>
Liiketoimintaosaaminen	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Liiketoimintaosaamisen osoittaminen rahoituksen edellytykseksi</li> <li>2. Liiketoiminta-asiantuntemuksen integroiminen yrityksen toimintaan (esim. tiimiyrittäjyys)</li> <li>3. Hautomotoiminta</li> </ol>
Verkostot	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bioalan yritysten yhteistyön ja yhteisten konseptien kehittäminen</li> <li>2. Yliopistojen roolin terävöittäminen</li> </ol>
Vientiosaaminen	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vientiverkoston kokoaminen</li> <li>2. Kohdemaosaamisen vahvistaminen</li> </ol>

Lisätietoa: Projektijohtaja (Kaakkois-Suomen osaamiskeskus. Uusiutuva energia ja biotalous) Laura Peuhkuri, Imatran Seudun Kehitysyhtiö Oy

[laura.peuhkuri@kehy.fi](mailto:laura.peuhkuri@kehy.fi)

## YRITYKSILLE SUUNNATUT ALUEELLISET SEMINAARIT JA KESKUSTELUTILAISUUDET

Kouvolaan järjestettiin 19.4.2013 **”Biojalostamon uudet tuotteet ja liiketoimintamallit (BIOTULI) - hankkeen informaatiotilaisuus. Tutkimustuloksia ja liiketoimintamahdollisuuksia”** Tilaisuuden järjestivät Kouvola Innovation ja LUT Kouvola.

**Radikaalit innovaatiot seminaarit - biojalostamo, erotustekniikka sekä niiden rahoitusmallit**, Kotkassa 15.5.2013 **”Puuperäisistä raaka-aineista uusia antibakteerisia yhdisteitä”** -otsakkeella luennoi Professori Heli Sirén, Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Tilaisuuden järjestivät Cursor ja LUT Kouvola ja se oli Bio Refine Tech ja Biotuli-hankkeen yhteisseminaari.

**BIOJALOSTUKSEN INNOVAATIOPÄIVÄ. Tutkimus, kehitys ja teollinen toiminta – parhaat käytännöt –** seminaaritalaisuus sekä innovaatiotyöpaja järjestettiin Imatran Seudun kehittämissyhtiön toimesta Lappeenrannassa 30.5.2013. Biotuli-hankkeeseen linkittyvän puheenvuoron seminaarissa piti prof. Eeva Jernström otsakkeella **”Biojalostuksen osaamispotentiaali”**. Jernström toimii LUT:lla Erotustekniikan keskuksen johtajana.

### **Metsäbiotalous – Roadshow 2013. SUOMI ELÄÄ METSÄSTÄ – TAAS!**

Suomalainen metsä tarjoaa uusia liiketoiminnan mahdollisuuksia mahlasta bioöljyyn ja puukuidusta pellettiin. Näiden mahdollisuuksien ympärille rakentuu monipuolinen yritysverkosto. Imatralla 18.9.2013 järjestetty tilaisuus oli osa kansallista, kahdeksalla paikkakunnalla pidettävää, Metsäbiotalouden roadshow 2013 -seminarisarjaa. Seminaarin tavoitteena oli kertoa alan yrityksille metsän ja puun uusista mahdollisuuksista. Tilaisuudessa yrittäjille kerrottiin uusista metsäbiotalouden liiketoimintamahdollisuuksista. **Lisäarvoa metsäteollisuuden sivuvirroista – Biotuli-hanke:** LUT, professori Heli Sirénin puheenvuoro seminaarissa.

**Biotuli-hanketta on esitelty useissa alueellisissa, kansallisissa ja kansainvälisissä tilaisuuksissa. Näitä ovat muun muassa:**

- **Yrittämisen Ilo -tapahtuma** Kouvolassa 5.9.2013 "Biojalostuksen uudet mahdollisuudet", tutkija Melina Maunula, LUT Kouvola
- **ISPIM-konferenssi**, Helsinki, 16.-19.6.2013, "Orchestrating industrial transformation to biobusiness - Case Finland", Melina Maunula, LUT Kouvola
- **The 8th International Black Liquor Colloquium – Black liquor and Biomass to Bioenergy and Biofuels**, Federal University of Minas Gerais (UFMG) Brazil, May 19-23, 2013 "Integration of Torrefaction Reactor with Steam Power Plant", tutkija Jussi Saari
- **ChemBio Finland 2013**, 20.-21.3.2013, Helsinki, Wirma Lappeenranta
- **2nd Nordic Biochar Seminar**, in Helsinki Finland, 14-15 February 2013 "Keynote address: Future prospects of the bioenergy sector in Nordic and Baltic countries: Opportunities for biochar", Professor Esa Vakkilainen
- **Biohiili-seminaari**, Helsinki, 29.11.2012, "Biohiilen tuotanto ja käyttö, edellytykset ja mahdollisuudet Suomessa", opettaja Risto Korhonen, Kymenlaakson ammattikorkeakoulu
- **WBC 2012 The 4th Nordic Wood Biorefinery Conference** Finlandia Hall, Helsinki, Finland, October 23–25, 2012 "Biorefinery and energy savings", tutkija Anna Slobodenyuk
- **Prosesseiteollisuus ja analyysitekniikka**, Dipoli 19.4.2012: "Capillary electrophoresis in monitoring of food and beverage production", LUT Kemian professori Heli Sirén

## KANSAINVÄLISET MESSU- JA KONFERENSSISOSALLISTUMISET

### **World Biofuels Markets Conference and Exhibition 2013 -tapahtuma, 12.-14.3.2013, Rotterdam, Alankomaat**

World Biofuels Markets Conference and Exhibition on Green Power Conferences –konferenssijärjestäjän vuosittainen ammattitapahtuma, joka kokoaa yhteen biojalostuksen toimijat. Kolmen päivän tapahtuma on noin kymmenen toimintavuotensa aikana vakiinnuttanut paikkansa alan kohtaamispaikkana. Euroopan lisäksi isompia vuotuisia konferensseja järjestetään nykyisin saman järjestäjän toimesta myös Pohjois- ja Etelä-Amerikassa sekä Aasiassa. Rotterdamin tilaisuudessa osanottajat olivat tänä vuonna pääasiassa Pohjois-Amerikasta ja Euroopasta.

Mukana oli myös kyseisillä alueilla pääasiallisesti toimivien yritysten vastuuhenkilöitä näiden alueiden ulkopuolisista toimipisteistä. Suomalaistaustaisilla yrityksillä osastot oli mm. UPM Kymmenellä, Neste Oililla, Pöyryllä, sekä Metsolla. Näyttelyyn osallistui myös esimerkiksi eri alueiden osaamista, yrityksiä ja teknologiaa edustavia tahoja, kuten kehittämissympäristöjä (Biocampus Delft), osavaltioita (Georgia/US, Iowa/US) tai kansallisia teknologiabrändejä (Israel New Tech, Netherlands Government Biocluster).

**Tuloksia:** (1) Verkottuminen alueellisten kehitysympäristöjen yhteyshenkilöiden kanssa (2) Kontaktien luominen toimialan yritysten kanssa, joille on toimitettu jälkimarkkinointimateriaalia ja jatkettu kontaktointia yritysten sijoittumiseksi alueelle. (3) Tilanpäivitykset ja kiinnostavat yhteiset teema-alueet suuryritysten kanssa. (4) Uusien selvitysaihioiden tunnistaminen. (5) Ajankohtaisen tiedon hankkiminen kentän kehityksestä. (6) Kontaktien hankkiminen toimialan julkaisuihin, mahdolliset tulevat artikkelit alueen bioalan kehittämistä.

### **Industrial Green Tec, Hannover Messe 2013, 8.-12.4.2013**

- Kouvola Innovation Oy:llä osasto, jossa Biotuli-hanke oli vahvasti esillä. Messuilla yhteensä 11 erilaista osastoa, joista IndustrialGreenTec yksi, ja kattoteemana messuilla oli Integrated Industry.
- Kinnon osastolla Biotuli-hanke esitteli tulevaisuuden mahdollisuuksia ja edusti kaikkia hankkeen toimijoita. Hanketta messuilla edusti Taru Martikainen.
- Varovainen arvio osaston kävijämäärästä on noin 1000 kävijää.
- Biotuli-hankkeen englanninkielisiä esitteitä jaettiin noin 250 kappaletta ja lisäksi hankkeen PowerPoint-esitys pyöri osastolla yhdessä muiden esittelyvideoiden kanssa.
- Biotuli-hanke herätti erityisesti mielenkiintoa opiskelijoissa, joiden kanssa keskusteltiin Kaakkois-Suomen tarjoamista mahdollisuuksista kouluttautua ja työllistyä. Myös Biotuli-hankkeessa toteutettu tutkimustoiminta ja mahdolliset sovellukset herättivät paljon kysymyksiä osastolla vierailleissa.
- Messuosastolla hankkeelle saatiin arvokasta kansainvälistä näkyvyyttä, messuvieraita oli ympäri maailman esimerkiksi Kiinasta, Intiasta, Yhdysvalloista, EU:n maista ja Afrikasta.

**BSR Innovation Express: Cluster-to-Cluster Conference Matchmaking, grand challenges and funding possibilities, 9-10.4.2013, Kööpenhamina, Tanska**

Wirma Lappeenrannan edustajat osallistuivat tilaisuuteen toisen hankkeen tiimoilta. Verkostoitumista erityisesti Itämeren alueen toimijoiden kanssa. Tapahtumassa kerrottu ja markkinoitu myös Biotuliteemoja.



## YRITYSKONTAKTOINNIT, PATENTIT JA KEKSINNÖT

### Yrityskontaktointit

Biotuli-kysely lähetettiin keväällä 2012 yhteensä 288 kaakkoissuomalaiselle bioliiketoiminnan arvoverkkoon nyt tai tulevaisuudessa mahdollisesti kuuluvalla yrityksellä. Vastauksia saatiin 66 kappaletta (23 %). Tärkeimpiin havaintoihin kuuluvat se, että yritys kenttä tiedostaa vahvasti biotaloussiirtymän olevan tulossa ja että alueen yritykset ovat halukkaita verkottumaan sekä keskenään että alueen ulkopuolelle muodostaakseen toimivan biotalousklusterin. 27 yritystä antoi luvan ottaa yhteyttä kyselyn jälkeen ja oli halukas keskusteluille. Kehittämissyhtiöt ovat toteuttaneet kontaktointia hankkeen aikana ja jatkavat työtä hankkeen päättymisen jälkeenkin. Wirma Lappeenrannan osalta yrityskontakteja on näiden lisäksi 10 kpl, tämä pohjautuu heidän ostopalveluna toteuttamaansa Biotuli-selvitystyöhön. Varsinainen alueellinen yrityskontaktointi Wirman osalta tapahtui Uusiutuva metsäteollisuus - klusterin road show tapahtumassa syyskuussa 2013. Imatran Seudun Kehitysyhtiön osalta yrityskontakteja on 20 kpl. Tässä ovat mukana Biotuli-yrittäjyyspotentialiaali kartoitukseen haastatellut sekä selvityksen pohjalta jatkotyöstetyt kontaktit. Kouvola Innovation on toteuttanut yritys yhteistyötä kuuden yrityksen kanssa. Cursor on kontaktoinut ja tiedottanut yrityksiä sekä alueen biotaloushankkeita Biotulesta, yrityskontakteja organisaatiolla on seitsemän. Lisäksi hankkeessa on tehty uusia avauksia suomalaisen, kansainvälisillä markkinoilla vahvasti toimivan teknologiayrityksen sekä suomalaisen globaalisti toimivan lääkealan yrityksen kanssa. Kahdenkeskisiä keskusteluita ja henkilökohtaisia tapaamisia, workshoppien ja seminaaritapaamisten lisäksi, yritysten edustajien kanssa on ollut merkittävä määrä.

### Patentit ja keksinnöt

Tuloksena keksintöilmoitus ja PCT-patenttihakemus.

Lisätietoja: Professori Heli Sirén ja projektikoordinaattori Tero Lehikoinen, Lappeenrannan teknillinen yliopisto

### Referaattiohje tutkijoille

Kouvola Innovation Oy:n kehittämisspäällikkö Vesa Juntila laati syyskuussa 2013 referaattiohjeen tutkijoille "BIOTULI -PROJEKTIN TUTKIMUSTIEDON JALKAUTTAMINEN PK-YRITYKSILLE". Tavoitteena oli rohkaista tutkijoita luomaan tietoa muodossa, josta pk-yrittäjä saa nopeasti tiedot keskeisistä tuloksista.

### Yliopistojen tutkimustulosten jalkauttamismenettelyjen kehittäminen pk-yrityksille

Selvitystyössä paneuduttiin myös pk-yritysten mahdollisuuksiin hyödyntää yliopiston tutkimusta ja tutkimustuloksia. Pk-yrityksille yliopiston tutkimustoiminta tarjoaa mahdollisuuden muun muassa tutkimusyhteistyöhön ja resurssien täydentämiseen kustannustehokkaasti. Lisäksi havaittiin, että pk-yritykset asettavat myös vaatimuksia jalkauttamismenetelmille kokonsa, resurssipohjansa ja nopeasti

muuttuvan toimintaympäristön myötä, jolloin epämuodollisten menetelmien merkitys korostuu entisestään. Työssä tutkittiin myös Biotuli-hanketta, jossa jalkauttamismenettelynä sovellettiin välittäjäorganisaatioita, alueelliset elinkeinoyhtiöt, ja epämuodollisista menetelmistä tutkimustulosten tiivistelmiä, informaatiotilaisuuksia ja julkaisuja sekä hyödynnettiin eri toimijoiden verkostoja. Hankkeen jalkauttamismenettelyä voidaan suositella käytettäväksi muissakin tutkimushankkeissa, jos tavoitteena on siirtää tutkimustuloksia pk-yritysten hyödynnettäväksi. Elinkeino-yhtiöillä on olemassa olevat yhteydet yrityksiin ja toisaalta elinkeinoyhtiöt ovat yrityksille mahdollisesti helpommin lähestyttäviä kuin yliopistot, joten elinkeinoyhtiöt ovat varteenotettavia välittäjäorganisaatioita yliopiston tutkimustulosten jalkauttamisessa.

Lisätietoa: Projektipäällikkö Taru Martikainen, Kouvola Innovation Oy, taru.martikainen@kinno.fi

## JULKAISUT JA JULKISUUS

Löydät aiheeseen liittyviä julkaisuja osoitteesta [biotuli-hanke.fi/fi/tkjainnovaatiot/julkaisut](http://biotuli-hanke.fi/fi/tkjainnovaatiot/julkaisut)

Cardoso, M., Hamaguchi, M., Vakkilainen, E. 2011. Energy producing possibilities and new products - presentation summary (suom. Energiamahdollisuudet ja uudet tuotteet – yhteenvedonomainen esitys). Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

Eskola, S. 2013. BIOTULI-HANKE. Puupohjaiset antibakteeriset tuotteet infektioiden torjunnassa. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu.

Guangyu, Y. 2013. Wood-based bio-products. Saimaan ammattikorkeakoulu.

Guangyu, Y., Jaakkola, P. 2011. Wood chemistry and isolation of extractives from wood. Saimaan ammattikorkeakoulu.

Guangyu, Y., Jaakkola, P. 2012. Research Work on Extractives from Wood. Saimaan ammattikorkeakoulu.

Guangyu, Y., Jaakkola, P. 2012. Extractives with Antimicrobial Properties from Scots Pine. Saimaan ammattikorkeakoulu.

Hönö, E., 2013. BIOTULI – Selvitys bioliiketoiminnan uusista liiketoimintamahdollisuuksista ja -malleista. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

Maunula, M. 2012. Innovation Management of Biorefineries in Finnish Forest Sector. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

Saari, J., Vakkilainen, E. 2013. Uudet komponentit energian lähteenä. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

Salmi, P. 2013. Biojalostukseen liittyvien teknologiatrendien tarkastelu patenttitilastojen valossa. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

Sarvelainen, H. 2011. Lämpöyrittäjäkonsepti biotuotteelle. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

Sarvelainen, H., Töyrylä, N. 2013. Koelaitte Biomassan Torrefiointiin. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu.

Shtyk, D. 2011. Economics of combined power plant and pyrolysis bio-oil production (suom. Pyrolyysiöljyn tuotannon yhdistäminen voimalaitokseen taloudellisesta näkökulmasta). Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

Yuanlin, Z. 2011. Extraction of Scots Pine by Polar Solvent. Saimaan ammattikorkeakoulu.

Yuman, L. 2011. Extraction of Scots Pine with Non-polar solvents. Saimaan ammattikorkeakoulu.

Zakri, B., Saari, J., Sermyagina, E., Vakkilainen, E. 2013. Integration of Torrefaction with Steam Power Plant (suom. Torrefioinnin integrointi höyryvoimalaitosprosessiin). Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

### **Marraskuu-joulukuu 2013 julkaistaan**

Maunula, M., Kutvonen, A. & Seppänen, R. 2013. Kaakkoissuomalaisten yritysten bioliiketoimintakyvykkyys – Biotalouden innovaatioverkoston muodostuminen ja metsäbiojalostamokonsepti. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

Mulari, J., Sternberger, E., Mononen, K. 2013. Kantojen hankinta biojalostamoille. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu.

Sarvelainen, H., Töyrylä, N. 2013. Biotuli-hanke. Erilaisten biomassojen soveltuvuus torrefiointiin. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu.

Sirén, H. 2013. BIOTULI-raportti. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

Lisäksi toteutettu useita aihealueeseen liittyviä tiedelehti- ja konferenssiartikkeleita.

Mediassa hanke ollut esillä useampaan otteeseen.

”Kaikkein aidoimpina yhteisinä kärkihankkeina on pidetty Biotuli-hanketta sekä Rajukaasu-hanketta. Ominaisuuksia, joita niissä yhteyksissä nostetaan esille, ovat ainakin selkeät roolit ja kyky katsoa laajemmalle”. (Etelä-Karjalan ja Kymenlaakson maakuntaohjelmien 2011-2014 arviointi, 2013)


ISBN 978-952-265-546-2

ISBN 978-952-265-547-9 (PDF)

ISSN-L 2243-3384

ISSN 2243-3384

Lappeenranta 2013

  
LUT  
Lappeenranta  
University of Technology