

KARI LAASASENAHO

FT, asiantuntija, TKI

Seinäjoen ammattikorkeakoulu

Turpeen tuotannosta vapautuvat suopohjat voisivat tukea maaseudun bioenergian-tuotantoa

Lectio praecursoria Tampereen yliopistossa 19.12.2019

Suomi on maailman soisin maa ja suurin turpeen tuottaja. Suomen maapinta-alasta kolmasosa on turvemaita. Turvemaista n. 60-70 000 ha on turvetuotannossa, mikä vastaa turvemaiden pinta-alasta n. 0,8 % (WEC 2013, ELY 2014). Turve on ollut tärkeä energialähde varsinkin silloin, kun on pelätty ulkomaisten polttoaineiden riittävyyttä, kuten öljykriisin aikana 1970-luvulla (Savolainen & Silpola 2008).

Turvesuo on ollut luonnontilainen ennen ihmistoimintaa. Suo on saattanut kehittyä ja kasvattaa turvekerrosta tuhansia vuosia esimerkiksi viime jääkaudesta lähtien. Yleensä turvetuotantoon otettavat suot ovat paksuturpeisia soita, joissa turpeen koostumus ja määrä täyttävät energia- tai kasvuturpeen kriteerit. Tuotannon näkökulmasta esimerkiksi turpeen energia- ja tuhkapitoisuudella on merkitystä. Lisäksi alueiden tulee riittävän suuria pinta-alaltaan, jotta suo täyttää taloudellisen toiminnan edellytykset. Nykyään turvetuotanto ohjataan kuitenkin valmiiksi luonnontilaisuutensa menettäneille soille ja turvetuotantoa harjoitetaan mahdollisimman ympäristöystävällisesti (Alakangas ym. 2011).

Kun suo päätetään ottaa turvetuotantoon, alkaa ns. valmisteluvaihe, johon kuuluu lupien, kuten ympäristöluvan hakeminen, kuivatus ja valmistelu. Tässä vaiheessa tehdään usein myös monen vuoden kesto-

vuokrasopimus maanomistajan kanssa. Valmistelussa poistetaan myös puusto ja muu pintakasvusto (Alakoskela 2014).

Varsinainen tuotantoa kestää yleensä n. 15-30 vuotta. Turpeen nosto tapahtuu siis geologisessa mielessä hyvin nopeasti verrattuna turpeen syntyyn, joka kestää tuhansia vuosia. Turvetta nostetaan yleensä jyrsin- tai palaturpeena, joissa on hieman erilainen nostotekniikka. Turvetta nostetaan keskimääräisessä kesässä n. 10 cm vahvuinen kerros, joten esimerkiksi 2 metrin paksuisen turvesuon turvevarat on nostettu loppuun noin 20 vuodessa (Alakangas ym. 2011)

Kun turpeennosto loppuu, alkaa ns. jälkihoitovaihe, jossa entinen tuotantoalue valmistellaan maanomistajan kanssa sovittuun jälkikäyttömuotoon. Jälkihoitosta sovitaan maanomistajan kanssa usein esimerkiksi vuokrasopimuksessa (Salo & Savolainen 2008).

Jälkihoidon jälkeen alkaa ns. jälkikäyttövaihe, jossa tuotantoalue on siirtynyt lopullisesti uuteen maankäyttömuotoon. Jälkikäyttömuotoina voivat olla esimerkiksi metsitys, maatalous tai kosteikko (Salo & Savolainen 2008). Tämän tutkimuksen aiheena oli erityisesti energiakasvit.

Turvetuotannosta vapautuu vuosittain tuhansia hehtaareja suopohjaa

Turvetuotannosta vapautuu vuosittain n. 2000-3000 hehtaaria suopohjaa (Salo 2015). Heräsikin kysymys, voidaanko näitä alueita käyttää edelleen energiantuotannon tarpeisiin? Suopohjien bioenergiakasveja on tutkittu laajasti aiemminkin, ja noin 15 vuotta sitten aihe oli erityisen ajankohtainen. Silloin tutkittiin ja harjoitettiin suopohjilla kasvatetun ruokohelven viljelyä ja polttoa (Reinikainen ym. 2008). Ruohomaisen biomassan poltto koettiin kuitenkin voimalaitoksissa haastavaksi teknisten seikkojen takia ja esimerkiksi Vapo luopui sen viljelystä v. 2016 (Kautto 2014). Viljely harjoitettiin suopohjien ohella myös pelloilla. Mainittakoon, että vielä vuonna 2005, ruokohelven kasvatuspinta-alan odotettiin ylittävän 100 000 ha rajan v. 2015. Todellisuudessa luku jäi n. 6000 hehtaariin v. 2015 (Maatalouden rekisteri 2016).

Väitöstutkimuksessa tutkittiin, mitkä olisivat suopohjien käytölle otollisimmat alueet kansallisella ja alueellisella tasolla, ja bioenergian tuotantolaitosten sijainnoptimointi tehtiin paikallisella tasolla eteläpohjalai-

sella tutkimusalueella. Aiempien tutkimusten perusteella 26–42 % suopohjista sopii energiakasvien kasvatukselle ja 57 % metsitykseen turvekerroksen alaisen mineraalimaan koostumuksen perusteella (Picken 2006). Loput suopohjista on yleensä liian kosteita maa- ja metsätaloudelle. Jos biomassan viljelyä suunnitellaan, suopohjille tulisi tehdä maaperäanalyysi, jossa tutkitaan vähintään pH, rikkipitoisuus ja maaperän hienojakoisuus (Salo & Savolainen 2008).

Nykyisin yleisimmät jälkikäyttömuodot suopohjilla ovat metsitys, maatalous tai kosteikko, ja jälkikäytöstä päättää aina alueen maanomistaja. Myös suon vesitalous määrää jälkikäyttöä. Painovoimaisella ojituksella kuivana pysyvät alueet voidaan ottaa maa- tai metsätalouden käyttöön. Märillä paikoilla voi olla viisasta perustaa kosteikko (Salo & Savolainen 2008).

Väitöstyössäni halusin selvittää suopohjilla kasvatetun ruokohelven poltolle myös muita vaihtoehtoja. Tutkin ruokohelven biokaasutusta, sillä alueet tarjoavat mahdollisuuden kasvattaa energiakasveja ilman kilpailua ruoantuotannon kanssa. Ruokohelven kasvatusta suopohjilla ei ole kuitenkaan yksinkertaista. Suopohjat ovat haastava kohde energiakasvien kasvatukseen, koska kaikilla turvetuotantoalueilla on yksilöllinen vesitalous ja turvekerroksen alaisen mineraalimaan koostumus, joilla on vaikutusta kasvuoloihin. Lisäksi suopohjia vapautuu epätasaisesti jälkikäyttöön samaltakin tuotantoalueelta (Salo & Savolainen 2008).

Bioenergiantuotantoa suopohjilla

Bioenergialla tarkoitetaan yleisesti energiaa, jota tuotetaan biomassasta eli eloperäisesti syntyneestä aineesta. Bioenergiaa voidaan tuottaa biomassasta monilla prosesseilla, kuten polttamalla, kaasuttamalla tai anaerobisella hajotuksella (Landolina & Maltsoğlu 2017, International Energy Agency 2018).

Tällä hetkellä suurin osa bioenergiasta tuotetaan metsäbiomassoista, kuten metsäteollisuuden sivuvirroista, Suomessa (Tilastokeskus 2018). Tämä on luonnollista, sillä suurin kansallinen biomassavarantomme ovat metsät. Nykyisessä tilanteessa metsäenergia ei kuitenkaan yksin riitä, jos haluamme kasvattaa bioenergiantuotannon osuutta.

Biokaasu on yksi vaihtoehto. Suomessa voidaan tuottaa biokaasua energiakasveista sekä erilaisista maatalouden ja teollisuuden sivuvirroista.

Maatalouden puolelta tällaisista sivuvirroista ovat esimerkkeinä eläinperäiset lietteet ja lannat. Suomessa näiden bioenergiapotentiaali on kuitenkin huomattavasti pienempi verrattuna metsäenergiaan ja niiden sijainti saattaa olla hyvin hajanaista ja kertymät pieniä (Tähti & Rintala 2010). Suomessa syntyy merkittävä määrä maatalouden lantaa, jota voisi käyttää maatilakohtaisissa biokaasulaitoksissa. Tällöin lantaa pitää kuitenkin syntyä suuria määriä, jotta biokaasulaitosinvestointi on kannattava.

Hajautetulla energiantuotannolla tarkoitetaan yleisesti tilannetta, jossa energia tuotetaan monessa pienemmässä yksikössä yhden ison keskitetyn laitoksen sijaan. Hajautetun systeemin hyötyinä ovat esimerkiksi erilaisten biomassojen monipuolinen käyttö ja energiahuoltovarmuuden lisääntyminen (Sipilä ym. 2015).

Energiakasvien kasvattaminen on yksi vaihtoehto ja niillä voidaan lisätä biokaasulaitosten energiantuotantoa. Energiakasvien kasvattamista on kuitenkin kritisoitu mm. siitä, että se vie tilaa ruoantuotannolta, kuten joissakin maissa on käynyt energiamaissin kohdalla (Popp ym. 2014). Maankäyttö onkin huomioitava energiantuotannossa, ja on tärkeää löytää kestäviä tapoja tuottaa bioenergiaa.

Ilmastonmuutos kannustaa uusiutuvaan energiaan

Tavoite lisätä bioenergiaa liittyy oleellisesti ilmastonmuutokseen. Ilmaston lämpenemisellä on haitallisia vaikutuksia mm. luonnon ja ihmisen toimintaan, ja monien vaikutusten laajuudesta ei ole vielä tarkkaa tietoa. Kasvihuonekaasuista tärkeimmän eli hiilidioksidin päästöjä tulisi rajoittaa, jotta lämpeneminen ei ylittäisi vaarallisenä pidettyä 1,5 astetta (IPCC 2018). Ihmisten huoli ilmastonmuutoksesta on kasvanut merkittävästi ja tästä ovat hyviä esimerkkejä mm. IPCC:n eli hallitusten välisen ilmastomuutospaneelin kokoamat raportit tai ruotsalaiseen ilmastoaktivistiin, Greta Thunbergiin, kohdistunut mediahuomio.

Energiantuotanto onkin yksi keskeisimmistä aloista, joilla voidaan tehdä päästövähennyksiä ja hillitä ilmaston lämpenemistä. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että yhteiskunnassa tulisi tukea ilmastoystävällistä energiantuotantoa. Esimerkiksi uusiutuvan energian kysyntä on ollut voimakkaassa kasvussa ja energiamuotoja, kuten aurinko- ja tuulivoimaa sekä bioenergiaa, tuetaan maailmalla monella tapaa, myös Suomessa.

Maailman energiajärjestön IEA:n mukaan suurin uusiutuvan energian tuotantomuoto on tällä hetkellä bioenergia (International Energy Agency 2018).

Luonnonvarakeskus ja Suomen ympäristökeskus ovat laatineet erilaisia skenaarioita uusiutuvan energian osuuden kasvusta vuoteen 2050. Heikoimmin nouseva trendi on ns. perusura tai skenaario, joka perustuu ole-massa oleviin laskelmiin. Toiset skenaariot olettavat, että ilmastopoliitiikan ohjausmekanismit, kuten verot, tuet, rajoitukset ja kiellot tulevat muuttumaan. Eri skenaarioissa on yhteinen trendi eli uusiutuvan energi-
antutuotannon tarpeen kasvu (Koljonen ym. 2019). Suomi on toimillaan sitoutunut Pariisin ilmastopöytäkirjaan ja tavoittelee hiilineutraalittu nopeasti. Kestävämpiä toimintamalleja haetaan esimerkiksi bio- ja kiertotaloudesta (Valtionneuvosto 2020).

Suomi on siis tilanteessa, jossa bioenergia nähdään yhtenä tapana hillitä ilmaston lämpenemistä. Toisaalta meidän on otettava huomioon monia kestävään kehitykseen liittyviä tekijöitä ja reunaehtoja. Kysymys kuuluu: Kuinka voimme tehokkaammin hyödyntää hajallaan olevaa bioenergiapotentiaalia, jotta kasvihuonekaasuvähennyksiä voidaan tehdä kestävästi?

Yksi vaihtoehto onkin tukea juuri hajautettua bioenergiantuotantoa. Hajautettu bioenergiantuotanto voi tarkoittaa Suomessa esimerkiksi sitä, että sähkön- ja lämmön tuotantoverkkoon on yhdistetty biokaasulaitoksia, aluelämpölaitoksia tai muita laitoksia, jotka tuottavat energiaa biomassoista. Hajautettu järjestelmä toimii älykkäästi yhteen ja se onkin nähty aiemmissa tutkimuksissa mahdollisuutena hyödyntää hajallaan olevia biomassoja (esim. Sipilä ym. 2015).

Paikkatieto suunnittelun välineenä

Seuraavaksi herääkin kysymys, mistä tiedämme, missä hajallaan olevat biomassat sijaitsevat? Voimmeko välttää maankäyttöriskiä tai optimoida biomassojen käyttöä? Mihin voimme rakentaa bioenergiailaitoksia? Mikä on suopohjien rooli bioenergiantuotannossa? Kysymykset ovat lopulta spatiaalisia eli paikkaan ja sen resursseihin liittyviä. Paikkatieto, on yksinkertaistettuna sijaintiin liittyvää tietoa. Paikkatietoa voi olla esimerkiksi tieto siitä, missä koordinaateissa sijaitsee väittelijän väitöstilaisuus tai missä sijaitsee yli 200 lehmän navettoja. Paikkatieto saa merki-

tyksen, kun voimme vertailla erilaista paikkatietoa keskenään. Näin voimme tehdä laskentaa paikkatietopisteiden välisistä ominaisuuksista kuten etäisyyksistä ja arvottaa kohteita suhteessa toisiinsa. Paikkatieto voi siis auttaa myös bioenergiantuotannon suunnittelussa ja sitä voidaan käsitellä paikkatietojärjestelmillä, kuten ArcGIS –ohjelmalla. Tällaisia paikkatietoanalyysseja on käytetty myös bioenergiansuunnittelun välineenä aiemmissa tutkimuksissa (esim. Höhn ym. 2014, Bojesen ym. 2015, Franco ym. 2015, Mayerle & Figueiredo 2016, Villamar ym. 2016). Paikkatietoanalyysseja voidaan käyttää alueellisten bioenergiapotentiaalien määrittämisessä tai löytämään bioenergialaitoksille optimaalinen sijainti jollain maantieteellisellä alueella.

Täytyy kuitenkin muistaa, että paikkatietojärjestelmät ovat vain yksi päätöksenteon työkalu, ja ne eivät voi koskaan syrjäyttää päätöksentekijää itseään esimerkiksi kannattavuusarvioinneissa. Paikkatietometodeilla voidaan siis tarkastella myös suopohjien bioenergiapotentiaalia.

Väitöstutkimuksen keskeiset tutkimuskysymykset

Väitöstyö on artikkeliväitöskirja, jossa julkaistut tutkimusartikkelit ja käsikirjoitus kuvaavat keskeisiä tutkimuskysymyksiä eli missä suopohjat sijaitsevat kansallisella tasolla, ja mikä on niiden biokaasupotentiaali. Tärkeänä tavoitteena oli tutkia lisäksi maanomistajien mieltymyksiä erilaisia jälkikäyttötapoja kohtaan, koska maanomistajat päättävät jälkikäytöstä. Kyselytutkimuksen kohteeksi valittiinkin sellaiset maanomistajat, jotka omistavat yli 10 hehtaaria turvetuotantoaluetta tutkimusalueella. Selvitimme esimerkiksi taustatekijöiden kuten omistetun maan pinta-alan suhdetta jälkikäyttöön ja keräsimme paikkatietoa suopohjien sijainneista. Lopuksi tulosten perusteella arvioitiin biokaasuntuotannon mahdollisuuksia suopohjilla Kuusiokuntien alueella Etelä-Pohjanmaalla (Alavus, Kuortane, Soini ja Ähtäri).

Energiakasvien kasvattaminen ja biokaasuntuotanto

Väitöstutkimuksessani selvisi, että tuoreena korjattu ruokohelpi voi olla mahdollinen energiakasvi suopohjilla, jos sen viljely on optimoitu ja se pystytään hyödyntämään esimerkiksi maatilakohtaisessa biokaasulaitoksessa. Erityisesti Pohjois- ja Etelä-Pohjanmaa ovat potentiaalisia paikkoja biokaasuntuotantoon, koska siellä on kansallisella tasolla paljon turve-

tuotantoalueita sekä mahdollisuuksia maatilakohtaisille biokaasulaitoksille. Biokaasuntuotanto ruokohelvestä ei tule kuitenkaan syrjäyttämään metsitystä tärkeimpänä jälkikäyttömuotona. Mallilaskelmassa selvisi, että suopohjien rooli biokaasuntuotannon kokonaiskuvassa on pieni ainakin esimerkkialueella. Valtakunnallisesti suopohjilla kasvatetun ruokohelven bruttometaanipotentiaali vastaa 0,08 % Suomen kokonaisenergiankulutuksesta eli 383 TWh:sta v. 2018 tai 3,3 % Suomen teknistaloudellisesta biokaasun tuotantopotentiaalista, joka on 9,2 TWh (Tähti & Rintala 2010).

Teoreettisesti turvetuotannosta vapautuvasta suopohjasta noin 30 % eli 300 neliökilometriä soveltuisi energiakasvien tuotantoon biokaasuntuotantoa varten lähitulevaisuudessa. Tutkimuksessa toteutettiin kysely siitä, miten maaomistajat arvottavat eri jälkikäyttömuotoja eteläpohjalaisella tutkimusalueella. Selvisi, että suopohjien maanomistajat ovat kiinnostuneita bioenergiaa kohtaan, mutta he suosivat metsänkasvatusta jälkikäyttömenetelmänä.

Väitöskirjan loppuvaiheessa rakennettiin malli, jossa suopohjien energiakasvipotentiaali yhdistettiin muiden alueellisten biomassojen paikkatietoon ja etsittiin sopivia sijainteja biokaasulaitoksille. R-ohjelmistolla minimoitiin kuljetusetäisyyksiä tutkimusalueelta kerätyllä paikkatiedolla ja löydettiin 13 maatilakohtaisen (> 100 kW) ja 8 keskitetyn biokaasulaitoksen (> 300 kW) potentiaaliset paikat.

Esimerkkialueella suopohjien käyttöä biokaasuntuotannossa rajoittivatkin niiden syrjäinen sijainti, koska mallissa huomioitiin vain sellaiset suot, jotka sijaitsevat alle 10 km päässä maatioista. Mainittakoon, että väitöstyössä kehitettyä kuljetusetäisyyksien optimointimallia voidaan soveltaa myös muihin biomassavaroihin. Sen käyttö ei ole rajoittunut ainoastaan suopohjien tarkasteluun. Kehitetty optimointimalli voi toimia esimerkiksi hajautetun bioenergiantuotannon suunnittelun työkaluna kunta- tai maakuntatasolla.

Lopuksi

Suopohjat voivat tukea hajautettua bioenergiantuotantoa. Väitöstyön valossa suopohjien suosituin jälkikäyttömuoto tulee edelleenkin olemaan metsitys ja sitä kautta mahdollinen metsäenergiantuotanto. Biokaasuntuotanto voisi olla mahdollisuus kohteilla, joissa suopohja sijaitsee

lähellä suuria ja elinkykyisiä maatiloja ja suopohjan vesitalous on kunnossa. Maankäyttökysymykset ovat kuitenkin sidoksissa myös luonnontieteellisiin ilmiöihin, kuten ilmaston lämpenemiseen, millä voi olla turvemaiden maankäyttöön vielä ennalta arvaamattomia seurauksia.

Tällä hetkellä turvetuotanto on ollut keskustelussa monella tapaa. On hahmoteltu linjauksia, jossa turpeen energiakäytöstä ollaan luopumassa 2030-luvulla. Tällä on suoria vaikutuksia myös turvetuotannosta vapautuvien suopohjien vapautumisaikatauluun. Turvetuotannosta saattaa vapautua myös sellaisia alueita, joilla turvetta ei ehditä nostamaan loppuun.

Turvesoiden jälkikäyttökysymykset ovat tällä hetkellä ehkä suurimman kiinnostuksen kohteena kuin koskaan aiemmin. Tähän on syynä se, että kansallisissa ilmastopäästöissä on otettu huomioon myös maankäyttösektorin päästöt vuodesta 2018 alkaen. Tämä johtuu n. LULUCF-asetuksesta eli maankäyttö, maankäytön muutokset ja metsätalous -asetuksesta, jonka avulla päästään paremmin perille maankäyttösektorin vaikutuksista hiilinieluihin ja –päästöihin (Maa- ja metsätalousministeriö 2020). Tässä yhteydessä ojitetuille turvemaille lasketaan korkeat maaperästä aiheutuvat ilmastopäästöt. Ojitus alentaa turvekenttien vedenpintaa ja happi pääsee tunkeutumaan syvällekin turvekerrokseen aiheuttaen kasvihuonekaasupäästöjä, kun turve mineralisoituu. Energiakasvien kasvatukseen otettavat suopohjat voidaankin rinnastaa turvepeltoihin, jotka ovat nykyisessä tilanteessa epätoivottuja. Tämä voi siis haitata myös ruokohelven viljelyä suopohjilla. Suopohjien lopulliset ilmastopäästöt tosin riippuvat myös siitä, miten paljon turvetta jää tuotantokentälle hajoamaan turvetuotannon loppumisen jälkeen. Maankäyttösektorin päästö-laskenta on kuitenkin yksi hyvä esimerkki nopeasti muuttuvasta toimintakentästä.

Maankäyttösektorin muutokset ovat oleellinen osa ilmastopäästöjen kokonaiskuvaa, vaikka niitä ei tässä väitöstyössä suoraan tutkittukaan. Tulevaisuudessa saatamme tarvita lisätutkimusta nimenomaan erilaisten jälkikäyttömuotojen ilmastopäästöistä, sillä nykyiset jälkikäyttösuositukset pohjautuvat pitkälti vesitalouteen.

Laasasenaho, Kari, 2019. Biomass Resource Allocation for Bioenergy Production on Cutaway Peatlands with Geographical Information (GI) Analyses. Väitöskirja. Tampereen yliopisto, Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta. Tampere University Dissertations 191.

Pysyvä osoite: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-1389-0>

Lähteet

- Alakangas, H., Hölttä, P., Juntunen, M., Vesisenaho, T. 2011. Energiaturpeen tuotantotekniikka: koulutusaineisto vol. 120. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja, Jyväskylä.
- Alakoskela, M. 2014. Vapon turvetuotantonäkymät. Power-point-esitys: <https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/soiden-maankayton-tulevaisuus-vapo.pdf> (30.1.2020).
- Bojesen, M., Skov-Petersen, H., Gylling, M. 2015. Forecasting the potential of Danish biogas production - Spatial representation of Markov chains. Biomass Bioenergy 81, 462–472. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.07.030>
- Franco, C., Bojesen, M., Hougaard, J.L., Nielsen, K. 2015. A fuzzy approach to a multiple criteria and Geographical Information System for decision support on suitable locations for biogas plants. Appl. Energy 140, 304–15. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.11.060>.
- Höhn, J., Lehtonen, E., Rasi, S., Rintala, J. 2014. A Geographical Information System (GIS) based methodology for determination of potential biomasses and sites for biogas plants in southern Finland, Appl. Energy 113 (SI), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.07.005>
- International Energy Agency (IEA) 2018. Key world energy statistics, https://webstore.iea.org/download/direct/2291?fileName=Key_World_2018.pdf (17.6.2019).
- IPCC 2018. Global warming of 1.5 C :Saatavilla: <https://www.ipcc.ch/sr15/> (13.2.2020).
- Kautto, M. 2014 Tuotantoinisinööri Vapo, Henkilökohtainen tiedoksianto (12.5.2014).
- Landolina, S., Maltsoğlu, I. (2017) How2Guide for bioenergy roadmap development and implementation. International Energy Agency. http://www.globalbioenergy.org/uploads/media/1701_IEA_FAO_How2Guide_for_Bioenergy.pdf
- Maa- ja metsätalousministeriö 2020. Maankäyttösektorin sisällyttäminen EU:n ilmastotavoitteisiin. Saatavilla: <https://mmm.fi/lulucf> (14.2.2020).
- Maatalouden rekisteri (2015). Mavi
- Mayerle, S.F., Neiva de Figueiredo, J. 2016. Designing optimal supply chains for anaerobic bio-digestion/energy generation complexes with distributed small farm feedstock sourcing. Renew. Energy 90, 46–54. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.12.022>

- Popp, J., Lakner, Z., Harangi-Rákos, M., Fári M. (2014) The effect of bioenergy expansion: Food, energy, and environment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 32, 559–578. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.01.056>
- Reinikainen, O., Pahkala, K. & Suominen, M. (2008) Reed Canary grass on cutaway peatlands. Teoksessa: Korhonen, R., Korpela, L., Sarkkola, S. & Hicks, M. (eds) *Finland - Fenland: research and sustainable utilization of mires and peat*, Finnish Peat Land Society, pp 217–221.
- Salo, H. 2015. Bioenergia ry, Henkilökohtainen tiedoksianto, 16.1.2015.
- Salo, H., Savolainen, V. 2008, Turvetuotantoalueiden jälkikäyttö – Opas alan toimijoille . Turveteollisuusliitto. Saatavilla: http://www.turveteollisuusliitto.fi/user_files2/files/Turvetuotantoalueiden_jalkikaytto_laaja_opas_print_small.pdf. (23.8.2017).
- Savolainen, V., Silpola, J. 2008. Energy from Peat. Teoksessa: Korhonen, R., Korpela, L. Sarkkola, S. (toimit.) 2008. *Finland- Fenland. Research and sustainable utilization of mires and peat*. Finnish Peatland Society. Maahenki Ltd.
- Sipilä, K., Rämä, M., Pursiheimo, E., Sokka, L., Löf, A., Niemi, R., Konttinen, J., Rodriguez, M., Ruggiero, S., Maunuksela, J., Hietaranta, M., Karjalainen, H., Valta, J., Kalema, T., Hilpien, J., Nyrhinen, J., Rintamäki, J., Viot, M., Horttanainen, M., Väisänen, S., Havukainen, J., Hiltunen, E., Koivisto, R., Martinkauppi, B. 2015. *Distributed Energy Systems – DESY. Final report*. VTT TECHNOLOGY 224, VTT Technical Research Centre of Finland Ltd. ISBN 978-951-38-8318-8 (<http://www.vttresearch.com/impact/publications>)
- Tilastokeskus 2018. Energia. Saatavilla: https://www.stat.fi/tup/suoluk/suoluk_energia.html (13.2.2020)
- Tähti, H. & Rintala, J. 2010. Biometaanin ja -vedyn tuotantopotentiaali Suomessa. – Jyväskylän yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitoksen tiedonantoja 90. Jyväskylän yliopisto.
- Valtionneuvosto 2020. Hiilineutraali ja luonnon monimuotoisuuden turvaava Suomi. Saatavilla: <https://valtioneuvosto.fi/rinteen-hallitus/hallitusohjelma/hiilineutraali-ja-luonnon-monimuotoisuuden-turvaava-suomi> (14.2.2020)
- Villamar, C.A., Rivera, D., Aguayo, M. 2016. Anaerobic co-digestion plants for the revaluation of agricultural waste: Sustainable location sites from a GIS analysis. *Waste Manag. Res.* 34, 316–326. <https://doi.org/10.1177/0734242X16628979>