



# Järviruo'on polttokoe Väkiparran tilan lämpölaitoksessa

TERHI AJOSENPÄÄ | MANU HOLLMÉN | MANU PUTTONEN | TAPIO TOUKONEN | ARI-MATTI VÄKIPARTA





# Järviruo´on polttokoe Väkiparran tilan lämpölaitoksessa

**TERHI AJOSENPÄÄ**  
**MANU HOLLMÉN**  
**MANU PUTTONEN**  
**TAPIO TOUKONEN**  
**ARI-MATTI VÄKIPARTA**

RAPORTEJA 10 | 2014

**JÄRVIRUOON POLTTOKOE VÄKIPARRAN TILAN  
LÄMPÖLAITOKSESSA**

Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus

Taitto: Päivi Lehtinen  
Valokuvat: Terhi Ajosempää  
Painopaikka: Kopijyvä Oy

ISBN 978-952-257-973-7  
ISBN 978-952-257-974-4 (PDF)

ISSN-L 2242-2846  
ISSN 2242-2846 (painettu)

URN:ISBN:978-952-257-974-4

[www.ely-keskus.fi/julkaisut](http://www.ely-keskus.fi/julkaisut) | [www.doria.fi/ely-keskus](http://www.doria.fi/ely-keskus)

## Sisältö

Johdanto .....	2
Tavoite .....	3
Koejärjestelyt .....	4
Polttoaine .....	4
Lämpölaitos .....	5
Koepoltto .....	5
Savukaasumittaukset.....	6
Tuhka-analyysi.....	6
Tulokset.....	7
Johtopäätökset.....	10
Lähteet .....	12
Kuvailulehdet.....	13

# Johdanto



Talvella korjattava järviruoko sopii polttoon, koska syövyttäviä aineita eniten sisältävät lehdet ovat silloin varisseet. Lehtien varisemisen ja lumipeitteen vuoksi biomassaa on talvella vähemmän hyödynnettävissä kuin kesällä.

Järviruoko (*Phragmites australis*) on viime vuosikymmeninä levinnyt voimakkaasti rannoilla ja matalissa vesissä rehevöitymisen ja rantalaidunnuksen päättymisen vuoksi. Runsastuottoiset ruovikot muodostavat suuren biomassareservin, jolla on monia eri käyttökohteita paikallis- ja aluetason biotaloudessa, mm. maa- ja puutarhataloudessa, energiantuotannossa ja rakentamisessa. Ruokomassan suunnitelmallisella korjuulla ja hyötykäytöllä voidaan parantaa rantaluonnon ja vesien tilaa, edistää rantojen virkistys- ja matkailukäyttöä, sekä hillitä ruovikoiden tuottamia metaanipäästöjä. Suurin haaste korjuussa on ruovikon korjuuseen soveltuvan kaluston niukkuus. Korjuun tuottamien monien aineettomien hyötyjen vuoksi on esitetty oman tukimuodon saamista ruovikoiden korjuulle, mikä edistäisi korjuukaluston hankintaa ja ruokoyrittäjyyttä. Lisäksi on tarpeen selvittää ja kerätä kokemuksia hyötykäyttöketjujen eri vaiheista optimaalisen, kullekin alueelle sopivan käyttökohteen löytämiseksi.

Järviruoko on yksi potentiaalinen käyttömuoto on poltto energiaksi muiden korsimateriaalien tapaan. Polttoon soveltuu parhaiten kevättalvella korjattava ruoko. Kosteuspitoisuus on tuolloin ruokokasvustossa alimmillaan (noin 18-20 %, Kask 2007). Järviruoko on energiasisältö on 18,9 MJ/kg ja tehollinen lämpöarvo 15-20 %:n käyttökosteudessa 14-15 MJ/kg eli 3,9-4,2 MWh/t (Isotalo ym. 1981, Kask 2007). Lämpöarvo on lähes sama kuin hakkuutähteillä ja puupelletillä (18,5-20 MJ/kg), ja hieman parempi kuin oljella, hampulla ja ruokohelvellä (17,4-17,6 MJ/kg). Ruovikon hehtaari tuotto vaihtelee paljon kasvuolosuhteista riippuen, mutta keskimäärin sen on arvioitu olevan Suomen rannikkoalueilla noin viisi tonnia kuiva-ainetta vuodessa (Isotalo 1981, Komulainen ym. 2008). Energiasisällöltään se vastaa noin 21 MWh:a, mikä on yhden pientalon keskimääräinen vuotuinen energiantarve.

Etelä-Suomen rannikkovyöhykkeellä arvioidaan olevan noin 30 000 hehtaaria ruovikoita.

Kuten muillakin korsimateriaaleilla, järviruo'on poltossa ovat haasteena polttoaineen alhainen irtotiheys, tuhkan suuri määrä, tuhkan sulamisriski korkeissa lämpötiloissa ja tuhkassa olevat syövyttävät aineet. Alhainen irtotiheys tuo haasteen kuljetus- ja käsittelykustannuksiin eikä ruokoa siksi kannata kuljettaa silppuna tai paaleinakaan pitkiä matkoja, vaan käyttöä on järkevintä pienissä ja keskikokoisissa lähellä ranta-alueita sijaitsevilla lämpölaitoksissa. Irtotiheyteen vaikuttaa oleellisesti silpun laatu. Komulaisen ym. (2008) mukaan ruokosilpun tilavuuspaino on noin 32 kg/m<sup>3</sup>, mutta tasalaatuisen, alle 5 cm pituisen ruokosilpun tilavuuspainoksi saatiin Moisalonen (2011) tutkimuksessa huomattavasti korkeampi luku: 101 kg/m<sup>3</sup> 22 % kosteudessa. Järviruo'on tuhkapitoisuus on talvilaadussa 2-4 %, mikä on 5-10 -kertainen puun tuhkaan verrattuna. Viljan oljella ja turpeella on kuitenkin ruokoakin suurempi tuhkapitoisuus (5 %). Tuhkan sulavuus ei ruo'on poltossa ole useinkaan ongelma, koska sulamislämpötilaa alentavat, kaliumoksidia sisältävät lehdet ovat talviruo'ossa ehtineet varista ennen korjuuta. Isotalon (1981) ja Kask'n (2007) mukaan talviruo'on tuhka ei sula edes 1350-1390 °C:ssa. Korroosiota edistävää klooria on samoin eniten lehdistä, joten lehtien varistua talviruo'on klooripitoisuus jää alhaiseksi (0,11 %); se on ruo'olla selvästi alhaisempi kuin esimerkiksi viljan oljella (0,31 %). Talviruo'on rikkipitoisuus (0,04 %) on pieni verrattuna esimerkiksi turpeeseen (0,2 %), eikä sen ole arvioitu muodostavan merkittävää tuli- ja savupintojen syöpymisriskiä (Isotalo 1981, Kask 2007). Järviruo'on tuhka ei ole löydetty merkittäviä määriä haitallisia metalleja lannoitekäyttöä silmälläpitäen (Alakangas, 2000, Lötjönen ym. 2011).

Korsimateriaalien polttoon liittyviä ongelmia voidaan pienentää käyttämällä silputtuja korsimassoja seospolttaineina hakkeen tai turpeen seassa, tai ottamalla käyttöön pelkän korsimateriaalin polttoon soveltuvia laitoksia, joissa on mm. kevyen korsimateriaalin siirtoon soveltuvat kuljetinlaitteet, tehokkaat tuhkan siirtolaitteet sekä liikkuva arina tuhkan sulavuusongelmien varalta. Seospolttoa ei voida tehdä läheskään kaikissa laitoksissa sopivien sekoituslaitteiden puuttumisen vuoksi. Ruoko olisi myös saatava silputtua hyvin pieneksi, mieluiten alle 5 cm pituiseksi silpuksi, jotta se ei tukkisi kuljetinlaitteita. Järviruo'on poltolle lupaavampia ovat pelkän korsimateriaalin polttoon soveltuvat lämpölaitokset, joita on viime vuosina alettu hankkia maataloilille mm. oljen polttoa varten.

Järviruo'on käyttöä polttoaineena on viime vuosina tutkittu laboratorio-olosuhteissa mm. Tallinnan teknillisessä yliopistossa (Kask 2007, Kask 2013) ja aiemmin Suomessa (mm. Isotalo ym. 1981). Käytännön polttokokeita seos- ja paalipoltosta on tehty lupaavin tuloksin Ruovikkostrategia Suomessa ja Virossa -, COFREEN -, Mynälahti-, Järki- ja VELHO -hankkeissa (mm. Kelkka 2007, Virko 2007, Komulainen ym. 2008, Moissalo 2011, Lötjönen ym. 2011, Kask ym. 2013), mutta pelkän ruokosilpun polttoa lämpölaitoksessa ei ole aiemmin testattu. Varsinais-Suomen ELY-keskuksen VELHO-hankkeessa tarjoutui tähän mahdollisuus, kun Luvian Lohikariin suunniteltiin ruo'on talvikorjuun koetta kevätkorjuulle 2013 ja korjuussa saatavalle ruokosilpulle etsittiin erilaisia hyödyntämiskokeiden kohteita lähiseudulta. Hankkeessa oli aiemmin tehty yhteistyötä Prizztech Oy:n Manu Hollménin kanssa, joka ehdotti polttokoea Eurajoen Väkiparran tilalle valmistuneessa lämpölaitoksessa. Koe suunniteltiin ja toteutettiin yhteistyössä Manu Hollménin, laitoksen omistavan Ari-Matti Väkiparran, lämpölaitoksen toimittaneen ABC-Biopower Oy:n Manu Puttosen ja Jouni Kanervan, Satakunnan ammattikorkeakoulun Tapio Toukosen ja VELHO-hankkeen Terhi Ajosenpään kanssa. Lisäksi tuhka-analyysi suunniteltiin yhteistyössä Turun ammattikorkeakoulun Pekka Alhon ja Hanna Hännisen kanssa.

## Tavoite

Polttokokeen tavoitteena oli testata puhtaan järviruo'osilpun polttoa laitoksessa, joka soveltuu korsimateriaalien polttoon. Teknisten kokemusten lisäksi tavoitteena oli hankkia mittaustietoa järviruo'on polton päästöistä ja savukaasujen laadusta, sekä vertailla saatuja tietoja samassa laitoksessa tehtyyn hakkeen polttokokeen tuloksiin.

# Koejärjestelyt



Ruoko korjattiin kaksoissilppuri-rinnekone –yhdistelmällä. Rinnekoneilla ei ollut kulkuvaikeuksia pehmeäpohjaisessa ruovikossa. Korjuunopeus oli noin 4 ha/päivä.



Ruokosilppukasat korjuualueen reunalla.

## Polttoaine

Polttokokeessa käytetty järviruoko korjattiin VELHO –hankkeen pilottikohteelta Luvian Lohikarista. Korjuu-alue oli kooltaan n. 12 hehtaaria. Korjuu tehtiin Lännen Järviperkaus Oy:n kehittämällä menetelmällä, jossa rinnekoneeseen kiinnitetty kaksoissilppuri (ELHO Superlouko) leikkaa ruo'on ja puhaltaa sen silppuna toisen rinnekoneen vetämään karruyn. Kaikkiaan alueelta kertyi n. 270 kuutiota ruokosilppua, josta n. 100 kuutiota kuljetettiin silppuna Väkiparran tilalle. Kuljetusmatka oli n. 15 km ja kuljetus tehtiin traktorivetoisella, 20 kuution peräkarruilla tien kapeuden ja hankalahkon lastauspaikan vuoksi. Silppu lastattiin tukkikouralla. Kuljetuksen ja lastauksen teki Kari Paassilta. Leikkuu toteutettiin helmi-maaliskuun vaihteessa, jolloin lämpötila vaihteli nollan molemmin puolin, yhtenä päivänä oli lumipyryä. Vähiten lumiset kasat kuljetettiin tilalle ja varastoitin hakevarastoon.

Etukäteen kaksoissilppurin arvioitiin silppuavan ruo'on pääosin alle 10 cm partikkelikokoon, mutta silppurin tarvittava terämäärä aliarvioitiin, minkä vuoksi silpun koko vaihteli paljon ja joukossa oli runsaasti pitkiä, jopa yli 30 cm mittaisia korsia. Silpusta otettiin neljänä leikkuupäivänä näytteet kosteuden määrittämistä varten ja ne määritettiin Satakunnan ammattikorkeakoulussa. Kosteusanalyysit tehtiin lämpökäpissa 105 ° C lämpötilassa ja niitä kuivattiin 16 tuntia. Näytteiden kosteusprosentti vaihteli 24 - 34 % välillä. Kosteuden arvioitiin olevan huomattavasti suurempi verrattuna siihen jos leikkuu olisi toteutettu aurinkoisina pakkaspäivinä. Silpun seassa oli myös jonkin verran jääkokkareita, joita oli tullut kasoihin karrun jalaksista peruutettaessa varastopaikalle kuorman tyhjentämistä varten. Silpun kuutiopainoa ei määritetty erikseen, mutta sen arvioitiin olevan n. 40 kg/m<sup>3</sup>.



## Lämpölaitos

Koepoltto tehtiin Väkiparran tilan lämpölaitoksessa, jonka polttoteho on 990 kW. Laitoksessa poltetaan pääosin haketta, mutta se soveltuu myös korsimateriaalien polttoon. Poltto tapahtuu tunnelipolttona. Kattilan palotilan koko on 4,7 m<sup>3</sup> ja se on varustettu täysliikkuvalla porrasarinalla, joka on pinta-alaltaan 2,44 m<sup>2</sup>. Polttoaine siirretään tankopurkaimilla varustetusta varastosta kolakuljetinta pitkin lineaariselle pesäruuville. Polttoaineen syöttöjärjestelmä on suunniteltu huomioimaan polttoainelaadun vaihtelut, ja se sallii hetkittäin jopa 30 cm palakoon. Polton ohjaus on portaaton ja jatkuvasäätöinen, kattilan lämpötila määrittäessä tehon ohjausta. Päästöjen hallintaan on vaiheistettu ilmansäätö, jossa toisioilmaa säädetään jäännöshapen perusteella kolmessa eri vaiheessa.

## Koepoltto

Koepoltto sovittiin toteutettavaksi yhtenä päivänä selaisena ajanjaksona, jolloin tilan lämmöntuotannon tarve on pieni. Mittauspäiväksi sovittiin 12.3.2013. Laitoksen valmistelu koetta varten aloitettiin jo edellisenä iltana ajamalla lämpölaitoksen varasto tyhjäksi puuhakkeesta. Ruokosilppun poltto aloitettiin 11.3.2013 klo 20.30 ja se päätettiin 12.3. klo 17.00. Kattilaa ei puhdistettu ennen koetta.

Kokeen aikana poltettiin noin 40 kuutiota ruokosilppua. Ruokosilppua siirrettiin hakevarastosta lämpölaitoksen varastoon traktorin etukuormaimella. Varastossa silppu siirtyi hyvin kolakuljettimelle. Kolakuljettimella pisimmät korret vaikeuttivat ruo'on syöttöä tehden kasaumia, joiden vuoksi silppu ei päässyt vapaasti putoamaan pesäruuville. Kun varastossa alettiin tehdä lajittelua talikolla pisimpien, yli 30 cm pitkien korsien ja kuormien mukana tulleiden jääkokkareiden poistamiseksi, alkoi polttoaineen syöttö sujua vaivattomammin. Kokeen loppuvaiheessa huomattiin tosin pitkien korsien kietoutuneen kolakuljettimen loppupäässä olevan varren ympärille. Pesäruuvilta silppu kulkeutui pesään ongelmitta.



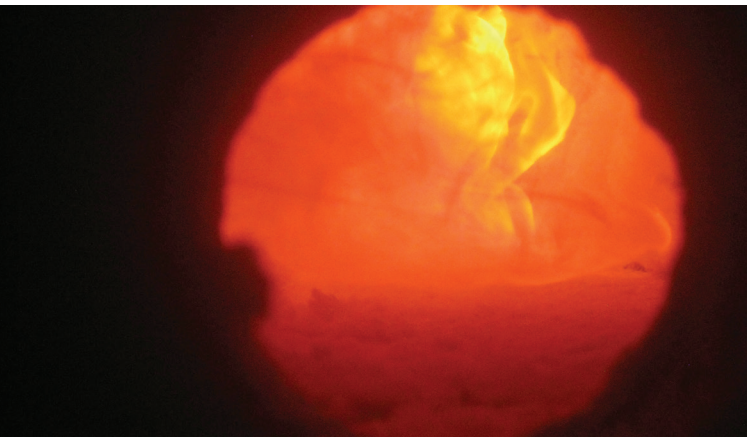
Väkiparran tilan lämpölaitos on moduuliratkaisu, jonka valmistaja on Bio Mobitek OÜ. Laitos on otettu käyttöön vuonna 2012. Varasto-osan kattoa nostetaan täyden ajaksi.



Ruokosilppuun jäi pitkiä korsia silppurin vähäisen teräsmäärän vuoksi.



Kolakuljetin varastossa kuvattuna.



Ruokosilppu palaa pesässä.



Mittalaitteet sijoitettiin kattilan päälle kaasukanavan viereen.

## Savukaasumittaukset

Koepolton aikana tehtiin savukaasujen mittausta kolmessa 20 minuutin jaksossa. Ensimmäinen mittaus tehtiin perussäätöjen tarkastusta varten, joten varsinaiset tulokset saatiin kahdesta seuraavasta mittauksesta. Ensimmäisen mittauksen aikana arinailman määrä asetettiin silpun ominaisuuksien mukaan ja polttoainetta syötettiin maksiminopeudella. Kattilan ja savukaasujen lämpötilan todettiin jäävän liian alhaiseksi, joten tilan verkkoon menevän veden lämpötilaa laskettiin, jotta lämpötilat saatiin korkeammiksi seuraavissa mittausjaksoissa. Lisäksi kattilan alipainetta pienennettiin ja jäännöshapen asetusta nostettiin prosenttiyksiköllä. Mittausjaksojen aikana kerättiin laitoksen ohjausjärjestelmästä seuraavat ajotiedot: teho, jäännöshappi, kattilan meno- ja paluulämpötila, pesän lämpötila ja savukaasun lämpötila.

Savukaasujen mittauksen suoritti laboratorioinsinööri Tapio Toukonen Satakunnan ammattikorkeakoulusta. Mittauksissa sovellettiin standardin EN 13284-1 määräyksiä. Savukaasujen kiintoainepitoisuus ja lämpötila mitattiin GRAVIMAT SHC 502 gravimetrisellä pölypitoisuuden mittausjärjestelmällä. GRAVIMAT SHC 502 on siirrettävä, savu- tms. kanavissa virtaavien kaasujen pölykuormituksen gravimetrisen määrittelyyn kehitetty mittauslaitejärjestelmä. Laitteen valmistaja on SICK Oy. Savukaasujen kaasupitoisuudet mitattiin GASMET Dx-4000 monikomponentti FTIR (Fourier transform infrared) -kaasuanalysaattorilla. Laitteen valmistaja on Gasmet Technologies Oy. Kiintoainemittaukset tehtiin syklogin jälkeisestä suorakaiteen muotoisesta kaasukanavasta. Kiintoaine ja kaasupitoisuudet sekä savukaasun lämpötila mitattiin samanaikaisesti vierekkäisistä yhteistä. Yhteiden sijoitus ei vastannut standardin EN 13284-1 asettamia vaatimuksia häiriöttömien etäisyyksien suhteen.

## Tuhka-analyysi

Polttokokeesta syntynyt ruokotuhka analysoitiin Turun ammattikorkeakoulussa osana PureBiomass -hanketta. Työn toteuttivat Elina Lappalainen ja Jere Raita, työn valvojana oli Hanna Hänninen. Tuhkanäyte otettiin suoraan pesästä. Näytteestä määritettiin tuhkan metallipitoisuudet MP-AES -laitteella. Analysoitavat alkuaineet olivat kadmium, kupari, lyijy, kalium ja arseeni. Kadmiumin ja arseenin osalta pitoisuuksia ei voitu luotettavasti todeta käytössä olevan menetelmän erotuskyvystä johtuen.

# Tulokset

Kokeessa poltettiin kaikkiaan noin 40 m<sup>3</sup> ruokosilppua. 20 tunnin koejakson aikana tuotettiin noin 4 MW energiaa. Laitoksen vakiosäädöillä saavutettiin noin 300 kW/h teho. Suurin kirjattu hetkellinen polttoteho oli 371 kW.

Teknisesti poltto sujui hyvin lukuun ottamatta pisimpien korsien kolakuljettimelle aiheuttamia tukkeumia. Pienikokoinen silppu siirtyi kolakuljettimelle hyvin eteenpäin. Ruokosilpun arvioitua suurempia kosteus ei osoittautunut ongelmaksi, vaan silppu paloi hyvin loppuun asti. Palamisen hyötysuhdetta ei pystytty laskemaan, eikä se ollut kokeen tavoitteena. Valmistajan

arvio kattilan palamishyötysuhteeksi on 95 - 97 %. Tuhkan valkoisesta väristä voi myös päätellä, että ruokosilppu paloi hyvin eikä palamatonta ainetta jäänyt tuhkaan.

Syöttölaitteiden teho rajoitti suuremman polttotehon saavuttamista, koska pesään ei pystytty toimittamaan nopeammin silppua. Kokeen aikana tuhkan siirtoa ei säädetty nopeammaksi, minkä vuoksi kokeen jälkeen pesään jäänyt ruokotuhka vaikeutti puuhakkeen polttoa. Tulipesän lämpötila 732 - 784 °C (taulukko 1) oli selvästi ruokotuhkan sulamislämpötilaa (yli 1350 °C) alhaisempi eikä tuhkan sulamista havaittu.

**Taulukko 1.** Laitoksen ohjausjärjestelmästä saatujen tietojen keskiarvot 20 minuuttia kestäneiden mittausjaksojen aikana ruo'on koepoltossa (12.3.) sekä puuhakkeella samoilla mittalaitteilla (14.3.) tehdyssä mittauksessa. Tiedot kerättiin kahden minuutin välein. Suluissa on esitetty arvojen vaihteluväli.

	Mittaus 1, säätöjen tarkistus	Mittaus 2	Mittaus 3	Vertailumittaus puuhakkeella
Teho, kW	302 (262 - 330)	315 (271 - 371)	288 (269 - 313)	290 (274 - 302)
Jäännöshappi, %	5,6 (2,6 - 8,9)	7,0 (4,0 - 8,6)	7,2 (3,9 - 10,1)	5,9 (5,6 - 6,5)
Kattilan menoveden lämpötila, °C	73 (71 - 76)	94 (91 - 96)	94 (92 - 95)	80 (79 - 83)
Kattilan paluuveden lämpötila, °C	67 (64 - 71)	83 (81 - 86)	83 (81 - 85)	74 (73 - 77)
Pesän lämpötila, °C	ei kirjattu	767 (750 - 784)	749 (732 - 765)	820 (775 - 856)
Savukaasujen lämpötila, °C	ei kirjattu	75 (74 - 76)	78 (77 - 78)	ei kirjattu



Ruokotuhkaa pesässä ja näyte ulkona lumella kuvattuna.



Savukaasumittausten tulokset ja niiden vertailu laitoksien sallittuihin päästöraja-arvoihin on esitetty oheisissa taulukoissa 2 ja 3. Viitteellisinä päästöraja-arvoina käytetään tässä 1-5 MW laitoksille asetettuja raja-arvoja (Valtioneuvoston asetus 750/2013), vaikka koepoltossa käytetty laitos ei kokonsa (alle 1 MW) puolesta olekaan asetuksen piirissä. Typen oksidien pitoisuudet ja hiukkaspäästöt olivat laitoksessa ruokoa poltettaessa samaa luokkaa kuin puuhaketta poltettaessa; molemmat mittausarvot jäivät alle raja-arvojen. Rikkidioksidin mitatut pitoisuudet sen sijaan ylittivät viitteelliset päästöraja-arvot ja ero puun polttoon nähden oli selkeä. Samoin häkäpitoisuudet olivat ruo' on poltossa selvästi korkeammat kuin hakkeen poltossa, mutta pitoisuuksia voidaan kuitenkin pitää alhaisina. Esimerkiksi Lötjösen ym. (2011) ruokopaa-lien koepoltossa saamat häkäpitoisuudet olivat 1800 mg/m<sup>3</sup> 10 % O<sub>2</sub>-pitoisuudessa.

Ruokotuhkasta analysoidut metallipitoisuudet on esitetty taulukossa 4. Niitä on verrattu maa- ja metsätalousministeriön antamaan asetukseen metsätaloudessa käytettävien tuhkalannoitteiden enimmäispitoisuuksista. Muiden kuin arseenin kohdalla pitoisuudet alittuvat selvästi. Arseenin, samoin kuin kadmiuminkin pitoisuudet näytteessä alittivat LOQ –tason (limit of qualification) eli pienimmän pitoisuuden, joka voidaan analyysimenetelmällä luotettavasti todeta. Arseenin osalta ei siis voida arvioida ylittääkö sen pitoisuus tuhkassa lannoitekäytölle sallitun enimmäispitoisuuden. Alakankaan (2000) mukaan arseenin pitoisuus järviruo' on tuhkassa on alle 1 mg/kg ka.

**Taulukko 2.** Savukaasuanalyysien tulokset kolmessa ruo' on polton mittauksessa 12.3.13 sekä puuhakkeen poltossa samoilla mittalaitteilla 14.3.13.

	Mittaus 1, säätöjen tarkistus	Mittaus 2	Mittaus 3	Vertailumittaus puuhakkeelle 14.3.13
Mittausaika, klo	10.18-10.39	12.05-12.36	12.46-13.18	9.20-9.51
Lämpötila kanavassa, °C	74	84	84	73
Tilavuusvirta, kostea, m <sup>3</sup> /s	0,33	0,27	0,18	0,21
Tilavuusvirta, kuiva, m <sup>3</sup> /s	0,27	0,22	0,15	0,17
O <sub>2</sub> -pitoisuus (happi), %	6,7	7,9	8,0	6,9
CO <sub>2</sub> -pitoisuus (hiilidioksidi), %	15,3	13,9	13,7	14,6
CO-pitoisuus (häkä), mg/m <sup>3</sup> n	95	51	81	6
CH <sub>4</sub> –pitoisuus (metaani), mg/m <sup>3</sup> n	0	0	0	0
HCl –pitoisuus (suolahappo), ppm	0	0	0	0
NO <sub>x</sub> –pitoisuus (typen oksidit), mg/m <sup>3</sup> n	158	172	152	132
SO <sub>2</sub> –pitoisuus (rikkidioksidi), mg/m <sup>3</sup> n	260	220	204	8
Hiukkaspäästö, mg/m <sup>3</sup> n	313	116	166	95

**Taulukko 3.** Typen oksidien, rikkidioksidin ja hiukkaspäästöt redusoituna 6 %:n happipitoisuuteen ja niille Valtioneuvoston asetuksessa (750/2013, liite 1) annetut päästöraja-arvot. Päästöraja-arvot ovat tarkoitettu kattiloille, joiden polttoaineteho on 1-5 MW ja polttoaineena ovat puu ja muut kiinteät biopolttoaineet.

	Mittaus 1, sää- töjen tarkistus	Mittaus 2	Mittaus 3	Vertailumittaus puuhakkeelle 14.3.13	Päästöraja- arvot, O <sup>2</sup> = 6 %
Mittausaika, klo	10.18-10.39	12.05-12.36	12.46-13.18	9.20-9.51	
NOx –pitoisuus (typen oksidit), mg/m <sup>3</sup> n	166	197	175	140	375
SO <sub>2</sub> –pitoisuus (rikkidioksidi), mg/m <sup>3</sup> n	273	253	236	8	200
Hiukkaspäästö, mg/m <sup>3</sup> n	330	132	191	101	200

**Taulukko 4.** Polttokokeen ruokotuhkan metallipitoisuudet mg/kg kuiva-ainetta ja MMM:n asetuksen 24/11 mukaiset enimmäispitoisuudet tuhkalannoitteen käytölle metsätaloudessa.

	Kupari, Cu	Lyijy, Pb	Kadmium, Cd	Arseeni, As	Kalium, K
polttokoenäyte	4,2 ± 0,9	4,5 ± 0,5	< 1,425	<56,86	1230 ± 80
enimmäispitoisuus tuhkalannoitteena	700	150	25	40	

# Johtopäätökset

Ruokosilpun poltossa silpun pituus on ratkaiseva ominaisuus teknisen toimivuuden kannalta. Leikkuukokeessa ruokosilpun pisimmät korret jäivät ennalta arvioitua pidemmiksi ja pisimmät, yli 30 cm mittaiset korret vaikeuttivat silpun kulkua syöttölaitteissa. Laitoksessa ei ole aiemmin poltettu korsimateriaaleja, joten vertailevaa kokemusta ei ollut. Varastossa tehdyssä silpun lajittelussa poistettiin pisimmät korret, jolloin polttoaineen syöttö alkoi sujua paremmin. Kokeen jälkeen arvioitiin, että syöttölaitteet olisivat toimineet moitteettomasti lyhyemmällä silpulla (koko alle 10-15 cm). Kokeessa silppu olisi ollut tarpeen murskata erikseen pienemmäksi tai lisätä korjuussa käytettyyn kaksoisilppuriin lisää teriä. Kesällä 2013 kaksoisilppuria testattiin tuoreen ruo'on korjuuseen suuremmalla terämäärällä ja saatu silppu todettiin tasalaatuisemmaksi ja lyhyemmäksi.

Leikkuukoetta ei ollut mahdollista siirtää kuivempanaan ajankohtaan, joten ruokosilppu oli selvästi kosteampaa kuin talviruo'osta on kuivina pakkaspäivinä yleensä mitattu. Ruokosilpun korkeahkolla kosteuspiitoisuudella ei kuitenkaan arvioitu olevan merkittävää vaikutusta polton tekniseen onnistumiseen. Silppu paloi hyvin eikä palamatonta ainesta jäänyt pesään.

Kuljetinlaitteet rajoittivat maksimitehon saavuttamista kokeessa. Suuren tehontarpeen aikana ruoko ja oletettavasti muutkaan kevyet silputut korsimateriaalit eivät sovellu yksinään käytettäväksi laitoksen polttoaineena. Korsimateriaalien käyttö brikettimuodossa parantaisi oletettavasti tilannetta nostamalla polttoaineen energiatiheyttä. Ruo'osta syntyvä suuri tuhkamäärä olisi pitänyt ottaa huomioon kokeen alusta lähtien ja tuhkaa olisi tullut siirtää tehokkaammin ulos pesästä.

Teknisen soveltuvuuden lisäksi kokeentarkoitus oli saada tietoa ruo'on polton päästöistä. Hakkeeseen verrattuna häkä- ja rikkidioksidipäästöt olivat ruokoa

poltettaessa selvästi korkeammat, muut tulokset olivat samaa luokkaa kuin puuhaketta poltettaessa. Häkäarvot ovat kuitenkin ruo'ollakin erittäin alhaiset. Rikkidioksidin korkeammassa pitoisuuksissa arvioitiin olevan jonkin verran riskiä kattilan korroosiovaurioiden syntymiselle. Jos savukaasujen lämpötilat jäävät alhaisiksi, vesihöyry pääsee kondensoitumaan savukanavien pinnoille, jolloin voi muodostua rikkihappoa. Kokeessa pyrittiinkin nostamaan ensimmäisen mittauksen jälkeen savukaasujen lämpötilaa ja tehtiin muita säätöjä ruokosilpun palamisen optimoimiseksi. Pidempiaikaisessa poltossa säätöjä voitaisiin todennäköisesti edelleen parantaa.

Kokeen perusteella voidaan arvioida, että ruoko sopii poltettavaksi laitoksessa, kunhan silppu on kooltaan riittävän lyhyttä. Tekninen käyttövarmuus, korroosioriskit ja rikkidioksidipäästöt huomioiden järkevin käytötapa on kuitenkin seospoltto hakkeen kanssa. Seospoltosta voi olla etua, jos joudutaan polttamaan märkää haketta ja saatavilla on kuivana korjattua ruokoa. Moosalon (2011) Taivassalon lämpölaitoksella tekemien koepolttojen perusteella hakkeen seassa poltettava ruokosilppu paransi merkittävästi polton hyötysuhdetta, kun ruokosilpun osuus oli 10 - 20 % seoksen kokonaistilavuudesta.

Kokeen tarkoituksena oli testata ruokosilpun soveltuvuutta polttoon tilanteessa, jossa ruokosilppua syntyy luonnon- ja vesienhoitotöiden sivutuotteena ja itse korjuu tehdään muulla rahoituksella. Ruokosilpun polttoainekäytön taloudellista kannattavuutta voidaan arvioida siitä lähtöasetelmasta, että sivutuote luovutetaan hyötykäyttöön vastikkeetta, jolloin hoitotyön tekijä säästyy ruokokasojen kuljettamiselta vähemmän haittoja aiheuttavaa läjityspaikkaan. Laitoksessa poltettiin 40 m<sup>3</sup> ruokosilppua ja siitä saatiin energiaa 4 MW. Hakkeena saman energian tuottaminen maksaa tilalle hakkeen hankintahintana noin 80

euroa. Kokeessa lastaus ja kuljetus tehtiin 20 kuution traktori-peräkärri –yhdistelmällä, jolloin silppu kuljettiin kahdessa erässä. Lastaus- ja kuljetuskustannukset nousivat suuremmiksi kuin vastaavan hakeerän hankintahinta olisi ollut (n. 2 tuntia, traktoriyö n. 50 €/h + alv). Jos kuljetukseen olisi käytetty 40 kuution kuorma-autoa, olisi lastaus- ja purkutyöt sekä 15 kilometrin kuljetusmatka saatu tehtyä noin tunnissa, jolloin kustannus olisi ollut samaa luokkaa hakeerän hankintahinnan kanssa (kuorma-auto+ nosturi n. 70 €/h + alv).

Kevyen ruokomateriaalin kuljetus olisi kannattavampaa paalien tai brikettien muodossa kuin silppuna. Korjuukoneita, jotka korjaisivat ruo'on brikettien tai paalien muodoissa, ei kuitenkaan ole. Erillisen paa-laus- ja briketöintilaitteiston käyttö korjuuketjun osana

lisäisi puolestaan kustannuksia huomattavasti. Ruokosilppu kannattaakin käyttää mahdollisimman lähellä syntyapaikkaansa ja pyrkiä käyttömuotoihin, joista käytöstä saadaan paras mahdollinen hyöty kustannuksiin nähden. Energiakäyttö voi olla järkevää, jos lämpölaitos on lyhyen matkan päässä ja se soveltuu korsimateriaalien käyttöön. Saaristossa tai muilla alueilla, joilla hakkeen saatavuus on hankalampaa ja sen kuljetusmatkat ovat pitkiä, voi ruoko olla varteenotettava tukipolttoaine esim. kevättalvella, jolloin hakkeen laatu saattaa olla heikompaa ja ruoko on sopivan kuivaa poltettavaksi. Lähialueella sijaitseva ruokomateriaalin hyötykäyttökohde voi kannustaa toteuttamaan ruovikoiden laajamittaisempia leikkuita maiseman viihtyvyyden ja veden laadun parantamiseksi.



Ruovikon korjuu tuottaa monia ympäristö- ja maisemahyötyjä ja siksi korjuuta tulisi huomattavasti lisätä ranta-alueillamme. Ruo'on hyötykäytöllä, kuten poltolla voidaan lisätä hoitotöiden kiinnostavuutta ja alentaa kustannuksia. Nykyään leikkumassan sijoittamisongelmien vuoksi moni ei ryhdy tarpeellisten hoitotöiden toteuttamiseen. Kuva: Ritva Kemppainen

## Lähteet

- Alakangas, E. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT Tiedotteita 2045. Valtion teknillinen tutkimuskeskus.
- Isotalo, I., Kauppi, P., Ojanen, T., Puttonen, P. ja Toivonen, H. 1981. Järviruoko energiakasvina. Tuotosarvio, tekniset mahdollisuudet ja ympäristönsuojelu. Tiedotus 210. Vesihallitus.
- Kask, Ü. 2007. Reed as energy resource in Estonia. Teoksessa: Ikonen, I. ja Hagelberg, E. (toim.). Read Up on Reed! Lounais-Suomen ympäristökeskus.
- Kask, Ü., ja Kask, L. 2013. Reed as a renewable energy source, equipment and technologies for using reed in energy industry. Teoksessa: Kask, Ü. (toim.). Guidebook of reed business. COFREEN – Reed for bioenergy and construction.
- Kelkka, J. 2007. Järviruoko on soveltuva pienpolttoon. Opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikka.
- Komulainen, M., Simi, P., Hagelberg, E., Ikonen, I. ja Lyytinen, S. 2008. Ruokoenergiaa – järviruoko on energiakäyttömahdollisuudet Etelä-Suomessa. Turun ammattikorkeakoulun raportteja 66.
- Lötjönen, T., Kouki, J. ja Vuorio, K. 2011. Korsimassojen tuotantoketjut ja energiantuotanto kokopaalikkatilalla. MTT Raportti 19.
- Moisalo, M. 2011. Järviruoko on talvilaadun hyödyntäminen paikallisena bioenergiana. Cofreen-, Mynälahti- ja VELHO –hanke. Opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikka, energia- ja ympäristötekniikka.
- Virko, A. 2007. Järviruoko on poltto voimalaitoskokoluokan kattiloissa. Opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikka.



Julkaisusarjan nimi ja numero Raportteja 10/2014				
Vastuualue Ympäristö ja luonnonvarat				
Tekijät Terhi Ajosenpää, Manu Hollmén, Manu Puttonen, Tapio Toukonen, Ari-Matti Väkiparta		Julkaisuaika Tammikuu 2014		
		Kustantaja /Julkaisija Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus		
		Hankkeen rahoittaja / toimeksiantaja		
Julkaisun nimi <b>Järviruo'on polttokoe Väkiparran tilan lämpölaitoksessa</b> (Provförbränning av bladvass i värmelanläggningen på Väkiparta gård)				
Tiivistelmä				
<p>Rannoilla ja matalissa vesissä voimakkaasti levinnyt järviruoko muodostaa suuren biomassareservin, jonka suunnitelmallisella korjuulla voidaan saavuttaa monia ympäristöhyötyjä. Luonnon- ja vesienhoitotöiden kustannustehokkuutta ja kiinnostavuutta voidaan lisätä ruokomassan hyötykäytöllä. Talvella korjattavan järviruo'on yksi potentiaalinen käyttökohde on poltto energiaksi muiden korsimateriaalien tapaan. Polttokokeen tavoitteena oli testata puhtaan järviruokosilpun polttoa laitoksessa, joka soveltuu korsimateriaalien polttoon. Teknisten kokemusten lisäksi tavoitteena oli hankkia mittautustietoa järviruo'on polton päästömääristä ja savukaasujen laadusta, sekä vertailla saatuja tietoja samassa laitoksessa tehtyyn puuhakkeen polttokokeen tuloksiin.</p> <p>Koepoltto tehtiin Väkiparran tilan lämpölaitoksessa, jonka polttoteho on 990 kW. Polttoaineen syöttöjärjestelmä on suunniteltu huomioiden polttoaineen laadun vaihtelut ja polttoaine siirretään varastosta pesäruuville kolakuljettimella. Savukaasujen mittauksessa sovellettiin standardin EN 13284-1 määräyksiä. Järviruoko korjattiin kaksoissilppuri –rinnekuone –yhdistelmällä maaliskuun alussa 2013. Silppurin terämäärän tarve arvioitiin ja silpussa oli runsaasti pitkiä, jopa yli 30 cm mittaisia korsia. Leikkuupäivien kostean sään vuoksi ruoko oli kosteaa (kosteusnäytteet 24-34 %).</p> <p>Kokeen aikana poltettiin noin 40 kuutiota ruokosilppua ja 20 tunnin koepolton aikana tuotettiin energiaa n. 4 MW. Laitoksen vakiosäädöillä saavutettiin n. 300 kW/h teho. Syöttölaitteiden teho rajoitti suuremman polttotehon saavuttamista, koska kevyttä silppua ei pystytty toimittamaan nopeammin pesään. Pitkät korret vaikeuttivat aluksi silpun syöttöä kolakuljettimelta pesäruuville, mutta syöttö alkoi sujua sen jälkeen, kun varastossa lajiteltiin silpusta pisimmät korret pois. Ruo'on kosteus ei vaikuttanut palamistulokseen, ruokosilppu paloi pesässä hyvin eikä palamatonta ainetta jäänyt tuhkaan.</p> <p>Typen oksidien pitoisuudet ja hiukkaspäästöt olivat ruokoa poltettaessa samaa luokkaa kuin puuhakkeen poltossa ja arvot jäivät alle viitteellisten päästöraja-arvojen (Valtioneuvoston asetus 750/2013, liite 1). Ruo'on poltosta mitatut rikkidioksidin pitoisuudet ylittivät viitteelliset päästöraja-arvot ja ero puun polttoon oli selkeä. Rikkidioksidin pitoisuuksista arvioitiin olevan jonkin verran riskiä kattilan korroosiovaurioiden syntymiselle. Häkäpitoisuudet olivat ruo'on poltossa selvästi korkeammat, mutta pitoisuuksia voidaan kuitenkin pitää alhaisina. Ruokotuhkasta analysoidut metallipitoisuudet jäivät selvästi alle MMM:n asetuksen 24/11 mukaisten enimmäispitoisuuksien tuhkan käytölle metsätaloudessa.</p> <p>Kokeen perusteella voidaan arvioida, että ruoko sopii poltettavaksi laitoksessa, kunhan silppu on kooltaan riittävän lyhyttä. Tekninen käyttövarmuus, korroosioriskit ja rikkidioksidipäästöt huomioiden järkevä käyttötapa on kuitenkin seospoltto hakkeen kanssa. Luonnon- ja vesienhoidon sivutuotteena syntyvää ruokosilppua kannattaa kuljettaa poltettavaksi, kun kuljetusmatka on lyhyt ja kuljetus tehdään isoilla kuorma-autoilla.</p>				
Asiasanat (YSA:n mukaan) järviruoko, bioenergia, poltto, savukaasu, päästöt, tuhka, luonnonhoito, vesienhoito				
ISBN (Painettu) 978-952-257-973-7	ISBN (PDF) 978-952-257-974-4	ISSN-L 2242-2846	ISSN (painettu) 2242-2846	ISSN (verkkojulkaisu) 2242-2854
www www.ely-keskus.fi/julkaisut   www.doria.fi		URN URN:ISBN:978-952-257-974-4		Kieli Suomi
Sivumäärä 14				
Julkaisun tilaukset Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, PL 523, 20101 Turku, puh. 0295 022 500 (vaihde).				
Kustannuspaikka ja -aika Turku 2014		Painotalo Kopijyvä Oy		

## PRESENTATIONSBLAD

Publikationens serie och nummer Rapporter 10/2014				
Ansvarsområde Miljö och naturresurser				
Författare Terhi Ajosenpää, Manu Hollmén, Manu Puttonen, Tapio Toukonen, Ari-Matti Väkiparta		Publiceringsdatum Januari 2014		
		Utgivare / Förläggare Närings-, trafik- och miljöcentralen i Egentliga Finland		
		Projektets finansör/uppslagsgivare		
Publikationens titel <b>Järviruo´on polttokoe Väkiparran tilan lämpölaitoksessa</b> (Provförbränning av bladvass i värmeanläggningen på Väkiparta gård)				
Sammandrag Bladvassen som fått stor spridning längs stränder och i låga vatten bildar en stor biomassareserv. Genom att systematiskt skörda vassen kan man uppnå flera miljöfördelar. Kostnadseffektiviteten av och intresset för natur- och vattenvårdsarbeten kan ökas genom nyttoanvändning av vassmassan. Ett potentiellt användningsområde för bladvassen som skördas på vintern är, liksom för liknande stråmaterial, förbränning i energiutvinningsssyfte. Målet med provförbränningen var att testa förbränning av ren hackad bladvass i en anläggning som lämpar sig för förbränning av stråmaterial. Vid sidan av tekniska erfarenheter var målet att skaffa mätdata om utsläppsmängderna och rökgasernas beskaffenhet vid förbränningen, samt att jämföra erhållna data med resultaten från träflisförbränning i samma anläggning. Provförbränningen genomfördes i Väkiparta gårds värmeanläggning, vars förbränningseffekt är 990 kW. Bränslets inmatningssystem är planerat på ett sådant sätt att bränslets kvalitetsvariationer beaktas och bränslet förflyttas från lagret till matarskruben med hjälp av en skraptransportör. Vid mätning av rökgaser tillämpades bestämmelserna enligt standard EN 13284-1. Bladvassen skördades med en dubbelhack-pistmaskin-kombination i början av mars 2013. Man underskattade antalet knivar som behövdes i dubbelhacken och den hackade vassen kom att innehålla rikligt med långa strån, t.o.m. längre än 30 cm. Det fuktiga vädret gjorde att bladvassen var fuktig (24-34 % fuktighet enligt provtagning). Under provet brändes ca 40 kubikmeter hackad vass. Under den 20 timmar långa provförbränningen producerades ca 4 MW energi. Med anläggningens standardinställning erhöles en effekt på ca 300 kW/h. Matningsapparatens begränsade effektivitet hindrade en högre förbränningseffekt eftersom det lätta bränslet inte kunde levereras till pannan i snabbare takt. Långa strån försvarade till en början transporten av den hackade vassen från transportören till matarskruben, men inmatningen började löpa bättre när de längsta stråna sorterades bort i förrådet. Vassens fuktighet påverkade inte förbränningsresultatet. Den hackade vassen brann bra i pannan och det blev inga obrända rester kvar i askan. Kväveoxidhalterna och partikelutsläppen var i samma storleksklass som vid förbränning av träflis och värdena förblev under de riktgivande utsläppsgränserna (Statsrådets förordning 750/2013, bilaga 1). De uppmätta svaveldioxidhalterna överskred de riktgivande utsläppsgränserna och skillnaden mot träförbränning var tydlig. Svaveldioxidhalterna bedömdes utgöra en något ökad risk för uppkomsten av korrosionsskador. Kolmonoxidhalterna var klart högre vid vassförbränning men halterna kan ändå ses som låga. Metallhalterna som analyserades i askan förblev klart under de övre gränserna för bruk av aska i skogsindustrin, enligt JSM:s förordning 24/11. Utifrån provförbränningen kan bedömas att bladvass lämpar sig för förbränning i en anläggning, förutsatt att stråna är tillräckligt korta. Med tanke på den tekniska användningssäkerheten, korrosionsrisken och svaveldioxidutsläppen är det ändå förnuftigt att bränna vassmassan tillsammans med träflis. Det lönar sig att transportera hackad vass, som produceras som en biprodukt vid natur- och vattenvård, till förbränning när transportsträckan är kort och transporten genomförs med stora lastbilar.				
Nyckelord (enligt Allärs) bladvass, bioenergi, förbränning, rökgas, utsläpp, aska, naturvård, vattenvård				
ISBN (tryckt) 978-952-257-973-7	ISBN (PDF) 978-952-257-974-4	ISSN-L 2242-2846	ISSN (tryckt) 2242-2846	ISSN (webbpublikation) 2242-2854
www www.ely-centralen.fi/publikationer   www.doria.fi		URN URN:ISBN:978-952-257-974-4		Språk Finska
				Sidantal 14
Beställningar Närings-, trafik- och miljöcentralen i Egentliga Finland, PB 523, 20101Åbo, tel. 0295 022 500 (växel)				
Förläggningsort och datum Åbo 2014			Tryckeri Kopijyvä Oy	



Euroopan maaseudun  
kehittämisen maatalousrahasto:  
Eurooppa investoi maaseutualueisiin

RAPORTTEJA 10 | 2014  
JÄRVIRUO'ON POLTTOKOE VÄKIPARRAN TILAN  
LÄMPÖLAITOKSESSA

Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus

ISBN 978-952-257-973-7  
ISBN 978-952-257-974-4 (PDF)

ISSN-L 2242-2846  
ISSN 2242-2846 (painettu)  
ISSN 2242-2854 (verkkójulkaisu)

URN:ISBN:978-952-257-974-4

[www.ely-keskus.fi/julkaisut](http://www.ely-keskus.fi/julkaisut) | [www.doria.fi/ely-keskus](http://www.doria.fi/ely-keskus)



Prizztech

