



# HEVOSWATTI - HEVOSENLANNAN DEMONSTRAATIOKOKKEET ETELÄ-SAVON ELINKEINOELÄMÄÄ VAHVISTAMAAN

Riina Tuominen (toim.)



Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu

# HEVOSWATTI - HEVOSENLANNAN DEMONSTRAATIOKOKOKEET ETELÄ-SAVON ELINKEINO- ELÄMÄÄ VAHVISTAMAAN

Riina Tuominen (toim.)



XAMK KEHITTÄÄ 52

KAAKKOIS-SUOMEN AMMATTIKORKEAKOULU  
MIKKELI 2018

© Tekijät ja Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu

Kannen kuva: Manu Eloaho, 2018

Taitto ja paino: Grano Oy

ISBN: 978-952-344-104-0 (nid.)

ISBN: 978-952-344-105-7 (PDF)

ISSN: 2489-2467

ISSN: 2489-3102 (verkkójulkaisu)

[julkaisut@xamk.fi](mailto:julkaisut@xamk.fi)

# LUKIJALLE

”HevosWatti – Hevosienlannan demonstraatiokokeet Etelä-Savon elinkeinoelämää vahvistamaan” -hanke toteutettiin yhteistyössä Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun Metsä, ympäristö ja energia -vahvuusalan ja Lappeenrannan teknillisen yliopiston Bioenergian laboratorion kesken. Hanketta rahoittivat Etelä-Savon Maakuntaliitto Alueelliset innovaatiot ja kokeilut (AIKO) -rahoituksella sekä Suur-Savon Energiasäätiö sr. Hankkeen yhteistyökumppaneina toimivat Suur-Savon Sähkö Oy ja Ariterm Oy.

Hanke toteutettiin ajalla 1.11.2017–31.10.2018. Hankkeen projektipäällikköinä toimivat ins. (ylempi AMK) Riina Tuominen (Xamk) ja DI Jarno Föhr (LUT). Hankkeen tutkimusinsinööreinä Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulussa olivat ins. (AMK) Tarja Seppänen (22.1.–24.8.2018) ja DI Tuomas Vanhanen (3.9.–31.10.2018) sekä hankesihteerinä Hanna-Maija Penttinen. HevosWatti-hankkeen vastuullisena johtajana toimi tutkimusjohtaja, FT Lasse Pulkkinen ja hankkeen yhteyshenkilönä tutkimuspäällikkö, DI Hanne Soininen.

Hanketyön etenemistä ohjasi ja valvoi ohjausryhmä, johon kuuluivat liiketoimintajohtaja Heikki Tirkkonen Suur-Savon Sähkö Oy:stä, Markku Hatakka Suur-Savon Energiasäätiöstä, Marjo Kaipainen Ravitalli Suuronen Oy:stä, professori Tapio Ranta Lappeenrannan teknillisestä yliopistosta sekä tutkimuspäällikkö Hanne Soininen Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulusta. Hankkeen ohjausryhmässä rahoittajan edustajana toimi ohjelmapäällikkö Jyrki Kuva Etelä-Savon maakuntaliitosta.

Tekijät kiittävät hankkeen rahoittajia kehittämistyön mahdollistamisesta sekä muita hankkeeseen osallistuneita aktiivisesta osallistumisesta hanketyöhön.

Mikkelissä 19.10.2018

# TEKIJÄT

**JARNO FÖHR**, DI, projektipäällikkö

Lappeenrannan teknillinen yliopisto, LUT Savo, Bioenergian laboratorio

**HARRI KARHU**, DI, tuotantopäällikkö

Suur-Savon Sähkö Oy

**PASI PAANANEN**, ins. (AMK) / filosofian kandidaatti, operatiivinen johtaja

Ariterm Oy

**ARI PYLKKÄNEN**, MTI, hankintapäällikkö

Suur-Savon Sähkö Oy

**TAPIO RANTA**, TkT, professori

Lappeenrannan teknillinen yliopisto, LUT Savo, Bioenergian laboratorio

**TARJA SEPPÄNEN**, ins. (AMK), tutkimusinsinööri

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Metsä, ympäristö ja energia -vahvuusala

**HANNE SOININEN**, DI, tutkuspäällikkö

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Metsä, ympäristö ja energia -vahvuusala

**HEIKKI TIRKKONEN**, DI, liiketoimintajohtaja

Suur-Savon Sähkö Oy, Energian tuotanto

**RIINA TUOMINEN**, insinööri (ylempi AMK), projektipäällikkö

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Metsä, ympäristö ja energia -vahvuusala

**TUOMAS VANHANEN**, DI, tutkimusinsinööri

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Metsä, ympäristö ja energia -vahvuusala

# SISÄLTÖ

LUKIJALLE.....	3
TEKIJÄT .....	4
<b>HEVOSENLANNAN DEMONSTRAATIOKOKOET ETELÄ-SAVON ELINKEINOELÄMÄÄ VAHVISTAMAAN.....</b>	<b>7</b>
Riina Tuominen & Hanne Soinen & Jarno Föhr & Tapio Ranta	
<b>LAKIKATSAUS LANNAN POLTTOAINEKÄYTTÖÖN .....</b>	<b>11</b>
Tuomas Vanhanen & Riina Tuominen	
<b>PIENEN MITTAKAAVAN DEMONSTRAATIOKOKOET ARITERM OY:N TUTKIMUSKESKUKSESSA .....</b>	<b>15</b>
Tarja Seppänen & Riina Tuominen & Pasi Paananen	
<b>POLTTOAINEIDEN LAATUOMINAISUUDET JA HEVOSENLANNAN POLTTON VAIKUTUS JUVAN KAUKOLÄMPÖKESKUKSEN SAVUKAASU- JA HIUKKASPÄÄSTÖIHIN .....</b>	<b>27</b>
Tarja Seppänen & Riina Tuominen & Hanne Soinen & Harri Karhu & Heikki Tirkkonen	
<b>DEMONSTRAATIOPOLTTOKOE JYRSINTURVEHAKESEOKSELLA JA HEVOSENLANNALLA.....</b>	<b>49</b>
Riina Tuominen & Tuomas Vanhanen & Harri Karhu & Heikki Tirkkonen	
<b>VARASTOINTIAJAN VAIKUTUS HEVOSENLANNAN LAATUUN.....</b>	<b>59</b>
Tarja Seppänen & Jarno Föhr & Riina Tuominen	
<b>LAATUOHJEISTUS POLTTOON TOIMITETTAVALLE HEVOSENLANNALLE .....</b>	<b>65</b>
Riina Tuominen & Tarja Seppänen & Harri Karhu & Ari Pylkkänen	
<b>HEVOSENLANNAN VAIHTOEHTOISET LOGISTIIKKAKETJUT ALUELÄMPÖLAITOKSELLE JA NIIDEN KUSTANNUSVERTAILU .....</b>	<b>69</b>
Jarno Föhr & Tapio Ranta	

**HEVOSENLANNAN DEMONSTRAATIOKULJETUSKETJUN  
DOKUMENTOINTI PAIKALLISILTA HEVOSTALLEILTA JUVAN  
KAUKOLÄMPÖKESKUKSELLE .....77**

Jarno Föhr & Tapio Ranta

**HEVOSTALOUS JA HEVOSENLANNAN SAATAVUUS ETELÄ-SAVOSSA.....83**

Jarno Föhr & Tapio Ranta

**HEVOSENLANNASTA LÄMPÖENERGIAA JA UUTTA LIIKETOIMINTAA.....93**

Riina Tuominen & Hanne Soininen & Jarno Föhr & Tapio Ranta

# HEVOSENLANGAN DEMONSTRATIOKOKKEET ETELÄ-SAVON ELINKEINOELÄMÄÄ VAHVISTAMAAN

Riina Tuominen & Hanne Soininen & Jarno Föhr & Tapio Ranta

HevosWatti – Hevosenlangan demonstraatiokokeet Etelä-Savon elinkeinoelämää vahvistamaan -hankkeen tavoitteena oli saada tietoa hevosenlangan toimivuudesta rinnakkaispolton raaka-ainevirtana elinkeinoelämän toimintaedellytyksiä parantaen. Lisäksi tavoitteena oli kerätä tietoa lannan logistiikkahuollon toimivuudesta ja mahdollisista varastointimahdollisuuksista yritysten liiketoiminnan edistämiseksi. Hanketta toteuttivat Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun Metsä, ympäristö ja energia -vahvuusala (Xamk) ja Lappeenrannan teknillisen yliopiston Bioenergian laboratorio (LUT). Hanketta rahoittivat Etelä-Savon maakuntaliitto AIKO-rahoituksella ja Suur-Savon Energiasäätiö sr. Hankkeen demonstraatiokokeiden toteutukseen osallistuivat yhteistyökumppaneina Suur-Savon Sähkö Oy sekä Ariterm Oy.

## HANKKEEN TOIMENPITEET

Hanke jakautui neljään eri toimenpiteeseen, jotka ovat nähtävissä kuvassa 1. Xamk toteutti molemmat demonstraatiopolttokokeet, ja LUT toteutti hevosenlangan logistiikka- ja potentiaalitarkastelun. Tulosten raportointia ja jalkauttamista tekivät hankkeen molemmat osatoteuttajat.

-  1. Demonstraatiopolttokokeet pienen mittakaavan kattilassa
-  2. Hevosenlangan logistiikka- ja potentiaalitarkastelut
-  3. Demonstraatiopolttokokeet aluelämpölaitoksella
-  4. Tulosten raportointi ja jalkauttaminen elinkeinoelämälle

KUVA 1. HevosWatti-hankkeen toimenpiteet.



Hankkeessa toteutettiin demonstraatiopolttokokeita sekä Ariterm Oy:n Saarijärven tuotantolaitoksella että Suur-Savon Sähkö Oy:n Juvan kaukolämpökeskuksessa. Pienen mittakaavan polttokokeet tehtiin sekä turve- että kutterinpurukuiviketta sisältäville hevosensilanteille liikkuvalla arinastolla varustetulla kattilalla (120 kW) Ariterm Oy:n Saarijärven tuotantolaitoksella. Polttokokeiden aikana mitattiin polton päästöjä ja seurattiin materiaalin käyttäytymistä. Myös muodostuvan tuhkan ominaisuuksia tutkittiin.

Lämpölaitoksen demonstraatiopolttokokeet toteutettiin Suur-Savon Sähkö Oy:n Juvan kaukolämpökeskuksessa. Tutkimuksissa tarkasteltiin kutterikuivike-hevosensilanteiden soveltuvuutta seospolttoon. Kokeiden aikana tehtiin polttoaineen laadunseurantaa ja tutkittiin kolmena erillisenä monitorointijaksena polttoaineen vaikutusta savukaasujen laatuun. Lisäksi seurattiin polttoaineen määrää ja energiasisältöä, pääpolttoaineen ja hevosensilanteiden laatua sekä hevosensilanteiden vaikutusta kattilan toimivuuteen. Kussakin monitorointijaksossa tarkkailtiin savukaasujen laatua 3–4 vuorokauden ajan mittaamalla savukaasupäästöjä.

Kokeiden yhteydessä tehtiin polttoaineen laadunseurantaa ottamalla polttoainenäytteitä ja analysoimalla niistä irtotiheys, kosteus ja tuhkapitoisuus sekä kalorimetrinen lämpöarvo. Demonstraatiokokeiden aikana syntyneelle lentotuhkalle teetettiin kaksivaiheinen ravistelutesti kaatopaikkakelpoisuuden toteamiseksi.

Hevosensilanteiden varastointiaika ja -tapa sekä ulkoiset olosuhteet vaikuttavat olennaisesti silanteiden laatuun ja sen poltto-ominaisuuksiin. Tutkimuksissa mitattiin hevosensilanteiden varastointikäsöjen lämpötiloja silanteiden kompostoitumisprosessin etenemisen selvittämiseksi.

Kaukolämpökeskuksen demonstraatiopolttokokeeseen liittyen tehtiin myös logistiikka- ja potentiaalitarkeita tutkimuksia. Hevosensilanteiden varastointi- ja kuljetustapoja seurattiin ja kehitettiin hankkeen aikana ottamalla huomioon muun muassa käytetyt kuljetuskalustot, kuormaukseen menevä aika ja varastointitavan vaikutus polttoaineen laatuun. Lisäksi potentiaalitarkeita tutkimuksissa tutkittiin hevosensilanteiden saatavuuteen vaikuttavia tekijöitä Etelä-Savossa, joita olivat hevosmäärä, tallien sijainnit, kausiluonteisuus ja hevostalouden kehittyminen.

## HANKKEEN TULOKSET

Demonstraatiokokeiden avulla saatiin tärkeää tietoa silanteiden soveltuvuudesta kaukolämpökeskuksen seospolttokäyttöön. Tutkimusten avulla voitiin tehdä päätelmiä polttoaineen vaikutuksesta kattilaan ja savukaasujen laatuun. Lisäksi saatiin tärkeää tietoa hevosensilanteiden logistiikan toimivuudesta sekä polttoaineen laadunvaihteluista ja toimitusvarmuudesta.

Polttoon toimitettavan hevosensilanteiden laadun takaamiseksi hevosensilanteille laadittiin laatuohjeistus. Ohjeistuksessa kerrotaan polttokäyttöön soveltuvista silanteiden kuivikemateriaaleista ja silanteiden oikeasta varastointitavasta. Ohjeessa kiinnitetään myös huomiota siihen, ettei silanteiden sekaan päätyisi mitään vierasesineitä.

Alustavien mittausten ja niistä saatujen tulosten valossa seospoltto näyttäisi olevan sopiva vaihtoehto hevoslannan energiahyödyntämiselle. Hevoslanta vaikuttaa soveltuvan hyvin bioenergian lähteeksi. Polttoon soveltuvaa, maksimaalisen hyödyn antavaa seossuhdetta ja lannan varastointiajan vaikutusta sen laatuun täytyy vielä kuitenkin selvittää lisää. Myös hevoslannan käytön pitkäaikaisemmasta vaikutuksesta energiantuotantolaitoksen kattilan toimintaan ja laitoksen rakenteiden tekniseen kestävyYTEEN on tehtävä jatkotutkimuksia.

Hevoslannan logistiikkatarkasteluiden osalta saatiin arvokasta tietoa koko lantalogistiikan tehostamisesta ja erilaisten kuljetusratkaisujen kustannustehokkuudesta. Logistiikkatarkasteluissa saatiin myös dokumentoitua hevoslannan demonstraatiopolttokokeen logistiikkaketju, jota hoiti paikallinen juvalainen yrittäjä HevosWatti-hankkeen aikana. Lisäksi hevoslannan potentiaalitarkasteluissa saatiin kattavaa tietoa hevostalouden kehityksestä sekä Suomessa että Etelä-Savossa ja hevoslannan saatavuudesta Etelä-Savossa.

Hankkeen tuloksien pohjalta kirjoitettiin artikkeleita, ja hankkeen tuloksia esiteltiin kansallisissa ja kansainvälisissä tilaisuuksissa. Hankkeen toimenpiteiden toteutusta sekä saatuja tuloksia on kuvattu tarkemmin tämän julkaisun muissa artikkeleissa.



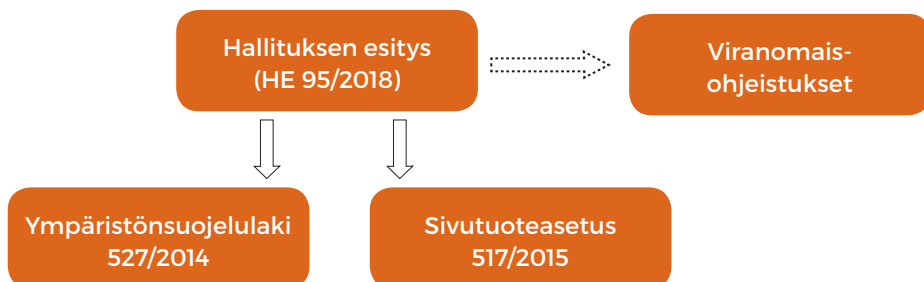
# LAKIKATSAUS LANNAN POLTTOAINEKÄYTTÖÖN

Tuomas Vanhanen & Riina Tuominen

Suomen hallitus nosti yhdeksi kärkihankkeistaan vuonna 2015 hevoselannan polton helpottamisen biotalouden hankepaketissaan ja tuki EU-komission asetuksen (EU) 2017/1262 muotoilua, joka sallii kaiken eläinten lannan polton tietyillä reunaehdoilla alle 50 MW kattiloissa ilman jätteenpolttolupaa (Eduskunta 2018a). EU-asetuksen muutoksen myötä tuotantoeläinten lannan poltto sallitaan jatkossa ilman jätteenpolttolupaa. Eduskunnan maa- ja metsätalousvaliokunta sekä ympäristövaliokunta puoltavat hallituksen esityksen hyväksymistä. Hallituksen esitys (HE 95/2018) komission asetuksen soveltamisesta Suomen lainsäädäntöön on hyväksytty 12.10.2018. (Eduskunta 2018b, Ympäristövaliokunnan mietintö 2018, Eduskunta 2018c.)

## ARVIO KÄYTÄNNÖN VAIKUTUKSISTA

Uusi lakiehdotus vaatii muutoksia Suomen lakiin. Hallituksen esitys esittääkin muutoksia sekä ympäristönsuojelulakiin (527/2014) että sivutuoteasetukseen (517/2015) (kuva 1). Eläinten lanta on luokiteltu sivutuotteeksi ja suurin osa sääntelystä liittyy tautiriskien rajoittamiseen sekä ravinnepäästöjen hallintaan. Tautiriskin vuoksi komission asetus (EU) 142/2011 vaatii lannan poltosta syntyvien palokaasujen lämmittämistä joko kahdeksi sekunniksi +850 °C tai 0,2 sekunniksi +1100 °C. Asetus vaatii myös lämpötilan jatkuvatoimisen seurannan sekä tallentamisen. Tämä aiheuttaa teknisiä haasteita pienemmille kattiloille, joissa aikaisemmin ei ole vaadittu lämpötilan jatkuvaa seurantaa. Lisäksi lantaa polttaviin kattiloihin tulee asentaa lisäpoltin, jolla varmistetaan tarvittavan lämpötilan saavuttaminen käynnistys- ja pysäytysvaiheissa sekä matalilla kuormilla. (Eduskunta 2018a.)



KUVA 1. Hallituksen esityksen (HE 95/2018) vaikutukset.

Asetuksessa annetaan myös vaatimus mitata savukaasujen päästöjä vuosittain kaikilla lantaa polttavilla laitoksilla. Päästöille on annettu raja-arvot: rikkidioksidi 50 mg/m<sup>3</sup>n, typen oksidit ilmaistuna typpidioksidina 200 mg/m<sup>3</sup>n ja hiukkaset 10 mg/m<sup>3</sup>n. Pienissä, polttoaineteholtaan alle 5 megawatin laitoksissa hiukkaspäästöt voivat olla enintään 50 mg/m<sup>3</sup>. On kuitenkin huomioitava, että poltettaessa lantaa seospolttona päästöraja-arvoja sovelletaan kansallisesti tiettyjen laskentasääntöjen mukaisesti. (Eduskunta 2018a, Envitecpolis 2018.)

Mittausveloitteen ja lämpötilan seuranta koskevien vaatimusten myötä poltto tulee todennäköisesti kustannussyistä painottumaan suuremman kokoluokan kattiloihin. Olemassa oleville laitoksille sallitaan kuuden vuoden siirtymäaika täyttää asetuksen vaatimukset, mikä lisänee polttokokeiluja siirtymäajalla. Siirtymäajan jälkeen on hyvin todennäköistä, että vain uusilla kattiloilla voidaan täyttää polton vaatimukset kustannustehokkaasti enintään 1 MW teholuokassa. Erityisesti vaaditun lämpötilan saavuttaminen vaatii uusia teknisiä ratkaisuja. (Eduskunta 2018a.)

Seospolttamisen onnistuneeksi toteuttamiseksi polttoaineteholtaan enintään 50 MW:n kattiloissa tarvitaan ympäristövaliokunnan mukaan käytännön ohje. Ympäristöministeriö valmistelee yhdessä maa- ja metsätalousministeriön sekä Elintarviketurvallisuusvirasto Eviran kanssa ohjetta tuotantoeläinten lannan käytöstä polttoaineena. (Ympäristövaliokunnan mietintö 2018.)

Koska hallituksen esitys (95/2018) muuttaa sekä olemassa olevaa lakia että asetusta, se ei ole erityisen helppotulkintainen, ja erikokoisiin polttolaitoksiin kohdistuukin erilaisia vaatimuksia useammasta eri asetuksesta ja laista. Sivutuotelain mukaista hyväksyntää ei ehdotuksen (95/2018) mukaan vaadittaisi tuotantoeläinten lantaa polttoaineena käyttäviltä laitoksilta, jos laitos olisi rekisteröity tai saanut luvan ympäristönsuojelulain nojalla. Lisäksi edellytyksenä olisi, että laitoksen yhteydessä ei pidetä tuotantoeläimiä. Kyseisiä laitoksia valvottaisiin ympäristönsuojelulain nojalla. 50 MW:n tai sitä isommalla teholla toimivia laitoksia hallituksen esitys ei koske, vaan niiden toiminta jatkuu kuten ennenkin ja mahdollinen lannan poltto katsotaan jätteenpoltoksi.

Lakimuutosten myötä hevosyrittäjät saavat uuden vaihtoehdon lantahuollon järjestämiseen. Suomessa on runsaasti lannan polttoon soveltuvia kattiloita ja polton helpottuminen parantaa todennäköisesti varsinkin hevoskeskittymien energiaomavaraisuutta.

## LÄHTEET

Eduskunta 2018a. Hallituksen tiedote koskien esitystä 95/2018. Saatavissa: [https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/HallituksenEsitys/Sivut/HE\\_95+2018.aspx](https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/HallituksenEsitys/Sivut/HE_95+2018.aspx)

Eduskunta 2018b. Valiokunnan lausunto MmVL 14/2018 vp. Maa- ja metsätalousvaliokunta. Saatavissa: [https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Lausunto/Sivut/MmVL\\_14+2018.aspx](https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Lausunto/Sivut/MmVL_14+2018.aspx)

Eduskunta 2018c. Eduskunnan vastaus EV 85/2018 vp – HE 95/2018 vp. Saatavissa: [https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/EduskunnanVastaus/Sivut/EV\\_85+2018.aspx](https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/EduskunnanVastaus/Sivut/EV_85+2018.aspx)

Envitecpolis 2018. Hevosennälän polton lainsäädännön muutos. HELMET Pirtti – Hevosvoimaa Uudellemaalle. Saatavissa: <https://envitecpolis.fi/wp2017/wp-content/uploads/2017/11/6.-Matti-Arffman-Lannanpoltto.pdf>

Hallituksen esitys eduskunnalle laeiksi ympäristönsuojelulain ja eläimistä saatavista sivutuotteista annetun lain muuttamisesta 95/2018. Finlex. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2018/20180095>

Komission asetus (EU) 2017/1262 asetuksen (EU) N:o 142/2011 muuttamisesta sillä osin kuin on kyse tuotantoeläimistä saatavan lannan käyttämisestä polttolaitoksissa polttoaineena. Saatavissa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R1262&from=EN>

Komission asetus (EU) N:o 142/2011. Saatavissa: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:054:0001:0254:FI:PDF>

Ympäristövaliokunnan mietintö 2018. YmVM 7/2018 vp – HE 95/2018 vp. Hallituksen esitys eduskunnalle laeiksi ympäristönsuojelulain ja eläimistä saatavista sivutuotteista annetun lain muuttamisesta. Saatavissa: [https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Mietinto/Documents/YmVM\\_7+2018.pdf](https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Mietinto/Documents/YmVM_7+2018.pdf)



# PIENEN MITTAKAAVAN DEMONSTRATIOKOKEET ARITERM OY:N TUTKIMUSKESKUKSESSA

Tarja Seppänen & Riina Tuominen & Pasi Paananen

Pienen mittakaavan polttokokeet tehtiin Saarijärvellä Ariterm Oy:n tuotantotilojen yhteydessä sijaitsevassa testauslaboratoriossa 120 kW kattila-poltin -yhdistelmällä. Ariterm Oy on suomalainen lämmityslaitteiden suunnittelija, valmistaja, myyjä ja huoltaja. Päätuotteina yrityksellä ovat keskuslämmityskattilat, biopolttolaitteet sekä kokonaisjärjestelmät kokoluokassa 20–6000 kW.

Demonstraatiokokeiden aikana mitattiin kolmen eri polttoaineen, eli pelkän puupelletin sekä hevosenlantakutteri- ja hevosenlantaturve-puupellettiseosten polton päästöjä ja seurattiin materiaalin käyttäytymistä polttokokeiden aikana. Erityisesti seurattiin muodostuvan tuhkan ominaisuuksia, kuten sulamista ja sintraantumista.

## ARINAPOLTTOOTEKNIikka

Pienissä alle 1 MW:n tehoisissa biopolttoainetta käyttävissä kattiloissa yleisemmin käytetty tekniikka on arinapoltto. Kiinteää polttoainetta poltettaessa arinalla polttotapahtuma jakautuu kolmeen eri vaiheeseen:

- kosteuden poistuminen,
- pyrolyysi ja haihtuvien aineiden palaminen ja
- jäännöshiilen palaminen.

Nämä kolme vaihetta tapahtuvat yleensä peräkkäin, mutta tekniikasta johtuen arinalla voi olla myös eri polttovaiheissa olevaa materiaalia. Arinan rakenne on riippuvainen käytetystä polttoaineesta ja kattilan koosta. Ilman syöttö tapahtuu yleensä kahdessa vaiheessa, kuten tässäkin koepoltossa käytetyssä kattilassa. Primääri-ilma (ensiöilma) syötetään kammioon arinan alapuolelta, kun taas sekundääri-ilma (toisioilma) käytetään polttoainekerroksesta haihtuvien palamiskelpoisten kaasujen polttamiseen. (Raiko ym. 2002.)

## PIENEN MITTAKAAVAN POLTTOKOKEET

Demonstraatiopolttokokeet tehtiin Ariterm Oy:n Saarijärven tuotantolaitoksella 3.–4.7.2018. Koepolttoihin käytettiin BioComp 120 kW -kattilaa, joka on tekniikaltaan



arinakattila. Polttimena kattilassa oli liikkuvalla arinastolla varustettu Multijet 120, ja polttoaine syötettiin ruuvilla arinalle. Kuvassa 1 on nähtävillä koepoltoissa käytetty kattila.



**KUVA 1.** Koepoltoissa käytetty BioComp 120 -kattila ja MultiJet 120 -poltin (kuva Tarja Seppänen).

Polttoaineen syöttö pellettisiilosta arinalle tehtiin ruovin avulla. Kuvassa 2 on nähtävissä polttoainesiilon ruuvikuljetin.



KUVA 2. Polttoaineen syöttö ruuvilla kattilaan (kuva Tarja Seppänen).

Polttokokeet pyrittiin tekemään noin 80 kW teholla. Kattilan ajoparametreihin ei tehty muutoksia kolmen koepolton aikana. Poltot ovat siis vertailukelpoisia keskenään. Taulukossa 1 on esitetty kattilan ajoparametreja.

TAULUKKO 1. MultiJet 120 -polttimen ajoparametrit.

syöttöruuvinteho	5 %
ajo (s)	1 s
tauko (s)	19 s
ensiöpuhallinteho	60 %
toisiopuhallinteho	80 %

Valittuun kattilatehoon vaikuttivat vallitsevat olosuhteet ja tätä teholuokkaa pidettiin sopivana koepolttojen ajankohtana. Ilmatieteen laitos ei tallenna säähavaintoja Saarijärvellä, vaan lähin havaintopaikka on Multian Karhilassa. Polttokokeiden aikaan sää oli pääosin poutainen ja lämpötila noin +15 °C. Sähävaintojen keskiarvot polttokokeen ajalta on esitetty taulukossa 2. Tuulen suunta 3.7.2018 vaihteli koillisen ja idän välillä, ja 4.7.2018 tuulen suunta vaihteli etelän ja kaakon välillä. (Ilmatieteen laitos 2018.)

TAULUKKO 2. Multian Karhilan säähavaintoaseman havaintojen keskiarvot pienen mittakaavan polttokokeen aikana (Ilmatieteen laitos 2018).

Pvm	Ilmanpaine (msl), hPa	Suhteellinen kosteus, %	Sateen intensiteetti, mm/h	Ilman lämpötilä, °C	Tuulen nopeus, m/s
3.7.2018	1008,7	76,2	0,3	14,8	2,7
4.7.2018	1006,4	97,5	0,5	13,6	1,7

## KÄYTETYT POLTTOAINEET JA SEOSSUHDE

Koepoltoissa tarkasteltiin kolmen eri polttoaineen, eli hevosenlantakutteri-, hevosenlantaturve- ja puupellettien (kuva 3) soveltuvuutta seospolttoon pienen mittakaavan arinakatilassa. Hevosenlantapelletit oli valmistettu vuonna 2016 HevosWoima-hankkeen aikana. Valmistaja oli Jaakko Lomppi Laitilasta. (Tanskanen & Lemponen 2017.)



KUVA 3. Polttokokeissa käytetyt materiaalit. Vasemmalla puupelletti, keskellä hevosenlantakutteripelletti ja oikealla hevosenlantaturvepelletti (kuva Tarja Seppänen).

Polttokokeessa käytettyjen pellettien laatuominaisuuksia määritettiin HevosWoima-hankkeessa Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun ympäristölaboratoriossa. Stora Enson puupellettien laatuominaisuudet on esitetty valmistajan antamien tietojen mukaan. (Tanskanen & Lemponen 2017, Stora Enso 2014.) Pellettien laatuominaisuudet ovat nähtävissä taulukossa 3.

**TAULUKKO 3.** Demonstraatiopolttokokeessa käytettyjen pellettien laatuominaisuuksia (Tanskanen & Lemponen 2017, Stora Enso 2014).

Ominaisuus	Hevosenlanta-kutteripelletti	Hevosenlanta-turvepelletti	Stora Enso puupelletti
Irtotiheys, kg/m <sup>3</sup> SFS-EN 15103	746 kg/m <sup>3</sup>	758 kg/m <sup>3</sup>	650 kg/m <sup>3</sup>
Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa, MJ/kg	15,97 MJ/kg	14,73 MJ/kg	-
Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa, kWh/kg	4,43 kWh/kg	4,09 kWh/kg	4,85 kWh/kg
Kosteus, % SFS-EN 14774-3	6,9 %	8,1 %	9 %
Tuhkapitoisuus kuiva-aineesta, % SFS-EN 14772	9,8 %	17,9 %	≤0,3 %

Polttoaineiden seossuhde määritettiin punnitsemalla hevosenlanta- ja puupelletit sekä sekoittamalla ne manuaalisesti keskenään. Hevoselanta- ja puupellettien seossuhteeksi määritettiin noin 17 %. Optimaalisen seossuhteen on kokemukseräisesti osoitettu olevan 10–20 % pienen mittakaavan arinakattilalle. Kuvassa 4 nähdään seossuhteen määrittämiseen käytetty vaaka.



**KUVA 4.** Polttokokeessa käytetyt materiaalit punnittiin tarkoitukseen sopivalla vaa'alla ja määritettiin seossuhde massaansa perustuen (kuva Tarja Seppänen).

Punnituksen jälkeen polttoainepelletit sekoitettiin manuaalisesti isossa 65 litran astiassa. Sekoituksen jälkeen polttoaine siirrettiin polttoainesiloon. Kuvassa 5 on nähtävillä sekoitettu hevosenlantaturvepelletti (tumma) ja puupelletti (vaalea).



KUVA 5. Valmis polttoaineseos (kuva Tarja Seppänen).

## SAVUKAASU- JA HIUKKASMITTAUKSET

Polttokokeiden aikana tehtiin koepolton savukaasu- ja hiukkaspäästöjen mittaukset. Savukaasumittaukset tehtiin Testo 350 -savukaasuanalysointilaitteella. Hiukkasmittaukset tehtiin gravimetrisesti Dr. Födisch -hiukkasmittausanalysointilaitteella. Mittaukset tehtiin kertaluonteisesti. Yhden mittauksen kesto oli 60 minuuttia.

Mittauksissa käytettyjä antureita varten tehtiin savukaasukanavaan sopiva läpivienti. Mittaukset toteutettiin yhdellä mittauspisteellä keskeltä savukaasukanavaa. Polttokokeessa käytetyssä kattilassa ei ollut hiukkassuodatinta. Kuvassa 6 on nähtävillä savukaasumittaus- ja hiukkasmittausanturit asennettuna savukaasukanavaan mittauksen aikana.



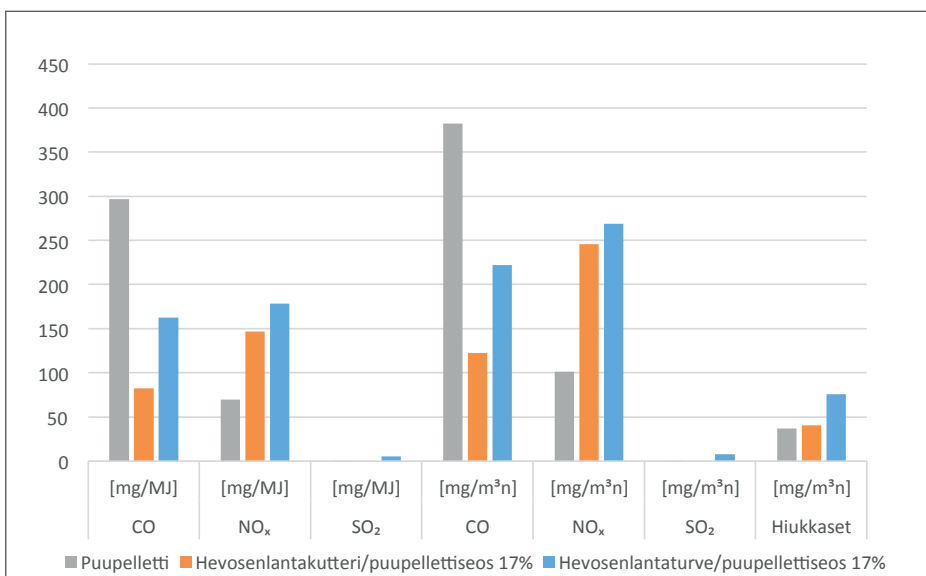
KUVA 6. Testo 350 -savukaasuanturi ja Dr. Födisch -hiukkasmittausanturi savukaasukanavassa (kuva Tarja Seppänen).

Koepolttojen aikana kattilan ajoparametrit pidettiin taulukossa 1 esitetyn kaltaisina. Savukaasupäästö- ja hiukkasmittausten tulokset on esitetty taulukossa 4. Savukaasupäästöjen tulokset perustuvat mittausten keskiarvoihin.

TAULUKKO 4. Pienen mittakaavan polttokokeen savukaasu- ja hiukkasmittausten tulokset.

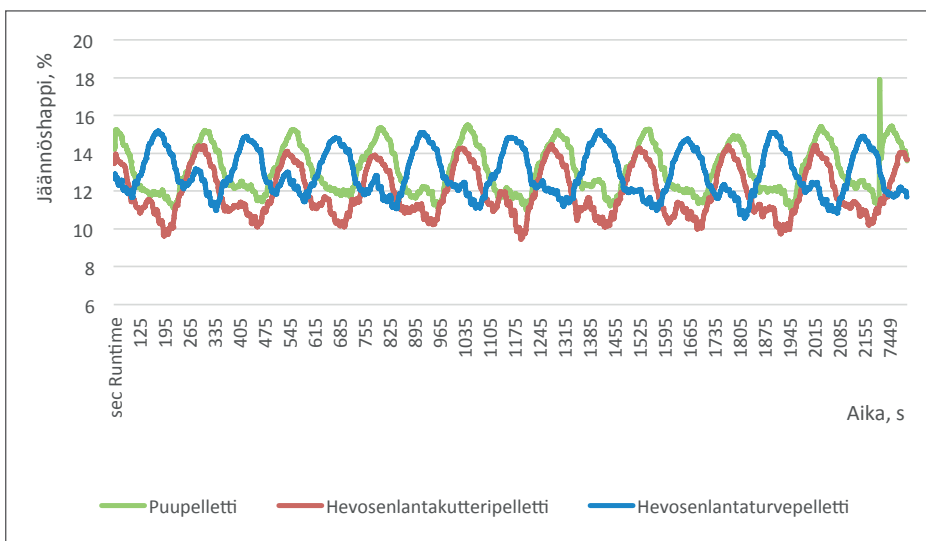
	Seos- suhde, %	Kattilan teho, kW	O <sub>2</sub> ,%	CO, mg/m <sup>3</sup> n	NO <sub>x</sub> , mg/m <sup>3</sup> n	SO <sub>2</sub> , mg/m <sup>3</sup> n	Hiukka- set, mg/m <sup>3</sup> n
Puupelletti	100	~80	13,2	382,7	101,6	0,0	36,7
Hevoselanta- kutteri-/puu- pelletti	17	~100	11,9	122,7	246,0	0,0	40,4
Hevoselanta- taturve/puu- pelletti	17	~88	12,9	222,2	268,6	7,5	75,8

Kuvassa 7 on kaavio taulukon 4 päästömittausten tuloksista. Tuloksista voidaan havaita puupellettien osalta korkeampi hiilimonoksidipäästö ja hevoselantapellettien osalta korkeammat typpipäästöt. Hevoselantaturve/puupelletin seospoltossa syntyi myös pieni määrä rikkipäästöjä. Käytettäessä tätä seosta polttoaineena syntyi myös eniten hiukkaspäästöjä.



KUVA 7. Pienen mittakaavan päästömittaustulokset eri pellettilaaduilla.

Hapella on olennainen osuus polton onnistumisessa. Koepolttojen aikana ensiö- ja toisioilman määrää ei säädetty, eikä niille lähdetty hakemaan optimaalisinta arvoa. Puhaltimien tehoproositit ovat näkyvässä taulukossa 1. Savukaasukanavasta mitatut jäännöshapen määrät ja vaihtelut on esitetty kuvassa 8.



KUVA 8. Jäännöshapen määrä pienen mittakaavan polttokokeessa polttoainelaaduittain.

## POLTTOKOKEIDEN TUHKAT

Käytettävällä polttoaineella on suora yhteys syntyvän tuhkan laatuun. Koepolttojen aikana otettiin talteen jokaisen polttoainetyypin jälkeen syntynyt kattilan tulipesän tuhka. Syntyneet tuhkat olivat erityyppisiä, ja erot ovat helposti havaittavissa kuvassa 9. Tuhkien muodostus (partikkelikoko) ja sulaminen ei aiheuttanut koepolttoissa käytetylle kattilamalille ongelmia polttokokeen aikana.



KUVA 9. Polttokokeissa syntyneitä tuhkia. Vasemmalla puupellettituhka, keskellä hevosenslantakutteri/puupellettituhka ja oikealla hevosenslantaturve/puupellettituhka (kuva Tarja Seppänen).

Polttokokeiden aikana oli mahdollista seurata polttoaineiden palamiskäyttäytymistä ja tuhkan muodostumista kattilaan asennetun ikkunan kautta. Kuvassa 10 on näkymä eri polttoaineiden poltonaikaisesta käyttäytymisestä.

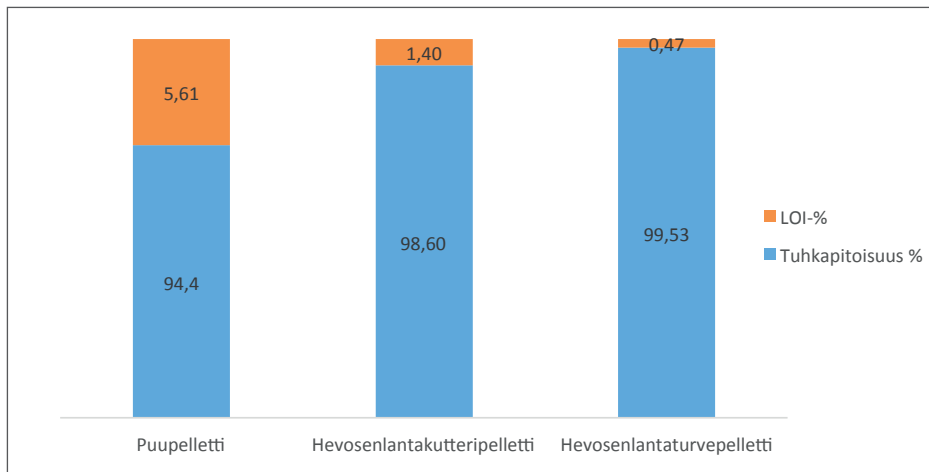




KUVA 10. Vasemmalla puupellettien poltto, keskellä hevosenlantakutteripelletti/puupellettiseoksen poltto ja oikealla hevosenlantaturvepelletti/puupellettiseoksen poltto Ariterm Oy:n BioComp 120 -kattilassa (kuva Riina Tuominen).

Kerätyille tuhille tehtiin hehkutushäviömääritys (LOI) standardia ASTM 7348 mukaillen. Hehkutushäviö kuvaa orgaanisen palamattoman aineen määrää tuhassa. Tämä osuus tuhassa on palamattoman polttoaineen osuutta. Hehkutuslämpötilana oli 950 °C. (Mohebbi ym. 2015.) Palamattoman hiilen osuus arinakattilan tuhassa on tyypillisesti noin 5 %, kun tuhkapitoisuus tehty 550 °C lämpötilassa (Raiko ym. 2002).

Tuhkien hehkutushäviömäärityksessä korkean lämpötilan käyttö poistaa näytteistä myös osan vaikeasti ja korkeammissa lämpötiloissa haihtuvista yhdisteistä. Kuvassa 11 on esitetty tuhkien tuhkapitoisuudet (550 °C) ja hehkutushäviöt (950 °C) prosenttiosuuksina.



KUVA 11. Poltossa syntyneiden tuhkien tuhkapitoisuuksien ja hehkutushäviöiden prosenttiosuudet.

## YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Pienen mittakaavan pelletin polttokokeet tehtiin Ariterm Oy:n Saarijärven tuotantolaitoksella 3.–4.7.2018. Koepolttoaineina käytettiin kolmea eri pellettiä, puu-, hevoslantakutteri- ja hevoslantaturvepellettiä. Koepoltot tehtiin seospolttona puupelletin ollessa päämateriaali. Koepolttojen tarkoituksena oli selvittää hevoslantapellettien soveltuvuutta pienen mittakaavan arinakattilapoltoissa.

Koepolttoissa käytetty BioComp 120 -arinakattila osoittautui soveltuvaksi seospolttoon, ja liikkuva arinatekniikka näyttäisi olevan tähän tarkoitukseen soveltuva polttotekniikka. Hevoslantapellettien poltosta muodostuneet savukaasupäästöt jäivät häikäpitoisuuden osalta pienemmiksi verrattuna pelkän puupelletin päästöihin, mutta typpi- ja hiukkaspäästöt sen sijaan olivat aavistuksen korkeammat verrattuna puupelletin polttoon.

Arinalle syötettyjen ilmamäärien optimointi on jatkokokeita ja kehitystyötä ajatellen merkittävä seikka. Ilmamäärän optimoinnilla saadaan säädettyä jäännöshapen määrää tämän tyyppisille polttoaineille sopivaan tasoon. Koepolttojen aikana syntyneet tuhkat osoittivat myös, erityisesti puupelletin kohdalla, että polttoprosessin ajoparametrien optimoinnille on tarvetta.

Tässä polttokokeessa tehtiin ajallisesti lyhytkestoiset koepoltot. Saatujen tulosten varmistaminen ja ajoparametrien optimointi vaativat jatkossa selvästikin pidemmän polttoajan. Koepolttojen tekeminen pidemmällä aikajaksolla selvittää myös enemmän kokeessa käytetyn kaltaisen kattilan soveltuvuutta hevoslantapohjaisten pellettien seospolttoon.

## LÄHTEET

ASTM D 7348. Standard Test Methods for Loss on Ignition (LOI) of Solid Combustion Residues.

Ilmatieteen laitos 2018. Havaintojen lataus. Saatavissa: <https://cdn.fmi.fi/fmiodata-convert-api/preview/fd62c9ac-1a9e-438e-becf-3a9cfb85366a/?locale=fi>

Mohebbi, M., Rajabipour, F. & Scheetz, B.E. 2015. Reliability of loss on ignition (LOI) test for determining the unburned carbon content in fly ash. Saatavissa: <http://www.flyash.info/2015/141-mohebbi-2015.pdf>

Raiko, R., Saastamoinen, J., Hupa, M., Kurki-Suonio, I. 2002. Poltto ja palaminen. Jyväskylä: Gummerus.

Stora Enso 2014. Stora Enso pelletit. Ympäristöystävällistä energiaa. Saatavissa: [https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/SE\\_pellets\\_brochure\\_FI\\_2014-08-07.pdf](https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/SE_pellets_brochure_FI_2014-08-07.pdf)

Tanskanen, R. & Lemponen, J.-P. 2017. Pienen mittakaavan polttokokeet pelletöidylle hevosenlannalle. Julkaisussa Tanskanen, R. (toim.) 2017. Esiselvitys Etelä-Savon hevostalouden materiaalivirtojen hyödyntämisestä uusiutuvana energiana. Xamk kehittää 2. ISBN 978-952-344-004-3. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-344-005-0>.

# POLTTOAINEIDEN LAATU- OMINAISUUDET JA HEVOSEN- LANNAN POLTON VAIKUTUS JUVAN KAUKOLÄMPÖKESKUKSEN SAVU- KAASU- JA HIUKKASPÄÄSTÖIHIN

Tarja Seppänen & Riina Tuominen & Hanne Soininen & Harri Karhu  
& Heikki Tirkkonen

Demonstraatiopolttokokeella tutkittiin hevosenlannan käytettävyyttä seospolttoaineena ja monitoroitiin polttoaineen vaikutuksia muun muassa päästöihin. Polttokokeet toteutettiin Suur-Savon Sähkö Oy:n Juvan 8 MW:n kaukolämpökeskuksessa, joka tuottaa Juvalla kaukolämpöä leijupetiteknikalla. Keskuksessa käytetyt polttoaineet ovat olleet pääasiassa jyrsinturve ja puuhake.

Savukaasu- ja hiukkasmittauksia tehtiin kahden eri mittausjakson aikana turpeen ollessa pääpolttoaine. Ennen kokeiden aloittamista haettiin koetoimintalupa lupaviranomaiselta. Polttokokeiden ajankohdat olivat 5.–8.2.2018 ja 17.–20.4.2018. Helmikuun polttokokeet tehtiin 100 prosentin eli 8 MW:n teholla. Huhtikuun polttokokeet pyrittiin tekemään 50 prosentin eli 4 MW:n teholla, mutta jäivät tavoitteesta noin 3 MW:iin eli 37,5 prosentin tehoon.

## KÄYTETYT POLTTOAINEET

Koepoltoissa tarkasteltiin kutterikuivikehevosenlannan soveltuvuutta seospolttoon. Koepoltoissa käytetty hevosenlanta toimitettiin kahdelta juvalaiselta ravitallilta. Poltoissa käytetty turve oli peräisin Juvan Pakinsuolta ja sen toimitti laitokselle Vapo Oy.

Polttoaineiden seossuhteen määrittäminen perustuu ainoastaan toimitettujen hevosenlanta- ja turvekuormien massoihin, eli punnittuihin kilomääriin. Tavoitteena oli, että hevosenlannan osuus polttoaineesta olisi noin 20 %. Tarkkaa seossuhdetta ja materiaalien täydellistä sekoittumista keskenään on kuitenkin vaikea arvioida.

## POLTTOAINEIDEN LAATUOMINAISUUDET

Polttoaineen laatuominaisuuksista polton kannalta merkittävimpiä ovat kosteus, lämpöarvo, palakoko ja irtotiheys. Energiahyödynnykseen on tavoitteena saada tasalaatuista ja puhdasta sekä kosteuspitoisuudeltaan ja palakooltaan sopivaa polttoainetta. (Alakangas ym. 2016.)

Demonstraatiopolttokokeissa käytetyistä polttoaineista, eli hevosenlannasta, jrsinturpeesta ja näiden seoksista analysoitiin keskeisimmät polttoprosessiin vaikuttavat tekijät. Polttoaineista otettiin näytteet laboratorioanalyysjää varten SFS-EN 14778 standardin vaatimusten mukaisesti. Analysointien toteutus tehtiin pääasiassa käyttäen kiinteiden biopolttoaineiden standardeja. Kuvassa 1 on nähtävillä näytteenottoa hevosenlannasta. Hevosenlannalla tarkoitetaan kaikissa tämän tutkimuksen tuloksissa aina kuivikkeen, sonnan ja virtsan sekoitusta, eli lantajaetta sellaisena kuin se talleilla luontaisesti muodostuu.



KUVA 1. Näytteenotto hevosenlannasta (kuva Hanne Soininen).

## LABORATORIOANALYYSIT JA KÄYTETYT STANDARDIT

Näytteitä analysoitiin Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun (Xamk) ympäristölaboratoriossa. Lisäksi huhtikuun polttoaineista otetuista näytteistä osa lähetettiin analysoitavaksi ulkopuoliseen akkreditoituun ALS Finland Oy:n laboratorioon. Taulukossa 1 on nähtävillä Xamkin ympäristölaboratoriossa tehdyt analyysit, käytetyt ja sovelletut SFS-standardit sekä laitteistot.

TAULUKKO 1. Analyysit, standardit ja käytetyt laitteet.

Analyysi	Standardi	Käytetty laite
Näytteenotto	SFS 14778	
Irtotiheys	SFS-EN 15103 mukaillen	Vaaka Satorious PT3100
Kokonais-kosteuspitoisuus	SFS-EN 14774-2 mukaillen	Kuivausuuni Memmert, analyysivaaka Mettler Toledo AG204 DeltaRange
Palakokojakauma	SFS-EN 15149-2 mukaillen	Täryseula
Kuiva-aine	SFS-EN 14774-3	Kuivausuuni, analyysivaaka Mettler Toledo AG204 Delta-Range
Tuhkapitoisuus	SFS-EN 14775	Hehkutusuuni, analyysivaaka Mettler Toledo AG204 Delta-Range
Kalorimetrinen lämpöarvo	Laitevalmistajan ohjeet analyysin toteutukseen ja soveltuvin osin SFS-EN 15400.	Parr 6200 pommikalorimettilaitteisto
Savukaasupäästöt	Laitevalmistajan ohjeet analyysin toteutukseen. Datat käsittely ja laskenta SFS 5624 mukaillen.	Testo-350

## POLTTOAINENÄYTTEIDEN IRTOTIHEYS, KOKONAISKOSTEUS JA PALAKOKOJAKAUMAT

Polttoainenäytteistä tehtiin näytteenottovaiheessa irtotiheyden määrittäminen standardia SFS-EN 15103 mukaillen. Määrittämisessä hevosenlanta- ja turvenäytteet otettiin edustavalla otoksella 65 litran astiaan luotettavan tuloksen aikaansaamiseksi. Irtotiheyden määrittäytulokset ovat nähtävissä taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Polttoainenäytteiden irtotiheys- ja kokonaiskosteusmääritysten tulokset.

Polttoaine	Irtotiheys, kg/m <sup>3</sup>	Kosteus, p-%
<b>Demonstraatiokoe 1</b>		
Turve	325	43,0
Lanta, näyte 1	323	65,6
Lanta, näyte 2	227	57,3
Lanta, näyte 3	239	55,6
Lantaturveseos	-	49,9
<b>Demonstraatiokoe 2</b>		
Turve	335	45,9
Lanta, näyte 1	207	42,3
Lanta, näyte 2	297	64,8
Lantaturveseos, näyte 1	-	49,9
Lantaturveseos, näyte 2	-	53,5

Polttoaineen kosteus vaikuttaa polttoaineen poltto-ominaisuuksiin. Kosteus lisää myös savukaasuvirtaa ja heikentää kattilan hyötysuhdetta (Alakangas ym. 2016). Kokonaiskosteuspitoisuudet määritettiin SFS-EN 14774-2 standardia mukaillen. Näytteet kuivattiin Memmertin lämpökaapissa (kuvassa 2) foliovuoissa +105 °C:ssa enintään 24 tunnin ajan kosteuden poistamiseksi. Polttoaineiden kosteuspitoisuudet ovat nähtävissä taulukossa 2. Taulukosta käy ilmi, että hevosenlannan kosteuspitoisuus on vaihdellut 42–66 %:n välillä. Selittävänä tekijä pidetään käytetyn kuivikkeen määrää sekä lannan ikää.

Polttoaineen palakokojakauma vaikuttaa palamisprosessiin; sillä on vaikutusta prosessin tasalaatuisuuteen, polttoaineen syötettävyyteen ja palamisprosessin onnistumiseen. Palakoko vaikuttaa polttoaineen tiiviyyteen ja siten myös energiatiheyteen. Palakokojakaumalla on vaikutusta myös kuljetus- ja käsittelylaitteistojen toimintaan. (Alakangas ym. 2016, Alakangas 2000.) Palakokojakauman määrittäminen tehtiin kuivatuista näytteistä SFS-EN 15149-2 standardia mukaillen. Kuvassa 3 on nähtävillä määrittämisessä käytetty täryseula ja taulukossa 3 seulasojen koot.



KUVA 2. Polttoainenäytteiden kosteuspitoisuuden määrittystä (kuva Tarja Seppänen).

TAULUKKO 3. Palakokojakauman määrittämisessä käytettyjen seulojen raekoot.

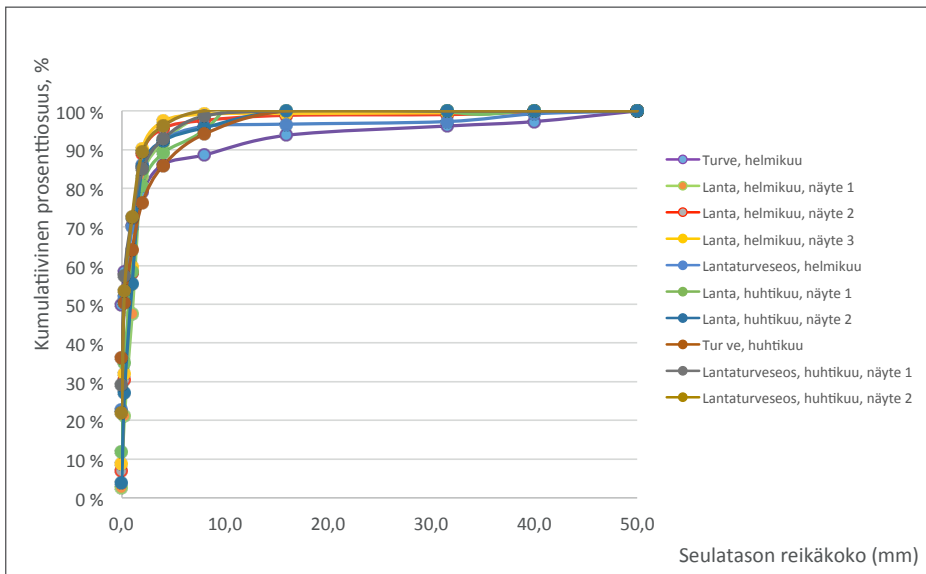
Nro.	Seulataso	Seulan raekoko
1.	50,0 mm	yli 50,0 mm
2.	40,0 mm	40,0-49,9 mm
3.	31,5 mm	31,5-39,9 mm
4.	16,0 mm	16,0-31,4 mm
5.	8,0 mm	8,0-15,9 mm
6.	4,0 mm	4,0-7,9 mm
7.	2,0 mm	2,0-3,9 mm
8.	1,0 mm	1,0-1,9 mm
9.	0,25 mm	0,25-0,9 mm
10.	alite	alle 0,25 mm





KUVA 3. Palakokojakauman määrityksessä käytetty täryseula (kuva Tarja Seppänen).

Kuvassa 4 on nähtävillä polttoainenäytteiden palakokojakaumien kumulatiiviset prosenttiosuudet. Kuvasta nähdään helmikuussa otetut turvenäytteen palakokojakauman poikkeavan muusta sarjasta. Tämä näyte sisälsi muita näytteitä enemmän pienempää raekokoa (< 1,9 mm).



KUVA 4. Polttoaineiden palakokojakaumat esitettynä kumulatiivisena prosenttiosuutena.

## POLTTOAINENÄYTTEIDEN KUIVA-AINE- JA TUHKAPITOISUUDET

Kuiva-ainepitoisuus on se osuus biomateriaalista, jolla on merkitystä polton ja energiahyödyntämisen kannalta. Alakankaan ym. (2016) mukaan kuiva-aine sisältää haihtuvat aineet, kiinteän hiilen ja epäorgaanisen aineksen eli tuhkan. Kuiva-aine sisältää poltossa vapautuvan lämpöenergian ja on siksi merkittävä energianhyödyntämisen kannalta. Polttoainenäytteiden kuiva-ainepitoisuus määritettiin kokonaiskosteuden avulla. Kuiva-ainepitoisuudet ovat nähtävillä taulukossa 4.

Taulukossa 4 on myös nähtävillä polttoainenäytteiden tuhkapitoisuudet. Polttoaineen pientä tuhkapitoisuutta pidetään yhtenä hyvänä polttoaineominaisuutena. Korkea tuhkapitoisuus kertoo näytteessä olevista epäpuhtauksista ja se on suoraan verrattavissa polttoaineesta saatavaan lämpöarvoon (Alakangas ym. 2016). Polttoainenäytteiden tuhkapitoisuudet määritettiin kuivatuista näytteistä standardin SFS-EN 14775 mukaan hehkuttamalla +550 °C:ssa.

TAULUKKO 4. Polttoaineiden kuiva-aine- ja tuhkapitoisuudet.

Polttoaine	Kuiva-ainepitoisuus, %	Tuhkapitoisuus, % ka.
<b>Demonstraatiokoe 1</b>		
Turve	57,0	9,9
Lanta, näyte 1	34,4	5,0
Lanta, näyte 2	42,7	5,7
Lanta, näyte 3	44,4	9,5
Lantaturveseos	50,1	7,6
<b>Demonstraatiokoe 2</b>		
Turve	54,1	5,2
Lanta, näyte 1	57,7	10,2
Lanta, näyte 2	35,2	5,9
Lantaturveseos, näyte 1	50,1	5,6
Lantaturveseos, näyte 2	46,5	6,1

## POLTTOAINEIDEN LÄMPÖARVOT

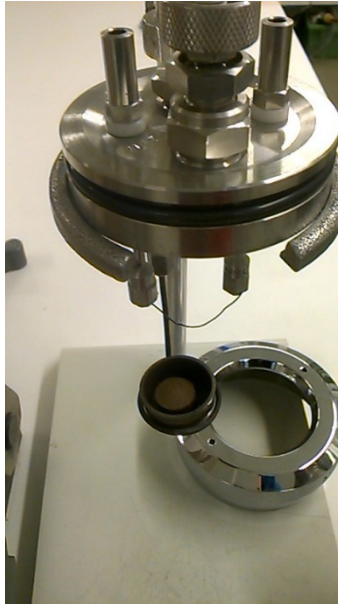
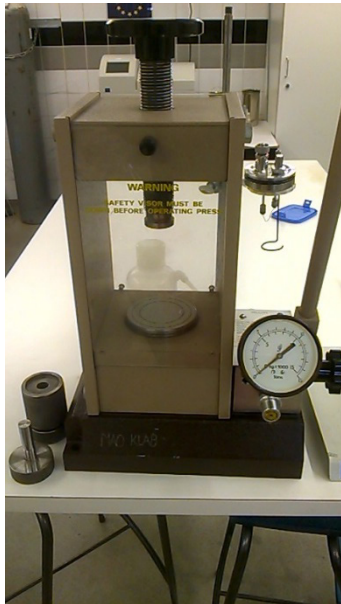
Kalorimetrinen lämpöarvojen määrittäminen oli yksi tärkeimmistä polttoaineille tehtävistä laadullisista määrittämisistä. Kalorimetrinen eli ylempi lämpöarvo kertoo lämpöenergian määrän massayksikköä kohti (MJ/kg). Kalorimetrin avulla saadaan selvitettyä eri polttoaineiden sisältämät lämpöenergian määrät. Kalorimetrinen lämpöarvo määritettiin Parr 6200 -pommikalorimettilaitteistolla. Laitteisto on nähtävillä kuvassa 5.



KUVA 5. Kalorimetriset lämpöarvot määritettiin Parr 6200 -laitteistolla (kuva Tarja Sepänen).

Pommikalorimetrinen analyysi perustuu massaltaan tunnetun näytteen palamiseen suljetussa, veden ympäröimässä astiassa happiatmosfäärissä. Palamisreaktio on voimakas ja tapahtuu räjähdysmäisesti. Lämpöenergia vapautuu, kun materiaali palaa täysin ja palamistuotteet jäähtyvät +25 °C:een (Alakangas ym. 2016).

Analyysjä varten valmistettiin jokaisesta kuivatusta polttoainenäytteestä tabletteja 5 kpl. Tabletti valmistettiin jauhetusta näytteestä puristamalla noin 6 baarin painetta käyttäen. Kuvassa 6 on nähtävillä tabletin valmistukseen käytetty sylinteri ja puristuslaite sekä kuvassa 7 pommikammion kansi, missä valmis näytetabletti on polttoupokkaassa. Tablettien valmistusmassaksi saatiin 0,9–1,3 grammaa näytteestä riippuen. Analyyseissä jouduttiin käyttämään apuna teippiä (Scott Magic Tape), jolla estettiin näytetabletin ennenaikainen kimpoaminen upokkaasta pois voimakkaan paloreaktion alussa. Teipistä määritettiin erikseen lämpöarvo ja tämä on huomioitu näytteiden lämpöarvoissa.



KUVAT 6 ja 7. Vasemmalla tabletin valmistukseen käytetty sylinteri ja laitteisto. Oikealla pommikammion kansi ja näytetabletti upokkaassa (kuva Tarja Seppänen).

Kalorimetriset lämpöarvot on esitetty taulukossa 5. Kosteuspitoisuus vaikuttaa polttoaineesta saatavaan lämpöarvoon ja on merkittävä tekijä, kun biopolttoainetta käytetään energian tuottamiseen ilman kuivausta.

Alempi lämpöarvo eli tehollinen lämpöarvo on laskennallinen ja siinä huomioidaan höyrystyvän veden höyrystymisenergia, ja siten polttoaineen kosteuden vaikutus polttoaineen lämpöarvoon. Tämä lämpöarvo ilmoitetaan taulukossa 5 saapumistilassa eli siinä kosteudessa, jossa näyte on saapunut analyysiin. Laskennassa huomioidaan polttoaineen sisältämän ja palamisessa syntyneen veden haihduttamisen energiamäärä (Alakangas ym. 2016).

Taulukossa 5 on nähtävissä kootusti monitorointijaksojen tulokset. Taulukossa \*-merkityt arvot ovat laskennallisia arvoja ja arvoissa on hyödynnetty kirjallisuuserrointa 5,8 vedyn osalta sekä analysoituja näytteiden kokonaiskosteutta, analyysikosteutta ja irtotiheyttä. Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa yksikössä kWh/kg on muunnettu käyttäen muuntoerrointa  $1 \text{ MJ} = 0,2778 \text{ kWh}$  (Alakangas ym. 2016). Energiatiheys  $\text{MWh}/\text{m}^3$  on tehollinen lämpöarvo saapumistilassa huomioituna yhtä irtokuutiota kohti.

TAULUKKO 5. Polttoaineiden lämpöarvot ja energiatiheys.

Polttoaine	Kalorimetrisen lämpöarvo, MJ/kg	Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa, MJ/kg*	Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa, kWh/kg*	Energiatiheys, MWh/i-m <sup>3*</sup>
<b>Demonstraatiokoe 1</b>				
Turve	20,8	10,5	2,9	1,0
Lanta, näyte 1	18,4	4,5	1,3	0,4
Lanta, näyte 2	18,8	6,3	1,8	0,4
Lanta, näyte 3	18,6	6,5	1,8	0,4
Lantaturveseos	20,8	8,6	2,4	-
<b>Demonstraatiokoe 2</b>				
Turve	23,3	10,8	3,0	1,0
Lanta, näyte 1	18,5	9,0	2,5	0,5
Lanta, näyte 2	18,5	4,5	1,3	0,4
Lantaturveseos, näyte 1	21,2	8,8	2,5	-
Lantaturveseos, näyte 2	19,5	7,3	2,0	-

\* Laskennallisia arvoja

## ALS FINLAND OY:N TULOKSET POLTTOAINENÄYTTEISTÄ

Osa huhtikuun polttoainenäytteistä lähetettiin ALS Finland Oy:n akkreditoituun laboratorioon analysoitavaksi. Taulukossa 6 on nähtävillä ulkopuolisen laboratorion tekemät analyysit ja tulokset. Tuloksissa ei ole nähtävissä ristiriitaisuuksia yllä esitettyjen Xamkin ympäristölaboratoriossa saatujen tulosten kanssa.

Taulukosta 6 nähdään hevosenlannan ja jyrshinturpeen kosteuspitoisuuksien olevan huhtikuussa samalla tasolla. Kokonaiskosteus vaikuttaa merkittävästi polttoaineiden energiatiheyteen, joten kokonaiskosteuksen perusteella energiatiheydet ovat tässä vertailukelpoisia keskenään. Hevosenlantaturveseosken tehollinen lämpöarvo saapumistilassa sijoittuu noin samaan arvoon turpeen kanssa. Polttoaineiden energiatiheydet on laskettu aiemmin määritetyn irtotiheyden avulla. Hevosenlannan energiatiheys irtokuutiota kohti oli 0,52 MWh/i-m<sup>3</sup> eli yli puolet siitä energiatiheydestä, mikä käytetyssä jyrshinturpeessa oli (1,01 MWh/i-m<sup>3</sup>). Alakankaan (2000) ilmoittama kirjallisuusarvo jyrshinturpeen energiatiheydelle on keskiarvoisesti 0,91 MWh/i-m<sup>3</sup>.

TAULUKKO 6. Demonstraatiokokeissa käytettyjen polttoaineiden laatuominaisuuksia.

Analyysi	Turve	Lanta	Lantaturve-seos
Kokonaiskosteus, %	45,7	42,3	47,1
Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa, MJ/kg	10,30	8,37	10,10
Tehollinen lämpöarvo irtotiheydelle saapumistilassa, MWh/i-m <sup>3</sup> *	1,01	0,52	-
Tuhkapitoisuus, % ka. (550 °C)	6,40	17,6	6,83
Kuiva-ainepitoisuus, % (105 °C)	54,2	46,0	54,7
Hiili (C), % ka.	54,2	39,8	53,7
Vety (H), % ka.	6,16	5,42	6,19
Typpi (N), % ka.	1,89	1,61	2,05
Happi (O <sub>2</sub> ), % ka.	31,0	35,4	30,9
Kloori (Cl), % ka.	0,04	0,17	0,07
Palava rikki (S), % ka.	0,33	0,18	0,29
Kalium (K), mg/kg ka.	185	6 840	985
Magnesium (Mg), mg/kg ka.	562	1 430	775
Kalsium (Ca), mg/kg ka.	4 270	4 120	4 480
Beryllium (Be), mg/kg ka.	0,088	0,018	0,074
Strontium (Sr), mg/kg ka.	26,5	17,8	28,1
Barium (Ba), mg/kg ka.	40,0	21,6	41,0
Natrium (Na), mg/kg ka.	43	389	118

Hevosennannan, kuten biopolttoaineidenkin ongelmallisuus poltossa johtuu pääasiassa niiden sisältämästä kloorista ja alkaleista. Poltossa ne muodostavat korroosiivisia ja likaavia alkaliklorideja. Lisäksi alkalit reagoivat leijupetipoltossa petimateriaalin kanssa aiheuttaen petijyvösten kasvua ja aggregoitumista. Polttoaineen sisältämän kloorin, natriumin ja kaliumin määrällä on vaikutusta myös tuhkan sulamisominaisuuksiin ja siten kattilan likaantumisen- ja korroosioriskin lisääntymiseen. (Alakangas ym. 2016, Alakangas 2000.)

Taulukossa 7 on nähtävissä polttoaineiden kloori- ja alkalipitoisuuksia. Tutkitussa hevosennannassa klooripitoisuus on korkeampi kuin pääpolttoaineessa. Myös kaliumin, natriumin ja magnesiumin pitoisuudet ovat tutkitussa hevosennannassa pääpolttoainetta korkeammat.

Taulukossa 7 on nähtävissä tässä tutkimuksessa sekä aiemmissa tutkimuksissa analysoituja hevosennälän laatuominaisuuksia koottuna yhteen. Taulukossa kolmen ensimmäisen sarakkeen (Hevosennälä 1–3) tiedot on poimittu Alakankaan ym. (2016) julkaisusta. HevosWoima-hankkeen tulokset on koostettu Tanskanen (2017) julkaisun sekä hankkeen aiemmin julkaisemattoman aineiston pohjalta ja ne perustuvat pilot-mittakaavan koepoltoissa käytetyn nälän analyysiin. HevosWatti-hankkeen osalta tuloksiin on laskettu ALS Finland Oy:n tekemien analyysitulosten keskiarvot.

TAULUKKO 7. Hevosennälän laatuominaisuuksia (Alakangas ym. 2016, Tanskanen 2017).

Ominaisuus	Hevosennälä 1	Hevosennälä 2	Hevosennälä 3	HevosWoima-hankkeen tulokset	HevosWatti-hankkeen tulokset
Kosteus, p-%	69,9	80,3	77,6	58,1	47,1
Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa, MJ/kg	3,39	1,49		5,57	7,38
Kalorimetrinen lämpöarvo, MJ/kg ka.	18,04	18,74		17,27	17,05
Tehollinen lämpöarvo, MJ/kg ka.	16,9	17,55		16,75	15,95
Tuhka (550°C), p-% ka.	13,3	11,0		11,2	13,6
Tuhka (815°C), p-% ka.	12,4	10,7	7,5		
Hiili (C), p-% ka.	45,8	46,4	45	46,2	39,9
Vety (H), p-% ka.	5,2	5,5	6,0	5,85	5,3
Typpi (N), p-% ka.	1,49	1,11	1,50	0,52	1,67
Haihtuvat aineet, p-% ka.	63,6				
Rikki (S), p-% ka.	0,19	0,13	<2	0,13	0,20
Happi (O <sub>2</sub> ), p-% ka.	36,16	38,00		36,00	39,15
Kloori (Cl), p-% ka.	0,62	0,13		0,26	0,28
Fluori (F), p-% ka.	0,003				
Pii (Si), p-% ka.	1,71			0,02	0,01
Fosfori (P), p-% ka.	0,47			0,25	0,25
Kalium (K), p-% ka.	1,45	0,94		0,82	0,76
Kalsium (Ca), p-% ka.	0,62	0,32		0,91	0,59
Magnesium (Mg), p-% ka.	0,26	0,29		0,19	0,11

Alumiini (Al), p-% ka.	0,1			0,09	0,12
Natrium (Na), p-% ka.	0,4	0,23		0,12	0,12
Rauta (Fe), p-% ka.	0,04			0,14	0,33
Titaani (Ti), p-% ka.	0,002			0,00006	0,004
Mangaani (Mn), p-% ka.	0,02			0,01	0,04
Sinkki (Zn), p-% ka.	157			0,01	0,01
Arseeni (As), mg/kg ka.	1,4			<0,5	<0,5
Kadmium (Cd), mg/kg ka.	0,07			<0,4	<0,4
Elohopea (Hg), mg/kg ka.	<0,05			<0,2	<0,2

## DEMONSTRAATIOPOLTTOKOKOKEIDEN LENTOTUHKAN ANALYYSITULOKSET

Polttokokeiden aikana otettiin edustavat näytteet toteutettujen koepolttojen tuhkista. Tuhkanäytteet otettiin kokoomanäytteenä sähkösuodattimien tuhkaneräyskontin lentotuhkasta.

Lentotuhkanäytteistä tehtiin kokoomanäyte, joka analysoitiin ALS Finland Oy:n akkreditoitussa laboratoriossa. Lentotuhkalle teetettiin kaksivaiheinen ravistelutesti (SFS-EN 12457-3) kaatopaikkakelpoisuuden määrittämiseksi. Taulukosta 8 voidaan nähdä kaksivaiheisen ravistelutestin analyysitulokset, joiden perusteella hevosenlannan koepoltosta syntynyt lentotuhka luokitellaan kuuluvaksi tavanomaisen jätteen kaatopaikalle.



TAULUKKO 8. Lentotuhkanäytteen kaksivaiheisen ravistelutestin tulokset ja vertailu Valtioneuvoston asetuksen (331/2013) raja-arvoihin jätteen kaatopaikkakelpoisuudesta.

Kaksivaiheinen ravistelutesti (mg/kg kuiva-ainetta L/S = 10 l/kg)	Koepolttojen lentotuhka	Pysyvän jätteen kaatopaikka (VNa 331/2013)	Tavanomaisen jätteen kaatopaikka (VNa 331/2013)	Vaarallisen jätteen kaatopaikka (VNa 331/2013)
Arseeni (As)	0,0143	0,5	2	25
Barium (Ba)	3,36	20	100	300
Kadmium (Cd)	<0,00545	0,04	1	5
Kromi (Cr)	0,338	0,5	10	70
Kupari (Cu)	0,0207	2,0	50	100
Elohopea (Hg)	<0,0001	0,01	0,2	2
Molybdeeni (Mo)	5,39	0,5	10	30
Nikkeli (Ni)	<0,0819	0,4	10	40
Lyijy (Pb)	<0,0118	0,5	10	50
Antimoni (Sb)	<0,0109	0,06	0,7	5
Seleen (Se)	0,220	0,1	0,5	7
Sinkki (Zn)	0,132	4,0	50	200
Kloridi (Cl)	688	800	15 000	25 000
Fluoridi (F)	<5,74	10	150	500
Sulfaatti	2 190	1 000	20 000	50 000
Fenoli-indeksi	<0,0705	1	-	-
Liuennot orgaaninen hiili DOC	18,6	500	800	1 000
Liuenneiden aineiden kokonaismäärä TDS	11 100	4 000	60 000	100 000

Tuhkan hyödyntäminen lannoitteena edellyttää, että se täyttää lannoitevalmisteille asetetut yleiset ja tyypinimikohtaiset vaatimukset. Taulukossa 9 on nähtävissä demonstraatiokokeiden aikaisen lentotuhkan analyysitulosten vertailu tuhkalannoitteen haitallisten aineiden enimmäispitoisuuksiin käyttökohteen mukaan jaoteltuna. Muulla käytöllä tässä yhteydessä tarkoitetaan käyttöä pelto- ja puutarhataloudessa, viherrakentamisessa ja maisemoinnissa. (Evira 2016.)

TAULUKKO 9. Demonstraatiokokeiden aikaisen lentotuhkan analyysitulosten vertailu tuhkalannoitteen haitallisten aineiden enimmäispitoisuuksiin käyttökohteen mukaan jaoteltuna (Evira 2016).

Alkuaine	Koepolttojen lentotuhka, mg/kg ka.	Haitallisten aineiden enimmäispitoisuudet, metsäkäyttö, mg/kg ka.	Haitallisten aineiden enimmäispitoisuudet, muu käyttö, mg/kg ka.
Arseeni (As)	0,0143	40	25
Elohopea (Hg)	<0,0001	1	1
Kadmium (Cd)	<0,00545	25	2,5
Kromi (Cr)	0,338	300	300
Kupari (Cu)	0,0207	700	600
Lyijy (Pb)	<0,0118	150	100
Nikkeli (Ni)	<0,0819	150	100
Sinkki (Zn)	0,132	4500	1500

Energiantuotannossa syntyvät lento- ja pohjatuhkat sekä leijupetihiekat on luokiteltu jätteiksi jätelain (646/2011) nojalla. Jätelain mukaisesti jätteet on kierrätettävä tai hyödynnettävä, mikäli se on mahdollista, eikä siitä aiheudu kokonaisuutena arvioiden vaaraa tai haittaa ympäristölle tai terveydelle. Tuhkien hyödyntäminen maarakentamisessa luetaan MARA-asetuksen, eli valtioneuvoston asetuksen eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa (843/2017) alaisuuteen.

Poltossa syntyvää tuhkaa voitaisiin hyödyntää erilaisissa maarakentamiskohteissa, mikäli sen haitta-aineet jäävät alle MARA-asetuksen raja-arvojen kaikkien haitta-aineiden osalta käyttökohteessa. Tässä tutkimuksessa ei kaikkia asetuksen haitta-aineita analysoitu, mutta analysoiduista aineista vain sulfaatti ylitti sille MARA-asetuksessa annetun tiukimman raja-arvon.

## SAVUKAASU- JA HIUKKASMITTAUKSET

Polttokokeiden aikana tehtiin savukaasu- ja hiukkasmittaukset sekä pääpolttoaineelle että hevosenlannan seospoltolle. Mittauksia tehtiin neljän päivän aikana molemmilla tarkkailujaksoilla.

Juvan kaukolämpökeskuksessa käytetty mittausyhde sijaitsee sähkösuodattimien jälkeisessä vaakasuorassa savukaasukanavassa. Savukaasumittaukset tehtiin Testo 350 -savukaasuanalyysaattorilla, ja hiukkasmittaukset gravimetrisesti Dr. Födisch -hiukkasmittausanalyysaattorilla. Kuvassa 8 on nähtävissä savukaasu- ja hiukkasmittausten toteutusta.



KUVA 8. Savukaasu- ja hiukkasmittaus Juvan kaukolämpökeskuksessa demonstraatio-  
kokeiden aikana (kuva Tarja Seppänen).

Helmikuun mittausjakso oli poutainen pakkasjakso. Huhtikuun mittausjaksolla sää oli selkeä ja melko lämmin. Mittausten aikana vallinneet olosuhteet Juvan Partalassa on tarkemmin nähtävissä taulukossa 10. Olosuhteiden keskiarvot on laskettu mittausjakson (klo 6–15) ajalta. (Ilmatieteen laitos 2018.)

TAULUKKO 10. Mittausten aikana vallinneet olosuhteet (Ilmatieteen laitos 2018).

Pvm	Ilmanpaine (msl), hPa	Suhteellinen kosteus, %	Ilman lämpötilä, °C
5.2.2018	1027,13	84,5	-9,9
6.2.2018	1015,18	84,5	-10,0
7.2.2018	1013,94	84,2	-11,9
8.2.2018	1020,61	92,9	-7,2
17.4.2018	1012,86	64,2	+8,5
18.4.2018	1017,68	46,2	+10,8
19.4.2018	1019,56	50	+11,2
20.4.2018	1013,09	69,1	+6,3

Savukaasusta mitattiin happi-, hiilimonoksidi- ja rikkidioksidipitoisuuksia sekä typen oksidipitoisuudet. Savukaasumittausten mittaustulokset keskiarvoina eri mittauspäiviltä ovat nähtävissä kootusti taulukossa 11.

TAULUKKO 11. Savukaasumittausten tulokset eri mittausjaksoilla helmi- ja huhtikuussa 2018.

Polttoaine ja pvm	Kattilan teho, MW*	O <sub>2</sub> , %	CO, mg/m <sup>3</sup> n	NO <sub>x</sub> , mg/m <sup>3</sup> n	SO <sub>2</sub> , mg/m <sup>3</sup> n
<b>Demonstraatiokoe 1</b>					
Turve, 5.2.	7,7	6,4	154,6	444,5	299,5
Lantaturveseos, 6.2.	7,9	6,5	321,5	367,4	318,7
Lantaturveseos, 7.2.	8,0	6,4	137,0	362,4	267,3
Turve, 8.2.	6,5	6,6	226,3	430,7	354,6
<b>Demonstraatiokoe 2</b>					
Turve, 17.4.	3,3	7,4	210,7	251,8	296,2
Lantaturveseos, 18.4.	3,3	7,5	225,2	256,3	290,1
Lantaturveseos, 19.4.	2,9	6,9	301,7	215,5	252,8
Lantaturveseos, 20.4.	3,6	7,0	331,5	210,4	232,9

\* Klo 6–15 toteutunut teho

Hiukkasmittaukset tehtiin samanaikaisesti savukaasupäästämittausten kanssa. Hiukkasmittaustulokset on esitetty taulukossa 12. Mittauksien kokonaispäästämäärän arvioidaan olevan savukaasupäästöissä ± 20 % ilmoitetuista tuloksista ja hiukkaspäästöissä ± 30 %

ilmoitetuista tuloksista. Mittausepävarmuuteen luetaan mukaan näytteenoton virheet, analysaattorien epätarkkuus, savukaasujen kosteuden määrittämisen epävarmuus ja näistä johtuva laskentaan kohdistuva virhe.

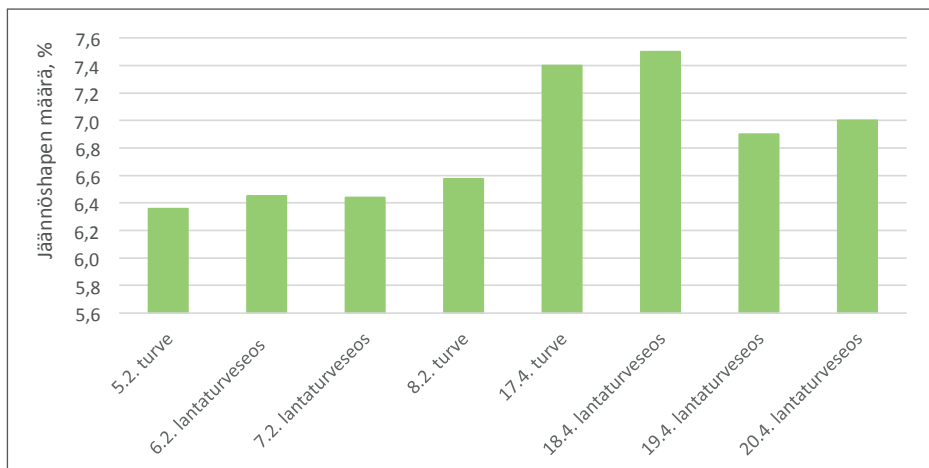
TAULUKKO 12. Hiukkasmittaustulokset eri mittausjaksoilla helmi- ja huhtikuussa 2018.

Polttoaine ja pvm	Kattilan teho, MW	Savu-kaasuvirtaus, m <sup>3</sup> n/s	Mittausaika, min	Imetty näytesavu-kaasumäärä, m <sup>3</sup>	Hiukkaset, mg/m <sup>3</sup> n, redusoitu 6 % O <sub>2</sub>
<b>Demonstraatiokoe 1</b>					
Turve, 5.2.	~8	2,84	119	1,9	36,7
Lantaturveseos, 6.2.	~8	2,71	120	4,4	28,8
Lantaturveseos, 7.2.	~8	2,64	180	6,5	25,3
Turve, 8.2.	~8	2,45	180	6,0	36,2
<b>Demonstraatiokoe 2</b>					
Turve, 17.4.	~3	2,26*	180	3,9	8,8
Lantaturveseos, 18.4.	~3	2,36*	180	3,0	7,5
Lantaturveseos, 19.4.	~3	2,23*	180	4,5	5,4
Lantaturveseos, 20.4.	~3	2,38*	180	3,3	6,4

\* Laskennallinen arvo, kostea kaasu normaaliolosuhteet

## TULOSTEN VERTAILU

Savukaasupäästöjen jäännöshapen pitoisuus savukaasuissa oli helmi- ja huhtikuun mittausjaksoilla tasaista, eikä havaittavaa vaihtelua saman jakson eri mittauspäivien välillä oikeastaan ollut. Sen sijaan eri mittausjaksojen välillä oli jonkin verran vaihtelua. Kuvassa 9 on nähtävillä jäännöshapen vaihtelutaso eri mittauspäivinä.

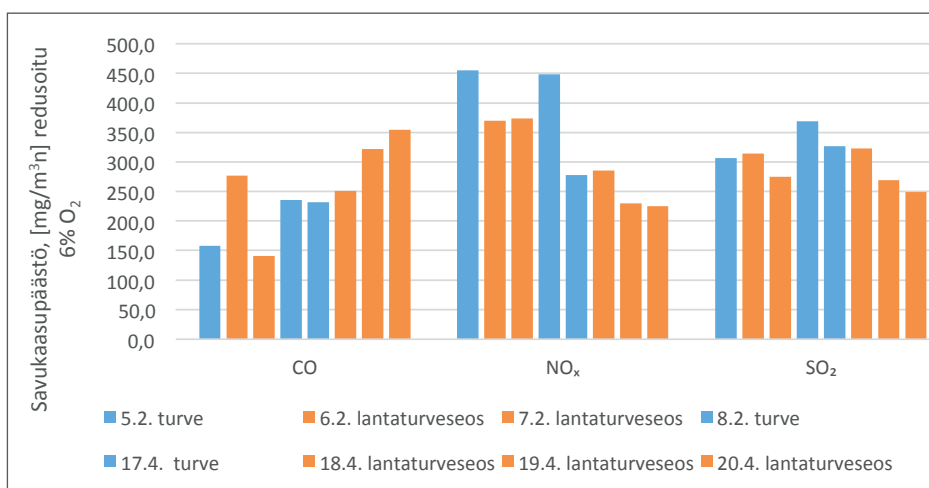


KUVA 9. Jäännöshapen määrät keskiarvoina eri mittauspäivinä.

Häkäpäästöissä (CO) oli jonkin verran vaihtelua eri mittauspäivinä. Häkäpitoisuus kuvaa polton onnistumista, johon vaikuttaa olennaisesti polttoaineen kosteuspitoisuus.

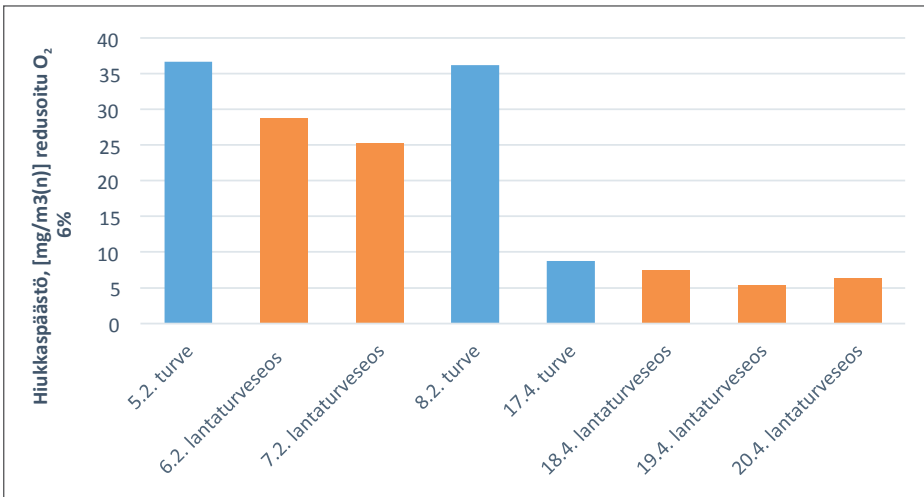
Rikkidioksidin (SO<sub>2</sub>) osalta puolestaan voidaan havaita lievää päästöpitoisuuksien laskua poltettaessa hevosenanturveseosta. Hevosenantaturveseoksen rikkidioksidipäästöt ovat pienemmät kuin pelkän jyrsinturpeen. Tämä saattaa johtua jyrsinturpeen luontaisesti sisältämästä rikistä.

Myös typenoksidien (NO<sub>x</sub>) osalta on havaittavissa päästöpitoisuuksien laskua hevosenantaa poltettaessa. Savukaasupäästöjen tuloksia redusoituna 6 % jäännöshapteen on nähtävillä kuvassa 10.



KUVA 10. Savukaasupäästöjen mittaustulokset redusoituna 6 % happipitoisuuteen.

Hiukkasmittausten osalta helmikuussa tehtyjen mittausten hiukkastulokset ovat korkeammat kuin huhtikuussa. Selittävinä tekijöinä voidaan pitää polttoaineen laatua, kuten kosteutta ja palakokojakaumaa sekä polttoprosessiin kuuluvia tekijöitä, esimerkiksi hapen määrää ja polttoaineen syöttönopeutta. Myös savukaasun viipyminen kattilassa sekä hiukkasten palaminen ennen virtausta savukaasukanavassa voivat olla selittävänä tekijänä suhteessa korkeimpiin tuloksiin. Hiukkasmittaustulokset eri mittauspäiviltä on esitetty kuvassa 11.



KUVA 11. Hiukkasmittaustulokset redusoituna 6 % happipitoisuuteen.

## JOHTOPÄÄTÖKSET

Hevoslannan laatuominaisuuksista muun muassa kokonaiskosteus- ja tuhkapitoisuus ovat tärkeitä ja huomioitavia ominaisuuksia seospolton onnistumisen kannalta. Polttoaineen suuri kokonaiskosteus aiheuttaa materiaalin tehollisen lämpöarvon voimakkaan laskemisen ja vaikuttaa täten olennaisesti saatavaan energiamäärään. Polttoaineen kosteus laskee myös sen lämpöarvoa, joten kostea polttoainetta joudutaan käyttämään enemmän kuin kuivaa. Kostea polttoaine myös jäätyy ja paakkuuntuu helposti. Tästä syystä on kiinnitettävä huomiota erityisesti hevoslannan säilytysolosuhteisiin, -paikkaan ja -aikaan.

Hevoslannan kosteus- ja kuivikepitoisuudet vaihtelevat eri erissä melko paljon. Tästä syystä hevoslanta soveltuu huonosti ainoaksi polttoaineeksi tai pääpolttoaineeksi polttolaitokseen. Hevoslannan poltto onnistuu parhaiten todennäköisesti seospoltona suhteellisen alhaisena osuutena pääpolttoaineen seassa, jolloin sen laatu vaihteluakin pystytään tasoittamaan.

Hevosenslanta sisältää enemmän korrodoivia yhdisteitä ja aiheuttaa siten todennäköisesti enemmän korroosiota polttolaitteisiin kuin esimerkiksi turve tai puuhake. Korrodoivien yhdisteiden vaikutukset riippuvat kuitenkin muun muassa vallitsevista olosuhteista, yhdisteitä sitovista aineista ja suojaavien kerrosten syntymisestä. Demonstraatiokokeiden aikaisia korroosiovaikutuksia ei havaittu, mutta tarkastelujakso oli melko lyhyt.

Kaksivaiheisen ravistelutestin tulosten perusteella hevosenslannan seospoltossa syntynyt lentotuha luokitellaan tavanomaisen jätteen kaatopaikalle kuuluvaksi jätteeksi. Poltossa syntyvän tuhkan hyödyntämiselle lannoitteena tai maarakennusaineena ei vaikuttaisi tämän tutkimuksen perusteella olevan estettä haitallisten aineiden osalta.

Polttoaineen ominaisuudet ja polttotekniset ratkaisut vaikuttavat savukaasupäästöihin. Saaduista mittaustuloksista voidaan havaita, ettei hevosenslanta-jyrsinturveseoksella ja pelkän jyrsinturpeella tapahtuvan polttoprosessin aikana syntyneiden savukaasujen ja hiukkapiitoisuuksien tuloksissa ole suuria eroja. Polttotekniset ominaisuudet pysyivät samalla mittausjaksoilla eri mittauspäivinä samankaltaisina, joten vähäiset muutokset savukaasupäästöissä johtunevat polttoaineen ominaisuuksista.

Savukaasupäästöissä oli havaittavissa typen oksidipitoisuuksien laskua hevosenslantaa poltettaessa. Lannan kutterinpuru saattaa vähentää typen oksidipäästöjä. Lisäksi on mahdollista, että hevosenslannan sisältämä ammoniakki reagoi polttokokeissa typen oksidien kanssa vähentäen näin typen oksidipäästöjä.

Hevosenslanta sisältää vähemmän rikkiä kuin jyrsinturve, joka osaltaan voi vaikuttaa saattuihin pienempiin rikkidioksidipäästöihin. On kuitenkin huomioitava, että pelkästään polttoaineen ainesisällön perusteella ei voida päätellä sitä, miten se vaikuttaa polttoprosessiin ja päästöihin.

Hiukkasmittausten tuloksia tarkastellessa käy ilmi, että mittausaika, imetty näytesavukaasumäärä ja savukaasuvirtausnopeus eri näytteissä ovat hiukan eri tasoilla. Dr. Födisch -hiukkasmittausanalyysoija sekä hiukkasmittauksissa tapahtuva laskenta huomioi jokaisen yksittäisen mittauksen aikana määritetyt suuret ja tästä johtuen näytteet ovat vertailukelpoisia keskenään.

Hiukkaspitoisuuksien mittaustulokset ovat hyvin tasaiset molemmissa mittausjaksoissa. Huhtikuun mittauksissa saadut tulokset ovat hyvin samantapaisia kuin Juvan aluelämpökeskuksessa aiemmin tehtyjen hiukkaspäästömittausten tulokset. Hevosenslannan poltto ei näy hiukkaspäästöissä kummankaan mittausjakson osalta poikkeavina hiukkaspitoisuuksina.

Selvityksen aikana pyrittiin laajentamaan ja täsmentämään kuvaa hevosenslannan laatuominaisuuksista ja sen hyödyntämisestä energiakäytössä. Demonstraatiokokeessa kutteri-kuivikepohjainen hevosenslanta osoittautui käyttökelpoiseksi materiaaliksi seospoltossa.



Demonstraatiopolttokokeiden aikana polttoprosessissa ei havaittu ongelmia ja seospoltto vaikutti soveltuvan käytettäväksi Suur-Savon Sähkö Oy:n Juvan kaukolämpökeskuksessa. Polttoaineen laatu on kuitenkin merkittävä tekijä polttoprosessin onnistumisessa ja etenkin sen kosteuspitoisuuteen ja lämpöarvoon tulee kiinnittää huomiota. Myös seospoltossa käytettyjen polttoaineiden tasainen sekoittuminen keskenään edistää polton onnistumista ja vaikuttaa siten myös savukaasu- ja hiukkaspäästöihin.

## LÄHTEET

Alakangas, E. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2000/t2045.pdf>

Alakangas, E., Hurskainen M., Laatikainen-Luntama J. & Korhonen, J. 2016. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. Saatavissa: <https://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2016/T258.pdf>.

Ilmatieteen laitos 2018. Havaintojen lataus. Saatavissa: <https://cdn.fmi.fi/fmiodata-convert-api/preview/6877fb21-04ea-4e44-bbeb-a88ffb21cf77/?locale=fi>

SFS-EN 12457-3. Kaksivaiheinen ravistelutesti.

SFS-EN 15149-2. Kiinteät biopolttoaineet. Palakokojakauman määrittäminen. Osa 2. Täryseulamenetelmä (värähtelevä) käyttäen 3,15 mm ja sen alle meneviä seulan aukkoja (mukaillen).

SFS-EN 14778. Kiinteät biopolttoaineet. Näytteenotto.

SFS-EN 14780. Kiinteät biopolttoaineet. Näytteen esikäsittely.

SFS-EN 14774-2. Kiinteät biopolttoaineet. Kosteuspitoisuuden määrittäminen. Uunikuivausmenetelmä. Osa 2: kokonaiskosteus. Yksinkertaistettu menetelmä.

SFS-EN 15103. Kiinteät biopolttoaineet. Irtotiheyden määrittäminen (mukaillen).

Tanskanen, R. (toim.) 2017. Esiselvitys Etelä-Savon hevostalouden materiaalivirtojen hyödyntämisestä uusiutuvana energiana. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Xamk kehittää 2. ISBN 978-952-344-004-3.

Valtioneuvoston asetus eräiden jätteen hyödyntämisestä maarakentamisessa 843/2017. Saatavissa: Finlex. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170843>.

Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista 331/2013. Finlex. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130331>.

# DEMONSTRAATIOPOLTTOKOE JYRSINTURVEHAKESEOKSELLA JA HEVOSENLANALLA

Riina Tuominen & Tuomas Vanhanen & Harri Karhu & Heikki Tirkkonen

HevosWatti-hankkeen demonstraatiopolttokokeissa tutkittiin käytettyjen polttoainien ominaisuuksia sekä niiden vaikutusta Suur-Savon Sähkö Oy:n Juvan kaukolämpökeskuksen savukaasu- ja hiukkaspitoisuuksiin sekä prosessin toimintaan. Savukaasu- ja hiukkasmittauksia tehtiin kolmen eri mittausjakson aikana. Helmi- ja huhtikuussa 2018 (demonstraatiokokeet 1 ja 2) pääpolttoaineena oli turve. Syyskuun 2018 (demonstraatiokoe 3) polttokokeessa pääpolttoaineena oli turvehakeeseos.

Syyskuun demonstraatiopolttokoe toteutettiin Suur-Savon Sähkö Oy:n Juvan 8 MW:n kaukolämpökeskuksessa. Polttokokeen ajankohta oli 18.–20.9.2018. Koe pyrittiin tekemään laitoksen minimiteholla, ja kokeiden aikana teho oli noin 2 MW.

## KÄYTETYT POLTTOAINEET JA NIIDEN OMINAISUUDET

Demonstraatiokokeen 3 pääpolttoaineena oli jyrsinturvehakeeseos, jossa hakkeen osuus oli noin 30 %. Koepoltoissa käytetty kutterinpurupohjainen hevosenslanta toimitettiin juvalaiselta ravitallilta. Poltoissa käytetty turve tuli Juvan Pakinsuolta. Demonstraatiokokeen polttoerä sekoitettiin kaukolämpökeskuksen polttoaineen vastaanotossa, ja siinä hevosenslannan osuus oli noin 20 %. Polttokokeissa käytetyistä polttoaineista, eli hevosenslannasta, jyrsinturvehakeeseoksesta ja näiden seoksesta analysoitiin keskeisimmät polttoprosessiin vaikuttavat tekijät.

Polttoaineista otettiin näytteet laboratorioanalyysjä varten SFS-EN 14778 standardin vaatimusten mukaisesti. Analysointien toteutus tehtiin pääasiassa käyttäen kiinteiden biopolttoainien standardeja. Kuvassa 1 on nähtävissä analyysjä varten kuljettimelta kerättyä jyrsinturvehake-hevosenslantaseosta.



KUVA 1. Jyrsinturvehake-hevoslantaseosta kerättyä saaviin (kuva Riina Tuominen).

Näytteitä analysoitiin Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun (Xamk) ympäristölaboratoriossa. Osa näytteistä lähetettiin analysoitavaksi myös ulkopuoliseen akkreditoituun ALS Finland Oy:n laboratorioon. Xamkin ympäristölaboratoriossa tehdyt analyysit, käytetyt ja sovelletut SFS-standardit sekä laitteistot olivat pääosin samat kuin aiemmin toteutetussa polttokokeessa, ja ovat nähtävillä taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Analyysit, standardit ja käytetyt laitteet.

Analyysi	Standardi	Käytetty laite
Näytteenotto	SFS 14778	
Irtotiheys	SFS-EN 15103 mukaillen	Vaaka Satorious PT3100
Kokonaiskosteuspitoisuus	SFS-EN 14774-2 mukaillen	Kuivausuuni Memmert, analyysivaaka Mettler Toledo AG204 DeltaRange
Palakokojakauma	SFS-EN 15149-2 mukaillen	Täryseula
Kuiva-aine	SFS-EN 14774-3	Kuivausuuni, analyysivaaka Mettler Toledo AG204 DeltaRange
Tuhkapitoisuus	SFS-EN 14775	Hehkutusuuni, analyysivaaka Mettler Toledo AG204 DeltaRange
Savukaasupäästöt	Laitevalmistajan ohjeet analyysin toteutukseen. Datan käsittely ja laskenta SFS 5624 mukaillen.	Testo-350

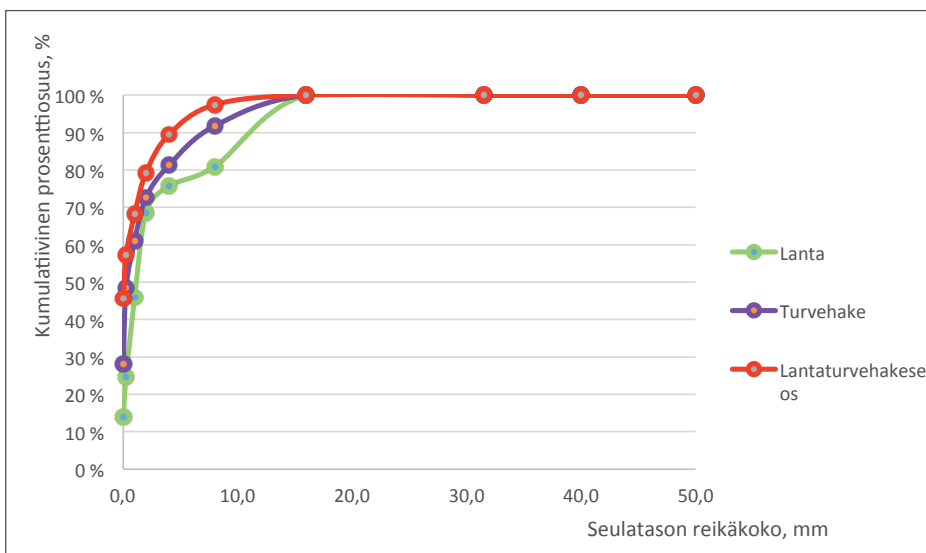
Polttoainenäytteistä tehtiin näytteenottovaiheessa irtotiheyden määrittämiseksi standardia SFS-EN 15103 mukaillen. Määrittäessä hevosenlanta- ja turvehäkenäytteet otettiin edustavalla otoksella 65 litran astiaan. Hevosenlannalla tarkoitetaan kaikissa tämän tutkimuksen tuloksissa aina kuivikkeen, sonnan ja virtsan sekoitusta, eli lantajaetta sellaisena kuin se talleilla luontaisesti muodostuu.

Polttoaineiden kokonaiskosteuspitoisuudet määritettiin SFS-EN 14774-2 standardia mukaillen. Polttoaineiden irtotiheydet sekä kosteuspitoisuudet ovat nähtävissä taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Polttoainenäytteiden irtotiheys- ja kokonaiskosteusmäärittämisen tulokset.

Polttoaine	Irtotiheys, kg/m <sup>3</sup>	Kosteus, p-%
Turvehäkeseos	362	45,0
Lanta	225	52,9
Lantaturvehäkeseos	-	48,4

Polttoaineiden palakokojakaumat määritettiin kuivatuista näytteistä SFS-EN 15149-2 standardia mukaillen. Kuvassa 2 on nähtävillä polttoainenäytteiden palakokojakaumien kumulatiiviset prosenttiosuudet. Kuvasta nähdään, että eri polttoaineiden palakokojakaumat erosivat jonkin verran toistaan.



KUVA 2. Polttoaineiden palakokojakaumat esitettynä kumulatiivisena prosenttiosuutena.

Polttoainenäytteiden tuhkapitoisuudet määritettiin kuivatuista näytteistä standardin SFS-EN 14775 mukaan hehkuttamalla +550 °C:ssa. Polttoainenäytteiden kuiva-ainepitoisuus määritettiin kokonaiskosteuden avulla. Polttoainenäytteiden tuhka- ja kuiva-ainepitoisuudet ovat nähtävissä taulukossa 3.

TAULUKKO 3. Polttoaineiden kuiva-aine- ja tuhkapitoisuudet.

Polttoaine	Kuiva-ainepitoisuus, %	Tuhkapitoisuus, % ka.
Turvehakeseos	55,0	3,8
Lanta	47,1	10,6
Lantaturvehakeseos	51,6	4,1

Polttoainenäytteistä lähetettiin osa ALS Finland Oy:n akkreditoituun laboratorioon analysoitavaksi. Taulukossa 4 on esitetty ulkopuolisen laboratorion tekemät analyysit ja tulokset. Taulukossa on nähtävissä polttoaineiden kloori- ja alkalipitoisuuksia. Lannassa klooripitoisuus on korkeampi kuin pääpolttoaineessa. Myös kaliumin, natriumin ja magnesiumin pitoisuudet ovat tutkitussa hevosenlannassa korkeammat kuin pääpolttoaineessa.

Taulukosta 4 käy ilmi, että hevosenlannan ja jyrshinturpeen kosteuspuitoisuudet eivät eroa toisistaan merkittävästi. Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa huomioituna yhtä irtokuitiota kohti (eli polttoaineen energiatiheys) saadaan laskennallisesti määritettyä irtotihey-

tä hyödyntäen. Aiemmin määritettyjä polttoaineiden irtotiheyksiä hyödyntäen saadaan energiatiheudeksi turvehakeseokselle 1,03 MWh/i-m<sup>3</sup> ja hevosenlannalle 0,40 MWh/i-m<sup>3</sup>.

TAULUKKO 4. Demonstraatiokokeissa käytettyjen polttoaineiden laatuominaisuuksia.

Analyyysi	Turvehakeseos	Lanta	Lantaturvehakeseos
Kokonaiskosteus, %	46,4	51,8	48,8
Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa, MJ/kg	10,20	6,38	9,40
Tuhkapitoisuus, % ka. (550 °C)	4,76	10,00	6,65
Kuiva-ainepitoisuus, % (105 °C)	53,6	48,2	51,2
Hiili (C), % ka.	54,6	40,0	53,9
Vety (H), % ka.	6,01	5,22	6,04
Typpi (N), % ka.	1,94	1,72	1,86
Happi (O <sub>2</sub> ), % ka.	32,4	42,9	31,3
Kloori (Cl), % ka.	0,04	0,39	0,09
Palava rikki (S), % ka.	0,25	0,21	0,25
Kalium (K), mg/kg ka.	384	8 340	1 910
Magnesium (Mg), mg/kg ka.	822	1 930	960
Kalsium (Ca), mg/kg ka.	384	7 710	5 760
Beryllium (Be), mg/kg ka.	0,08	0,027	0,065
Strontium (Sr), mg/kg ka.	38,9	30,6	38,9
Barium (Ba), mg/kg ka.	53,7	35,1	56,4
Natrium (Na), mg/kg ka.	34	2000	324

## SAVUKAASU- JA HIUKKASMITTAUKSET

Syyskuussa mittausten aikaan oli poutaista ja melko lämmintä. Mittausten aikana vallinneet olosuhteet Juvan Partalassa ovat tarkemmin nähtävissä taulukossa 5. Olosuhteiden keskiarvot on laskettu mittausjakson (klo 6–15) ajalta. Mittauspäivien osalta käytössä ei ole ilmanpaineen mittaustuloksia Juvalta. Ne poimittiin seuraavaksi lähimmältä mittauspisteeltä, Mikkelin lentokentältä. (Ilmatieteen laitos 2018a, Ilmatieteen laitos 2018b.)

TAULUKKO 5. Mittausten aikana vallinneet olosuhteet (Ilmatieteen laitos 2018a, Ilmatieteen laitos 2018b).

Pvm	Ilmanpaine (msl), hPa	Suhteellinen kosteus, %	Ilman lämpötilä, °C
18.9.2018	1010,31	73,9	+12,5
19.9.2018	1003,41	88,0	+15,6
20.9.2018	1004,09	74,4	+17,6

Savukaasumittaukset tehtiin Testo 350 -savukaasuanalysointilaitteella, ja hiukkasmittaukset gravimetrisesti Dr. Födisch -hiukkasmittausanalysointilaitteella. Kuvassa 3 on nähtävissä savukaasu- ja hiukkasmittaussondit savukaasukanavassa.



KUVA 3. Savukaasu- ja hiukkasmittaussondit savukaasukanavassa (kuva Riina Tuominen).

## SAVUKAASU- JA HIUKKASMITTAUSTEN TULOKSET

Savukaasusta mitattiin happi-, hiilimonoksidi- ja rikkidioksidipitoisuuksia sekä typen oksidipitoisuudet. Demonstraatiopolttokokeen 3 savukaasumittausten tulokset keskiarvoina ovat nähtävissä kootusti taulukossa 6.

TAULUKKO 6. Savukaasumittausten tulokset polttokokeessa.

Polttoaine ja pvm	Kattilan teho, MW*	O <sub>2</sub> , %	CO, mg/m <sup>3</sup> n	NO <sub>x</sub> , mg/m <sup>3</sup> n	SO <sub>2</sub> , mg/m <sup>3</sup> n
Turvehakeseos, 18.9.	2,4	8,2	359,5	214,1	229,3
Lantaturvehakeseos, 19.9.	1,8	11,0	412,4	261,8	165,7
Lantaturvehakeseos, 20.9.	1,7	12,8	903,5	232,7	114,1

\* Klo 6-15 toteutunut teho

Mittauksien kokonaispävarmuuden arvioidaan olevan savukaasupäästöissä ± 20 % ilmoitetuista tuloksista ja hiukkaspäästöissä ± 30 % ilmoitetuista tuloksista. Mittausepävarmuuteen luetaan mukaan näytteenoton virheet, analysaattorien epätarkkuus, savukaasujen kosteuden määrittelyn epävarmuus ja näistä johtuva laskentaan kohdistuva virhe. Samanaikaisesti savukaasupäästämittausten kanssa toteutettujen hiukkasmittausten tulokset ovat esitetty taulukossa 7.

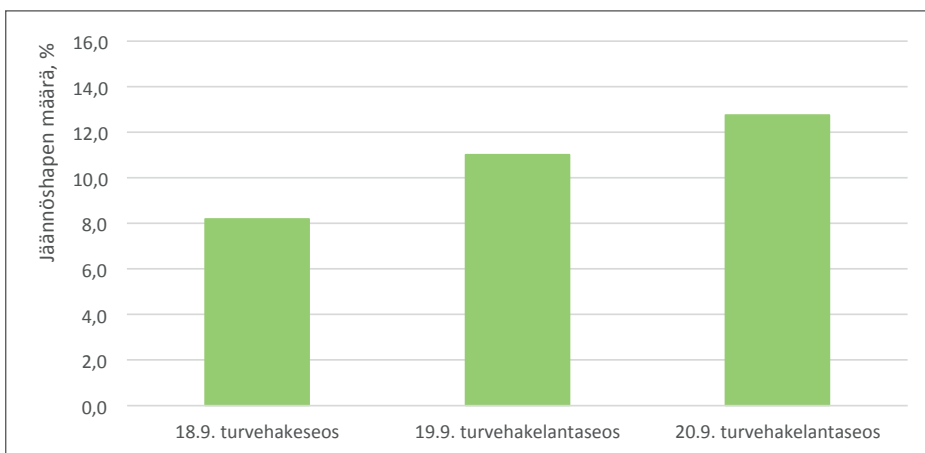
TAULUKKO 7. Hiukkasmittausten tulokset polttokokeessa.

Polttoaine ja pvm	Kattilan teho, MW	Savukaasuvirtaus, m <sup>3</sup> n/s	Mittausaika, min	Imetty näytesavukaasumäärä, m <sup>3</sup>	Hiukkaset, mg/m <sup>3</sup> n, redusoitu 6 % O <sub>2</sub>
Turvehakeseos, 18.9.	~2	2,34	180	6,4	6,
Lantaturvehakeseos, 19.9.	~2	2,20	180	6,0	8,1
Lantaturvehakeseos, 20.9	~2	1,26	180	3,7	16,4

\* Laskennallinen arvo, kostea kaasu normaaliolosuhteet

Mittauksessa jäännöshapen määrä oli suurempi hevosenlanta-turvehakeseoksella kuin pelkällä turvehakeseoksella. Lisäksi jäännöshapen määrässä on havaittavissa myös nouseva trendi (kuva 4).

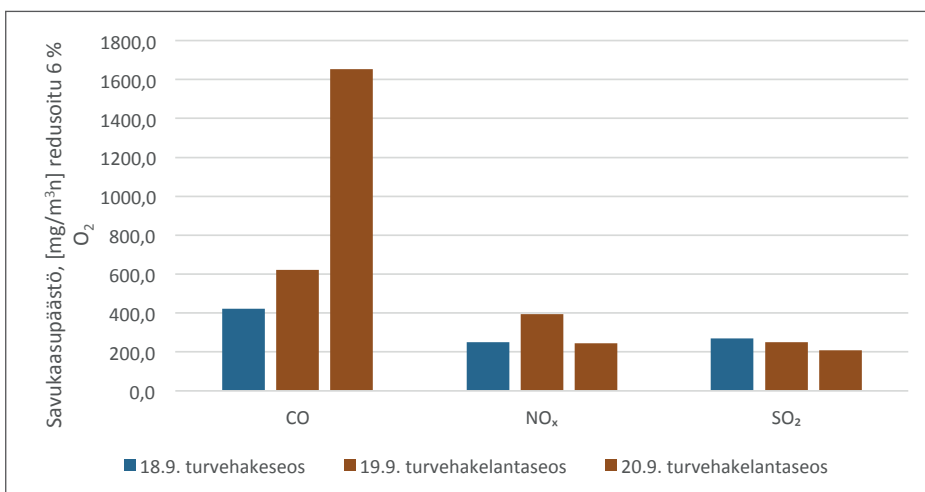




KUVA 4. Jäännöshapen määrät keskiarvoina eri mittauspäivinä.

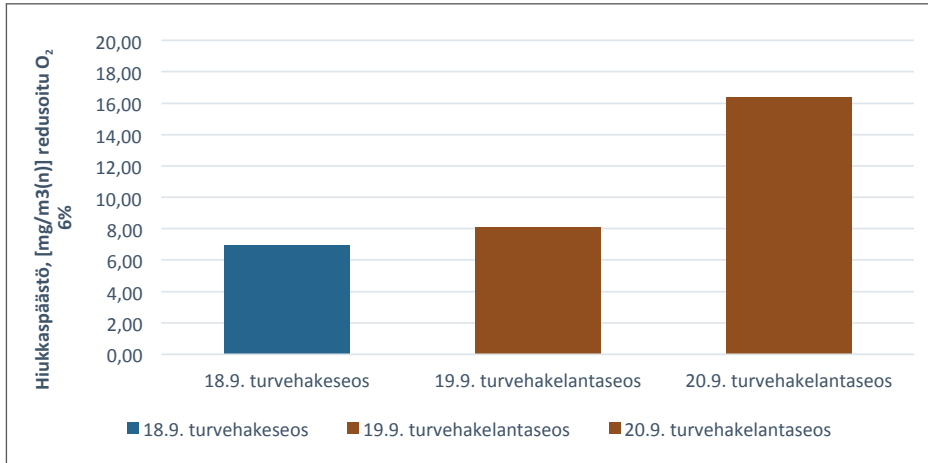
Häkäpäästöt (CO) kasvoivat mittausjakson edetessä. Häkäpitoisuus kuvaa palamisen onnistumista ja sen hallinnalla voidaan myös vaikuttaa muiden haitallisten päästöjen määrään. Häkäpitoisuutta tarkkaillaankin ensisijaisesti säätöparametrina ja toissijaisesti päästösuurena. (Flyktman ym. 2012.) Häkäpäästöjen suuruuteen vaikuttaa polttoaineen ominaisuuksien lisäksi todennäköisesti myös kattilan teho, joka oli lähellä minimitasoa.

Tässä kokeessa typen oksidien ( $\text{NO}_x$ ) päästöpitoisuudet hieman nousivat poltettaessa hevosenlantaseosta. Rikkidioksidipäästöjen ( $\text{SO}_2$ ) osalta voidaan havaita, että hevosenlanta-turvehakeseoksen rikkidioksidipäästöt ovat pienemmät kuin pelkän turvehakeseoksen. Savukaasupäästöjen tuloksia redusoituna 6 % jäännöshapteen on nähtävillä kuvassa 5.



KUVA 5. Savukaasupäästöjen mittaustulokset redusoituna 6 % happipitoisuuteen.

Hiukkasmittausten osalta päästöt kasvoivat poltettaessa hevosenlantaseosta. Hiukkaspitoisuuteen vaikuttavat muun muassa polttoaineen kosteus ja palakokojakauma. Myös polttoprosessi vaikuttaa osaltaan päästön suuruuteen. Demonstraatiokokeen aikana kattilan teho oli lähellä minimiä ja näin ollen myös kattilan petilämpö oli alhainen. Hiukkasmittaus tulokset eri mittauspäiviltä on esitetty kuvassa 6.



KUVA 6. Hiukkasmittaustulokset redusoituna 6 % happipitoisuuteen.

## JOHTOPÄÄTÖKSET

Polttoaineiden laatuominaisuudet olivat tässä polttokokeessa samantapaisia kuin aiemmin helmi- ja huhtikuussa saadut tulokset. Hevosenlanta oli kosteudeltaan polttoon soveltuvaa, mutta sen tehollinen lämpöarvo oli alhaisempi kuin pääpolttoaineen. Polttoaineiden irto- tiheys vaikuttaa niiden energiatihyteen. Tutkitun hevosenlannan energiatiheys oli tässä kokeessa alle puolet tutkitun pääpolttoaineen energiatihydestä.

Hake turpeen seassa lisäsi analyysien epävarmuutta. Isoimmat puunpalat olivat fyysisesti liian isoja näytteenkäsittelyyn ja saattoivat muodostaa melko suuren osan pienistä näytteistä. Tätä pyrittiin huomioimaan jauhamalla näytteitä soveltuviin analyysiin.

Mittaus tulosten perusteella hevosenlanta-jyrsinturvehakeseoksella ja pelkällä jyrsinturvehakeseoksella tapahtuvan polttoprosessin aikana syntyneiden savukaasujen ja hiukkapi- toisuuksien mittaustuloksissa ei ole merkittäviä eroja. Mittauksen päästöihin vaikuttanee polttoaineen lisäksi jonkin verran myös laitoksen minimiteho. Esimerkiksi jäännöshappi- ja hiilimonoksidipitoisuudet olivat tässä kokeessa suurempia kuin aiemmin toteutetuissa kokeissa.

Savukaasupäästöjen osalta häikäpitoisuus kasvoi demonstraatiojakson aikana. Polttokokeen edetessä lämmön kysyntä laski lämpimien öiden seurauksena ja petilämpötila laski erityisesti torstain (20.9.) ajojen aikana. Tämä lienee yksi syy sekä jäännöshappi- että häikäpitoisuuksien kasvuun savukaasuissa. Myös hiukkaspitoisuudet olivat tässä polttokokeessa suuremmat hevosenlantaseosta poltettaessa kuin pelkällä pääpolttoaineella. Polton olosuhteet, kuten minimiteho, petilämpötila ja jäännöshappipitoisuus vaikuttanevat myös hiukkaspäästöihin. Päästöt kuitenkin pysyivät raja-arvoissa, eivätkä muutokset hevosenlannan sekoituksen jälkeen olleet huomattavat.

Demonstraatiopolttokokeiden aikana polttoprosessi toimi normaalisti. Kokeen perusteella hevosenlantaa voitaisiin käyttää lisänä myös jyrshinturvehakeseoksessa ja ajettaessa laitosta minimiteholla. Hevosenlannan on kuitenkin oltava ominaisuuksiltaan polttoon soveltuvaa. Huomiota on myös kiinnitettävä polttoaineiden tasaiseen sekoittumiseen, jolloin myös polttoprosessi on hallitumpi.

## LÄHTEET

Alakangas, E., Hurskainen M., Laatikainen-Luntama J. & Korhonen, J. 2016. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. Saatavissa: <https://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2016/T258.pdf>.

Ilmatieteen laitos 2018a. Havaintojen lataus. Saatavissa: <https://cdn.fmi.fi/fmiodata-convert-api/preview/77a18a0e-1430-47fa-87c0-7725b272e115/?locale=fi>

Ilmatieteen laitos 2018b. Saatavissa: Havaintojen lataus. <https://cdn.fmi.fi/fmiodata-convert-api/preview/9780ec5e-6e5c-403c-b18b-71517cfa2ce/?locale=fi>

SFS-EN 15149-2. Kiinteät biopolttoaineet. Palakokojakauman määrittäminen. Osa 2. Täryseulamenetelmä (värähtelevä) käyttäen 3,15 mm ja sen alle meneviä seulan aukkoja (mukaillen).

SFS-EN 14778. Kiinteät biopolttoaineet. Näytteenotto.

SFS-EN 14780. Kiinteät biopolttoaineet. Näytteen esikäsittely.

SFS-EN 14774-2. Kiinteät biopolttoaineet. Kosteuspitoisuuden määrittäminen. Uunikuivausmenetelmä. Osa 2: kokonaiskosteus. Yksinkertaistettu menetelmä.

SFS-EN 15103. Kiinteät biopolttoaineet. Irtotiheyden määrittäminen (mukaillen).

# VARASTOINTIAJAN VAIKUTUS HEVOSEN LANNAN LAATUUN

Tarja Seppänen & Jarno Föhr & Riina Tuominen

Varastointiajan vaikutusta hevosen lannan laatuun selvitettiin 1.3.2018 käymällä polttokokeisiin osallistuvilla kolmella juvalaisella ravitallilla (Ravitalli Suuronen Oy, Ravitalli Jani Ruotsalainen ja Ravitalli Juha Kortekallio). Käynnin yhteydessä dokumentoitiin lannan varastointitavat sekä varastointiaika. Varastoauomoista mitattiin lämpötilat todentamaan lannan kompostoinnin käynnistymistä. Käynnin yhteydessä varastoauomoista otettiin lantanäytteet kuiva-aine- ja tuhkapitoisuuden määrittämistä varten.

## LANNAN VARASTOINTIAUMAT JA VARASTOINTIAIKA

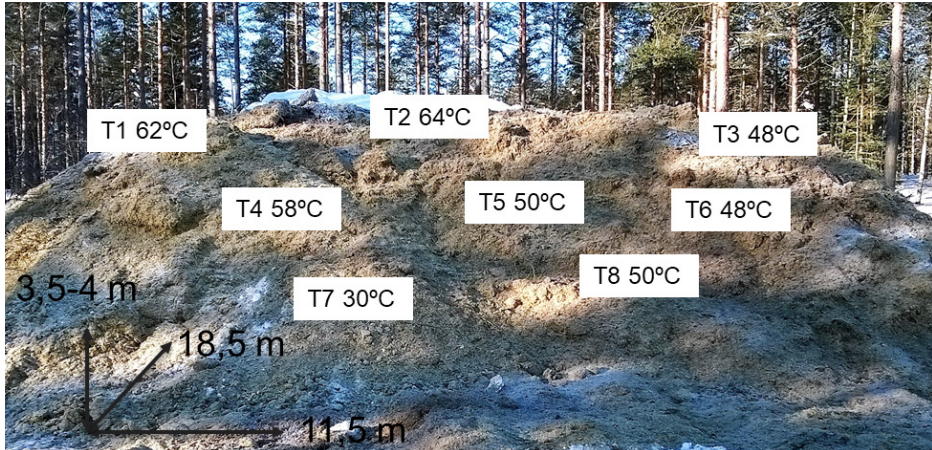
Osassa talleista lannan alkuvarastointi tapahtuu tallin lantalassa, mistä lantaa kuljetetaan epäsäännöllisin väliajoin varastoamaan. Osassa talleista lanta kuljetetaan suoraan tallista varastoamaan ilman välivarastointia. Tästä syystä aumassa olevan tuoreemman lannan ikä vaihteli päivistä viikkoihin ja jopa kuukausiin. Vanhempi lanta oli jokaisessa lantalassa helposti tunnistettavaa kompostoitumisasteen perusteella ja vaihteli iältään puolesta vuodesta vuoteen. Lantaa varastoitiin sekä katetuissa että kattamattomissa varastoauomoissa. Kaikilla talleilla oli käytössä kutterin- tai sahanpurukuivike. Kuivikkeen tarkkaa osuutta lannasta ei pystytty arvioimaan.

## VARASTOAUOMOJEN LÄMPÖTILAMITTAUKSET

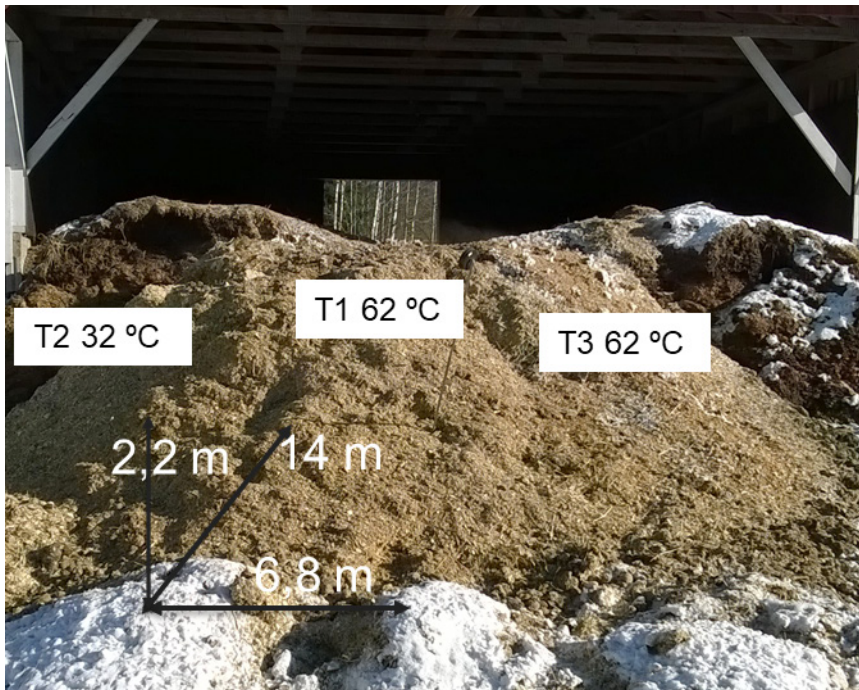
Kompostoitumisen eteneminen riippuu muun muassa materiaalista, sen koostumuksesta ja kosteudesta. Tyypillisesti kompostoituminen jaetaan kolmeen eri vaiheeseen: lämpenemisvaiheeseen, lämpövaiheeseen ja jäähtymisvaiheeseen. Lämpövaiheessa eli termofilivaiheessa lämpötila saattaa nousta nopeastikin +40...+50 °C. Tästä seuraa hajottajien (mesofilien) toiminnan hidastuminen, jolloin enemmän lämpöä tarvitsevat bakteerit (termofilit) ja sädesienet lisääntyvät. Lämpötila saattaa kohota +70...+80 °C. Tutkimusten mukaan eloperäisen aineen hajoaminen on nopeinta +35...+50 asteen lämpötilassa. Kompostin lämmetessä +55...+70 °C pieneliöiden toiminta vähenee ja loppuu lähes kokonaan +75...+80 °C. Lämpövaihe kestää muutamia viikkoja. (Itävaara ym. 2006.)

Pelkän hevosen lannan kompostoitumisen optimaalisena hiili-typin-suhteena pidetään 30:1 ja kosteusprosenttina 60–70 %. Tutkimusten mukaan kuivikemateriaalilla ei ole suurta vaikutusta kompostoitumisen käynnistymiseen. (Hevostietokeskus 2016.)

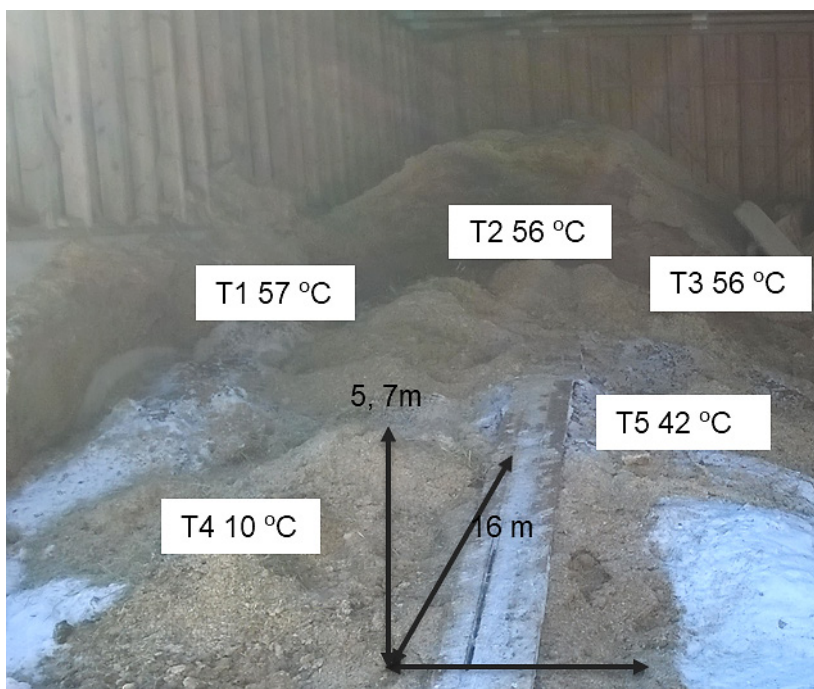
Varastoautoista mitattiin lannan lämpötila noin 50 cm syvyydeltä. Lämpötilan mittauksilla oli tarkoitus todentaa lannan kompostoitumisen olevan käynnissä. Hevosen kuivikelanta kompostoituu tyypillisesti hyvin olosuhteiden ollessa optimaaliset. Kompostoitumiseen vaikuttaa muun muassa happi- ja kosteuspitoisuus, pH, lämpötila sekä hiilen ja typen suhde (C:N). Kuvissa 1–3 on nähtävissä varastoautoista mitatut lämpötilat.



KUVA 1. Ravitallin 1 varastoauaman mitatut lämpötilat (kuva Tarja Seppänen).



KUVA 2. Ravitallin 2 varastoauaman mitatut lämpötilat (kuva Tarja Seppänen).



KUVA 3. Ravitallin 3 varastoauaman mitatut lämpötilat (kuva Tarja Seppänen).

## LANNAN KUIVA-AINE- JA TUHKAPITOISUUDET

Energiakäyttöön menevän hevosenlannan tärkeimpiä laatuominaisuuksia ovat kosteus- ja tuhkapitoisuus. On tutkittu, että hevosenlannan suuri kokonaiskosteuspitoisuus sekä korkea tuhkapitoisuus vaikuttavat heikentävästi saatavaan lämpöarvoon (Tanskanen ym. 2017). Taulukossa 1 on nähtävillä Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun ympäristölaboratoriossa tehtyihin kosteus-, kuiva-aine- ja tuhkapitoisuusanalyyseihin käytetyt ja sovelletut SFS-standardit sekä laitteistot.

TAULUKKO 1. Hevosenlannalle tehdyt analyysit ja niissä käytetyt standardit ja laitteet.

Analyysi	Standardi	Käytetty laite
Kokonaiskosteus-pitoisuus	SFS-EN 14774-2 mukailten	Kuivausuuni Memmert, analyysivaaka Mettler Toledo AG204 DeltaRange
Kuiva-ainepitoisuus	SFS-EN 14774-3	Kuivausuuni, analyysivaaka Mettler Toledo AG204 DeltaRange
Tuhkapitoisuus	SFS-EN 14775	Hehkutusuuni, analyysivaaka Mettler Toledo AG204 DeltaRange

Kuiva-ainepitoisuus kertoo sen osan materiaalista, millä on merkitystä energiahyödyntämisen kannalta. Tämä osa materiaalista pystyy vapauttamaan lämpöenergiaa polton yhteydessä. (Alakangas ym. 2016.) Hevoselannan kuiva-ainepitoisuudet määritettiin kokonaiskosteyden avulla. Hevoselannalla tarkoitetaan kaikissa tämän tutkimuksen tuloksissa aina kuivikkeen, sonnan ja virtsan sekoitusta, eli lantajaetta sellaisena kuin se talleilla luontaisesti muodostuu.

Suuri tuhkapitoisuus kertoo näytteessä olevista epäpuhtauksista, ja tuhkapitoisuusarvo on suoraan verrattavissa saatavaan lämpöarvoon (Alakangas ym. 2016). Taulukkoon 2 on koottu analyysien tulokset.

**TAULUKKO 2. Varastoamanäytteiden kokonaiskostey-, kuiva-aine- ja tuhkapitoisuudet.**

<b>Analyysi</b>	<b>Ravitalli 1</b>	<b>Ravitalli 2</b>	<b>Ravitalli 3</b>
Kokonaiskosteyspitoisuus, %	62,9	58,8	62,7
Kuiva-aine, %	37,9	41,2	37,3
Tuhkapitoisuus, %	5,3	3,9	3,3

## YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Hevoselannan tärkein laatuominaisuus polton kannalta on kokonaiskosteyspitoisuus. Materiaalista saatava tehollinen lämpöarvo laskee kokonaiskosteyden noustessa (Alakangas ym. 2016). Tästä syystä hevoselannan varastointitavalla on suuri vaikutus sen poltto-ominaisuuksiin. Katetuissa lantaloissa sadevedet ja lumien sulamisvedet eivät pääse imeytymään materiaaliin ja siten lisäämään lannan kokonaiskosteyttä ja heikentämään siitä saatavaa lämpöarvoa. Kokonaiskosteyteen vaikuttaa myös olennaisesti lannan sisältämä kuivikkeen määrä.

Hevoselannan varastointiaumoilla mitattujen lämpötilojen perusteella kompostoituminen oli käynnissä kaikilla aumoilla. Varastoauomoilta otettujen hevoselantanäytteiden kokonaiskosteyspitoisuus vaihteli 59–63 % välillä. Lannan tuhkapitoisuus tutkituissa näytteissä oli 3–5 %. Tutkitut näytteet olivat tuoretta lantaa, eli hevoselanta oli ollut varastoauomassa muutamasta päivästä pariin kuukauteen.

HevosWoima-hankkeessa tutkittiin varastointiolosuhteiden ja -ajan vaikutuksia hevoselannan laatuominaisuuksiin energiahyödyntämisen näkökulmasta. Tutkimuksessa todettiin hevoselannan laadun olevan polttoon sopivinta enintään kolmen kuukauden säilytyksen jälkeen. (Tanskanen ym. 2017.) Tämä tutkimus tukee Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulussa aikaisemmin saatuja tuloksia.

## LÄHTEET

Alakangas, E., Hurskainen M., Laatikainen-Luntama J. & Korhonen, J. 2016. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. Saatavissa: <https://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2016/T258.pdf>.

Hevostietokeskus. 2016. Saatavissa: <http://www.hevostietokeskus.fi/index.php?id=729&kieli=3>.

Itävaara, M., Vikman, M., Kapanen, A., Venelampi, O. & Vuorinen, A. 2006. Kompostin kypsyystestit. Menetelmäohjeet. Espoo 2006. VTT Tiedotteita 2351. Saatavissa: <https://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2006/T2351.pdf>.

Tanskanen, R., Nora J. & Seppäläinen, S. 2017. Hevosennalannan alkukoostumuksen analysointi Xamkin Ympäristölaboratoriossa. Julkaisussa Tanskanen, R. (toim.) 2017. Esiselvitys Etelä-Savon hevostalouden materiaalivirtojen hyödyntämisestä uusiutuvana energiana. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Xamk kehittää 2. ISBN 978-952-344-004-3.





# LAATUOHJEISTUS POLTTOON TOIMITETTAVALLE HEVOSEN-LANNALLE

Riina Tuominen & Tarja Seppänen & Harri Karhu & Ari Pylkkänen

Hevosennannan varastointiaika ja -tapa sekä ulkoiset olosuhteet vaikuttavat olennaisesti lannan laatuun ja sen poltto-ominaisuuksiin. HevosWatti-hankkeessa on laadittu Suur-Savon Sähkö Oy:n käyttöön laatuohjeistus polttoon toimitettavan hevosennannan laadun takaamiseksi. Ohjeistuksessa kerrotaan soveltuvista hevosennannan kuivikemateriaaleista ja lannan oikeasta varastointitavasta. Ohjeessa kiinnitetään myös huomiota siihen, ettei lannan sekaan päätyisi mitään vierasesineitä.

## LANNAN VARASTOINTI

Lannan varastointia koskevat keskeisimmät lain asettamat vaatimukset on esitetty nitraatti-asetuksessa (18.12.2014/1250). Hevostalleilla tulee olla tiivispohjainen ja mielellään katettu lantavarasto. Tämä ehkäisee ravinteiden hallitsematonta pääsyä ympäristöön.

Polttoon toimitettavaa hevosennantaa koskevassa laatuohjeistuksessa noudatetaan nitraatti-asetuksen vaatimuksia; lantalan tulee olla kiinteäpohjainen ja katettu. Lantaa ei voi toimittaa polttoon maapohjaisesta lantalasta, eikä polttoon vastaanoteta hevosten ulkoilualueiden puhdistus- tai lantajätettä.

## LANNAN POLTTOON SOVELTUVA KUIVIKEMATERIAALI

Kuivike vaikuttaa lannan määrään ja laatuun olennaisesti. Suomessa käytetyistä hevosennannan kuivikkeista valtaosa on turve- ja puupohjaisia kuiviketta. Myös olkipohjaisia kuivikkeita ja erilaisia seoksia käytetään. Käytetyn kuivikkeen määrä vaihtelee paljon, ja keskimääräistä kuivikkeen prosenttiosuutta on mahdoton sanoa. (Luostarinen 2017.)

Envitecpolis Oy kyseli selvityksessään energiayhtiöiden kiinnostusta hevosennannan polttoon. Kuivikemateriaalien osalta olkea sisältävän lannan hyödyntämistä ei nähty kiinnostavana. Tämä johtuu osaltaan oljen alkalipitoisuudesta, joka voi aiheuttaa haittaa voimalaitoksen tekniikalle. Myös lannan ja oljen sisältämän kloorin sekä muiden alkaliain mahdollinen korroosiovaikutus vähensi kiinnostusta. Lisäksi oljenkorret voivat aiheuttaa ongelmia kuljettimilla ja syöttölaitteilla, ja tuhkan sulamiskäyttäytyminen voi aiheuttaa hankaluuksia. (Arffman ym. 2018.)

HevosWatti-hankkeen laatuohjeistuksessa puu- ja turvepohjaiset kuivikemateriaalit ovat sallittuja. Pitkät, silppuamattomat kuivikemateriaalit on kielletty niiden mahdollisen tarkentumisen vuoksi. Olkipohjaisia kuivikkeita tai vähemmän käytettyjä kuivikemateriaaleja, kuten hampua tai ruokohelpeä ei haluta käyttää niiden mahdollisesti polttoprosessiin tuomien epävarmuustekijöiden vuoksi.

## POLTTOON TOIMITETTAVAN LANNAN LAATU

Lannan kosteuspitoisuus on polttoon toimitettavan lannan merkittävä laatuominaisuus, joka osaltaan vaikuttaa lannan lämpöarvoon. Lannan kosteuspitoisuuteen vaikuttaa käytetyn kuivikkeen määrä. Lannan kosteuspitoisuus kasvaa myös varastoinnin aikana sen vanheudessa. Muutoinkin hevosenlannan polttotekniset ominaisuudet heikkenevät säilytyksen myötä. Lisäksi sadeveden pääsy kosketuksiin lannan kanssa nostaa lannan kosteuspitoisuutta merkittävästi. (Tanskanen ym. 2017.)

Lannan puhtaus ja tasalaatuisuus ovat tavoiteltavia ominaisuuksia polttoon toimitettavalle lannalle. Vierasesineet voivat vahingoittaa esimerkiksi syötin- ja kuljetinlaitteita. Vaikka isompia kappaleita voidaan erotella polttoaineesta, erottelu voi kuitenkin aiheuttaa lisäkuluja polttolaitokselle. (Arffman ym. 2018.)

Tehdyssä laatuohjeistuksessa lannan kosteuspitoisuuden ei sallita ylittävän 60 %. Kuivikemateriaalin osuuden lannasta tulee olla vähintään 40 %. Lannan seassa ei saa olla lunta, jäätä eikä mitään vierasaineita, kuten maa-ainesta, metallikappaleita, muovia, paperia, puuta, pahvia, paalinaruja, metallia, hevosenkenkiä, kiviä tai jättemateriaalia. HevosWatti-hankkeessa tuotettu laatuohjeistus polttoon toimitettavalle hevosenlannalle on nähtävissä kuvassa 1.

## Laatuohjeistus polttoon toimitettavalle hevoslannalle

### 1. Lannan polttoon soveltuva kuivikemateriaali

Kuivikkeena voidaan käyttää:

- kutteripurua
- sahanpurua
- turvetta
- puu- ja turvepohjaisia pellettejä

### 2. Lannan säilytys ja varastointi

Lanta tulee olla säilytetty ja varastoitu huolellisesti. Lannan säilytys- ja varastointipaikka täytyy olla kiinteäpohjainen (esim. valu, kontti, lava jne.) ja katettu tila. Lanta ei saa olla yli 6 kk vanhaa.

### 3. Polttoon toimitettavan hevoslannan laatu

*On tärkeää, että polttoon käytetään hyvälaatuisia lantajaetta. Tästä syystä on ensiarvoisen tärkeää kiinnittää huomiota oikeantyyppiseen varastointiin ja lannan laatuun.*

Vastaanotettavan lannan kosteuspitoisuus on merkittävä tekijä polton onnistumiselle eikä se saa ylittää 60%. Kuivikemateriaalin osuus tulee olla vähintään 40%.

Lannan seassa **ei saa olla mitään vierasaineita**, kuten lunta, jäätä, maa-ainesta, metalli- ja puukappaleita, muoviva, paperia, pahvia, paalinaruja, hevosenkenkiä, kiviä tai jättemateriaalia eikä muita epäpuhtauksia.

***Poltoon ei saa toimittaa hevosten ulkoilualueiden puhdistus- ja lantajätettä.***

#### Lisätietoja lannan vastaanotosta antaa:

Ari Pylkkänen  
Hankintapäällikkö  
Suur-Savon Sähkö Oy  
puh. 010 210 4534

KUVA 1. Laatuohjeistus polttoon toimitettavalle hevoslannalle.

## LÄHTEET

Arffman, M., Lehtinen, J. & Arffman, S. 2018. Hevosenlannanpolton lainsäädännön muutoksen vaikutusarviointi. Envitecpolis. 4.4.2018. Saatavissa: <http://envitecpolis.fi/wp2017/wp-content/uploads/2018/04/2018-04-04-RAPORTTI-Polton-vaikutusarviointi.pdf>

Luostarinen, S., Grönroos, J. & Saastamoinen, M. 2017. Hevosenlannan käsittely Suomessa. Tulokset lannankäsittelykyselystä talleille. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 8/2017. Saatavissa: [http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/538154/luke-luobio\\_8\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/538154/luke-luobio_8_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Tanskanen, R., Nora J. & Seppäläinen, S. 2017. Hevosenlannan alkukoostumuksen analysointi Xamkin Ympäristölaboratoriossa. Julkaisussa Tanskanen, R. (toim.) 2017. Esiselvitys Etelä-Savon hevostalouden materiaalivirtojen hyödyntämisestä uusiutuvana energiana. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Xamk kehittää 2. ISBN 978-952-344-004-3.

Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta 18.12.2014/1250. Finlex. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20141250#P7>

# HEVOSENLANNAN VAIHTO- EHTOISET LOGISTIKKAKETJUT ALUELÄMPÖLAITOKSELLE JA NIIDEN KUSTANNUSVERTAILU

Jarno Föhr & Tapio Ranta

Hevosennannan käsittely on ollut haastavassa asemassa koko Suomen alueella viime vuosien aikana, myös Etelä-Savossa. Ravi- ja ratsutalleilla ei ole välttämättä ollut peltoa, johon hevosennannan olisi voinut levittää ja käyttää lannoitteena. Tämän vuoksi lannan käsittelystä onkin tullut monille hevostalleille suuri kustannuserä, joka on osaltaan heikentänyt hevostoiminnan taloudellista kannattavuutta. Lisäksi tähän asti hevosennantaa on ollut mahdollista polttaa energiaksi vain jätteenpolttolaitoksilla, joilla on toiminnassa jatkuva-toimiset päästöjen mittausrakenteet.

EU:n politiikkatasolla on lähivuosien aikana kuitenkin sitouduttu lievennyksiin hevosennannan poltolle alle 50 MW:n polttolaitoksissa. Hevosennannan polton helpottuminen auttaa hevosennantaa saamaan jalansijaa uutena biopolttoainejakeena energiantuotannossa. Tämän vuoksi myös hevosennannan logistiikkaa pitää tarkastella ja tehostaa aina hevostalleilta polttolaitokselle asti. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin hevosennannan logistiikkavaihtoehtoja ja niiden kustannuksia. Tutkimuksen avulla saatiin tietoa hevosennannan logistiikan tehostamisesta ja käytettyjen logistiikkavaihtoehtojen kustannustehokkuudesta.

## JOHDANTO

Etelä-Savo sijaitsee kaakkoisessa Suomessa ja alueella kasvaa paljon puubiomassaa varsinaista energiantuotantoa varten. Maakunnan alueella arvioidaan olevan noin 700 hevostallia, joissa on yhteensä noin 2 500 hevosta ja 400 ponia. Soininen ym. (2010) ovat määrittäneet tutkimuksissaan, että Etelä-Savon hevostallit tuottavat vuosittain noin 34 000 m<sup>3</sup> sahanpuru- tai turvepohjaista kuivikelantaa. Poltettavana energiamääränä se vastaisi noin 10 000 megawattituntia vuodessa.

Hevosennanta ei koostu pelkästään ulosteesta ja virtsasta, vaan se sisältää myös käytettävän kuivikkeen. Oikeastaan suurin osa hevosennannasta on nimenomaan kuiviketta. Hevosennantaa voisikin oikeammin kutsua kuivikelannaksi. (Tanskanen 2017.) Hevosennannalla on hyviä polttoaineominaisuuksia, mutta se sisältää myös paljon epäpuhtauksia ja kosteutta.

Taulukossa 1 on esitetty hevosenlannan tyypillisiä polttoaineominaisuuksia ja niitä on verrattu metsähakkeen vastaaviin ominaisuuksiin.

**TAULUKKO 1. Hevosenlannan ja metsähakkeen tyypilliset polttoaineominaisuudet (mukaillen lähteitä Tanskanen 2017 ja Alakangas ym. 2016).**

	Hevosenlanta	Metsähake
Kosteuspitoisuus, p-%	50–80	30–50
Tehollinen lämpöarvo, MJ/kg	10–20	18–21
Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa, MJ/kg	1–10	8–13
Tuhkapitoisuus, p-%	3–25	1–3

Suuren kosteuspitoisuutensa vuoksi hevosenlantaa pitää sekoittaa kuivemman pääpolttoaineen sekaan, kuten metsähakkeeseen tai turpeeseen. Hevosenlantaa ei kannata polttaa yksinään johtuen sen alhaisesta tehollisesta lämpöarvosta saapumistilassa, johon juuri kosteuspitoisuus vaikuttaa. Monissa raportoiduissa polttokokeissa hevosenlannan tilavuusosuus on ollut tyypillisesti noin 10–20 % pääpolttoaineesta (Tanskanen 2017). Lisäksi hevosenlannan poltosta aiheutuva korkea tuhkapitoisuus johtuu suurelta osin epäpuhtauksista, kuten hiekasta, jota kulkeutuu esimerkiksi hevosen kavioiden mukana karsinoihin.

Suomessa on ollut pitkään tilanne, että hevosenlantaa on saanut polttaa energiaksi vain jätteenpolttolaitoksissa tiukkoja rajaehdoja noudattaen. Uuden EU-asetuksen muutoksen myötä lannan poltto sallitaan jatkossa ilman jätteenpolttolupaa. Tästä huolimatta hevosenlannan poltolle on asetettu tiukat vaatimukset sekä päästö- että lämpötilarajoihin. Toisaalta, olemassa olevat laitokset voivat saada näiden lämpötilavaatimusten noudattamiseen kuuden vuoden siirtymäajan, jonka on tarkoitus helpottaa polttokokeilujen aloituksia julkisissa laitoksissa. (Maa- ja metsätalousministeriö 2017.)

HevosWatti-hankkeen tavoitteena on saada tietoa hevosenlannan toimivuudesta rinnakkaispolton raaka-ainevirtana ja parantaa elinkeinoelämän toimintaedellytyksiä tehostaen samalla lantahuoltoa. Hankkeella on tarkoitus edistää Etelä-Savon alueen uusien bioenergian lähteiden käyttömahdollisuuksia energiantuotannossa. Hankkeessa tehtävillä demonstraatiokokeilla kehitetään laitoksien polttoainehuoltoa ja hevosenlannan käytettävyyttä osana polttoprosesseja. Hankkeen demonstraatiokokeet käynnistävät Etelä-Savon alueen laitoksien ja hevosyrittäjien yhteisen energiahuollon toimitusketjun aina hevostallilta laitoksen kattilaan asti. (Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu 2017.)

Tämän tutkimuksen päätarkoituksena oli selvittää ja vertailla vaihtoehtoisia hevosenlannan logistiikkaketjuja hevostallilta aluelämpölaitokselle. Tarkoituksena oli laskea logistiikka-

ketjujen kustannuksia ja löytää kustannustehokkain ratkaisu riippuen kuljetusetäisyydestä laitokselle. Tutkimuksen avulla saatiin uusinta tietoa potentiaalisimmista tavoista hoitaa hevosenlannan logistiikkaa osana laitoksien energiantuotantoa.

## LOGISTISET VAIHTOEHDOT

Logistisiksi vaihtoehtoiksi valittiin kuljetusratkaisut, joissa hevosenlannan vastaanotto pienelle lämpölaitokselle olisi teknisesti toimiva. Lisäksi kuljetusmatka oli lyhyt potentiaalisten hevostallien ja laitoksen välillä, 5–30 km, joten tilavuudeltaan pienet kuljetusratkaisut olivat ainoita vaihtoehtoja. Näiden kuljetusratkaisujen ansiosta myös hevosenlannan sekoitus pääpolttoaineeseen oli helpommin toteutettavissa vastaanottopäässä. Tästä johtuen logistisiksi vaihtoehtoiksi valittiin kuljetusratkaisut, joissa hevosenlanta kuljetetaan laitokselle joko traktori ja peräkärry -yhdistelmällä tai kuorma-autolla, joka kuljettaa siirtokontteja. Edellä mainitut kuljetusratkaisut on esitetty kuvassa 1. Nämä logistiset vaihtoehdot vaativat yhteistyötä hevosyrittäjien kanssa sekä lannan lastauksen että toimivien varastointiratkaisujen osalta, jotta voidaan turvata kustannustehokas logistiikkaketju hevosenlannalle.



KUVA 1. Hevosenlannan logistiset vaihtoehdot lyhyille kuljetusmatkoille (kuva Jarno Föhr).

On suositeltavaa välivarastoida hevosenlanta katetussa lantalassa, jotta hevosenlanta ei saa lisää kosteutta ulkoilmasta vesisateiden vaikutuksesta. Traktorilogistiikka alkaa tyypillisesti hevostallilta, jossa hevosenlanta lastataan traktorin etukuormaimella lantalasta peräkärryyn (kuva 2). Lastauksen jälkeen hevosenlanta kuljetaan traktoriyhdistelmällä paikalliselle aluelämpölaitokselle.





KUVA 2. Hevosennannan lastausta katetusta lantalasta (kuva Jarno Föhr).

Siirtokonttilogistiikan perusajatuksena on, että siirtokontti toimii itsessään hevosennannan välivarastona. Tässä tapauksessa hevostallin työntekijät hoitavat hevosennannan lastauksen konttiin, joten yhteistyötä vaaditaan. Tavallisesti kottikärryt tyhjennetään suoraan konttiin. Täyttämistä voidaan kuitenkin helpottaa käyttämällä lastaussiltaa, jolloin kottikärryt päästään tyhjentämään kontin päältä ja kontti saadaan helpommin täyteen. Kontin täyttämiseen voidaan myös käyttää erillistä laitteistoa, kuten pneumaattista lantaimuria. Laitteistoon sijoittaminen vaatii kuitenkin investointeja, joihin pienemmillä hevostalleilla ei ole mahdollisuuksia.

Siirtokontti on suunniteltu erityisesti toistuville kuljetuksille. On suositeltavaa säilyttää siirtokonttia katetussa tilassa tai peittää kontti rullattavalla pressulla, jotta hevosennanta ei kastu vesisateiden vaikutuksesta (kuva 3). Siirtokonttilogistiikka alkaa hevostallilla tyhjän kontin tuonnilla ja täysinäisen kontin viennillä saman käynnin aikana. Tällöin siirtokonttilogistiikka vaatii samaan logistiikkaketjuun kaksi erillistä konttia, joita voidaan vaihdella tallikäynnin yhteydessä. Logistiikka päättyy täysinäisen kontin tyhjentämiseen paikalliselle aluelämpölaitokselle.



KUVA 3. Kuorma-auto siirtokontilla (kuva Jarno Föhr).

## LOGISTIIKAN KUSTANNUKSET

Traktorilogistiikan osalta tarkasteltiin yhtä tapausta ja siirtokonttilogistiikan osalta kahta eri tapausta, jotka määräytyivät kuormatilavuuksien mukaisesti. Tässä tutkimuksessa traktorin peräkärryn tilavuutena oli 21 m<sup>3</sup>. Periaatteessa suurempiin tilavuuksiin ei ole mahdollisuuksia, koska traktorin etukuormaajalla on rajallinen korkeusulottuvuus. Tämä tietysti vaihtelee kaluston mukaan. Vastaavasti siirtokonttilogistiikassa tarkasteltiin siirtokontteja, joiden tilavuudet olivat 24 m<sup>3</sup> ja 39 m<sup>3</sup>.

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää logististen vaihtoehtojen vuosikustannukset hevosallille, jossa on keskimäärin noin 20–25 hevosta. Tämän kokoinen hevostalli tuottaa noin 500 irtokuutiota hevosenlantaa vuosittain. Kyseinen lantamäärä aiheuttaa 24 traktorikuljetusta vuosittain. Vastaavasti 24 m<sup>3</sup>:n siirtokontilla tapahtuu 21 kuljetusta ja 39 m<sup>3</sup>:n kontilla 13 kuljetusta vuosittain.

Tutkimuksessa kuorma-autokuljetuksen tuntikustannukseksi asetettiin 65 euroa ja siirtokontin kuukausivuokraksi 100 euroa. Traktorikuljetuksen tuntikustannukseksi asetettiin 75 euroa. Kaikki kustannukset pitivät sisällään arvonlisäveron. Huomioitavaa on, että tutkimuksen vertailulaskelmat ovat vain suuntaa-antavia ja hevosenlannan kuljetushinnoista sovitaan yleensä paikallisesti.

Tutkimuksen laskelmissa kuorma-autokuljetuksen keskinopeudeksi oletettiin 50 km/h ja traktorikuljetuksen keskinopeudeksi 30 km/h. Hevosenlannan lastauksen hevostallilla ja purkamisen laitoksella oletettiin vievän aikaa 25 minuuttia jokaisen traktorikuljetuksen aikana. Vastaavasti konttien käsittelemisen ja purkamisen oletettiin vievän aikaa 15 minuuttia jokaisen kuorma-autokuljetuksen aikana. Traktori- ja kuorma-autokuljetuksien ajo- ja kokonaisajat etäisyyden mukaan on esitetty taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Kuljetuksien ajo- ja kokonaisajat.

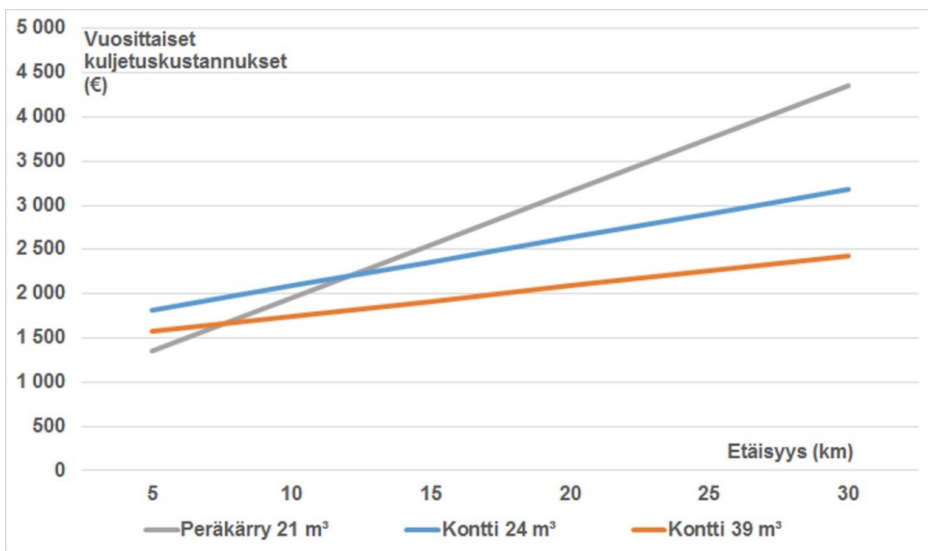
Etäisyys (km)	Traktori, ajoaika (min)	Traktori, kokonaisaika (min)	Kuorma-auto, ajoaika (min)	Kuorma-auto, kokonaisaika (min)
5	20	45	12	27
10	40	65	24	39
15	60	85	36	51
20	80	105	48	63
25	100	125	60	75
30	120	145	72	87

Kuljetuskustannus toimitusta kohden saatiin selville, kun kuljetuksen tuntikustannushinta kerrottiin kuljetuksen kokonaisajalla. Traktorin ja kuorma-auton kuljetuskustannukset toimituksia kohden on esitetty taulukossa 3.

TAULUKKO 3. Kuljetuskustannukset toimituksia kohden.

Etäisyys (km)	Traktori, kuljetuskustannus (€/toimitus)	Kuorma-auto, kuljetuskustannus (€/toimitus)
5	56	29
10	81	42
15	106	55
20	131	68
25	156	81
30	181	94

Lopullinen logistiikkaketjun vuosittainen kuljetuskustannus saatiin selville, kun kuljetuskustannus toimitusta kohden kerrottiin vuosittaisella kuljetusmäärällä. Lisäksi siirtokonttilogistiikan kuljetuskustannuksiin lisättiin siirtokontin vuosittainen vuokrauskustannus (1 200 euroa). Logistiikkaketjujen vuosittaiset kuljetuskustannukset etäisyyden mukaan on esitetty kuvassa 4.



KUVA 4. Logistiikkaketjujen vuosittaiset kuljetuskustannukset etäisyyden mukaan, kun hevosenlannan vuosittainen kuljetusmäärä on 500 i-m3 (kuva Jarno Föhr).

## YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen päätarkoituksena oli selvittää hevosenlannan vaihtoehtoiset logistiikkaketjut lyhyille kuljetusmatkoille ja vertailla niiden kustannustehokkuutta keskenään. Logistiikkaketjuiksi valikoituivat traktori- ja siirtokonttilogistiikka niiden käyttökelpoisuuden vuoksi. Logistiikkaketjujen vuosittaisen kuljetuskustannusten laskenta osoitti, että traktorilogistiikka (21 m<sup>3</sup>) oli kustannustehokkaampi vaihtoehto 12 kilometriin asti, kun sitä verrattiin pienempikonttiseen siirtokonttilogistiikkaan (24 m<sup>3</sup> kontti). Kun vertailu oli tehty suurempikonttiseen siirtokonttilogistiikkaan (39 m<sup>3</sup>), niin traktorilogistiikka oli kustannustehokas vain kahdeksaan kilometriin asti.

Lisäksi, jos vuosittaisen kuljetuskustannuksen rajana olisi 2 500 euroa, niin traktorilogistiikalla pystyttäisiin operoimaan 15 kilometrin etäisyyteen asti. Vastaavasti samalla kustannuksella operointietäisyydet siirtokonttilogistiikassa olisivat 18 km pienempikonttiselle ja jopa yli 30 km suurempikonttiselle. Hevosenlannan alhaisemmat kuljetuskustannukset johtuivat pitkälti suuremmista kuormatilavuuksista, joten olisi kannattavaa lisätä kuormatilojen kokoja tulevaisuudessa, jos se olisi vain mahdollista. Lisäksi, jos kuljetusetäisyydet kasvavat vieläkin pidemmiksi, niin kustannustehokkaana ratkaisuna toimisi suurempi kuljetusyhdistelmä, kuten täysperävaunuyhdistelmä.

## LÄHTEET

Alakangas, E., Hurskainen M., Laatikainen-Luntama J. & Korhonen, J. 2016. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT Technology 258, 229 s. + liitteet 30 s., ISBN 978-951-38-8419-2.

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu 2017. Hevosenlannasta uutta liiketoimintaa – HevosWatti. Hankkeen nettisivut. Saatavissa: [www.xamk.fi/hevoswatti](http://www.xamk.fi/hevoswatti).

Maa- ja metsätalousministeriö 2017. Hevosenlannan poltto helpottuu. Tiedote 18.1.2017. Saatavissa: [http://mmm.fi/artikkeli/-/asset\\_publisher/hevosenlannan-poltto-helpottuu](http://mmm.fi/artikkeli/-/asset_publisher/hevosenlannan-poltto-helpottuu).

Soininen, H., Mäkelä, L., Äikäs, V. & Laitinen, A. 2010. Ympäristöasiat osana hevostallien kannattavuutta. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Tutkimusraportit 57, 107 s. + liitteet 11 s.

Tanskanen, R. (toim.) 2017. Esiselvitys Etelä-Savon hevostalouden materiaalivirtojen hyödyntämisestä uusiutuvana energiana. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. 136 s., ISBN 978-952-344-005-0.



# HEVOSENLANNAN DEMON- STRAATIOKULJETUSKETJUN DOKUMENTOINTI PAIKALLISILTA HEVOSTALLEILTA JUVAN KAUKO- LÄMPÖKESKUKSELLE

Jarno Föhr & Tapio Ranta

Hevosennannan logistiikkaa ei ole juurikaan tutkittu Suomessa, koska hevosennantaa ei ole saanut käyttää energiantuotannon polttoaineena tavanomaisilla aluelämpölaitoksilla. Vuoden 2017 EU-asetuksen muutoksen myötä hevosennannan poltto sallitaan jatkossa ilman jätteenpolttolupaa, joten lantaa on mahdollista käyttää energiantuotannossa alle 50 MW:n polttolaitoksilla (Maa- ja metsätalousministeriö 2017). EU-asetuksen muutos antaa mahdollisuuden hevosennannan lisääntyvälle käytölle energiantuotannon polttoaineena ja poistaa samalla erityisesti lähellä kaupunkeja sijaitsevien hevostallien ongelmia lantahuollon järjestämisestä. Monilla hevostalleilla ei ole ollut mahdollisuutta levittää tuottamaansa lantaa lähipelloille ja siitä on tullut ylimääräinen kustannuserä, joka on osaltaan heikentänyt hevostoiminnan taloudellista kannattavuutta.

Uuden EU-asetuksen muutoksen myötä hevosennannan polttokokeiluja käynnistyy laajasti koko Suomen alueella lähivuosien aikana ja hevosennantaa pystytään käyttämään uutena biopolttoainejakeena energiantuotannossa. Polttokokeilujen myötä hevosennannan kuljetuksia järjestetään paikallisille aluelämpölaitoksille ja niiden kuljetusmäärät lisääntyvät julkisilla tieosuuksilla. Logistiset vaihtoehdot lannan kuljettamiseen vaihtelevat suuresti alueittain ja niiden valitsemiseen vaikuttavat kuljetusetaisyudet ja saatavissa olevat kuljetus- ja lastausmahdollisuudet. Myös hevostallin hevosennannan varastointiratkaisu vaikuttaa logistiikan valintaan.

Tämän tutkimuksen päätarkoituksena oli dokumentoida HevosWatti-hankkeessa suoritettu hevosennannan demonstraatiokuljetusketju, jota toteutettiin Juvan kaukolämpökeskuksen ja kolmen paikallisen hevostallin välillä. Lisäksi tutkimuksessa tarkasteltiin myös kuljetusketjun tehostamismahdollisuuksia. Hankkeen aikana Juvan kaukolämpökeskuksen toiminnasta vastasi Suur-Savon Sähkö Oy. Hevosennantaa kuljetettiin Ravitalli Jani Ruotsalaiselta, Ravitalli Juha Kortekalliolta ja Ravitalli Suuronen Oy:ltä. Hevosennannan demonstraatiokuljetukset alkoivat alkuvuodesta 2018 ja kuljetuksia toteutti juvalainen yrittäjä Urakointi Ville Tarkiainen (2018). Hevostallit maksoivat itse logistiikasta aiheutuneet kustannukset juvalaiselle yrittäjälle. Hevosennantaa sai toimittaa porttimaksutta Juvan kaukolämpökeskukselle.

## KULJETUSKALUSTO

Hevoslannan kuljetuksia suoritettiin traktorilogistiikalla, johon kuuluivat traktori integroidulla etukuormaajalla ja peräkärri (kuva 1). Sekä traktori että siihen kuuluva etukuormaaja olivat Fendt-merkkisiä. Peräkärri oli Multiva-merkkinen. Etukuormaajana toimi tavallinen lumikauha, jonka tilavuus oli noin 2 m<sup>3</sup>. Teliakselisen peräkärryn tilavuus oli noin 21 m<sup>3</sup>, johon täytenä ”kukkukuormana” mahtui noin 25 m<sup>3</sup>.



KUVA 1. Hevoslannan demonstraatiokuljetuksia traktorilogistiikalla (kuva Jarno Föhr).

## HEVOSTALLIEN VARASTOINTIRATKAISUT

Ravitalli Jani Ruotsalaisella ja Ravitalli Juha Kortekalliolla oli katetut lantalat hevoslannan välivarastointia varten, joissa molemmissa oli betonilattiat (kuvat 2 ja 3). Ruotsalaisen lantala sijaitsi ympäröivän piha-alueen korkealla kohdalla, joten maakallistukset olivat oikeaoppisesti pois päin lantalasta. Kortekallion lantala sijaitsi tasamaalla.



KUVAT 2 ja 3. Vasemmalla Ravitalli Jani Ruotsalaisen lantala. Oikealla Ravitalli Juha Kortekallion lantala, joka oli jaettu väliseinällä kuivikevaraston kanssa (kuvat Jarno Föhr).

Ravitalli Suuronen Oy:llä oli kattamaton lantala, jonka pohja oli valettua betonia ja seinämät koottu betonilaatoista (kuva 4). Lastausalueen betonipohjan kaato oli oikeaoppisesti pois päin lantalasta, jolloin kaato estää sadeveden kulkeutumisen kohti lanta-aumaa.



KUVA 4. Ravitali Suuronen Oy:n kattamaton lantala (kuva Jarno Föhr).

## LOGISTIIKKA TALLILTA LAITOKSELLE

Hevosennannan traktorilogistiikka alkoi kuorman lastauksella hevostallin pihassa. Traktorin etukuormaajalla lastattiin lantalasta hevosennantaa peräkärryn kyytiin, joka oli laskettu etupuomin tukijalan varaan maata vasten (kuvat 5 ja 6). Tässä kuljetusdemonstraatiossa koko lastaustapahtuma kesti noin 15 minuuttia peräkärryn irrotuksineen ja kiinnityksineen. Yleisesti lastausajat vaihtelevat ja niihin vaikuttavat merkittävästi kaluston tilavuudet ja kuljettajista johtuvat eroavaisuudet. Kuorman valmistuttua traktoriyhdistelmä aloitti matkan kohti Juvan kaukolämpökeskusta.



KUVAT 5 ja 6. Vasemmalla hevosennannan lastausta. Oikealla kuorman painelua kauhalla, jolloin siitä saadaan tiiviimpi ja pölyäminen vähenee siirtymän aikana (kuvat Jarno Föhr).

Traktoriyhdistelmän kokonaispaino punnittiin autovaa'alla sen saavuttua kaukolämpökeskukselle (kuva 7). Peräkärryssä olevan hevosennannan paino saatiin selville, kun traktoriyhdistelmä punnittiin ensin täytenä sekä lopuksi tyhjänä kuorman tyhjennyksen jälkeen, jolloin erotuspainoksi saatiin kuorman paino. Tässä kuljetusdemonstraatiossa kuorma



painoi 4 400 kg. Kuvassa 8 traktoriyhdistelmä oli aluelämpölaitoksen piha-alueella odottamassa kuorman purkamista, koska turvekuorman purku oli vielä käynnissä. Laitoksilla on varauduttava ruuhka-aikoina odotusaikoihin kuorman purkamisen yhteydessä, koska purkupaikkoja on rajoitettu määrä. Juvan kaukolämpökeskus käytti pääpolttoaineena jyrshinturvetta.



KUVAT 7 ja 8. Vasemmalla traktoriyhdistelmä autovaa'alla. Oikealla pihanäkymää Juvan kaukolämpökeskukselta (kuvat Jarno Föhr).

Kuvissa 9 ja 10 on esitetty hevoselantakuorman purkaminen purkupaikalla. Kuorma purettiin kippaamalla metallisen lattiaritilän päälle, jonka reikäkoko oli noin 15 cm x 15 cm. Lattiaritilän tarkoituksena on erotella suuremmat yhtenäiset kappaleet erilleen, jotta ne eivät pääse purkumonttuun ja sitä kautta kattilan polttoprosessiin.



KUVAT 9 ja 10. Vasemmalla kuorman purkaminen kippaamalla. Oikealla kipattua hevoselantaa metallisen ritilälattian päällä (kuvat Jarno Föhr).

Kuvassa 11 on esitetty puretun hevoselantakuorman työntäminen traktorilla kokonaisuudessaan lattiaritilän päälle, koska kuormaa ei pystytä kerralla kippaamaan ritilälle. Lisäksi traktorilla voidaan sekoittaa hevoselantaa paremmin pääpolttoaineen sekaan. Näissä demonstraatioissa hevoselannan sekoitussuhteena pidettiin noin 20 tilavuusprosentin

osuutta. Lopuksi kuljettaja otti lapiolla kosteusnäytteen toimitetusta hevosenlannasta ja vei ottamansa lapiollisen laitoksen näytteenottosaaviin (kuva 12). Kuljettaja keräsi näytteenottolapiollisen eri puolilta purettua lantakuormaa.



KUVAT 11 ja 12. Vasemmalla puretun lantakuorman työntäminen lattiaritilälle. Oikealla kuljettaja valmistautuu ottamaan kosteusnäytteen hevosenlannasta (kuvat Jarno Föhr).

## TEHOSTAMISMAHDOLLISUUDET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä tutkimuksessa dokumentoitiin hevosenlannan demonstraatiokuljetusketju, jota toteutettiin Juvan kaukolämpökeskuksen ja kolmen paikallisen hevostallin välillä. Lisäksi tutkimuksessa tarkasteltiin demonstraatiokuljetusketjun tehostamismahdollisuuksia, joita käsitellään tarkemmin tässä yhteydessä. Demonstraatiokuljetusketjua hoidettiin traktori-logistiikalla, koska siinä oli etuna lastausmahdollisuus traktorin etukuormaajalla. Muilla vaihtoehtoisilla logistiikkavaihtoehdoilla tällaista mahdollisuutta ei olisi ollut ja kuljetusketju olisi ollut riippuvainen erillisestä lastauslaitteesta.

Demonstraation traktoriyhdistelmän kuljetuskapasiteetti oli kuitenkin melko pieni. Traktorin peräkärryn tilavuus oli 21 m<sup>3</sup>, mutta lyhyemmällä kuljetusmatkoilla, kuten alle 15 kilometrin siirtymillä, tilavuudella ei ole niin ratkaisevaa merkitystä logistiikkakustannusten kannalta. Lyhyillä kuljetusetäisyyksillä suurin merkitys on logistiikan toimivuudella, jolloin lantakuorman lastauksen on sujuttava ongelmitta hevostallilla, samoin kuin kuorman purkamisen laitoksella. Kuormatilavuutta voidaan periaatteessa lisätä vain kasvattamalla koko kuljetusyhdistelmän kokoa. Jos peräkärryn laitoja lähdetään korottamaan, niin silloin on kasvatettava myös traktorin etukuormaajan korkeusulottuvuutta.

Lyhyille kuljetusetäisyyksille soveltuisi myös vaihtoehtoisesti siirtokonttilogistiikka, jossa siirtokontti toimisi itsessään hevosenlannan väliavarastona. Tällöin hevostallin työntekijät hoitaisivat hevosenlannan täyttämisen konttiin, joten yhteistyötä vaadittaisiin ainakin kontin lastauksessa. Siirtokonttia kannattaa säilyttää katetussa tilassa tai peittää se rullat-

tavalla pressulla, jotta hevosenlanta ei kastu vesisateiden vaikutuksesta. Myös kuljetuksen aikana siirtokontti kannattaa pitää peitettynä, jotta kuorma ei pölyä yleisillä teillä. Samaa peittämiskäytäntöä kannattaa soveltaa myös traktoriyhdistelmän kuljetuksille pölyämisen ehkäisemiseksi. Siirtokonttilogistiikassa on normaalisti kaksi erillistä konttia samassa logistiikkaketjussa, joita voidaan vaihdella kuorma-autolla täysinäisestä tyhjään tallikäynnin yhteydessä.

Viimeiseksi käsitellään demonstraatioissa mukana olleiden hevostallien lantaloita ja annetaan niille suosituksia. Tosiasia on, että ensin pitää saada tehostettua hevosenlannan lähtöpää ja vasta sen jälkeen tarvittaessa korjata laitokselle valmiiksi rakennettua vastaanottopäätä. Kahdella hevostallilla oli katetut lantalat ja yhdellä kattamaton lantala hevosenlannan vä-livarastointia varten. Lantalan kattamattomuus altistaa hevosenlannan vesi- ja lumisateelle. Polttojakeen energiasisältö alkaa heikentyä ratkaisevasti sen kastuessa. Hevosenlantaa olisi kannattavinta säilyttää katetussa lantalassa, jotta polttoaineominaisuudet eivät heikentyisi. Lisäksi lantalan olisi hyvä sijaita maaston mukaisesti ennemmin korkealla kohdalla kuin notkossa tai rinteessä, jolloin maakallistukset olisivat oikeaoppisesti pois päin lantalasta. Tällöin sadevedet eivät kulkeutuisi kohti lantala ja aiheuttaisi hevosenlannan tarpeetonta kastumista.

Kaikissa lantaloissa oli valetut betonilattiat. Tasainen alusta helpottaa lannan lastaamista ja vähentää lastatun lantakuorman epäpuhtauksien määrää, kun lastausvaiheessa maa-ainesta päätyy vähemmän kauhaan ja sitä kautta kuormaan. Lisäksi hevosenlannan sekaan ei kannata laittaa heinää tai paalinarua, koska ne saattavat aiheuttaa ongelmia polttoainesyöttöön. Tämän vuoksi toimitettavan hevosenlannan olisi hyvä olla mahdollisimman tasalaatuista ja pienijakeista. Toisaalta kovien pakkasten aikana märkä hevosenlanta saattaa jäätyä paakuiksi/kameiksi, jolloin hevosenlantaa ei suositella toimitettavaksi laitokselle. Lisäksi hevosenlannan sekaan ei suositella heitettäväksi hevosenkenkiä tai mitään muutaakaan palamatonta tai sinne kuulumatonta materiaalia. Hevosenlantaa tulisi toimittaa laitokselle pelkästään hyvälaatuisena polttoaineena.

## LÄHTEET

Maa- ja metsätalousministeriö 2017. Hevosenlannan poltto helpottuu. Tiedote 18.1.2017. Saatavissa: [http://mmm.fi/artikkeli/-/asset\\_publisher/hevosenlannan-poltto-helpottuu](http://mmm.fi/artikkeli/-/asset_publisher/hevosenlannan-poltto-helpottuu).

Urakointi Ville Tarkiainen 2018. Koneurakointi Juvalla – Urakointi Ville Tarkiainen. Yrityksen nettisivu. Juva. Saatavissa: <http://www.urakointitarkiainen.fi/>.

# HEVOSTALOUS JA HEVOSEN- LANNAN SAATAVUUS ETELÄ-SAVOSSA

Jarno Föhr & Tapio Ranta

Vuoden 2018 kesällä valtioneuvosto hyväksyi lakiesitykset, joilla helpotettiin tuotantoeläinten lannan käyttöä energiantuotannossa. Näiden muutosten ansiosta hevosenlannan polttoon ei enää tarvita jätteenpolttolupaa alle 50 megawatin energiantuotantolaitoksissa. Kyseiset lannan polttoa helpottavat lakimuutokset on kirjattu ympäristönsuojelulakiin sekä eläimistä saatavista sivutuotteista annettuun lakiin. Aikaisemmin hevosenlannan poltto oli lainsäädännön mukaan mahdollista vain jätteenpolttolaitoksissa, mutta nyt sen polttaminen alle 50 megawatin laitoksissa katsotaan energiantuotannoksi jätteenpolton sijaan. Tämän lisäksi ympäristönsuojelulakiin säädettiin poikkeuksia, jotka helpottivat lannan polttoon. Poikkeukset koskivat sekä polttolämpötilavaatimuksia että päästöarvojen määrittämisiä. (Maa- ja metsätalousministeriö, Ympäristöministeriö 2018.)

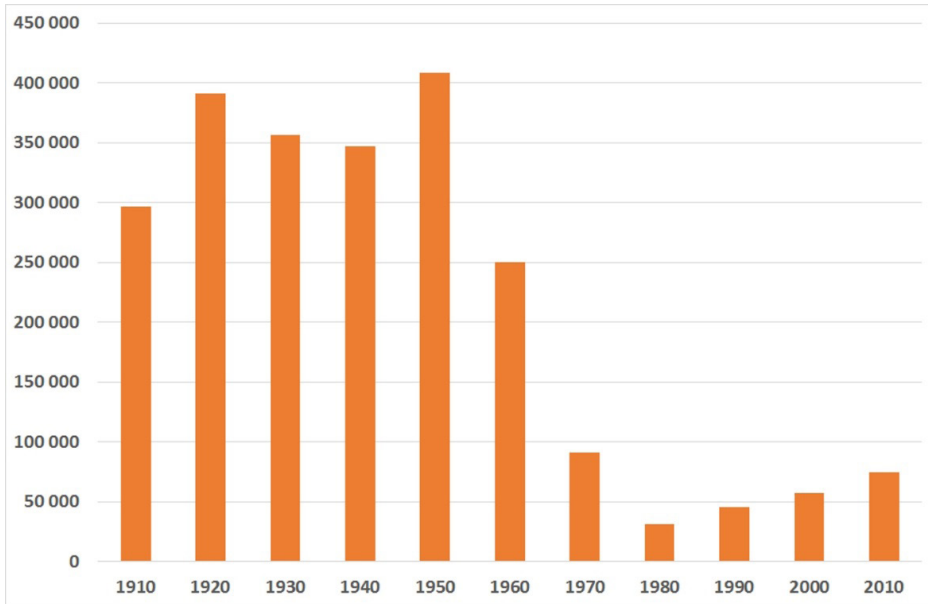
Tänä päivänä hevosenlannan polttaminen on periaatteeltaan energiantuotantoa, jolloin lannasta saadaan periaatteessa uusi polttoainejake muiden kiinteiden polttoaineiden rinnalle aluelämpölaitoksilla. Hevosenlantaa voidaan sekoittaa lämpölaitoksella käytettävän pääpolttoaineen sekaan. Hyvälaatuista hevosenlantaa tullaankin tarvitsemaan kasvavissa määrin, ja hevosenlantaa pitäisi saada laitosten lähetyviltä, jotta lannan kuljetuskustannukset pysyisivät kohtuullisella tasolla. Tämän vuoksi on hyvä selvittää ja paikantaa tarkemmin hevosenlannan potentiaalista saatavuutta Etelä-Savon alueella ja perehtyä hevostalouden yleiseen muutostrendiin, jotta saadaan käsitys hevosenlannan riittävydestä lähitulevaisuudessa.

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin hevostalouden yleistä kehitystä Suomessa sekä selvitettiin hevuskannan ja tallien määrää Etelä-Savossa. Lisäksi tutkimuksessa selvitettiin kuivikelannan potentiaalista saatavuutta alueellisesti koko Etelä-Savossa. Tutkimuksessa tarkasteltiin myös vuodenajan vaikutusta hevosenlannan saatavuuteen hevostalleilta ja verrattiin sen merkitystä aluelämpölaitoksien vuodenaikaiseen polttoainetarpeeseen.

## HEVOSKANNAN KEHITYS SUOMESSA JA SEN VAIKUTUS KANSANTALOUTEEN

Hevuskannan määrä oli huipussaan Suomessa vielä 1900-luvun puoleen väliin asti, vaihdellen 300 000–400 000 hevosen välillä. Hevuskanta kuitenkin väheni merkittävästi vuosien

1960–1980 välillä, aina noin 30 000 hevoseen asti. Tämän jälkeen hevoscannan määrä on ollut kasvussa aina 2010-luvulle asti, jolloin hevosia oli jo 74 000. Kuvassa 1 on esitetty hevoscannan määrän kehitys Suomessa eri vuosikymmenten aikana. (Suomen Hippos ry 2017.)



KUVA 1. Hevoscannan kehitys Suomessa viimeisen 100 vuoden aikana (Suomen Hippos ry 2017).

2010-luvun aikana hevoscannan määrä on vakiintunut yli 70 000 hevoseen. Vuonna 2017 Suomessa oli hevosia kaiken kaikkiaan noin 74 400, jotka jakaantuvat pääasiassa lämminverisiin, suomenhevosiiin ja poneihin. Suomessa on määrällisesti eniten lämminverisiä. Vuonna 2017 raviurheilun harrastajia ja seuraajia oli noin 225 000 ihmistä ja ratsastuksen harrastajia noin 160 000. Koko maassa oli noin 16 000 hevostallia, ja hevostalouden ala työllisti yli 15 000 ihmistä. (Hippolis ym. 2018.)

Tulevaisuudessa hevosharrastamisen kasvu luo uutta elinkeinotoimintaa sekä hevosalalle että myös muille toimialoille. Hevosalalla on erittäin paljon myönteisiä vaikutuksia aluealouteen myös hevostapahtumien kautta, joista suurimmilla on jopa 10 miljoonan euron kokonaisvaikutus lähiseudulle. Viime vuosikymmeninä suurin hevostapahtuma on ollut eri paikkakunnilla vuosittain järjestettävä Kuninkuusravit. Pelkästään vuonna 2017 hevospien pelivaihto oli 240,85 miljoonaa euroa, jolla rahoitetaan yleisesti hevosalan toimintaa. (Hippolis ym. 2018.)

Hevosala on vaikuttava toimiala, joka tarjoaa monipuolisen elinkeinon, runsaasti työpaikkoja ja monia harrastusmahdollisuuksia niin maaseudulla, kunnissa kuin kaupungeissa.

Uudistuva hevostalous -hanke toteutti keväällä 2017 valtakunnallisen kyselytutkimuksen hevosityritystoiminnan kehitysnäkymistä. Kyselyn perusteella seuraavan viiden vuoden aikana tulevat kasvamaan erityisesti matkailu- ja vaellustoiminta, hevosavusteinen toiminta ja hevosten hyvinvointipalvelut sekä täysihoitopalvelut (Hippolis ym. 2018).

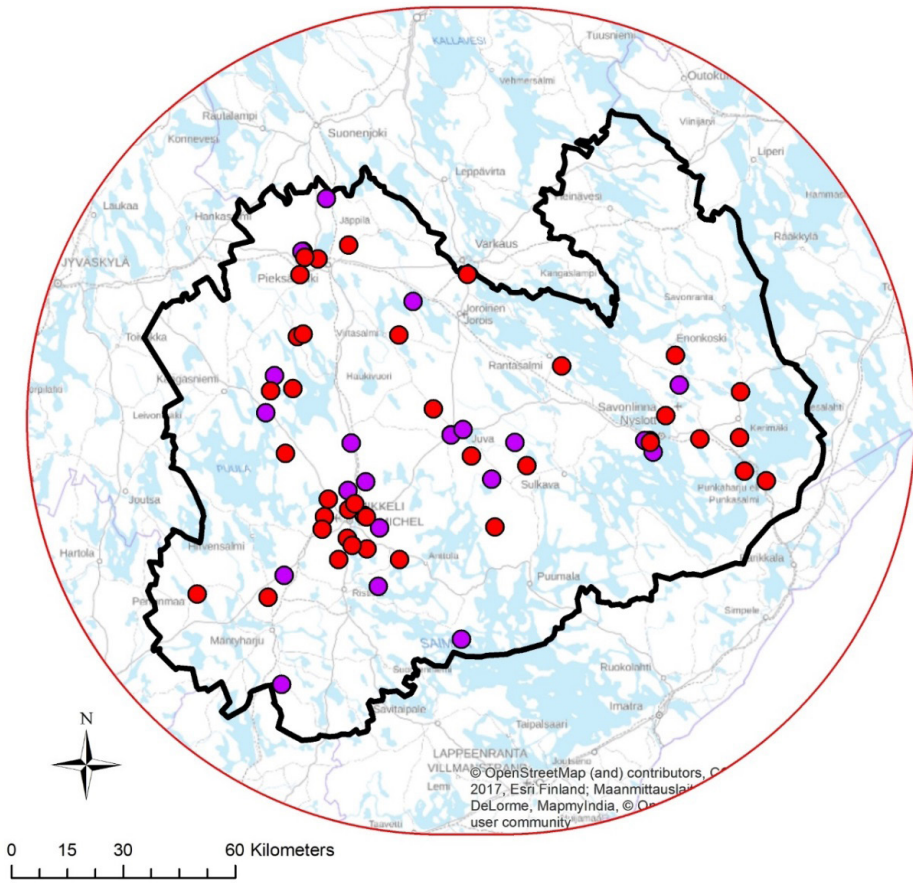
## HEVOSKANNAN JA TALLIEN MÄÄRÄ ETELÄ-SAVOSSA

Vuonna 2015 Etelä-Savon maakunnassa oli hevosrekisterin mukaan yhteensä 3 490 hevosta. Näistä oli suomenhevosia 1 263, lämminverisiä 1 073, ratsuja ja poneja 909 ja muita 245 (esim. aasit). Tilastoja voi vääristää niin sanotut haamuhevoset, joita ei ole ilmoitettu poistettavaksi rekisteristä kuollessaan. Haamuhevosia arvellaan olevan yhteensä noin 200 kappaletta. Kaiken kaikkiaan Etelä-Savossa oli 1 964 hevosenomistajaa vuonna 2015. (Etelä-Savon Hevosjalostusliitto ry 2018.)

Etelä-Savon maakunnan alueella arvioidaan olevan noin 700 hevostallia (Soininen ym. 2010). Valtaosa näistä talleista on kooltaan 1–3 hevosen pientalleja. Suomen Gallup Elin-tarviketieto Oy (2005) toteutti Hevosyrittäjyys-kyselyn suomalaisille talliyrittäjille, jossa selvitettiin yleisimpiä toimintamuotoja yrityksessä. Kyselyn mukaan Etelä-Savon alueen talliyrittäjistä oli hevoskasvattajia 31 %, ravitoimijoita 27 %, ratsastustoimijoita 19 % ja karsinapaikkojen vuokraajia 4 %. Talliyrittäjän vuosittainen liikevaihto oli 37 500 euroa (mediaani). Pienemmillä harrastemuotoisilla talleilla toimintamuotojen jakautuminen oli hieman erilainen; omaa ravivalmennusta harrasti 28 % vastaajista, 28 % käytti talliaan muuhun harrastekäyttöön, ja hevoskasvatusta harrasti 24 % vastaajista.

Tutkimuksessa selvitettiin suurien ja keskikokoisten hevostallien määrää ja sijainnit Etelä-Savon alueella. Suurella tai keskikokoisella hevostallilla tarkoitettiin tallia, jossa oli vähintään yli viisi hevosta. Suurimmilla talleilla oli yli 40 hevosta. Hevostallien määrä- ja sijaintitietoja selvitettiin useista eri lähteistä, kuten Suomen Ravivalmentajat ry:stä, toimilisenssin haltijoilta ja hevostallien omilta nettisivuilta. Hevostallit olivat jollain tavalla vahvasti vaikuttamassa hevosalalla tai muuten esillä sosiaalisessa mediassa.

Suuria ja keskikokoisia hevostalleja oli yhteensä 61 kappaletta Etelä-Savon alueella, joista 21 oli ravitalleja ja 40 ratsastus- ja ponitalleja. Hevostallit keskittyivät pääasiassa kaupunkien ja Juvan kunnan läheisyyteen Etelä-Savossa, kuten kuvasta 2 ilmenee. Mikkelin alueella oli suurin hevostallien tihentymä koko maakuntaan nähden. Taulukossa 1 on esitetty nimi- ja paikkakuntalistaus hevostalleista.



KUVA 2. Etelä-Savossa sijaitsevat suuret ja keskikokoiset ravitallit (violeilla) sekä ratsu- ja ponitallit (punaisella) (kuva Kalle Karttunen ja Jarno Föhr).

**TAULUKKO 1. Suuret ja keskikokoiset hevostallit (61 kpl) Etelä-Savon alueella.**

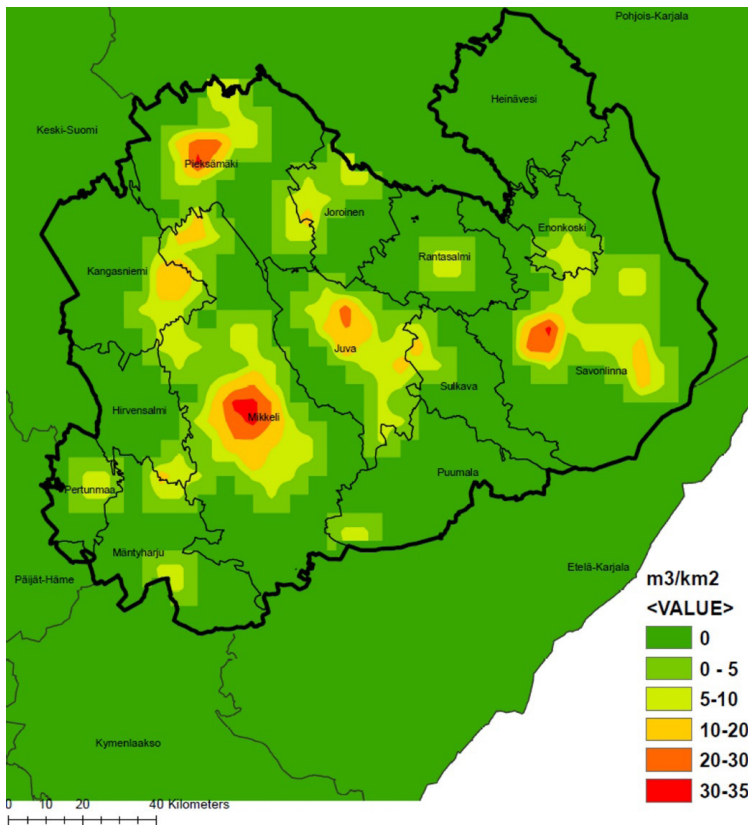
<b>Ravitallit</b>		<b>Ratsu- ja ponitallit</b>	
Ari-Matti Konsti	Juva	Alatalon talli	Mikkeli
Erkki Tulla	Hirvensalmi	Aurinkolaukka	Punkaharju
C.B. -Talli	Pieksämäki	Castanja Shetland Ponies	Kangasniemi
Haapialan talli	Savonlinna	Haukivuoren Ratsastuskoulu	Nykälä
Heli Viisterä	Mikkeli	Haukkamäen Hevostila	Anttola
Jouni Hillbom	Ristiina	Hevostoiminta Balanssi	Pieksämäki
Pekka Luukkonen	Puumala	Kangasperkon Talli	Mikkeli
Petri Fredin	Kangasniemi	Kekkolan Kartano	Mikkeli
Petri Ripatti	Mikkeli	Kimmon Talli	Kuvansi
Ravitalli Innanen	Savonlinna	Kirsin talli	Enonkoski
Ravitalli Jani Ruotsalainen	Juva	Kohopellon Talli	Savonlinna
Ravitalli Juha Kortekallio	Juva	Koivuharjun Talli	Silvola
Ravitalli Markus Dahlström	Savonlinna	Kulmapirtin talli	Kerimäki
Ravitalli Olli-Pekka Hämäläinen	Joroinen	Kuuselan Ratsutalli	Pertunmaa
Ravitalli P. Nykänen	Pieksämäki	Leijonamielen talli	Sulkava
Ravitalli Suuronen	Juva	Levälän talli	Juva
Ravitalli U. Paavilainen	Mäntyharju	Luonto-Taipale	Vanhamäki
Stall Blombacke	Mikkeli	Mannilan ratsutalli	Punkaharju
Tanja Paavilainen	Mikkeli	Murtovaaran talli	Mikkeli
Terho Rautiainen	Kangasniemi	Mäenpään Kartanon Ratsastuskoulu	Pieksämäki
Veli-Matti Pursiainen	Juva	Niemenpellon talli	Mikkeli
		Nuuvimäki	Pieksämäki
		Palokin talli	Pieksämäki
		Rasalan tila	Risulahti
		Ratsastuskoulu Sarin talli	Savonlinna
		Ratsutila Toivonharju	Nykälä
		Ratsutalli Viljanen	Mikkeli
		Relanderin Ponitalli	Mikkeli
		Rouhialan Ratsastustalli	Mikkeli
		Savelan talli	Vitsiälä
		Suojalammen Talli	Mikkeli
		Talli Ryökäle	Pieksämäki
		Teittilän Talli	Pieksämäki
		Tuokon Talli	Mäntyharju
		Töppövilan Vaellustalli	Rantasalmi
		Uutelan talli	Vuojalahti
		Vanhalan Ratsutila	Kerimäki
		Vehmaan talli	Juva
		Vuohimäen Ratsastuskoulu	Savonlinna
		Wanhan-Tuukkalan Talli	Mikkeli



Koko Suomen maaperällä yli puolet hevosista asuu tällä hetkellä kasvukeskuksissa ja niiden lähiympäristössä. Kaupunkien ympärille pyrkii muodostumaan eräänlainen hevostilavyöhyke niin sanotuille rurbaaneille (rural-urban) alueille, koska hevostallit ja -yritykset pyrkivät sijoittumaan lähelle potentiaalisia asiakkaitaan. (Laitinen & Mäki-Tuuri 2014.) Sama ilmiö on havaittavissa myös Etelä-Savon maakunnassa.

## HEVOSENLANNAN SAATAVUUS ETELÄ-SAVOSSA

Hevoslannan saatavuutta selvitetessä Etelä-Savon hevostallosektori oletettiin noin 3 300 (pois lukien haamuhevoset). Yhden eteläsavolaisen hevosen vuosittaiseksi lannantuottopotentiaaliksi asetettiin nitraattidirektiivissä ilmoitettu  $12 \text{ m}^3$ , minkä perusteella Etelä-Savon hevostallit tuottaisivat vuosittain noin  $40\,000 \text{ m}^3$  kuivikelantaa (VNa 931/2000). Tutkimuksessa selvitettyjen suurien ja keskikokoisten hevostallien sijaintien pohjalta luotiin Etelä-Savon karttapohjalle hevosenlannan potentiaalinen saatavuustiheys, joka on esitetty kuvassa 3. Kuvasta ilmenee, että hevosenlannan potentiaalinen saatavuustiheys suurilta ja keskikokoisilta hevosstalleilta oli suurimmillaan asutuskeskuksissa ja niiden läheisyydessä.

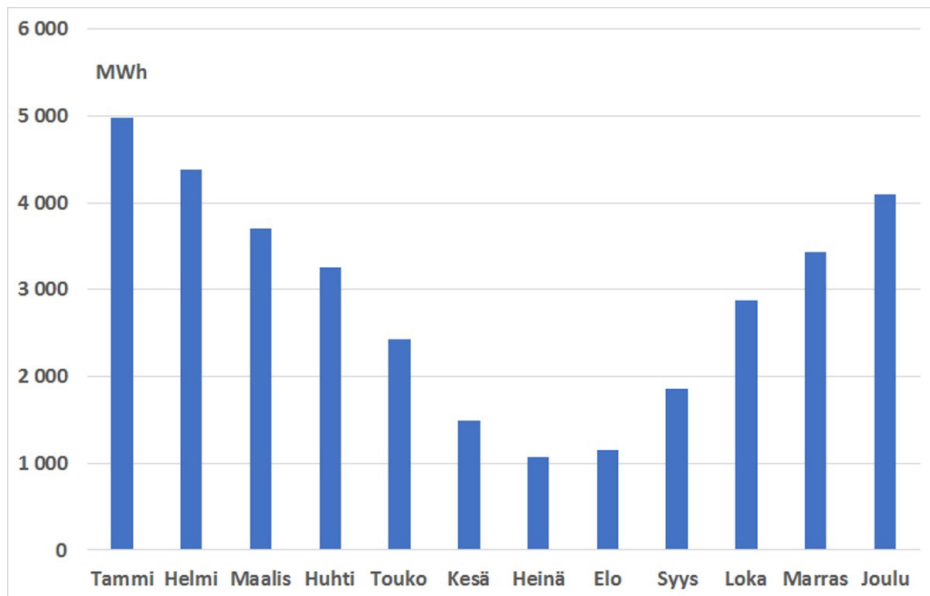


KUVA 3. Hevoslannan potentiaalinen saatavuustiheys ( $\text{m}^3/\text{km}^2$ ) suurilta ja keskikokoisilta hevosstalleilta Etelä-Savon alueella (kuva Rabins Gaudel, Kalle Karttunen ja Jarno Föhr).

## VUODENAJAN VAIKUTUS HEVOSENLAN- NAN SAATAVUUTEEN JA LÄMPÖLAITOKSIEN POLTTOAINETARPEISIIN

Vuodenajalla on suuri vaikutus hevosennannan saatavuuteen hevostalleilta, koska kesäisin osaa hevosista pidetään paljon laitumilla ja tällöin myös lantaa jää sinne suuria määriä. Tyypillisesti siitostammoja ja varsoja pidetään laitumilla noin kolme kuukautta vuoden aikana, joskus pidempäänkin riippuen säätiloista ja heinän riittävydestä. Esimerkiksi maineikkaalla Miehikkälän orilaitumella varsojen laidunaika on normaalisti kesäkuusta elokuuhun (Kymen-Karjalan Hevosjalostusliitto ry 2018). Hevosia pidetään laitumella, koska laidun on hevoselle luonnollisin elinympäristö ja kesällä laumassa laiduntamisella on suuri merkitys hevosen terveydelle ja hyvinvoinnille (Suomen Hevostietokeskus ry 2016). Talleilla annettava kuiva heinä ja säilörehu eivät vastaa ravintoarvoltaan hyvää laidunta. Jo pelkkä laitumella oleminen sekä laidunruohon korkeat vitamiini- ja valkuaispitoisuudet ovat eduksi tamman lisääntymistoiminnoille, imettäville tammoille ja kasvaville varsoille (Maaseutuverkosto 2014).

Vuodenaika ja vallitseva lämpötila vaikuttavat myös alueellisiin kaukolämpötuotannon polttoainetarpeisiin. Kiinteistöjen lämmitystarpeet ovat yleisesti suurimmillaan talvella ja pienimmillään kesällä. Kuvassa 4 on esitetty kaukolämpötuotannon kuukausittainen toteutuma Suur-Savon Sähkö Oy:n Juvan lämpölaitoksilla vuoden 2017 aikana. Kuvasta ilmenee, että kiinteistöjen lämmitystarpeet noudattavat pohjoismaiden tyypillistä vuodenaikavaihtelua.



KUVA 4. Kaukolämpötuotannon kuukausittainen toteutuma Juvan kunnassa vuonna 2017 (Suur-Savon Sähkö Oy 2018).

## YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä tutkimuksessa saatiin kattavaa tietoa hevostalouden yleisestä kehityksestä sekä Suomessa että Etelä-Savossa ja hevosenlannan saatavuudesta Etelä-Savon alueella. Suomessa hevoscannan määrä on vakiintunut yli 70 000 hevoseen 2010-luvun aikana. Koko maassa on noin 16 000 hevostallia ja hevostalouden ala työllistää yli 15 000 ihmistä. Etelä-Savon Hevosjalostusliiton mukaan Etelä-Savossa oli noin 3 300 hevosta vuonna 2015, kun määrästä oli vähennetty niin sanotut haamuhevoseet. Etelä-Savon suuret ja keskikokoiset hevostallit keskittyivät pääasiassa kaupunkien ja Juvan kunnan läheisyyteen maakunnassa. Tästä johtuen myös potentiaalinen hevosenlannan saatavuustiheys oli suurimmillaan asutuskeskuksissa ja niiden läheisyydessä. Tämän ansiosta hevosenlannan kuljetusetäisyydet alueellisille lämpölaitoksille ovat keskimäärin lyhyitä, mikä puolestaan vähentää lantalogistiikan kustannuksia.

Tutkimuksessa saatiin myös tietoa vuodenajan vaikutuksesta hevosenlannan saatavuuteen hevosalleilta ja aluelämpölaitoksien keskimääräisestä polttoainetarpeesta vuoden aikana. Yleisesti voidaan todeta, että vuodenaikainen aluelämpölaitosten polttoaineen kysyntä ja hevosenlannan tarjonta ovat keskimäärin tasapainossa Suomessa. Kun aluelämpölaitoksien polttoainetarpeet ovat alhaisimmillaan kesällä, niin myös hevosenlannan potentiaalinen saatavuus on alhaisimmillaan samaan aikaan. Tämä tasapaino antaa hevosalleille mahdollisuuden kerryttää kuivikelantavarastojaan kesän aikana, jotta pystytään vastaamaan lämpölaitosten polttoainetarpeeseen viileiden syysklien alkaessa.

## LÄHTEET

Etelä-Savon Hevosjalostusliitto ry 2018. Puhelinkeskustelu hevosmääristä Etelä-Savon alueella vuonna 2015: Outi Ruottinen, 17.8.2018, Mikkeli.

Hippolis, Suomen Hippos ry, Suomen Ratsastajainliitto ry & Luke Hevostalous 2018. Hevostalous lukuina 2017. PDF-tiedosto. Saatavissa: [http://www.hippos.fi/files/21599/Hevostalous\\_lukuina\\_2017\\_lopullinen.pdf](http://www.hippos.fi/files/21599/Hevostalous_lukuina_2017_lopullinen.pdf).

Kymen-Karjalan Hevosjalostusliitto ry 2018. Kymen-Karjalan Hevosjalostusliiton orilaitumet. Yhdistyksen nettisivu. Pohja-Lankila. Saatavissa: <http://www.hevosjalostusliitot.fi/kymenkarjala/fi/laidunasiat/laitumet.php>.

Laitinen, A. & Mäki-Tuuri, S. 2014. Hevoseet kasvukeskuksissa. Teoksessa: Laitinen, A. & Mäki-Tuuri, S. (toim.) Hevoseet ja kunta – rajapintoja. Ypäjä, Hippolis – Hevosalan osaamiskeskus ry, s. 10–12.

Maa- ja metsätalousministeriö, Ympäristöministeriö 2018. Lannan polttoa helpottavat lakiesitykset hyväksyttiin valtioneuvostossa. Tiedote 27.6.2018. Saatavissa: [https://valtioneuvosto.fi/artikkeli/-/asset\\_publisher/lannan-polttoa-helpottavat-lakiesitykset-hyvaksyttiin-valtioneuvostossa](https://valtioneuvosto.fi/artikkeli/-/asset_publisher/lannan-polttoa-helpottavat-lakiesitykset-hyvaksyttiin-valtioneuvostossa).

Maaseutuverkosto 2014. Hevonen nauttii laitumella. Maaseutuverkoston esite. PDF-tiedosto. 32 s. Saatavissa: [http://www.hippos.fi/files/9459/Hevonen\\_nauttii\\_laitumella\\_net.pdf](http://www.hippos.fi/files/9459/Hevonen_nauttii_laitumella_net.pdf).

Soininen, H., Mäkelä, L., Äikäs, V. & Laitinen A. 2010. Ympäristöasiat osana hevostallien kannattavuutta. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Tutkimusraportit 57, 107 s. + liitteet 11 s..

Suomen Gallup Elintarviketieto Oy 2005. Hevosyrittäjyys-kyselyn aineisto 2005. Espoo: Suomen Gallup Elintarviketieto.

Suomen Hevostietokeskus ry 2016. Laiduntamisen hyödyt hevoselle. Neuvonnan ja koulutuksen kehittämissyksikkö, Kuopio. Yhdistyksen nettisivu. Saatavissa: <http://www.hevostietokeskus.fi/index.php?id=1064&kieli=3>.

Suomen Hippos ry 2017. Hevoskannan kehitys 1910–2016. PDF-tiedosto. Saatavissa: [http://www.hippos.fi/files/13835/hevoskannan\\_kehitys\\_1910-2016.pdf](http://www.hippos.fi/files/13835/hevoskannan_kehitys_1910-2016.pdf).

Suur-Savon Sähkö Oy 2018. Sähköpostikeskustelu Juvan kunnan kuukausittaisesta kaukolämpötuotannosta vuonna 2017: Harri Karhu, 27.8.2018.

VNa 931/2000. Valtioneuvoston asetus maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamisesta. Annettu Helsingissä 9. päivänä marraskuuta 2000.



# HEVOSENLANNASTA LÄMPÖ-ENERGIAA JA UUTTA LIIKE-TOIMINTAA

Riina Tuominen & Hanne Soininen & Jarno Föhr & Tapio Ranta

HevosWatti-hankkeella pyrittiin edistämään Etelä-Savon maakunnan omia bioenergian käyttömahdollisuuksia ja kehittämään hevosenlannan hyödyntämistä energiantuotannossa. Hankkeessa suoritetuilla demonstraatiokokeilla kehitettiin energiantuotantolaitosten polttoainehuoltoa ja hevosenlannan käytettävyyttä polttoaineena. Lisäksi hankkeen yhteydessä monitoroitiin hevosenlannan seospolttamisen vaikutuksia lämpölaitoksen tuotantoon kokonaispäästöihin. HevosWatti-hankkeen demonstraatiokokeet käynnistivät alueen energiantuotantolaitosten ja hevosyrittäjien yhteisen energiahuollon toimitusketjun – tallilta kattilaan.

Lantahuollon logistiikka- ja käsittelykustannukset muodostavat suuren kustannuserän, joka osaltaan heikentää hevosityrittäjien toiminnan taloudellista kannattavuutta. Puupohjaista kuiviketta käytettäessä hevosenlanta on usein vaikea saada hyödynnettyä kasvinviljelyssä, maanparannusaineena tai lannoitteena. Poltettavaksi se kuitenkin soveltuu hyvin. Lannan käyttäminen energiantuotannon polttoaineena voikin olla ratkaisu yrityksille, joilla ei ole käytössä soveltuvaa loppusijoituspaikkaa lannalle. Hevosyrittäjille kustannuserä muodostuu lähinnä lannan kuljetuskustannuksesta yrityksestä polttolaitokselle. Lanta on kuitenkin joka tapauksessa kuljetettava yrityksestä pois, joten kuljetusmatkan pituus ja kuljetustapa ovat ratkaisevia tekijöitä kuljetuskustannuksissa.

Energiantuotannossa käytettävän lannan tulisi olla riittävän tuoretta, sillä sen energiasisältö heikkenee ajan kuluessa luontaisen maatumisen johdosta, kun orgaaninen aines alkaa hajota. Myös ulkovarastoinnin seurauksena kuivikelannan kosteuspitoisuus voi nousta, jolloin lannan energiasisältö heikkenee. Kuivikelannan energiasisältö on lähellä tavanomaisen puupolttoaineen keskimääräistä energiasisältöä. Lanta soveltuu polttoaineeksi, jos se on varastoitu huolellisesti ja sen laatu täyttää sille esitetyt vaatimukset. Lannan laatuvaihtelut aiheuttavat kuitenkin sen, ettei se todennäköisesti sovellu laitoksen ainoaksi polttoaineeksi tai pääpolttoaineeksi. Hevosen kuivikelanta vaikuttaisi olevan hyvä seospolttoaine energiantuotantolaitoksille. Jos sitä saadaan läheltä, eivät myöskään kuljetuskustannukset nouse liian suuriksi. Hevosenlannan käytön salliminen energiantuotannossa lisää päästöttömän ja uusiutuvan energian käyttöä.

Hevoslannan energiahyödyntämisen myötä Etelä-Savon alueen maaseudulle on mahdollista syntyä lisää työpaikkoja, sillä hevoslannan kuljettamiseen energiantuotantolaitokselle tarvitaan työvoimaa ja yrittäjiä. Hankkeen tulokset mahdollistavatkin paikallista osa-aikatyötä esimerkiksi maaseutuyrittäjille. Lannan kuljetusyrittäjinä voivat toimia vaikkapa kausiluonteista työtä tekevät auraustyöntekijät tai muut maaseutuyrittäjät, joilla on olemassa valmiita kuljetuskalustoa hoitaa lantalogistiikkaa hevoslallelta lämpölaitokselle. Kuljetusyrittäjät voivat myös toimittaa kuivikemateriaalia paluukuljetuksena hevoslallelille, jolloin syntyy synergiahyötyjä ja kustannustehokkuutta koko logistiikkaketjulle.

Polttamisprosessissa syntyy tuhkaa, jota voidaan hyödyntää lannoitteena tai maanparannusaineena. Tuhkan kaupallistaminen ja sen logistiikan järjestäminen vaativat vielä lisätutkimuksia, mutta tämäkin osa-alue luo mahdollisuuksia uudelle liiketoiminnalle.

HevosWatti-hankkeen tulosten perusteella hevoslanta soveltuu seospolton raaka-aineeksi. Hankkeen aikana toteutettu lannan kuljetus, käsittely ja poltto onnistuivat hyvin, ja käytännön kokeilujen kautta saatiin uutta tietoa lannan logistiikkahuollon toimivuudesta yritysten liiketoiminnan edistämiseksi. Hankkeen tulokset ovat monistettavissa ja käytettävissä alueellisesti ja kansallisesti. Hankkeessa suoritettujen demonstraatioiden ansiosta Juvalla syntyi osa-aikatyötä hevoslannan logistiikan pariin, ja kuljetuksista Juvan lämpölaitokselle vaikuttaisi muodostuvan pysyvää toimintaa myös tulevaisuudessa (kuva 1).



KUVA 1. Hevoslannan hyödyntäminen energiantuotannossa luo kysyntää kuljetusyrittäjille (kuva Riina Tuominen).

