

Lappeenrannan teknillinen yliopisto

School of Energy Systems

Energiatekniikan koulutusohjelma

BH10A0202 Energiatekniikan kandidaatintyö

Hevosenlannan hyödyntäminen energiantuotannossa

Utilization of Horse Manure in Energy Production

Työn tarkastaja: Tapio Ranta

Työn ohjaaja: Jarno Föhr

Lappeenranta 8.6.2018

Heini Rantanen

TIIVISTELMÄ

Opiskelijan nimi: Heini Rantanen

Hevoslannan hyödyntäminen energiantuotannossa

School of Energy Systems

Energiatekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyön ohjaaja: Jarno Föhr

Kandidaatintyö 2018

31 sivua, 4 kuvaa, 1 taulukko

Hakusanat: Hevoslanta, kuivikelanta, biopolttoaine, eläinperäinen biomassa

Työssä tarkasteltiin kuiviketta sisältävän hevoslannan, eli kuivikelannan hyödyntämistä energiantuotannossa. Kuivikelantaa voidaan hyödyntää perinteisen polttamisen lisäksi mädättämällä siitä metaanipitoista biokaasua tai kaasuttamalla siitä hiiliyhdistepitoista tuotekaasua.

Työssä tarkasteltiin polttamista tarkemmin siitä näkökulmasta, miten kuivikelanta muuttaa polttoprosessia ja miten kuivikelanta eroaa tyypillisistä polttoaineista, kuten hakkeesta ja turpeesta. Työssä myös käsiteltiin miten eri kuivikkeet vaikuttavat polttoprosessiin ja millainen kuivikelanta soveltuu mihinkin energiantuotantotapaan.

Työssä tutustuttiin myös hevoslannan polttamiseen liittyvään lainsäädäntöön ja siihen tulleisiin muutoksiin. Vuonna 2017 astui voimaan uusi EU-asetus 1262/2017, joka mahdollistaa hevoslannan polttamisen muissakin kuin jätteenpolttolaitoksissa, joiden teho on alle 50 MW.

Työ on osa HevosWatti-hanketta, missä selvitetään hevoslannan soveltuvuutta polttoaineena rinnakkaispoltoissa. Hanke on jatkoa vuonna 2017 tehdyille HevosWoima-hankkeelle.

SISÄLLYSLUETTELO

Tiivistelmä

Sisällysluettelo

1 Johdanto	4
2 Hevosenlannan ominaisuudet	6
2.1 Koostumus.....	6
2.2 Lämpöarvo.....	8
3 Lannan energian hyödyntämisen teknologiat	10
3.1 Poltto	10
3.2 Mädätys	12
3.3 Kaasutus	15
4 Hevosenlannan energiakäytön lainsäädäntö	18
4.1 Hevosenlannan polttamiseen liittyvä säädäntö.....	18
4.2 Muu lainsäädäntö lannan energiakäyttöön liittyen.....	19
5 Hevosenlannan vaikutus kattilan valintaan ja päästöihin	20
5.1 Tuhkan sulaminen	20
5.2 Korroosio.....	21
5.3 Päästöt	22
6 Johtopäätökset ja tulevaisuuden näkymät	24
7 Yhteenveto	26
Lähdeluettelo	28

1 JOHDANTO

Vuonna 2016 Suomessa oli noin 74 000 hevosta ja hevosalleja noin 16 000 (Hippolis et al. 2016). Hevosten määrän, ja siten ylipäätään hevosalan, ennustetaan vuoteen 2030 mennessä kasvavan 90 000 hevoseen (Mäki-Tuuli ja Laitinen, 2014). Hevonen tuottaa päivittäin useita kiloja lantaa. Esimerkiksi 500 kg painoinen hevonen tuottaa vuodessa yhteensä noin 8 000-10 000 kg lantaa (Suomen Hevostietokeskus ry, 2018a). Tämä tarkoittaa, että Suomessa syntyy satoja miljoonia kiloja lantaa joka vuosi. Kaikilla hevosenomistajilla ja tallinpitäjillä ei ole mahdollisuuksia hävittää syntynyttä lantaa helposti ja siksi sen hyödyntäminen energiantuotannossa voisi olla etu niin hevosalan toimijoille kuin yhteiskunnalle.

Tässä työssä tarkasteltiin mahdollisuuksia hyödyntää energiantuotannossa hevosenlantaa, tarkemmin sanottuna kuivikelantaa, joka koostuu hevosenlannan lisäksi kuivikemateriaalista. Tarkastellut tavat olivat polttaminen, mädätys eli biokaasun tuottaminen ja terminen kaasutus. Poltettaessa lannan energialla voidaan tuottaa sähköä tai lämpöä kulutuksen mukaiseen tarpeeseen, mutta mädätyksessä ja kaasutuksessa lantaa jalostetaan kaasumaiseen muotoon. Näitä kaasuja voidaan esimerkiksi hyödyntää liikennepolttoaineena tai polttaa sähkön tai lämmön tuottamiseksi. Työssä tarkasteltiin myös lannan polton mahdollisuuksia ja haasteita kattilan sekä päästöjen kannalta. Tarkastelun kohteena oli myös eri kuiviketta sisältävien kuivikelantojen erot näillä energiantuotantomenetelmillä.

Työn tavoitteena oli tutkia, miten hevosenlantaa voidaan hyödyntää energiantuotannossa ja millaisia asioita tällöin tulee ottaa huomioon. Lisäksi työssä tutustuttiin hevosenlannan polttamiseen liittyvään lainsäädäntöön ja siihen tapahtuneisiin muutoksiin viime vuosina. Suuri muutos tapahtui, kun hevosenlannan poltto helpottui vuonna 2017 uuden Euroopan unionin asetuksen 1262/2017 myötä (Maa- ja metsätalousministeriö, 2017).

Tällä hetkellä suurin osa, noin 70 %, hevosenlannasta hävitetään levittämällä se lähialueen pelloille lannoitteeksi (Maa- ja metsätalousministeriö, 2017). Kuivikelanta ei ole silti aina parhain vaihtoehto lannoitteeksi, sillä puupohjainen kuivike, esimerkiksi sahanpuru, hajoaa huonosti pelloilla (Kenttämä et al. 2017). Osa syntyvästä lannasta ei

tule kerätyksi vaan jää esimerkiksi laitumille ja maatuu siellä. Kuitenkin suurin osa lannasta tulee kerätyksi ja väliaikaisesti varastoiduksi lantalaan ennen sen elinkaaren loppua. Lantaa voidaan myös kompostoida erilaisin menetelmin, ja kompostoitumisessa syntyvää lämpöä olisi mahdollista ottaa talteen ja hyödyntää (Hippolis, 2014). Tässä työssä ei kuitenkaan tutustuttu kompostoitumisessa syntyvän lämmön hyödyntämiseen.

Energiantuotannossa muun muassa Järvenpään sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksella hyödynnetään hevosenlantaa muun polttoaineen seassa (Fortum, 2017). Järvenpään laitoksella hevosenlannan osuus polttoaineesta on noin 10 % (Kenttämä et al. 2017). Muiden maatalouksissa olevien eläinten lantaa hyödynnetään jo energiantuotannossa, esimerkiksi lehmänlannasta tuotetaan biokaasua mädätyksen avulla (Motiva, 2013).

2 HEVOSENLANNAN OMINAISUUDET

Työssä tarkasteltava hevosenlanta ei ole pelkkää hevosen tuottamaa ulostetta vaan sisältää myös talleilla käytettävää kuiviketta. Kyseiselle hevosenlannalle tarkempi nimitys on kuivikelanta kuivikepitoisuuden vuoksi. Kuivikkeena tallilla voidaan käyttää muun muassa sahanpurua, kutterin purua, silputtua sanomalehteä, turvetta ja olkea (Suomen Hevostietokeskus ry, 2018b). Kuivikelanta kerätään yleensä lantalaan, joka voi olla katettu tai kattamaton. Joskus lanta on lantaloissa hyvinkin pitkiä aikoja, sekä voi altistua kosteudelle. Osa Suomessa syntyvästä hevosenlannasta levitetään lähialueen pelloille lannoitteeksi. Kuitenkaan kaikille hevosenomistajille ja tallinpitäjille edellä mainittu ei ole mahdollisuus, joten lannan hyödyntäminen energiakäytössä, joko suoraan omaan käyttöön tai toimitettuna muualle, on mahdollinen vaihtoehto, joka hyödyttää niin hevosenomistajaa kuin yhteiskuntaa.

2.1 Koostumus

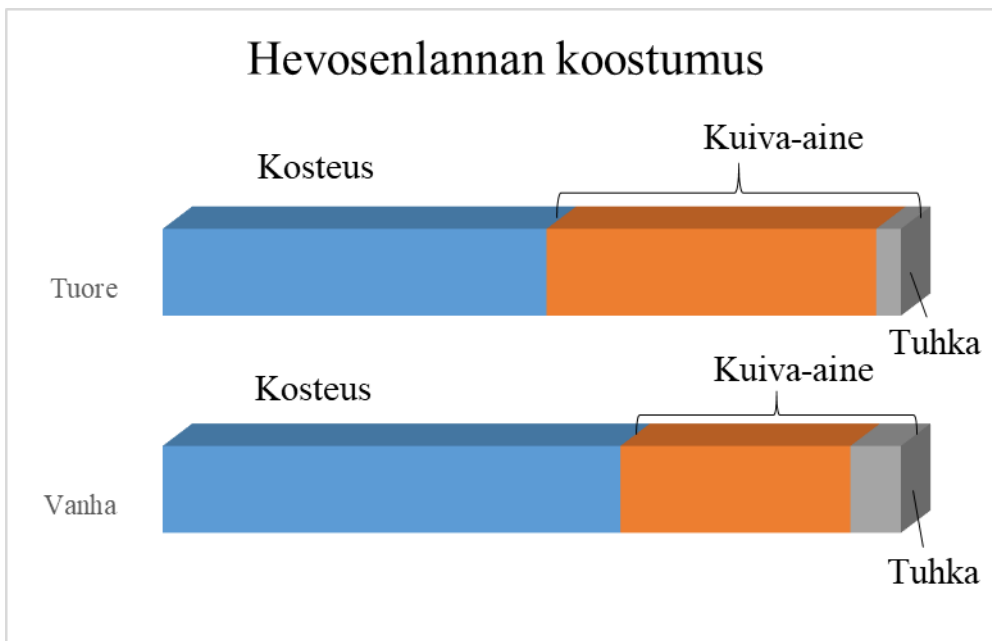
Hevosenlanta koostuu hevosen tuottamasta ulosteesta, virtsasta ja kuivikkeesta. Kuivike vaikuttaa merkittävästi kuivikelannan ominaisuuksiin. Kuivikkeet, jotka ovat yleisimpiä ja tässä työssä huomioituja, ovat puru, turve ja olki, sekä näiden sekoitukset. Näitä kuivikkeita sisältävistä kuivikelannoista löytyy eniten tutkimustietoa. Kuivikelannan sekaan voi päätyä lisäksi epäpuhtauksia, kuten hiekkaa ja kiviä, ja näistä voi olla haittaa polttolaitoksella kattilalle ja kuljettimille (Arffman et al. 2018, s. 15).

Hevosenlannan kosteuspitoisuus riippuu osittain siitä, millaisissa olosuhteissa lanta varastoidaan. Jos sadevesi, joko suoraan tai valumalla, pääsee lantalaan, nousee lannan kosteuspitoisuus. Kosteuspitoisuudeksi kuivikelannalle Esiselvitys Etelä-Savon hevostalouden materiaalivirtojen hyödyntämisestä uusiutuvana energiana -selvityksessä (jatkossa ilmaistu HevosWoima-hankkeena) tehdyissä mittauksissa saatiin 36,0-81,4 % lähtömassasta. Alle 3 kuukautta vanha lanta oli mittauksissa keskimäärin hieman kuivempaa kuin yli 3 kuukautta vanha lanta. (Tanskanen et al. 2017, s. 23-24) Toisissa mittauksissa hevosenlannan kosteuspitoisuudeksi on saatu 69,9-80,3 % (Alakangas et al. 2016, s. 147). Voidaan todeta siis hevosenlannan sisältävän varsin runsaasti kosteutta ja kosteuspitoisuuden vaihtelu voi olla suurta.

Kuiva-ainepitoisuudeksi HevosWoima-hankkeessa saatiin alle 3 kuukautta vanhalle hevosenlannalle 34,5-64,0 % ja yli 3 kuukautta vanhalle hevosenlannalle 18,6-49,4 %. Kuiva-aine on se osuus hevosenlannasta, joka jää jäljelle, kun polttoaine kuivataan kokonaan. (Tanskanen et al. 2017, s. 27)

Tuhka on poltettaessa polttoaineesta jäljelle jäävä osa, vaikka palaminen olisi täydellistä. Tuhka on epäorgaanista massaa, ja palamisesta johtuvien kemiallisten reaktioiden takia tuhkan määrä polttoaineessa ennen polttoa ei vastaa palamisreaktiosta jäävän tuhkan määrää. (Raiko et al. 1995, s. 92) Hevosenlannan tuhkapitoisuus alle 3 kuukautta vanhalla lannalla on 3,5-25,7 % kuiva-aineesta ja yli 3 kuukautta vanhalla lannalla 8,0-51,4 % kuiva-aineesta. Turvekuivikelannan tuhkapitoisuus on korkea verrattuna kutterikuivikelantaan. (Tanskanen et al. 2017, s. 10) Tuhkapitoisuus on keskimäärin suurempi vanhemmalla lannalla kuin tuoreella, johtuen lannan orgaanisten yhdisteiden hajoamisesta.

Kuvassa 1 on havainnollistettu tässä luvussa mainittujen arvojen perusteella hevosenlannan koostumusta. Kuvaan on hahmoteltu ero tuoreen ja vanhan hevosenlannan välille suuntaa antavasti keskimääräisten arvojen pohjalta. Todellisuudessa koostumus vaihtelee paljonkin, minkä huomaa siitä, kuinka isoja eroja mittauksissa on saatu, esimerkiksi kosteudelle, eri näytteistä. HevosWoima-hankkeen alle 3 kuukautta vanhojen näytteiden kuivin lantanäyte oli kosteuspitoisuudeltaan vain 36,0 % ja kostein 65,5 % (Tanskanen et al. 2017, s. 24). Hevosenlannan koostumuksessa oleva vaihtelu voi hankaloittaa lannan hyödyntämistä etenkin pienissä kattiloissa (kooltaan alle 1 MW), koska lämpökuorma vaihtelee polttoaineen laadun vaihtelun mukaan (Arffman et al. 2018, s. 19).



Kuva 1 Hevoselannan koostumus HevosWoima-hankkeen mittauksien arvojen pohjalta suuntaa antavasti. (Tanskanen et al. 2017, s. 24, 27, 29)

HevosWoima-hankkeen selvityksessä määritettiin myös muita hevoselannan ominaisuuksia. Hevoselannalla pH-arvo vaihteli välillä 6,5-9,0, missä matalimmat arvot olivat turvekuivikelannalla ja korkein pH-arvo olkikuivikelannalla. Kloridipitoisuus kuiva-aineesta vaihteli 0,32-1,79 % välillä. Olki- ja kuivikesekoituslannoilla kloridipitoisuus oli korkeampi kuin kutteri- ja turvekuivikelannalla. (Tanskanen et al. 2017, s. 34-36)

2.2 Lämpöarvo

Lämpöarvo on keskeinen polttoaineen ominaisuus, kun tuotetaan energiaa polttamalla. Kiinteän polttoaineen lämpöarvon yksikkönä on tyypillisesti MJ/kg eli massayksikön sisältämä energiamäärä. Lämpöarvo voidaan ilmaista joko ylempänä tai alempana, riippuen siitä, miten palamisreaktiossa syntyvä vesi otetaan huomioon. Ylempi lämpöarvo on kuivan polttoaineen lämpöarvo, missä palamisreaktiossa syntyvän veden oletetaan olevan nestemäistä palamisen jälkeen. Alempi lämpöarvo ottaa huomioon, että osa palamisessa vapautuvasta energiasta menee reaktiossa syntyvän veden

höyryttämiseen. Ylemmstä lämpöarvosta käytetään myös termiä kalorimetrinen lämpöarvo ja alemmasta lämpöarvosta termiä tehollinen lämpöarvo. Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa ottaa huomioon polttoaineen sisältämän kosteuden käyttötilassa ja on siten kaikista lämpöarvoista alhaisin. (Raiko et al. 1995, s. 93)

HevosWoima-hankkeessa saatiin mittausten perusteella kuivikelannan ylemmäksi lämpöarvoksi alle 3 kuukautta vanhalla lannalla 15,63-19,60 MJ/kg. Yli 3 kuukautta vanhan lannan ylemmät lämpöarvot olivat tutkimuksen perusteella 10,46-18,37 MJ/kg. Tutkituissa kuivikelannoissa oli erilaisia kuivikkeita ja niiden sekoituksia. Tutkimuksissa oli laskettu myös tehollinen lämpöarvo saapumistilassa, joka oli alle 3 kuukautta vanhalla lannalla 4,06-9,88 MJ/kg ja yli 3 kuukautta vanhemmilla 1,31-6,54 MJ/kg. (Tanskanen et al. 2017, s. 33-34) VTT:n julkaisemassa tutkimuksessa on mitattu saapumistilassa olevat teholliset lämpöarvot kahdesta erinäytteestä: 3,39 MJ/kg ja 1,49 MJ/kg. (Alakangas et al. 2016, 147). Edellä mainitussa tutkimuksessa mainittujen arvojen laskentaan käytetystä lannasta ei ole kerrottu tarkempia tietoja, kuten mikä kuivike on ollut käytössä ja miten vanhaa kyseinen kuivikelanta on. Kosteuspitoisuus VTT:n tutkimuksessa on ollut keskimäärin suurempi mikä osittain selittää, miksi tehollinen lämpöarvo saapumistilassa on alempi kuin HevosWoima-hankkeen mittauksissa. Puuhakkeen kalorimetrinen lämpöarvo on puun lajista ja osasta riippuen noin 20 MJ/kg (Alakangas et al. 2016, s. 71). Hevoslannan ja puuhakkeen kalorimetriset lämpöarvot eivät eroa toisistaan suuresti.

Kuten aiemmin tarkastelluista lämpöarvoista voidaan havaita, tuoreella lannalla on parempi lämpöarvo kuin vanhalla. Ajan kuluessa kuivikelanta alkaa hajota ja muuttua mullaksi eli epäorgaaniseksi materiaaliksi. Potentiaalisesti energiantuotantoon menevä lanta kannattaa hyödyntää mahdollisimman pian ja pitempiaikaisen säilytyksen olosuhteiden on kannattavaa olla hajoamista hidastavat. Kuivaamalla tehollista lämpöarvoa saapumistilassa saadaan parannettua, sillä tällöin kosteuden osuus on pienempi ja vapautuvasta energiasta kuluu pienempi osuus kosteuden höyryttämiseen.

3 LANNAN ENERGIAN HYÖDYNTÄMISEN TEKNOLOGIAT

Hevosen tuottamaa kuivikelantaa voidaan hyödyntää energiantuotannossa useamman eri menetelmän avulla. Tässä luvussa tutustutaan tarkemmin polttamiseen, mädätykseen ja kaasutukseen. Polttamisessa hevosenlannan energia vapautuu välittömästi, mutta mädätyksen ja kaasutuksen avulla saadaan muutettua lanta kaasumaiseksi polttoaineeksi, mitä voidaan säilöä helpommin ja liikutella helposti putkistoissa, ja jota voidaan myös hyödyntää polttamalla tarpeen vaatiessa.

3.1 Poltto

Palaminen on kemiallinen reaktio, missä polttoaineessa oleva hiili reagoi hapen kanssa. Reaktio on eksotermisen, eli vapauttaa lämpöä. Kyseisen reaktion lopputuotteena syntyy hiilidioksidia. (Raiko et al. 1995, s. 27-28) Palaessa syntyy myös vettä ja muita yhdisteitä riippuen polttoaineen koostumuksesta. Palamisesta vapautunut lämpö voidaan muuttaa sähköksi tai hyödyntää kaukolämpönä tai hyödyntää myös sähkön ja lämmön yhteistuotannossa hyvällä hyötysuhteella. Pienessä mittakaavassa oman tallin lantaa voisi hyödyntää esimerkiksi tallirakennuksen tai omakotitalon lämmittämiseen.

Polttoaineen esikäsitteily voi parantaa palamisominaisuuksia. Kuivikelannassa on varsin paljon kosteutta, mikä aiheuttaa haasteita polttamiselle ja iso osuus polttoaineen energiasta kuluu polttoaineessa olevan kosteuden höyrystämiseen. Palamisen helpottamiseksi kuivikelannan kosteuspitoisuutta voidaan pienentää kuivaamalla, jolloin se palaa paremmin ja tehollinen lämpöarvo saapumistilassa kasvaa. Kuivaamisen lisäksi polttoainetta voidaan pelletöidä, mikä parantaa palamisominaisuuksia. Taulukkoon 1 on kasattu pelletöidyn hevosenlannan ominaisuuksia HevosWoima-hankkeen mittauksista ja Vapo Oy:n puupellettien keskimääräisistä ominaisuuksista.

Taulukko 1 Hevosenslannasta valmistettujen pellettien palamiselle keskeiset ominaisuudet ja Vapo Oy:n puupelletin tyypilliset ominaisuudet (Tanskanen et al. 2017, s. 73; Vapo Oy, 2015)

Ominaisuus	Kutteri-hevosenslanta-pelletti	Turve-hevosenslanta-pelletti	Vapo Oy:n puupelletti
Irtotiheys [kg/m³]	746	758	650 ± 5%
Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa [MJ/kg]	15,97	14,73	≥ 16,9
Kosteus [%]	6,9	8,1	≤ 10
Tuhkapitoisuus kuiva-aineesta [%]	9,8	17,9	≤ 0,4

Taulukosta 1 huomataan, että pelletöidyn kuivikelannan lämpöarvo on hieman heikompi kuin puupelletillä. Samoin tuhkapitoisuus on korkeampi. Käsittelemättömän kuivikelannan lämpöarvot saapumistilassa olivat alle 3 kuukautta vanhoilla lantanäytteillä 4,06-9,88 MJ/kg ja yli 3 kuukautta vanhoilla 1,31-6,54 MJ/kg (Tanskanen et al. 2017, s. 32). Pelletöidyn lannan lämpöarvo on siis moninkertainen käsittelemättömään lantaan verrattuna. Kosteus pelletöidyllä hevosenslannalla on alle 10 % (Tanskanen et al. 2017, s. 73). Kuitenkin laitosten edustajien mielipide on, että esikäsitteily ei ole tarpeellista tai välttämätöntä, johtuen kustannuksista suhteessa saatavaan hyötyyn (Arffman et al. 2018, s. 33).

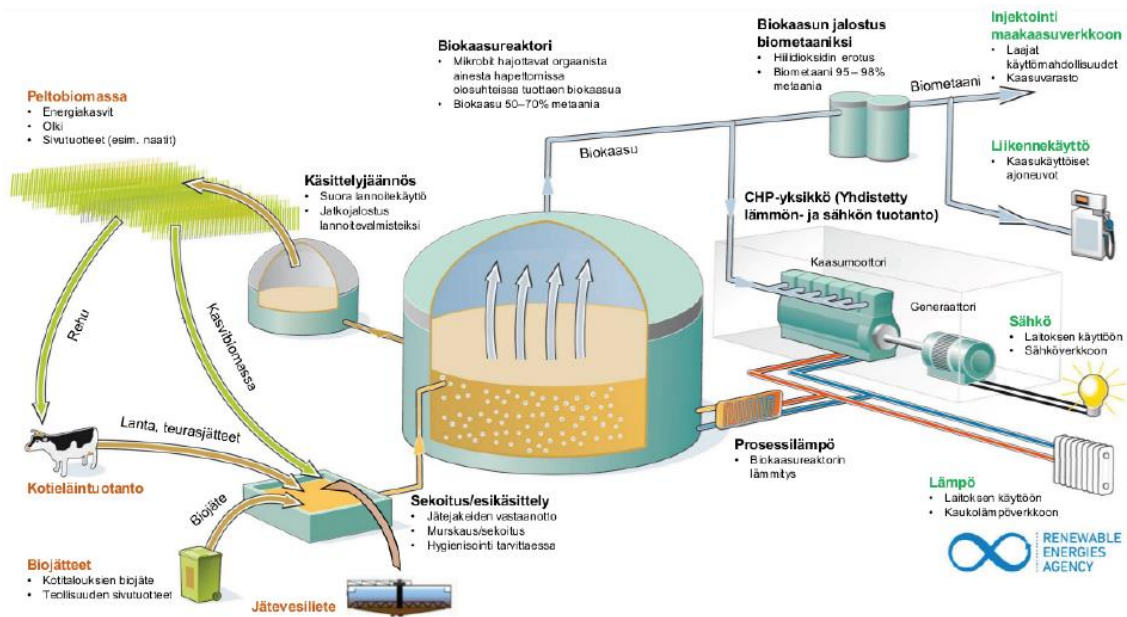
Normaalisti kosteaa kuivikelantaa poltetaan kuivemman pääpolttoaineen seassa. Tällöin ei välttämättä tarvita niin paljon esikäsitteilyä, jos ollenkaan, sillä kostea polttoaine palaa kuivan seassa helpommin kuin sellaisenaan. Tällöin kokonaiskosteuspitoisuus polttoaineseoksella on alhaisempi. Seospoltossa pääpolttoaineen ja hevosenslannan suhde voi riippua siitä, mitä ominaisuuksia kattila vaatii polttoaineelta. Mitä kuivempaa polttoainetta kattila vaatii tehokkaaseen palamiseen, sitä pienempi voi hevosenslannan osuus olla. Pienemmissä kattiloissa, eli teholtaan alle 1 MW, tämä korostuu, jolloin

polttoaineseoksen kosteuspitoisuus tulee olla alle 40 %. Tällöin lannan osuus polttoaineseoksesta voisi olla 10-30 %. Isommalla kattilalla polttoaineen kokonaiskosteuspitoisuus voi olla jopa 60 %, jolloin lannan osuus polttoaineseoksesta voi olla jopa yli 50 %. (Arffman et al. 2018, s. 31-32)

Lantaa ei välttämättä tarvitse kuljettaa isolle polttolaitokselle poltettavaksi tuottamaan sähköä sähköverkkoon vaan hevosten tuottama lanta voisi toimia tallin omana energianlähteenä lämmityksessä. Tavallinen pellettikattila kykenisi todennäköisesti hyödyntämään lantapellettejä, koska ne ovat ominaisuuksiltaan varsin lähellä puupellettiä. Lisäksi on kehitetty pieniä kattiloita, jotka voivat hyödyntää varsin kosteaa polttoainetta, esimerkiksi ruotsalainen Swebo BioEnergy on kehittänyt hevosenlantaa ja muita kosteita polttoaineita hyödyntävän BioTherm polttimen. Kyseinen laite pystyy hyödyntämään 50 % kosteuspitoista kuivikelantaa yhdessä toisen polttoaineen kuten pellettien kanssa. (Swebo Bioenergy, 2018)

3.2 Mädätys

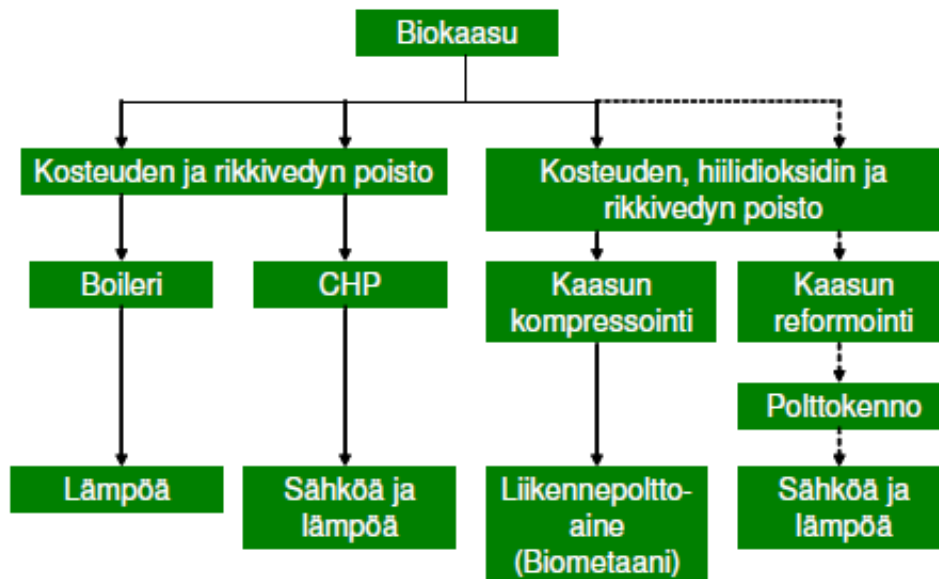
Mädättämällä, eli anaerobisella hajoamisella, saadaan biopohjaisesta materiaalista tuotettua biokaasua. Biokaasu on metaania ja hiilidioksidia. Mädätyksessä jäljelle jää myös mädätysjäännös eli hajoamaton aines joka on humusta ja lignoselluloosapitoista ainesta. (Kymäläinen ja Pakarinen, 2015, s. 59) Anaerobinen tarkoittaa hapetonta, eli hajoaminen tapahtuu hapettomissa olosuhteissa. Biomateriaalina lanta sopii mädätykseen. (Kymäläinen ja Pakarinen, 2015, s. 10) Tällöin myös hevosenlantaa voidaan hyödyntää biokaasun tuotantoon, koska muiden eläinten tuottamien lantojen tavoin se sisältää energiaa. Kuvassa 2 on esitetty biokaasun tuotannon ketju ja osien vaikutus toisiinsa.



Kuva 2 Energiantuotanto biokaasuprosessin avulla (Kymäläinen ja Pakarinen, 2015, s. 10)

Biokaasu koostuu 50-70 % metaanista ja biokaasusta voidaan jalostaa biometaania nostamalla kaasun metaanipitoisuus 95-98 %:iin. Jalostettu biometaani sopii esimerkiksi liikennepolttoaineeksi kaasuautoille. Biokaasussa koostumuksesta loppuosuus metaanin jälkeen on suurimmalta osalta hiilidioksidia. Jalostuksessa biokaasusta erotettu hiilidioksidi voidaan hyödyntää lannoitukseen. (Kymäläinen ja Pakarinen, 2015, s. 17)

Kuvassa 3 havainnollistetaan eri biokaasun hyödyntämismahdollisuuksia energiantuotannossa.



Kuva 3 Biokaasun hyödyntämismahdollisuudet (Lehtomäki et al. 2007, s. 40)

Mädätystä sovelletaan tällä hetkellä muun muassa biojätteeseen, lehmän- ja kananlantaan. Kuivikelanta ja lietelanta vaativat erilaiset mädätystekniikat, johtuen mädätykseen käytettävän aineen vesipitoisuudesta ja orgaanisen aineen määrästä. (Kymäläinen ja Pakarinen, 2015, s. 34-37) Kuivikkeet ovat orgaanista ainesta kuten lantakin ja siksi tulee myös huomioida kuivikkeen potentiaalinen vaikutus metaanin tuotantoon hevosenlannassa. Puupohjainen puru on mädätysprosessissa hajoamatonta ja turve huonosti hajoavaa. Olki on kuivikkeista metaania tuottava. (Kymäläinen ja Pakarinen, 2015, s. 37) Tämän perusteella mädätykseen hyödynnettävän hevosenlannan kuivikkeena kannattaa käyttää mieluummin olkea kuin purua tai turvetta. Jos halutaan laitoksen tuottavan ennalta määrätty määrä biokaasua, tarvitaan isompi laitos, jos kuivikelannan kuivikkeena on esimerkiksi purua eikä olkea.

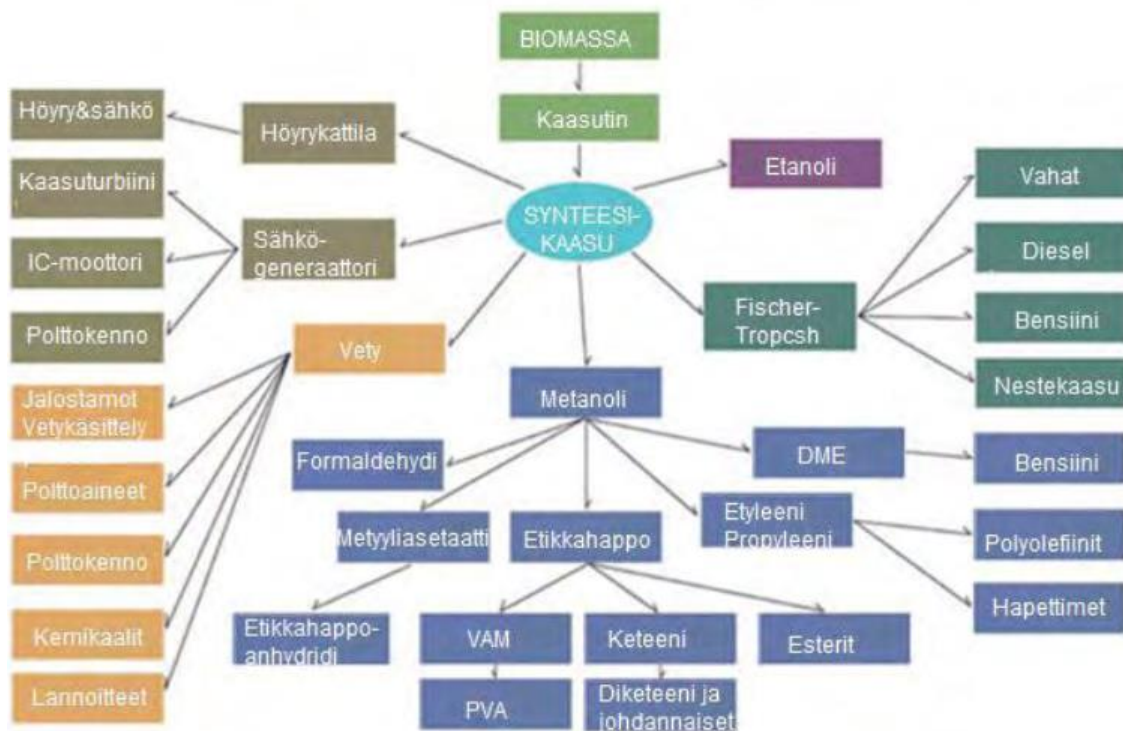
Kuivikelannan metaanin tuottoa parantaa esikäsitteily. Lannan palakoon pienentäminen parantaa mädätysprosessia, jolloin kuivikelantaa voi olla kannattavaa silputa tai murskata olettaen, että käsittelyllä saavutettu hyöty ylittää käsittelyyn vaadittavat kulut ja energiantarpeen. Esikäsitteilyn lisäksi lanta on suotavaa hyödyntää mahdollisimman

tuoreena ennen kuin siitä poistuu hajoamisen seurauksena orgaanista ainesta sekä typpeä. (Kymäläinen ja Pakarinen, 2015, s. 48-50)

Jos hevosten tuottamasta kuivikelannasta halutaan tehdä biokaasua, on järkevintä käyttää olkea kuivikkeena, koska sillä on positiivinen vaikutus kuivikelannan metaanin tuottoon. Kuivikelanta kannattaa myös mahdollisimman usein toimittaa mädätyslaitokselle, ennen kuin se alkaa hajota ja siten menettää potentiaaliaan biokaasun raaka-aineena.

3.3 Kaasutus

Kaasutus, tarkemmin sanottuna terminen kaasutus, tarkoittaa polttoaineen muuttamista tuotekaasuksi, jota voidaan polttaa. Tuotekaasua tuotetaan termokemiallisesti vähähappisissa olosuhteissa. (Basu, 2010, s. 10) Tuotekaasu eroaa koostumukseltaan biokaasusta, sillä kaasutuksessa muodostuva kaasu koostuu pääosin vedystä, hiilimonoksidista mutta myös muista kemiallisista yhdisteistä. Muita kemiallisia yhdisteitä voidaan puhdistaa tuotekaasusta, jolloin saadaan synteetikaasua, joka on pääosin vetyä ja hiilimonoksidia mahdollisimman vähillä epäpuhtauksilla. (Lassi ja Wikman, 2011, s. 71) Kuvassa 4 esitetään kuinka synteetikaasua voidaan hyödyntää monin eri tavoin niin polttoaineeksi energiantuotantoon kuin jatkojalostaa myös muihin tarpeisiin kemiallisin menetelmin.



Kuva 4 Kaasutuksessa syntyvää tuote- ja synteetikaasua voidaan hyödyntää ja jatkojalostaa niin energiantuotantoon kuin myös kemian alalle erilaisiksi tuotteiksi. (Lassi ja Wikman, 2011, s. 72)

Kaasutusprosessin etuja ja hyödyntämisen syitä ovat muun muassa polttoaineen lämpöarvon parantaminen sekä rikin ja typen poistaminen. Tällöin polttoaineesta poistetaan palamattomia aineita kuten vettä ja typpeä ja vähennetään palamisesta syntyviä rikki- ja typpipäästöjä. Kaasutusprosessissa voi olla myös tavoitteena hiili-vety-suhteen alentaminen, jolloin tuotekaasun höyrystymislämpötila on matalampi, jolloin se pysyy kaasumaisessa olomuodossa helpommin. Kaasutusprosessi vaatii väliaineen, joka voi olla kaasu, kuten ilma, happi tai höyry, tai väliaineena voi olla myös ylikriittinen vesi. (Basu, 2010, s. 14)

Kaasutuksessa käytetty väliaine vaikuttaa tuotekaasun koostumukseen ja lämpöarvoon. Väliaine tarjoaa kaasutusreaktioon hiilivetyjen kanssa reagoivia molekyyliä, jolloin lopputuotteena on tuotekaasun palavia yhdisteitä, eli pääosin hiilimonoksia ja vetyä. Hapetta käyttämällä saadaan korkeampi lämpöarvo tuotekaasuun kuin ilmalla, koska ilman mukana kaasun tulee turhia yhdisteitä ja aineita kuten typpeä. Hapen käyttäminen

saa tuotekaasun koostumuksen sisältämään enemmän hiilimonoksidia, kun höyryn käyttäminen nostaa tuotekaasun vetypitoisuutta. Liiallinen hapen määrä johtaa hiilen hapettumiseksi hiilidioksidiksi, eli tapahtuu palaminen ja tuloksena on vain savukaasua. (Basu, 2010 s. 118-119)

Kaasutusprosessi voidaan jakaa neljään osaan, joiden mukaan tyypillinen kaasutusprosessi etenee. Nämä kaasutusprosessin vaiheet tapahtuvat osittain samanaikaisesti. Vaiheet ovat: kuivuminen, pyrolyysi, kaasuuntuminen ja palaminen. Hyödynnettävää polttoainetta voidaan esikuivattaa, ja kaasuttimessa tapahtuu loput polttoaineen kuivumisesta korkean, yli 100 °C, lämpötilan vuoksi. Kuivumisen jälkeen on pyrolyysivaihe, jossa isot hiilivedyt pilkkoutuvat pienemmiksi. Pyrolyysivaihetta seuraa kaasuuntuminen, missä hiili reagoi käytetyn väliaineen kanssa, muodostaen esimerkiksi hiilimonoksidia tai metaania. Kolme ensimmäistä vaihetta tarvitsevat lämpöä, joten kaasuttimessa tapahtuu palamista oman toiminnan tarpeeseen. Kaasuttimessa sallitaan siis rajoitetusti palamista, jolla vapautetaan energiaa, jotta aiemmat vaiheet ovat mahdollisia. (Basu, 2010, s. 119-126)

Terminen kaasutus ei ole Suomessa yhtä suosittua kuin polttaminen tai biokaasutus. Vuonna 2012 Suomessa on ollut kaksi maatilaa, jotka tuottavat itselleen energiaa kaasuttamalla puuta (Asikainen, 2012). Tutkimustietoa on mahdollisesti tulossa lisää tulevaisuudessa. Ruotsissa lannan kaasuttamiseen on kehitetty laitteistoa, joka kaasuttaa lannan ja polttaa syntyneen tuotekaasun. (Hippolis, 2014).

4 HEVOSENLANNAN ENERGIÄKÄYTÖN LAINSÄÄDÄNTÖ

Lainsäädännöllä varmistetaan tasapuolinen ja turvallinen toiminta. Hevosenlannan käsittely ja energiaksi muuttaminen on pitkä prosessi, johon liittyy erilaisia säädöksiä riippuen missä ja miten sitä tuotetaan. Energiantuotanto aiheuttaa ympäristölle riskin ja siksi energiantuotanto vaatii ympäristöluvan (Ymparisto.fi, 2017).

4.1 Hevosenlannan polttamiseen liittyvä säädäntö

Ennen vuotta 2017 hevosenlantaa sai polttaa ainoastaan jätteenpolttolaitoksilla (Maa- ja metsätalousministeriö, 2017). Jätteenpoltoa tuolloin ja edelleen säätelee valtioneuvoston asetus 151/2013. Jätteenpolttoasetus koskee edelleen myös yli 50 MW:n yksiköitä, jos niissä halutaan polttaa hevosenlantaa (Arffman et al. 2018, s. 6).

Kuivikelanta luokitellaan biomassaksi, jos kuivikkeena on puupohjainen kuivike tai olki. Turvekuivikelantaa ei luokitella biomassaksi. Tämä tarkoittaa, että muilla kuin turvepohjaisilla kuivikelannoilla päästökerroin on nolla. Tällöin jos turvekuivikelantaa poltetaan teholtaan yli 20 MW kattilassa tai kattila on osa kaukolämpöverkkoa, johon kuuluu 20 MW kattila, on huomioitava päästöoikeudet. (Arffman et al. 2018, s. 16)

Suomen myötävaikutuksella saatiin muutos Euroopan unionin asetukseen, mikä sallii hevosenlannan polttamisen muissakin kuin jätteenpolttolaitoksissa tietyin edellytyksin (Maa- ja metsätalousministeriö, 2017). Asetus 1262/2017 on astunut voimaan 2.8.2017 (Komission asetus (EU) 2017/1262). Asetuksella muutetaan asetusta 142/2011, jota on jo muutettu kananlantaa varten asetuksessa 592/2014. Käytännössä uudella asetuksella laajennetaan asetuksen 142/2017 muutos 592/2014 pätemään muihinkin lantoihin kuin kananlantaan muutamien eroavaisuuksin.

Lannan polttamisen edellytyksinä on, että lannan ja sen poltossa syntyvien kaasujen lämpötila on vähintään kahden sekunnin ajan 850 °C tai 0,2 sekunnin ajan 1100 °C. Polttolaitoksessa on oltava lisäpolttimet, joilla varmistetaan edellä mainittujen lämpötilavaatimusten täyttyminen polttolaitoksen käynnistyksessä ja pysäytyksessä. Lantaa hyödyntävän polttolaitoksen nimellinen kokonaislämpöteho saa olla korkeintaan 50 MW. (Komission asetus (EU) 2017/1262) Asetuksen voimaantulomääräyksellä

käytössä olleilla kattiloilla on kuuden vuoden siirtymäaika, jonka aikana lämpötilavaatimusten ei tarvitse täyttyä (Arffman et al. 2018, s. 6)

Lisäpolttimen lisäksi polttoprosessia tulee seurata päästöjen osalta, mikä tarkoittaa vähintään kerran vuodessa tehtävää päästömittausta. Raja-arvot päästöille ovat:

- Rikkidioksidi: 50 mg/ m³
- Typpidioksidi: 200 mg/m³
- Hiukkaset: 10 mg/m³, alle 5 MW polttoainetehollisilla 50 mg/m³

Jos laitos polttaa lantaa muun polttoaineen seassa, päästöraja-arvot voidaan soveltaa kansallisesti tiettyjen laskentasääntöjen mukaan. (Maa- ja metsätalousministeriö, 2017)

Asetusmuutoksen 1262/2017 sallimia uusia energiantuotantomahdollisuuksia ei ole vielä kirjattu Suomen lakiin. Hevoslantaa hyödyntävien pienien polttolaitoksien tulee lisäksi noudattaa niin sanottua pienpolttoasetusta, joka tunnetaan myös PIPO-asetuksena. Kyseisen asetuksen vaikutuksen alle kuuluu kaikki 1-50 MW polttoaineteholliset yksiköt. (Arffman et al. 2018, s. 5)

4.2 Muu lainsäädäntö lannan energiakäyttöön liittyen

Biokaasun tuottamista ja siihen liittyvää toimintaa ei koske sama lainsäädäntö kuin lannan polttamista. Biokaasun käsittelyyn ja säilytykseen vaikuttaa vaarallisiin kemikaaleihin liittyvät lait ja asetukset. Biokaasun johtaminen putkistoissa tuotantopaikan ulkopuolelle vaatii maakaasuasetuksen soveltamista. Tuotantolaitos tarvitsee luvan Tukesilta, jos tuotantolaitoksen toiminta on laajamittaista käsittelyn ja varastoinnin osalta. (Kymäläinen ja Pakarinen, 2015, s. 187)

Biokaasun tuotannossa syntyy mädätysjäännöstä, jota voidaan hyödyntää lannoittamisessa. Tämä lannoitteeksi kelpaava materiaali luokitellaan raakalannoitteeksi, jos se tulee tilan omalta mädätyslaitokselta ja sitä ei toimiteta ulkopuolisille vaan käytetään omien peltojen lannoitteena. Jos mädätysjäännös luovutetaan tilan ulkopuolelle tai tulee isommalta biokaasulaitokselta, on kyseessä lannoitevalmiste. Tällöin tähän biokaasun tuotannossa syntyvään sivutuotteeseen pätee nitraattiasetuksena tunnettu Euroopan yhteisöjen direktiivi 91/676. (Kymäläinen ja Pakarinen, 2015, s. 184-185)

5 HEVOSENLANNAN VAIKUTUS KATTILAN VALINTAAN JA PÄÄSTÖIHIN

Polttoaineen ominaisuudet vaikuttavat siihen, millainen kattila tulee valita. Mallin lisäksi tulee miettiä sopivat materiaalit niin kattilan pinnoille kuin savukaasukanaville. Kattilan valintaan vaikuttaa myös kuinka suuri osa polttoaineesta on kuivikelantaa, ja onko sitä esimerkiksi esikäsitelty kuivaamalla tai pelletöimällä. Käsittelemätön hevosenlanta on poltettava muun pääpolttoaineen seassa käytännössä aina johtuen lannan korkeasta kosteuspitoisuudesta. Lannan ja muun polttoaineen osuuksia säätämällä voidaan vaikuttaa seoksen kokonaiskosteuspitoisuuteen siten, että polttoaineseoksen kosteuspitoisuus ja lämpöarvo ovat riittävän hyvät polttoprosessille (Arffman et al. 2018, s. 32-33). Laitoksen toteutuksessa on otettava huomioon lainsäädännön toteutuminen.

5.1 Tuhkan sulaminen

Pienellä pellettikattilalla toteutetuissa polttokokeissa on havaittu hevosenlannan aiheuttavan tuhkan sulamista. Sulaminen havaittiin kokeissa, joissa ei poltettu puhdasta hevosenlantaa vaan hevosenlantapellettien ja valkoisten puupellettien seosta. Kyseiseen polttoon käytetty kattila oli pieni 20 kW:n pellettikattila kiinteällä arinalla. (Tanskanen et al. 2017, s. 73-75) Tuhkan sulaminen vaikuttaa merkittävästi kattilaratkaisuihin, sillä sula tuhka voi tukkia esimerkiksi polttoon tarvittavan palamisilman pääsyn kattilaan (Raiko et al. 1995, 95). Polttokokeissa sula tuhka häiritseviesti polton vaatiman palamisilman saantia, mikä ilmeni häkäpiikkeinä, eli hetkellisinä hiilimonoksidipitoisuuden nousuina. Häkäpiikkien määrä kasvoi, kun hevosenlannan osuutta polttoaineseoksessa lisättiin (Tanskanen et al. 2017, s. 75). Häkäpiikkien lisääntyminen kasvatettaessa hevosenlannan osuutta viittaa siihen, että syy häkäpiikkeihin on nimenomaan hevosenlannassa. Hevosenlannan tuhka alkaa muuttua muotoaan 1140 °C lämpötilassa ja on juoksevaa 1230 °C lämpötilassa (Alakangas et al. 2016, s. 147). Meneillään olevassa HevosWatti-hankkeessa tuhkan sulamisesta johtuvien ongelmien ratkaisemiseksi hevosenlantapellettejä koepoltetaan kattilassa, jossa on liikkuvapohjainen arina. Tällöin poltosta syntyvä tuhka tippuisi automaattisesti tuhkakeräimeen, eikä jäisi tukkimaan ilma-aukkoja ja aiheuttaisi häkäpiikkejä.

Kuitenkin toisessa HevosVoima-hankkeen lyhytkestoisessa polttokokeessa Juvan aluelämpölaitoksella ei havaittu ongelmia (Tanskanen et al. 2017, s. 92). Myöskään Helmet-hankkeessa ei tuotu ilmi tuhkan sulamista ongelmana niillä tiedoilla mitä he olivat toimijoiden koepoltoista saaneet (Arffman et al. 2018). Tämän perusteella tuhkan sulaminen on ongelma pienen kokoluokan kiinteäpohjaisissa kattiloissa, etenkin jos kattilan tekniikasta johtuen tuhka ei pääse kulkeutumaan helposti pois vaan jää tukkimaan riittävän palamisilman saannin.

Tuhkan sulamisen vuoksi hevosenlanta on hyvä käyttää vain pieninä osuuksina muun polttoaineen seassa. Kattilan kannattaa olla ratkaisultaan sellainen, että tuhka pääsee kulkeutumaan helposti pois, jolloin riittävän palamisilman saaminen ei vaarannu. Sula tuhka voi myös lisätä korroosiota lämpöpinnoilla (Huhtinen et al. 2000, s. 212). Tuhkan sulamislämpötilan vuoksi on kannattavaa pitää palamisprosessin korkein lämpötila alle sulamislämpötilan. Euroopan unionin komission asetus 2017/1262 edellyttää palamisesta syntyvien kaasujen lämpötilan olevan joko vähintään 2 sekuntia 850 °C tai 0,2 sekuntia 1100 °C, ja kun huomioidaan tuhkan sulamislämpötila, on varmempaa pitää lämpötila 2 sekunnin ajan 850 °C:ssa.

5.2 Korrosio

Korroosiossa on kyse kattilan ja muiden lämpöpintojen kemiallisesta kulumisesta, jossa pinnoilla tapahtuu kemiallisia reaktioita. Korrosio voi johtua lämpöpinnan metallin hapettumisesta, sulfidoitumisesta tai savukaasuissa olevan rikkihapon tiivistymisestä pinnoille. (Huhtinen et al. 2000, s. 209-212) Yksi merkittävä korroosiota aiheuttava aine on kloori. Hevosvoima hankkeessa kloridipitoisuuden keskiarvo alle kolme kuukautta vanhalla lannalla oli 0,74 % massasta ja yli kolme kuukautta vanhalla 0,47 % massasta (Tanskanen et al. 2017, s. 36).

Jos kuivikelannan kuivikkeena on olki, voi polttaminen olla hankalaa. Olki on hyvin alkalipitoista, mikä voi aiheuttaa korroosiota (Manninen et al. 2016). Olki on kuivikkeista luontaisesti kloridipitoinen, minkä takia olkikuivikelanta on kloridipitoisempaa kuin muu lanta (Tanskanen et al. 2017, s. 36).

Myös turve voi aiheuttaa korroosiota, jos kloorin ja rikin suhde on väärä. Tällöin turpeessa tulevaa liiallista kloorin määrää ja sen tuomaa korroosioriskiä voidaan alentaa lisäämällä rikkiä kattilaan. (Arffman et al. 2018, s. 16)

5.3 Päästöt

Polttamisesta syntyy aina päästöjä palamisreaktiosta johtuen. Hevosenslantaa koepoltettiin HevosWoima-hankkeen yhteydessä Juvalla energiantuotantolaitoksella. Koepoltoissa poltettiin kutterikuivikkeista hevosenslantaa jyrshinturpeen seassa 10-20% tilavuusosuuksilla. Koepolttojen perusteella hevosenslannan sekoittaminen turpeen joukkoon alentaa typpi- ja rikkidioksidipäästöjä. Tämä johtuu näitä päästöjä aiheuttavan jyrshinturpeen osuuden pienemisestä, kun osa polttoaineesta korvataan hevosenslannalla. Koepolttojen yhteydessä tuhkasta testattiin raskasmetallipitoisuudet, jotka alittivat asetetut raja-arvot eli tuhka sopii hyötykäyttäväksi. (Tanskanen et al. 2017, s. 85-93) Kuivikelannassa on myös hevosen tuottamaa virtsaa, joka sisältää ureaa. Ureaa voidaan käyttää vähentämään typen oksidipitoisuuksia, esimerkiksi Hanasaaren voimalaitoksella päästöjä pienennetään lisäämällä ureaa kattilaan, missä se reagoi tehden typen oksideista tavallista typpikaasua (Rynö, 2015). On mahdollista, että hevosenslannan oma ureapitoisuus toimii typpioksidipäästöjä alentavana.

Fortumin Järvenpään voimalaitoksella on poltettu hevosenslantaa muun polttoaineen seassa. Vuonna 2015 laitoksella tutkittiin hevosenslannan polton ympäristövaikutuksia polttamalla hevosenslantaa. Tutkimuksessa ei huomioitu kuitenkaan kuiviketta vaan laskenta suoritettiin puhtaalle hevosenslannalle. Tutkimuksessa havaittiin, että hakkeen korvaaminen hevosenslannalla alentaa hieman poltosta syntyviä päästöjä. Kuitenkin kokonaisketjun, kuljetukset ja käsittely mukaan lukien, päästöjen ero hakkeen polton päästöihin on käytännössä merkityksetön. (Manninen et al. 2016, s. 12, 36)

Polttamisprosessista syntyvien päästöjen lisäksi päästöjä syntyy koko lannan elinkaareltä. Lannan kuljettaminen energiantuotantoa varten tuottaa päästöjä ja mahdollinen esikäsitely, kuten kuivaus tai silppuaminen, voi tuottaa päästöjä, sillä tyypillisesti tällaiset käsittelyprosessit kuluttavat energiaa. Tilanteen mukaan on hyvä arvioida, miten lantaa jatkokäsitellään. Hevosenslanta kannattaa hyödyntää mahdollisimman lähellä sen

syntypaikkaa kuljetuksen päästöjen minimoimiseksi. Ei ole myöskään kannattavaa ja ympäristöystävällistä alkaa kuljettamaan lantaa pitkiä matkoja ja käsittelemään sitä laitoksilla, jos on mahdollisuus käyttää lantaa pelloilla lannoitteena huolimatta siitä, että lanta ei ole paras mahdollinen lannoite.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT

Varsin tuore asetusmuutos ja siitä seuraava kansallisen lainsäädännön muutos tulevat todennäköisesti nostamaan kiinnostusta hevosenlannan hyödyntämiseen energiantuotannossa. Hankkeita hevosenlannan energiantuotantokäytön selvittämiseksi on toteutettu jo useita ja tälläkin hetkellä meneillään on ainakin HevosWatti-hanke. Tähän mennessä työssä käytettyjen tutkimusten pohjalta kuivikelanta vaikuttaa lupaavalta biomassalta energiantuotantoon nykytekniikalla. Tällä hetkellä polttolaitoksilla ei kannata polttaa hevosenlantaa kokoluokaltaan alle yhden MW:n kokoluokan kattilalla, sillä se ei ole kannattavaa (Arffman et al. 2018, s. 57). Kuitenkin tulevaisuudessa myös hevostila itse voi tuottaa osan energiastaan omalla kuivikelannallaan, jos sopivia pienkattiloita tulee markkinoille. Toki tila voi myös tuottaa itselleen biokaasua, jota polttaa tai myydä eteenpäin.

Suurin haaste pienille tiloille hyödyntää omaa kuivikelantaa voi olla säännölliset kustannukset, sillä EU-asetus edellyttää vuosittaista päästöjen mittausta ja jatkuvaa lämpötilan seurantaa niin, että ehto savukaasujen riittävästä lämpötilasta täyttyy. Vuosittaisesta päästömittauksesta ja lämpötilamittarin kalibroinnista tulee useita tuhansia euroja kuluja, sillä päästömittaus maksaa noin 2500-3000 € ja lämpötilamittarin kalibrointi 500-1000 €. (Arffman et al. 2018, s. 33-36). Johtuen lannan korkeasta kosteuspitoisuudesta pienten kattiloiden on vaikea hyödyntää hevosenlantaa. Tällöin yksi vaihtoehto olisi tehdä lannasta pellettejä ja polttaa niitä pellettikattilassa. Kuitenkin pelletointikustannukset voivat tehdä prosessista kannattamattoman jo muiden kulujen lisäksi, vaikka tuloksena on polttoaine, jonka energiasisältö massayksikköä kohden on parempi kuin käsittelemättömällä hevosenlannalla.

Kuivikelanta on energiasisällön kannalta parhaimmillaan tuoreena, joten toimiva logistiikkajärjestelmä tarvitaan, jos lanta muutetaan energiaksi muualla kuin tilalla. Tämä vaatii kuljetuspalvelun järjestämistä, jossa tulee pyrkiä mahdollisimman hyvään hyötyyn kustannuksien kannalta. Kustannussäästöjä logistiikkaan saisi, kun uutta kuiviketta tuotaisiin samalla, kun kuivikelanta haettaisiin tilalta (Tanskanen et al. 2017, s. 121-122).

Energiantuotantotapa kannattaa valita käytetyn kuivikkeen mukaan. Olki soveltuu huonoiten polttamiseen johtuen siitä, että se aiheuttaa korroosiota. Lisäksi olki voi olla hankalampi käsitellä erilaisilla laitteistoilla, kuten kuljettimilla. Kuitenkin olkikuivikelanta sopii biokaasun tuottamiseen johtuen oljen metaanintuotosta. Turve- ja puukuivike soveltuvat hyvin polttamiseen. Turvetta ei luokitella biomassaksi kuten puupohjaisia materiaaleja, joten laitoksen kokoluokasta riippuen voi olla tarvetta päästöoikeuksille, jos niitä ei ennestään ole. Tällä perusteella puukuivikelanta on parasta polttamiseen, etenkin jos laitoksella ei ennestään ole turpeen polttoa ja sitä kautta päästöoikeuksia turvekuivikelannan hyödyntämiseen. Toki myös puu- ja turvekuivikelanta soveltuvat biokaasun tuotantoon, mutta eivät yhtä hyvin kuin olkikuivikelanta.

Terminen kaasutus ei ole Suomessa kovin yleistä ja tutkimustietoa on niukasti saatavilla polttoon ja mädätykseen verrattuna, sillä se on varsin uutta teknologiaa eikä kaupallisia ratkaisujakaan ole paljoa tarjolla. Tällä hetkellä on vielä vaikea verrata erilaisten kuivikkeiden soveltuvuutta termiseen kaasutukseen samalla tavalla kuin muilla energiantuotantotekniikoilla. Mahdolliset tutkimukset voivat nostaa kaasutuksesta yhden vaihtoehdon esimerkiksi energian pientuotantoon hevostiloilla. Kuitenkin hevosenlannan kaasutuksessa ongelmana on lannan korkea kosteuspitoisuus, sillä kaasutus vaatii biomassan kosteuden olevan 10-20 % (Basu, 2010, s. 120). Kuitenkin tällä hetkellä kuivikelannan muuttaminen kaasumaiseen muotoon on helpointa biokaasutuksen avulla, jolloin jää myös vaihtoehto käyttää jäännöstä lannoitteena.

7 YHTEENVETO

Hevosenlannan energiakäyttö voi toimia hyvänä ratkaisuna hevosenlannan loppusijoittamisen ongelmiin. Kaikkien tallinpitäjien ei ole mahdollista hävittää lantaa käyttämällä sitä lannoitteena pelloilla, jolloin lannasta tulee ongelma sen omistajille. Energiakäyttö hyödyttäisi niin tallinpitäjiä kuin yhteiskuntaa, etenkin alueilla joilla on runsaasti talleja, joilta kerätää lantaa energiakäyttöön.

Hevosenlannan eli kuivikelannan energiakäytölle on monia mahdollisuuksia. Kaasumaiseen muotoon kuivikelannan saa jalostettua joko mädättämällä tai kaasuttamalla. Mädätyksestä saatua metaanipitoista biokaasua voidaan jalostaa eteenpäin jopa liikennepolttoaineeksi. Mädättämisestä syntyvä mädätysjäännös voidaan hyödyntää lannoitteena, jolloin lannasta saadaan runsas hyöty. Kaasutuksesta syntynyttä vety- ja hiilimonoksidipitoista tuotekaasua voi hyödyntää polttamalla, kuten myös biokaasuakin.

Hevosenlantaa voidaan myös perinteiseen energiantuotantotapaan polttaa. Polttamisessa hevosenlannan ongelmana on tuhkan sulaminen, mikä täytyy ottaa huomioon kattilaratkaisussa. Lannan korkea kosteuspitoisuus vaatii, että lantaa poltetaan toisen polttoaineen seassa tai on esimerkiksi pelletöitävä pieniä kattiloita varten. Kuitenkin mitä enemmän lantaa esikäsitellään polton parantamiseksi, sitä enemmän tulee myös kustannuksia. Pelletöintikustannukset saattavat olla niin korkeat, että saatava hyöty ei kata kustannuksia. Käytännössä lannan polttaminen onnistuu parhaiten sekoittamalla sitä pääpolttoaineeseen, jolloin polttoaineseoksen kokonaiskosteuspitoisuus ja lämpöarvo voidaan saada sopivaksi käytössä olevalle kattilalle. Kattilasta ja poltettavan lannan kosteuspitoisuudesta riippuen sekoitussuhde voi vaihdella hyvinkin paljon, jopa tilavuusosuudella 10-50 %. Kuivikelannan osuuteen polttoaineseoksesta on vaikea antaa tarkkoja ohjeita vaan osuus on riippuvainen kattilan ominaisuuksista.

Hevosenlannan polttaminen oli ennen vuotta 2017 mahdollista vain jätteenpolttolaitoksissa. Kesällä 2017 tuli uusi asetus 1262/2017, joka oli muutos EU-asetukseen 142/2011 sallien hevosenlannan polttamisen lämpöteholtaan alle 50 MW lämpötehollisissa polttolaitoksissa. Edellytyksenä on päästöjen mittaaminen ja pitäminen asetuksessa määrättyjen raja-arvojen alla, sekä palamisessa lämpötilan olemisen joko 0,2

sekunnin ajan 1100 °C tai 2 sekuntia 850 °C. Nykyisillä laitoksilla on 6 vuoden siirtymäaika, johon mennessä edellä mainittujen ehtojen on täyttyvä hevosenlanta poltettaessa.

Energiantuotantoon käytettävän lannan tulisi olla mahdollisimman tuoretta, sillä sen energiasisältö heikkenee ajan kuluessa luontaisen maatumisen johdosta orgaanisen aineen hajotessa. Myös säilytyksen seurauksena kuivikelannan kosteuspitoisuus voi nousta, jolloin energiasisältö massayksikköä kohden pienenee ja hyödyntäminen energiantuotannossa voi vaatia enemmän esikäsittelyä. Kuivike vaikuttaa kuivikelannan ominaisuuksiin ja siksi mahdollisuuksien mukaan kuivike on valittava lannan jatkokäytön mukaan. Olki sopii hyvin mädätykseen, sillä se tuottaa metaania ja voi polttoprosessissa kloridipitoisuudesta johtuen aiheuttaa kattilan pinnoissa korroosiota. Olki voi myös olla hankala materiaali laitoksen linjoilla ja esimerkiksi juuttua kuljettimiin. Purua ja turvetta sisältävä lanta sen sijaan sopii paremmin polttamiseen, mutta myös kyseisistä kuivikelannoista on mahdollista tuottaa biokaasua ja tuotekaasua.

LÄHDELUETTELO

Alakangas E., Hurskainen M., Laatikainen-Luntama J., Korhonen J., 2016. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. [Verkkojulkaisu] [Viitattu: 16.1.2018], Saatavilla: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2016/T258.pdf>

Arffman M., Lehtinen J., Arffman S., 2018. HELMET – Hevosenlanta menestystarinoiksi; Hevosenlannanpolton lainsäädännön muutoksen vaikutusarviointi. Saatavilla: <http://envitecpolis.fi/wp2017/wp-content/uploads/2018/04/2018-04-04-RAPORTTI-Polton-vaikutusarviointi.pdf>

Asikainen M. 2012. Lämpö ja sähkö omilla koneilla Korhosten tilalle. Yle Uutinen. Saatavilla: <https://yle.fi/uutiset/3-6403105>

Basu P., 2010. Biomass Gasification and Pyrolysis – Practical Design and Theory. ISBN 978-0-12-374988-8. Sivuja 363.

Euroopan unionin virallinen lehti. KOMMISSION ASETUS (EU) 2017/1262, annettu 12 päivänä heinäkuuta 2017, asetuksen (EU) N:o 142/2011 muuttamisesta siltä osin kuin on kyse tuotantoeläimistä saatavan lannan käyttämisestä polttolaitoksissa polttoaineena. [Viitattu: 25.1.2018] Saatavilla: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32017R1262>

Fortum, 2017. Järvenpään CHP-laitos. [Verkkosivusto] [Viitattu: 18.1.2017] Saatavilla: <https://www.fortum.fi/tietoa-meista/yhtiomme/energiantuotantomme/voimalaitoksemme/jarvenpaan-chp-laitos>

Hippolis 2014. InnoHorse [verkkosivusto] [Viitattu: 22.5.2018] Saatavilla: http://www.hippolis.fi/fi_innohorse/fi_home/

Hippolis, Suomen Hippos ry, Suomen Ratsastajainliitto ry, Luke Hevostalous. 2016. Hevostalous lukuina 2016. [Verkkajulkaisu] [Viitattu: 15.12.2017] Saatavilla: http://www.hippos.fi/files/17847/Hevostalous_lukuina_2016_lopullinen.pdf

Huhtinen M., Kettunen A., Nurminen P., Pakkanen H.. 2000. Höyrykattilatekniikka. 5., uusittu painos, Oy Edita Ab, Helsinki. ISBN 951-37-3360-2. sivuja 379

Kenttämää J. (toim.), Arffman A., Ingman A., Järnefelt G., Paalanen A., 2017. Hevosenlannassa piilee suuri potentiaali - uusi lainsäädäntö voi tehdä esimerkiksi talleista energiaomavaraisia. Radio Suomi Helsinki. [Radiohaastattelu] [Viitattu: 22.5.2018] Saatavilla: <https://areena.yle.fi/1-4277714>

Kymäläinen M., Pakarinen O. (toim.), Suomen Biokaasuyhdistys ry. Hämeen ammattikorkeakoulu. Biokaasuteknologia, Raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen. 2015, Hämeenlinna. [e-julkaisu] ISBN 978-951-784-770-4 (PDF) [Viitattu: 16.1.2018] Saatavilla: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/104180/HAMK_Biokaasun_tuotanto_2015_ekirja.pdf?sequence=1

Lassi U. ja Wikman B. (toim.) 2011. Biomassan kaasutus sähköksi, lämmöksi ja biopolttoaineiksi. Jyväskylän yliopisto. Kokkola 2011. ISBN 978-951-39-4313-4 (pdf). [Viitattu: 22.3.2018] Saatavilla: <https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/27058/978-951-39-4313-4.pdf?sequence=1>

Lehtomäki A., Paavola T., Luostarinen S., Rintala J., 2007. Ålander T. (toim.) Biokaasusta energiaa maatalouteen – Raaka-aineet, teknologiat ja lopputuotteet. Jyväskylän yliopisto. ISBN 978-951-39-3076-9. [Viitattu: 16.3.2018.] Saatavilla: <https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/47694/978-951-39-3076-9.pdf?sequence=1>

Maa ja metsätalousministeriö, 2017. Hevosenlannan poltto helpottuu. Tiedote. [Viitattu: 19.1.2018], Saatavilla: http://mmm.fi/artikkeli/-/asset_publisher/hevosenlannan-poltto-helpottuu

Manninen K., Grönroos J., Luostarinen S., Saastamoinen M., 2016. Hevosenlannan energiakäytön ympäristövaikutukset. Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2016. ISBN: 978-952-326-246-1 [Verkkojulkaisu]. [Viitattu: 15.2.2018] Saatavilla: <http://jukuri.luke.fi/handle/10024/535278>

Mäki-Tuuri S., Laitinen A., 2014. Hevoset ja kunta –rajapintoja. [Verkkodokumentti] [Viitattu: 10.12.2017] Saatavilla: http://www.hippolis.fi/UserFiles/hippolis/File/2014/Hevoset_ja_kunta_e.pdf

Raiko R., Kurki-Sainio I., Saastamoinen J., Hupa M. 1995. Poltto ja palaminen. Teknillisten Tieteiden Akatemia. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä. ISBN 951-666-448-2. sivuja 627.

Rynö R. 2015. Huipputekniikalla voimalaitosten päästöt alas. Helen Oy. [Blogijulkaisu] [Viitattu: 30.5.2018] Saatavilla: <https://www.helen.fi/yritys/vastuullisuus/ajankohtaista/blogi/2015/huipputekniikalla-voimalaitosten-paastot-alas/>

Suomen Hevostietokeskus ry. 2018a. Lannan tuotto ja ravinteet. [Verkkosivusto] [Viitattu: 18.1.2018]. Saatavilla: <http://www.hevostietokeskus.fi/index.php?id=863&kieli=3>

Suomen Hevostietokeskus ry. 2018b. Kuivikemateriaalit. [Verkkosivusto] [Viitattu: 20.1.2018] Saatavilla: <http://www.hevostietokeskus.fi/index.php?id=707&kieli=3>

Swebo Bioenergy, 2018. Swebo Bioenergy. [Verkkodokumentti] [Viitattu: 22.5.2018] Saatavilla: http://swebo.com/uploads/media/broschyr_biotherm_en_web.pdf

Tanskanen R. (toim.) 2017. Esiselvitys Etelä-Savon hevostalouden materiaalivirtojen hyödyntämisestä uusiutuvana energiana. Kaakkois-Suomen Ammattikorkeakoulu, Mikkeli. [Verkojulkaisu] [Viitattu: 7.3.2018]. Saatavilla: <https://www.theseus.fi/handle/10024/123007>

Vapo Oy, 2015. Vapon puupelletti – ominaisuudet ja laatukriteerit. [Viitattu: 7.3.2018] Saatavilla: https://www.vapo.com/filebank/2239-Puupelletin_ominaisuudet_ja_laatukriteerit_11052015.pdf

Ymparisto.fi, 2017. Ympäristölupa. [Verkkosivusto] [Viitattu: 16.3.2018] Saatavilla: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/Ymparistolupa