

Bioenergiakeskuksen julkaisusarja  
(BDC-Publications)  
Nro 12

# HEVOSENLANNAN HYÖTYKÄYTÖN MAHDOLLISUUDET

**Piia Kauppinen**





# Hevosenlannan hyötykäytön mahdollisuudet

**Piia Kauppinen**

**Opinnäytetyö**

**Huhtikuu 2005**



**JYVÄSKYLÄN  
AMMATTIKORKEAKOULU**  
*Luonnonvarainstituutti*

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO .....</b>	<b>4</b>
<b>2 OPINNÄYTETYÖN TAVOITE JA TOIMENPITEET.....</b>	<b>5</b>
<b>3 KUIVALANTASEOKSEN KÄSITTELY .....</b>	<b>6</b>
<b>3.1 Lannan käyttö lannoitteena.....</b>	<b>6</b>
<b>3.2 Kompostointi.....</b>	<b>7</b>
<b>3.3 Poltto .....</b>	<b>9</b>
<b>4 LAINSÄÄDÄNTÖ .....</b>	<b>10</b>
<b>4.1 Lanta lannoitteena.....</b>	<b>10</b>
<b>4.2. Varastointi.....</b>	<b>11</b>
<b>4.3. Lanta jätteenä .....</b>	<b>12</b>
<b>5 TULOKSET .....</b>	<b>14</b>
<b>5.1 Lannankäytön nykytilanne.....</b>	<b>14</b>
5.1.1 Kysely talleille.....	14
5.1.2 Lannan käsittelykustannukset .....	16
<b>5.2 Purulannan polttotekniset ominaisuudet .....</b>	<b>17</b>
<b>5.3 Polttokokeet.....</b>	<b>19</b>
5.3.1 Purulanta-hakeseos .....	20
5.3.2 Purulanta-pellettiseos .....	22
<b>6 JOHTOPÄÄTÖKSET .....</b>	<b>26</b>
<b>6.1 Lainsäädäntö ja sen asettamat rajoitukset.....</b>	<b>26</b>
<b>6.2 Lannankäytön tekniset mahdollisuudet .....</b>	<b>28</b>

<b>6.3 Lannankäytön taloudelliset näkökulmat.....</b>	<b>31</b>
---	-----------

<b>LÄHTEET.....</b>	<b>33</b>
---------------------	-----------

## **KUVIOT**

KUVIO 1. Kosteaa purulantaseosta .....	17
KUVIO 2. Kosteaa purulannan punnitseminen .....	18
KUVIO 3. Kuivatun turvelantanäytteen punnitseminen .....	18
KUVIO 4. Arimax 340 Bio-Minijet 540-yhdistelmä.....	19
KUVIO 5. Tuhkatilan hyvin palanutta tuhkaa .....	25
KUVIO 6. Sintraantunutta tuhkaa.....	26
KUVIO 7. Purulanta-pellettiseosta polttoainesiilossa.....	29
KUVIO 8. Purulanta-pellettiseoksen poltto .....	30

## **TAULUKOT**

TAULUKKO 1. Hevosenlantakompostin ravinnepitoisuuksia.....	7
TAULUKKO 2. Kyselyyn vastanneiden tallien sijainti, hevosmäärät ja kuivike. ....	15
TAULUKKO 3. Lannan varastointi ja käyttö.....	16
TAULUKKO 4. Lannan loppusijoituksesta aiheutuvat kustannukset .....	16
TAULUKKO 5. Puru- ja turvelantaseoksen kosteuspitoisuudet. ....	19
TAULUKKO 6. Savukaasuanalyysien tulokset.....	21
TAULUKKO 7. Savukaasuanalyysin tulokset.....	23

# 1 JOHDANTO

Suomessa on tällä hetkellä noin 53 000 hevosta ja 7 300 ponia (Hevoskannan kehitys maassamme 1910–2004 2004). Hevoselanta käsitteenä tarkoittaa joko puhdasta lantaa tai lanta-kuivike seosta ja kukin hevonen tuottaa seosta noin 12 m<sup>3</sup> vuodessa. Lanta on sellaisenaan melko kuivaa, kuiva-aine pitoisuus on 35 - 40 % (Hevostallien kuiviketutkimus-hanke, 2001). Kuivikkeena voidaan käyttää turvetta, kuivaa sahan- tai kutterinpurua sekä olkea tai paperia. Hevosmäärästä noin 70 % käytetään kuivikkeena kutterin- tai sahanpurua (Airaksinen 2000). Lantaloihin vietävässä tavarassa on yleensä 50 - 90 % kuiviketta (Roivas 2004), minkä vuoksi kokonaisseoksen määrä vaihtelee kuivikkeesta riippuen 9,8 - 12,4 m<sup>3</sup>/eläinpaikka/vuosi. Kutterilla kuivitettu lanta vie lantalatilaa eniten, eli n.12,4 m<sup>3</sup>/eläinpaikka/vuosi. Kuutiometri lanta-kuivike-seosta painaa keskimäärin 350 - 400 kg.

Puupurujen suosio kuivikkeena perustuu lähinnä niiden hyvään saatavuuteen, edullisuuteen ja esteettisyyteen. Purulla kuivitetuissa talleissa talli-ilma on raikkaan tuoksuista ja karsinoiden ilme on valoisa. Puupuru on muihin kuivikevaihtoehtoihin nähden kuitenkin kohtalaisen huonoa ammoniakki- ja nesteensitomiskykynsä puolesta, se imee vain noin kaksi kertaa painonsa verran nestettä. Esimerkiksi turpeen imukyky voi olla parhaimmillaan jopa kymmenkertainen painoonsa nähden (Airaksinen 2000.)

Jätelain mukaan lanta olisi ensisijaisesti saatava kasvituotannon ravinteeksi, mutta monesti etenkin purulantaseoksen viimeinen osoite on kaatopaikka. Tämä johtuu lähinnä siitä, että puuaineita sisältävä kuivikelantaseos maatuu hyvin hitaasti, tarvitaan kaksi tai jopa kolmekin vuotta, ennen kuin se on maatunut pelloille sopivaksi. Ongelman aiheuttaa helposti se, minne lanta varastoidaan kompostoinnin ajaksi. Jos omia pelloja ei ole ja ulkopuoliset viljelijät eivät ota lantaa vastaan, kaatopaikka on helposti lannan ainoa mahdollinen loppusijoituspaikka.

Viljelijöiden nihkeys purulantaa kohtaan johtuu nimenomaan puupurun hitaasta kompostoitumisesta, ei itse lannasta. Huonosti kompostoitunut kuivikelanta voi pahimmillaan käyttää pellon ravinteita hajoamiseen ja polttaa kasvien juuria, minkä vuoksi se ei sellaisenaan ole kovin käyttökelpoista. Hevoselantakompostin pH on 5 - 7,8 kuivikkeesta riippuen. Lantakompostin ravinnepitoisuuksia on mitattu erilaisten tutkimusten

yhteydessä ja ravinnepitoisuuksien ja pH:n osalta se olisi hyvinkin käyttökelpoista maanparannusainetta.

Jos kaikilla talleilla olisi mahdollisuus käyttää kuiviketurvetta, lannan loppusijoitus ei olisi ongelma. Hyvälaatuisen turpeen saanti voi kuitenkin olla hyvinkin hankalaa ja monet karttavat sitä pölyävyyden, laadun vaihteluiden ja tumman ulkonäön vuoksi. Turve-hevoselantaseos olisi haluttua maanparannusainetta ja turpeen ansiosta lannan voisi levittää pelloille parhaimmillaan jo kuukauden kompostoinnin jälkeen. Näin eivät asiat kuitenkaan edellä mainitsemieni seikkojen vuoksi ole, joten apua tallinomistajien lantaongelmiin olisi mietittävä.

## **2 OPINNÄYTETYÖN TAVOITE JA TOIMENPITEET**

Opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä selvitys hevoselanta-puupuruseoksen nykykäytöstä ja erityisesti energiakäyttömahdollisuuksista. Työssä tullaan selvittämään lantaa ja sen varastointia ja käyttöä koskevat lait, säädökset ja asetukset.

Tietoa lannan käsittelyvaihtoehdoista kerätään talleilta lannankäyttö-kyselyn muodossa. Lisäksi tietoa kerätään kaatopaikoilta ja muilta käsittelylaitoksilta. Keskeinen osa työn sisältöä on myös purulannan polttoteknisten ominaisuuksien selvittäminen ja siihen liittyvien polttokokeiden toteuttaminen. Taustana tutkimukselle oli oletus siitä, että sahan/kutterinpurua kuivikkeena käyttävien tallien lannan loppusijoitus voi olla ongelmallista.

## 3 KUIVALANTASEOKSEN KÄSITTELY

Hevosenlannan käyttö voidaan karkeasti jakaa neljään osaan. Iso osa lannasta menee pelloille kasvituotannon ravinteeksi. Lantaa toimitetaan paljon myös kaatopaikoille ja muille käsittelylaitoksille mullan valmistusta varten. Pieni osa lannasta päätyy energiantuotantoon ja loppu kuljetetaan pellonreunoille tai metsiin ilman asianmukaista varastointia tai käsittelyä.

### 3.1 Lannan käyttö lannoitteena

Hevosenlantaa muodostuu kaikkiaan noin 290 milj. kg vuodessa. Jos tästä määrästä 70 prosentilla käytetään kuivikkeena puupurua, purulannan osuus on noin 205 milj. kg/vuosi. Kokonaislantamäärällä pystyttäisiin lannoittamaan noin 9 600 ha peltoa, jos levitysmäärä olisi 30 tn/ha.

Talliyrittäjät voivat levittää lannan joko omille pelloilleen tai luovuttaa sitä ulkopuolisille viljelijöille. Kuivikelantaa voidaan levittää pelloille 30 tonnia/ha/vuosi, kuitenkin niin, että kokonaistypen määrä on enimmillään 170 kg/ha. Jos sallitun typpilannoituksen määrä ylittää tämän, on se jaettava vähintään kahteen erään, joiden levitysväli on vähintään kaksi viikkoa. Lantaa saa levittää sulan maan aikaan, mutta ei 15.10. – 15.4. välisenä aikana. Jos maa on kuitenkin sulaa ja kuivaa, voidaan lantaa levittää vielä 15.11. asti ja aloittaa levitys aikaisintaan 1.4. Typpipitoisia lannoitteita levittäessä on muistettava, että vesistöihin rajoittuville pelloille on jätettävä vähintään viiden metrin suojavyöhyke (Hevostallien ympäristönsuojeluohje 2003.)

Lannan tulisi olla hyvin maatunutta ennen pelloille levittämistä. Maatiloilla kompostointi suoritetaan yleensä patterivarastoissa, joissa prosessi voi kestää parikin vuotta. Jo vuoden kompostoitunut lanta on ravinnepitoisuuksiltaan kuitenkin kohtalaisen hyvää lannoitetta. (taulukko 1.).

TAULUKKO 1. Hevoslantakompostin ravinnepitoisuuksia eri kuivikevaihtoehtoilla (g/kg/ka) (Hevostallien kuiviketutkimus-hanke 2001).

<u>Kuivike</u>	<u>Ravinne</u>	<u>Kompostoinnin alussa</u>	<u>Vuoden kompostoinnin jälkeen</u>
Turve	N-liukoinen	1,7	1,6
	P-liuk.	1,25	0,66
	K-liuk.	11,5	7,55
Kutteri	N-liukoinen	1,6	0,78
	P-liuk.	1,6	1,04
	K-liuk.	10	9
Sahajauho	N-liukoinen	1,3	0,55
	P-liuk.	1,25	0,69
	K-liuk.	8,75	7,45
Kutteri-turve	N-liukoinen	5,4	2,8
	P-liuk.	1,7	0,9
	K-liuk.	14	12
Sahajauho-turve	N-liukoinen	2,25	0,49
	P-liuk.	1,35	0,83
	K-liuk.	12,5	8,6

### 3.2 Kompostointi

Suuri osa kaupunkitallien lannasta päättyy joko kaatopaikalle tai muille hyväksytyille käsittelylaitoksille, joissa lanta yleensä kompostoidaan. Kompostoituminen on hapellisissa olosuhteissa tapahtuva mikrobiologinen prosessi. Kompostoitumisen aikana syntyy vettä, hiilidioksidia ja lämpöenergiaa. Kompostin lämpötila voi olla korkeimmillaan jopa + 60 °C. Prosessin ansiosta kompostoitavan aineen massa pienenee noin kolmanneksen ja muuttuu tasalaatuiseksi, hygieeniseksi ja hajuttomaksi. Toiminnan kannalta tärkeimmät aineet ovat hiili ja typpi, hiili toimii polttoaineena ja typpi mikrobien proteiinien rakennusaineena.

Käytännön kompostoinnin kannalta tärkein tekijä on yleensä kompostoitavan massan kosteus. Hajottajamikrobit pystyvät lisääntymään ja toimimaan ainoastaan vesiliuoksessa. Optimaalisena kosteuspitoisuutena kompostimassalle pidetään 50 - 60 %. Koska kompostoituminen on aerobinen prosessi, on mikrobien saatava myös happea toimintaansa ja prosessissa syntyvä hiilidioksidi on ohjattava ulos. Muita kompostoitumisen kannalta tärkeitä tekijöitä ovat hiili-typpi-suhde sekä massan huokoisuus. Jos



nämä eivät ole oikeanlaiset, voidaan kompostiin lisätä tukiainetta. Yleisimmin käytettävät tukiaineet ovat turve, kutterin lastu, olki, kuorike tai hake.

Perinteisin kompostointitapa on aumaaminen, lähinnä sen edullisuuden vuoksi. Hankaluuksena on kuitenkin auman ilmastuksen ja kosteuden vakioiminen. Olosuhteet vaihtelevat auman eri osissa ja kompostoituminen on usein epätäydellistä. Tällöin vapautuu helposti pahan hajuisia ammoniakkiyhdisteitä ilmaan ja ravinteet pääsevät huuhtoutumaan. Aumassa kompostointiaika on useita kuukausia. Aumakompostoinnin hankaluuksien takia on alettu siirtyä muihin kompostointi vaihtoehtoihin. Kompostoitumisaika saadaan lisäksi lyhenemään kompostointi tavasta riippuen 5-14 vuorokautteen.

Kompostointi jakautuu tavallisesti neljään osaan. Ensimmäisenä kompostoitava massa esikäsitellään ja murskataan. Karjanlannan kompostoinnissa ei esikäsitteilyä yleensä tarvita. Seuraava vaihe on tukiaineen lisääminen ja sekoitus, jota tarvitaan jos massa on esimerkiksi liian kostea. Seuraava vaihe on kompostointi, jonka jälkeen massa jälki käsitellään ja varastoidaan odottamaan käyttöä.

Kompostointi voidaan toteuttaa esimerkiksi vaaka-akselinsa ympäri pyörivässä kompostorirummussa. Pyöriksen aikana kompostoitava massa siirtyy rummun sisällä eteenpäin samalla sekoittuen ja ilmastuen. Massaa liikuttaessa siitä vapautuu mikrobian toiminnan seurauksena syntynyttä lämpöenergiaa ja hiilidioksidia. Lämmin ja kostea vesihöyry imetään kompostorirummusta ulos puhaltimilla. Vapautunut lämpö voidaan haluttaessa ottaa talteen lämpöpumpun avulla tai johtaa suoraan ulos (Kompostointi 2005).

Helsingin Vesi Oy:n Sipoon Metsäpirtin kompostointikentälle toimitettiin vuonna 2003 noin 5 500 m<sup>3</sup> (noin 2 200 tonnia) hevosenlanta-kuivikeseosta. Täällä lanta kompostoidaan yhdessä turpeen ja jäteveden puhdistuksessa syntyvän lietteen kanssa. Tavaraa kompostoidaan kentällä vähintään vuoden ajan, minkä jälkeen tuotteeseen lisätään savespitoista hiekkaa, sepelikalkkia ja kaliumia sisältävää biotiittijauhetta. Ennen käyttöönottoa tuote seulotaan tasalaatuiseksi. Valmis tuote on tarkoitettu käytettäväksi sellaisenaan erilaiseen viherrakentamiseen. Laitoksella ei ole mitään erityisohjeita lannan toimittajille. Prosessin kannalta tavarahan pitäisi kuitenkin olla mahdollisimman kuivaa, eikä lannan mukana saisi tulla mitään ylimääräistä. Laitos ei tällä hetkellä peri

lannasta vastaanottomaksua, koska sillä korvataan osaa kompostoinnissa käytettävää ostotukiaineesta (Lundström 2005.)

Porin jätehuolto vastaanotti lantaa vuonna 2004 yhteensä 481 tonnia. Lanta varastoidaan laitoksella kasalle ja lisätään biojätekompostin sekaan jälkikompostointivaiheessa. Kuivikelantaseoksen on todettu olevan hyvä lisä kompostointiin etenkin kylminä vuodenaikoina, koska maatuva lanta muodostaa paljon lämpöä ja näin ollen nopeuttaa kompostoitumista. Suurten lantamäärien vuoksi lannan toimitus laitokselle on tullut maksulliseksi. Porin jätehuollon vastaanottomaksu lannasta on 5 €/tonni (alv. 0) (Salo 2005.)

Jyväskyläläiselle Mustankorkean kaatopaikalle toimitetaan hevosenlantaa noin 40 tonnia vuodessa. Lanta käsitellään muun biojätteen kanssa tunnelikompostointilaitoksessa. Laitoskäsittely kestää noin kuukauden, jonka jälkeen tarvitaan vielä muutaman kuukauden mittainen jälkikäsittely, joka tapahtuu asfaltti kentällä. Valmiiseen kompostiin lisätään turvetta ja hiekkaa, jonka jälkeen tavara on valmista myytäväksi. Mustankorkealla vastaanottomaksu on 11 €/tonni (alv. 0) (Aho 2005.)

### **3.3 Poltto**

Hevosenlantaa voidaan polttaa joko kiinteänpolttoaineen kattilassa tai käyttää kaasuttimen polttoaineena. Purulantaseosta on poltettu lähinnä hakkeen kanssa. Lannan poltossa ei kokemusten perusteella ole havaittu suurempia ongelmia.

Lehmän lannan käyttöä kaasuttimen polttoaineena on tutkittu Suomessa vuonna 1985. Hevosen lannan ominaisuudet lienevät samanlaisia. Kokeessa todettiin, että lannan runsaasti kaliumia sisältävät aineet sulivat jo hieman alle 800 °C:n lämpötilassa. Jätteen kaasutuksessa käytetään korkeampia lämpötiloja.

Lehmän lannassa oli n. 3 % kaliumia ja 1 % natriumia sekä 0,5 % klooria. Luvut ovat noin kymmenkertaiset energiajätteen pitoisuuksiin verrattuna. Kalium ja natrium aiheuttavat kaasuttimessa käytettävän hiekan sulamisongelmia ja kloori korroosiota kattilan putkiin. Lannan sisältämät raskasmetallit voivat myös olla ongelmallisia.

Tutkimuksen mukaan hevosen lanta sisältää lääkettä, rikkaruohon siemeniä, hevosen loisia ja muita ei-toivottuja aineksia. Lisäksi lannan käyttö polttoaineena aiheuttaa esteettisiä ongelmia polttoaineiden kuljettimien huoltotöissä sekä hajuhaittoja varsinkin lämpiminä vuodenaikoina. Sekoittamalla lantaa suureen määrään sahanpurua (lannan osuus alle 5 %) haittoja on mahdollista pienentää, mutta ei kokonaan poista (Takala 2005.)

## 4 LAINSÄÄDÄNTÖ

Keskeinen osa työn sisältöä on lakien ja asetusten selvittäminen, koska monet niistä aiheuttavat rajoituksia tallien sijoitukselle, sekä lannan varastoinnille ja käsittelylle. Työn kannalta keskeisimmät lait ja asetukset on koottu Ympäristöministeriön laatimasta Hevostallien ympäristönsuojeluohjeesta. **Ympäristönsuojelulaki ja -asetus** antavat ohjeistusta siitä, minne tallit ja niiden lantat voidaan sijoittaa ilman, että siitä aiheutuisi merkittävää haittaa ympäristölle. Varsinaisen ympäristöluvan talli tarvitsee silloin, jos se on suunniteltu vähintään 60 hevoselle. Lupa voidaan vaatia myös tätä pienemmältä tallilta, jos talli tullaan sijoittamaan pohjavesialueelle tai muulle mahdolliselle vedenottopaikalle.

*Ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavalla toiminnalla on oltava ympäristölupa. Luvanvaraisuus on määritelty ympäristönsuojelulain ja –asetuksessa (YSL 28 §; YSA (169/2000) 1 § 1 mom. 11a -kohta). Ympäristöluvan myöntämisessä tallitoiminnan sijoittuminen ja lupamääräykset luovat yhdessä edellytykset sille, ettei hankkeesta aiheudu terveyshaittaa, merkittävää ympäristön pilaantumista eikä naapurussuhdelaisissa tarkoitettua rasisitusta. Ympäristövaikutuksia arvioitaessa on otettava huomioon myös toiminnan tavanomaisuus alueella. (YM 2002.)*

### 4.1 Lanta lannoitteena

**Nitraattidirektiivi** koskee kaikkia eläinsuojia ja kaikkea pelto- ja puutarhaviljelyä. Se sisältää mm. lannanlevitystä ja -varastointia koskevia määräyksiä ja velvoittaa viljelijää pitämään kirjaa käytettävistä typpilannoitemääristä ja teettämään lannasta typpi-analyysin viiden vuoden välein. Vesien suojelemisesta maataloudesta peräisin olevien

nitraattien aiheuttamalta pilaantumiselta on annettu EU:n direktiivi (91/676/ETY) eli ns. nitraattidirektiivi

**Lannoitelaki** asettaa määräyksiä tallinpitäjille silloin, kun hevosenlanta aiotaan jatkokäsitellä myyntiä varten.

*Lannoitelaki (232/1993) ohjaa mm. lannoitteiden, maanparannusaineiden ja kompostointivalmisteiden markkinointia sekä markkinointia varten tapahtuvaa valmistusta. Maanparannusaineella tarkoitetaan mm. kompostoitua lantaa (Timonen 2001). Lakia sovelletaan sellaiseen lantaan, jota käsitellään teknisesti myyntiä varten. (Lannoitelaki 2 §.) Tekninen käsittely tarkoittaa esimerkiksi lannan kompostointia tai maa-aineksen lisäämistä lantaan. Laitos- ja ammattimaiseen toimintaan tarvitaan ympäristölupa. Lannoitelain ulkopuolelle jäävät tuore raakalanta ja lannanluovutussopimusten kautta tilalta toiselle toimitettava lanta.*

**Lannan luovutus** tulee kysymykseen silloin, kun tallilla ei ole riittävästi tai lainkaan omaa peltoa lannan hyödyntämiseksi.

*Mikäli lannan vastaanottaja on maatalouden ympäristötukijärjestelmään kuuluvan viljelijä, hänen on mahdollista saada erityistukea lannan käytön tehostamisesta tekemällä sopimus TE -keskuksen kanssa. Sopimus on suositeltavaa tehdä syksyllä (1.10. alkaen), jotta voidaan suosia lannan kevätlevitystä. Lantaa voidaan luovuttaa esimerkiksi viljelijälle tai puutarhayrittäjälle tiivispohjaiseen lantavarastoon tai sellaiselle hyödyntäjälle, jolla on ympäristönsuojelulain 28 § mukainen lupa toiminnalleen (nitraattiasetuksen 4 § 3 mom.).*

## 4.2. Varastointi

**Lannan varastointia koskevat säädökset** määräävät, että lanta tulisi varastoida tiivispohjaisessa lantalassa, joka on mitoitettu 12 kuukauden aikana kertyvälle lantamäärälle.

*Lantalalan mitoitusta voidaan vähentää, jos käytetään kesto-kuivikepohjia tai yhteisomistuksessa olevia lantavarastoja. Lantalalan ohjemitointi 12 kuukauden varastointia varten on hevosella 12 m<sup>3</sup> ja ponilla 8 m<sup>3</sup>. (nitraattiasetuksen 4 § 1 mom. ja liite 2.)*

*Yhteisomistuksessa olevat lantavarastot otetaan huomioon tallin varastotilan tilavuutta laskettaessa (nitraattiasetuksen 4 § 1 mom.) Tallin yhteyteen ei tarvitse rakentaa lantalaa tai sen koko voi olla normien mukaista pienempi, mikäli*

1. lantaa luovutetaan tiivispohjaiseen, riittävän kokoiseen lantavarastoon (nitraattiasetuksen 4 § 3 mom.).
2. lantaa luovutetaan sellaiselle hyödyntäjälle, jolla on ympäristönsuojelulain mukainen lupa toiminnalleen (nitraattiasetuksen 4 § 3 mom.).
3. lantaa luovutetaan luomuviljelijälle kompostointiin tai kompostoidaan omalla luomutilalla. Tämä menettely on mahdollista enintään vuoden 2006 loppuun asti, jolloin tallilla tulee olla ohjemitoituksen mukainen lantala.
4. hevosten pito lopetetaan vuoden 2006 alkuun mennessä. Näissä tapauksissa lantalan rakentamisesta voidaan luopua harkinnan mukaan tietyin edellytyksin.
5. lantaa kertyy vuosittain enintään 20 m<sup>3</sup>.
6. lantaa myydään tallilta pakattuna. Tällöin valvontailmoitukseen tulee liittää myös selvitys lannan myynnistä.

**Lannan patterivarastointi** on yleensä viljelijöiden ainoa keino kompostoida ja varastoida lantaa. Patterivaraston perustaminen ei vaadi suurta työtä eikä investointeja ja lanta saadaan käsiteltyä peltokäyttöön soveltuvaksi.

*Patterivarastointi (patterointi) tarkoittaa lannan varastointia aumassa eli ns. patterissa, joka on sijoitettu ja perustettu nitraattiasetuksen liitteen 1 edellyttämällä tavalla peltolohkolle, jolle lanta tullaan patterista levittämään. Muu lannan varastointi maapohjalla ilman tiiviitä pohjarakenteita on kiellettyä.*

*Lantapatterin oikea perustaminen on määritelty nitraattiasetuksen liitteessä 1 (valtioneuvoston asetus 931/2000). Patteroinnista on tehtävä valvontailmoitus kunnan ympäristöviranomaiselle vuosittain eli aina ennen uuden lantapatterin perustamista.*

### 4.3. Lanta jätteenä

**Jätelaki** koskee kaikkia yrittäjiä ja yksityishenkilöitä. Talleilla syntyvä lanta luokitellaan jätteeksi, joten jätelaki koskee myös lantaa. Jätelain mukaan lanta tulisi ensisijaisesti hyödyntää lannoitteeksi ja toissijaisesti energiaksi.

*Jätelaissa (1072/1993) määritellyt yleiset velvollisuudet koskevat myös hevos-talleja. Kaikessa toiminnassa on pyrittävä siihen, että jätettä syntyy mahdollisimman vähän eikä siitä aiheudu merkityksellistä vaaraa tai haittaa ympäristölle tai terveydelle. Jätelakia sovelletaan myös jätteenä pidettävään lantaan ja eläinraa-*

*toihin. Lannan säilyttämisestä ja levittämisestä sekä kuolleiden eläinten käsittelystä voidaan siten antaa määräyksiä myös suoraan jätelain nojalla (YM 2001a, 11.).*

### **Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta (362/2003).**

Jos hevosenlantaa haluttaisiin polttaa jonkinlaisessa polttolaitoksessa, tarvitaan tähän toimintaa ympäristölupa ja jätteenpolttolupa. Jätteenpolttoasetus koskee kaikkia jätettä polttavia laitoksia ilman polttoalarajaa. Asetus ei koske kuitenkaan koelaitoksia, joissa poltetaan alle 50 tonnia jätettä vuodessa.

*Tätä asetusta sovelletaan poltto- tai rinnakkaispolttolaitokseen, jossa poltetaan kiinteää tai nestemäistä jätelaisissa (1072/1993) tarkoitettua jätettä.*

### **Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1774/2002 muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden terveystäytämissä säännöistä**

*Sivutuoteasetus edellyttää, että eläinperäisiä sivutuotteita käsittelevät tuotantolaitokset ovat tarkastettuja ja hyväksytyjä. Sivutuoteasetuksen täytäntöönpano ja noudattamista lannoitevalmisteita tai niiden raaka-aineita valmistavissa laitoksissa valvoo Kasvintuotannon tarkastuskeskus (KTTK) MMM asetuksen 195/2004 mukaisesti. Eläinperäisiä sivutuotteita sisältäviä lannoitevalmisteita saavat Suomessa saattaa markkinoille ainoastaan asetuksen mukaista hyväksyntää hakeneet valmistajat.*

*Hevoslannan kaatopaikalle viennin osalta on MMM:n ja KTTK:n sivutuoteasetuksesta tehdyssä soveltamisoppaassa III "Lannan käsittely ja käyttö maataloililla" sivulla 11 kohdassa 5.1 annettu seuraava ohje: Käsittelemätöntä hevosen lantaa voidaan käyttää tilan omilla pelloilla tai laitumilla tai lannan luovutus sopimusten puitteissa tai käsitellä tilan omassa biokaasu- tai kompostointilaitoksessa tai lannan teknisessä käsittelylaitoksessa. Hevosen lanta voidaan myös myydä tai luovutetaan suoraan tilalta yksityisille kuluttajille (yhteensä alle 100 m<sup>3</sup> ilman ilmoitusvelvollisuutta KTTK:lle) tai hevosen lannan kyseessä ollessa ilman sivutuoteasetuksen vaatimia kuljetus- ja dokumentointivaatimuksia myös mullanvalmistajille. Jos mikään edellä mainituista vaihtoehdoista ei ole mahdollista, voidaan se viedä hyväksytylle kaatopaikalle, polttolaitokseen tai muuhun asianmukaisen luvan omaavaan laitokseen käsiteltäväksi, mikäli lannan vastaanotto on sallittu kaatopaikan pitäjän tai polttolaitoksen tai muun laitoksen ympäristöluvassa. Jos mainintaa ympäristöluvassa ei ole, tulee lannan viennistä ilmoittaa etukäteen laitokselle tai kaatopaikan pitäjälle sekä valvovalle viranomaiselle (Salminen 2005.)*

## **5 TULOKSET**

### **5.1 Lannankäytön nykytilanne**

Lannankäytön todellinen nykytila pyrittiin selvittämään tekemällä kysely hevostalleille. Kyselyssä tiedusteltiin käytettyä kuiviketta, lannan varastointi- ja käsittelytapoja sekä loppusijoitusta ja siitä aiheutuvia kustannuksia.

#### **5.1.1 Kysely talleille**

Tutkimukseen valittiin 25 talliyrittäjää, joiden tiedot löytyivät Ravivalmentajat.fi nettisivuilta sekä ratsutallien tiedot niiden omilta kotisivuilta. Kysely tehtiin puhelinhaastattelujen muodossa. Tarkoituksena oli saada mahdollisimman kattavia tuloksia valitsemalla erikokoisia ja eri puolilla Suomea sijaitsevia talleja. Kyselyyn valittujen talliyrittäjien tavoitettavuus jäi haluttua heikommaksi, vastauksen sain kaikkiaan kymmeneltä yrittäjältä. Tulokset ovat kuitenkin kohtalaisen luotettavia, koska talleissa oli niin maaseutu kuin kaupunki tallejakin ja ne sijoittuivat eripuolille maata. Tallien hevosmäärät vaihtelevat 12 ja 46 eläimen välillä. Vastanneista talleista neljä sijaitsee kaupungin tai hevoskeskittymän läheisyydessä ja kaikkiaan kuusi tallia alle 150 km:n etäisyydellä Helsingistä (taulukko 2.).

Saatujen vastausten perusteella useat tallinomistajat ovat hyvinkin turhautuneita lannan hävityksestä aiheutuvien ongelmien ja kustannusten vuoksi. Uudet toimivat käsittely- ja käyttövaihtoehdot olisivat sen vuoksi hyvinkin tervetulleita.

TAULUKKO 2. Kyselyyn vastanneiden tallien sijainti, hevosmäärät ja kuivike.

<b><u>Talli ja sijainti</u></b>	<b><u>Hevosmäärä</u></b>	<b><u>Käytetty kuivike</u></b>
Talli 1. Hollola	40	Kutterinpuru
Talli 2. Orimattila	47	Kutterinpuru
Talli 3. Kalkkinen	18	Kutterinpuru
Talli 4. Helsinki	19	Turve-kutteriseos
Talli 5. Mäntyharju	12	Kutterinpuru
Talli 6. Laukaa	26	Kutterinpuru
Talli 7. Suonenjoki	26	Kutteri-sahajauhoseos
Talli 8. Helsinki	45	Turve-kutteriseos
Talli 9. Neuvoton	25	Kutterinpuru
Talli 10. Pihtipudas	20	Kutterinpuru

Seitsemän kymmenestä tallista käytti kuivikkeena kutterin/sahanpurua, muut käyttivät turvetta tai kutteri-turveseosta. Lannan varastointi tapahtui kolmessa paikassa katetussa betonipohjaisessa lantalassa, kolmella oli käytössä siirtolavat ja loput varastoivat lannan betonipohjaisissa avolantaloissa (taulukko 3.). Lannan jatkokäsittelyn vuoksi paras vaihtoehto olisi varastoida lanta katetussa lantalassa, jotta tavara säilyisi mahdollisimman kuivana.

Maaseudulla sijaitsevat tallit ovat kaupunkitalleja paremmassa asemassa sen vuoksi, että lanta pystytään hyödyntämään usein omille pelloille tai luovuttamaan ulkopuolisille viljelijöille. Kaikkiaan viiden kyselyyn osallistuneen tallin lannat levitetään pelloille ravinteeksi.

Kaupunkien ja hevoskeskittymien tuntumassa sijaitsevilla talleilla tilanne on hieman toinen. Kolmen tallin lannat päätyvät Helsingin Vesi Oy:n kompostointikentälle. Täällä lanta kompostoidaan turpeen kanssa tai käytetään yhdyskuntalietteen kompostoinnin sidosaineena. Kuljetus laitokselle on hoidettu kuorma-autoilla ja talleille aiheutuva kustannus riippuu kuljetusmatkan pituudesta. Yhden tallin turvelannan käsittelee mullaksi yksityinen mullanvalmistaja. Lisäksi yksi pienehkö talli toimittaa lantansa lämpölaitokselle poltettavaksi.



TAULUKKO 3. Lannan varastointi ja käyttö.

<b><u>Talli</u></b>	<b><u>Lannan varastointi</u></b>	<b><u>Lannan käyttö</u></b>
Talli 1.	Betonipohjainen avolantala	Helsingin Vesi Oy hakee ja käsittelee
Talli 2.	Siirtolavat	Helsingin Vesi Oy hakee ja käsittelee
Talli 3.	Betonipohjainen avolantala	Helsingin Vesi Oy hakee ja käsittelee
Talli 4.	Siirtolavat	Mullanvalmistaja hakee ja käsittelee
Talli 5.	Katettu betonipohjainen lantala	Toimitetaan poltettavaksi lämpölaitokselle
Talli 6.	Katettu betonipohjainen lantala	Luovutussopimis viljelijän kanssa
Talli 7.	Siirtolavat	Luovutussopimis viljelijän kanssa
Talli 8.	Katettu betonipohjainen lantala	Luovutussopimis viljelijän kanssa
Talli 9.	Betonipohjainen avolantala	Patteroidaan ja levitetään omille pelloille
Talli 10.	Betonipohjainen avolantala	Patteroidaan ja levitetään omille pelloille

### 5.1.2 Lannan käsittelykustannukset

On laskettu, että kuutio hevosenlantaa sekoitettuna kutterinpuruun painaa 350 kg. Purulanta seosta tulee noin 12 m<sup>3</sup>/hevonen/ vuosi, eli yhteensä 4 200 kg/hevonen. Lannan vastaanottomaksut laitoksilla ovat 0-11 €/tonni, joten maksu hevosta kohti on enimmillään 46,2 €/ vuosi. Pelkät käsittelykustannukset eivät siis ole kovinkaan suuret, mutta kun eläimiä on enemmän, kokonaiskustannus nousee yllättävän suureksi. Käsittelymaksujen lisäksi tulevat vielä kuljetuskustannukset, joiden vuoksi summa voi nousta tuhansiin euroihin vuodessa. Kyselyyn osallistuneilla talleilla kustannukset nousivat suurimmillaan yli 9 000 euroon vuodessa. Kustannus perustuu kuljetusmatkan pituuteen (taulukko 4.). Tällä hetkellä tämä on kuitenkin halvin vaihtoehto päästä lannasta eroon. Hevosmäärän ollessa suuri, lantaa muodostuu runsaasti ja lantalat joudutaan tyhjentämään useaan kertaan kuukaudessa. Talli numero 7. maksaa lantaa vastaanottavalle viljelijälle 13 €/tn lannan hakemisesta.

TAULUKKO 4. Lannan loppusijoituksesta aiheutuvat kustannukset.

<b><u>Talli</u></b>	<b><u>Kuljetusmatka (km)</u></b>	<b><u>Kustannus (€/tn)</u></b>
Talli 1.	89	50
Talli 2.	72	48
Talli 3.	108	55
Talli 7.		13

## 5.2 Purulannan polttotekniset ominaisuudet

Osana työn toteutusta oli lantakuivike seoksen polttokokeet. Ensin lannasta oli määritettävä kosteuspitoisuus, jotta seoksen lämpöarvon laskeminen olisi myöhemmin mahdollista. Tein kosteusmääritykset Jyväskylän ammattikorkeakoulun Bioenergiakeskuksessa Kolkanlahdessa. Kosteusmäärityksiä varten hankittiin purulanta seosta ja turvelanta seosta. Kosteusmääritykset suoritettiin ISO 589 mukaisella menetelmällä. Kosteusmääritystä varten punnittiin 0,1 g:n tarkkuudella kaksi 200 gramman näytettä ja yksi 100 gramman näyte purulantaseosta (kuviot 1 - 2) ja samoin turvelantaseosta. Näytteet kuivattiin ilmastoidussa lämpökaapissa 105 °C lämpötilassa 20 tunnin ajan, jonka jälkeen näytteet punnittiin uudelleen (kuvio 3.).

Kosteus määritettiin seuraavalla kaavalla:

$$M_{ar} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100$$

missä  $M_{ar}$  = märkätainaa kohti laskettu kosteus saapumistilassa (%)

$m_1$  = märän näytteen massa (g)

$m_2$  = kuivatun näytteen massa (g)



KUVIO 1. Kostea purulantaseosta.



KUVIO 2. Kostean purulannan punnitseminen.



KUVIO 3. Kuivatun turvelantanäytteen punnitseminen.

Kosteusmääritysten perusteella voi todeta, että turve imee enemmän nestettä itseensä kuin puupuru. Hevoselannan kuiva-ainepitoisuus sellaisenaan on 30–40 %, eikä kuivikkeiden käytöllä ole suurta vaikutusta, koska lannan nesteethän vain imeytyvät niihin. Lanta-kuivikeseoksen kuiva-ainepitoisuus siis vaihtelee niin ikään 30–40 % välillä.

TAULUKKO 5. Puru- ja turvelantaseoksen kosteuspitoisuudet.

<u>Näyte</u>	<u>Purulantaseos</u>	<u>Turvelantaseos</u>
1	62,0 %	69,3 %
2	59,6 %	67,1 %
3	62,6 %	69,2 %
<b><u>Keskiarvo</u></b>	<b><u>61,4 %</u></b>	<b><u>68,5 %</u></b>

### 5.3 Polttokokeet

Polttokokeita varten hankittiin noin 80 kg lanta-kuivikeseosta. Lisäksi haketta varattiin noin 20 kg ja pellettiä 40 kg. Polttokokeet tehtiin Kolkanlahden Bioenergiakeskuksessa. Kokeissa selvitettiin purulantaseoksen poltto-ominaisuuksia yhdessä hakkeen ja pelletin kanssa. Koekattilana toimi Thermian Arimax 340 Bio ja polttimena 40 kilowatin Minijet 540 hakestokeri (kuvio 4.). Varastosäiliön tilavuus on 0,5 m<sup>3</sup> ja säiliön pohjalla on lautaspurkain, joka pyöriessään syöttää polttoainetta ruuville ja siitä palopäälle.



KUVIO 4. Arimax 340 Bio-Minijet 540-yhdistelmä.

### 5.3.1 Purulanta-hakeseos

Polttokokeet oli jaettu kahdelle päivälle niin, että ensimmäisenä päivänä poltettiin hake purulantaseosta ja toisena pelletti purulantaseosta. Ensimmäinen päivä alkoi aamulla kello 8 kattilan nuohouksella ja polttoainesiilon tyhjentämällä vanhoista polttoaineista. Kattilan pinnat nuohottiin, jotta kokeen jälkeen olisi mahdollista todeta palo- ja lämpöpintojen likaantumisen määrä.

Tämän jälkeen polttoainesiilo täytettiin niin, että ensimmäisenä laitettiin siilon pohjalle haketta, jolla palo saataisiin alkuun. Tämän jälkeen polttoaineet laitettiin siiloon kerroksittain, hake, purulanta, hake jne. Seossuhde tuoremassoina oli noin 1:1, haketta 19 kg ja purulantaa 17 kg.

Kokeen alussa haketta syötettiin palopäälle alkusytytystä varten. Koekattilassa on digitaalinen ohjausyksikkö, johon valittiin ohjearvojen perusteella sopivat polttoaineen syöttö- ja taukojaksot.

Ensimmäiselle tehojaksolle valittiin pituuksiksi seuraavat arvot; polttoaineen syöttö 3 sekuntia ja tauko 4 sekuntia. Hetken polton jälkeen todettiin, että polttoaineen syöttöaika oli liian pitkä ja tauko liian lyhyt, koska hake alkoi kasaantua palopäälle ja putosi tuhkatilaan palamatta. Polttoaineen syöttöaika laskettiin 1,5 sekuntiin ja tauko pidennettiin 6 sekuntiin. Lyhyt polttoaineen syöttöaika johti siihen, että palo alkoi edetä kohti ruuvia, jolloin syntyy takapalon vaara ja syöttöä oli taas vähän pidennettävä. Ensimmäinen kunnollinen palaminen alkoi, kun syöttöaika asetettiin kahteen sekuntiin ja tauko kuuteen sekuntiin. Tässä vaiheessa palopään ilmansyöttö oli täysin auki, jotta palamiseen olisi saatu riittävästi happea.

Noin tunnin polton jälkeen tehtiin ensimmäinen savukaasumittaus Testo-savukaasuanalysointilaitteella. Savukaasumittaus osoitti hapensyötön olevan liian suurella, eivätkä muutkaan arvot olleet tyydyttäviä. Savukaasun happipitoisuuden tulisi olla 5 – 8 %, hiilidioksidi pitoisuuden 13 – 16 % ja hiilimonoksidi pitoisuuden alle 100 ppm, lisäksi yli-ilmakerroin (ilmaylimäärä) ei saisi olla paljoa yli 1,5.

*Ilmaylimäärä on ilma, joka ei osallistu palamiseen, vaan menee savukaasujen mukana kattilan läpi. Savukaasuissa tulisi aina olla ylimääräistä ilmaa, jolloin vältetään kattilan konvektio-osan ja savuhormin nokeentuminen. Yli-ilmalla taataan riittävä hapensaanti ja täydellinen palaminen. (www.rte.vtt.fi)*

Nestemäisillä polttoaineilla ja maakaasulla ilmaylimäärä voi olla 1,1. Kiinteillä polttoaineilla ei ihan näin alas päästä. Liian suuri ilmaylimäärä heikentää palamishyötysuhdetta ja ali-ilmalla palaminen taas tuottaa häkää ja palamattomia hiilivetyjä savukaasuun.

TAULUKKO 6. Savukaasuanalyysien tulokset.

	<b>Pulssi 2 sekuntia, tauko 6 sekuntia</b>	<b>Pulssi 1,5 sekuntia, tauko 6 sekuntia</b>	<b>Pulssi 3 sekuntia, tauko 6 sekuntia</b>
<b>O<sub>2</sub> – sisältö</b>	13,5 %	14,4 %	12,6 %
<b>CO<sub>2</sub> – sisältö</b>	6,3 %	7,2 %	8,1 %
<b>CO – sisältö</b>	1577 ppm	613 ppm	326 ppm
<b>Yli-ilmakerroin</b>	3,21	2,8	2,5
<b>Hyötysuhde</b>	83,4 %	80,3 %	85,5 %

Kokeen alussa meni paljon aikaa ennen kuin kattilan säädöt saatiin kohdalleen. Tuli myös sammui kerran ensimmäisten purulantakasojen tullessa palopäälle. Purulannan kosteus oli sen verran suuri, ettei se jaksanut palaa sen hetkisillä asetuksilla. Tämän jälkeen hapensyöttöä pienennettiin hieman ja polttoaineen syöttöaika säädettiin kolmeen sekuntiin ja tauko kuuteen sekuntiin. Alussa paras hetkellinen teho oli 11 kW ja 1,5 tunnin polton jälkeen 25,4 kW.

Tehojaksoa jatkettiin niin kauan, kunnes kattilan lämpötila oli 80 °C. Tästä alkoi ensimmäinen ylläpitojakso. Ylläpitojakson aikana polttoaineen syötön kesto on 2,5 sekuntia ja tauon pituus 120 sekuntia. Ylläpitojakso kestää niin kauan, kunnes kattilan lämpötila on laskenut 72 asteeseen. Tästä alkaa taas uusi tehojakso, jonka aikana lämpötila nousee takaisin 80 asteeseen jne.

Ongelmia hakkeen ja purulannan poltossa tuntui riittävän. Alussa näytti, että puru on liian hienojakoista ja tukkii palopään alapinnalla olevat ilma aukot, eikä palamiseen ole tarpeeksi happea. Savukaasuanalyysit kuitenkin osoittivat tämän vääräksi.

Seuraava analyysi otettiin noin neljän tunnin polton jälkeen ja tilanne näytti jo hieman paremmalta. Kun palo oli lähtenyt kunnolla käyntiin ja pulssien ja taukojen ajat saatu kohdalleen, ei suurempia ongelmia enää ollut. Parhaiten palaminen sujui kun pulssin pituus oli kolme sekuntia ja tauon pituus kuusi sekuntia, lisäksi ilman syöttö säädettiin alkua pienemmälle. Ylläpitojaksojen pulsseja ja taukoja ei tarvinnut alun jälkeen muuttaa, vaan tuli pysyi yllä kun pulssi oli 2,5 sekuntia ja tauko 120 sekuntia.

Viimeinen savukaasumittaus tehtiin hieman ennen polttoaineen loppumista, kun siilossa oli jäljellä enemmän purulantaa kuin haketta. Savukaasuanalyysin tulokset osoittavat, että parempaan suuntaan oltiin kokoajan menossa. Kokeen alussa oli kuitenkin paljon ongelmia ja kokeilut veivät runsaasti aikaa, joten todelliseen tulokseen ei ehkä yhden päivän aikana täysin päästy. Purulanta-hakeseos kulki ruuvilla hyvin, lukuun ottamatta lantapalloja, jotka jäivät ruuvin ja siilon seinämän väliin niin, että seosta oli välillä käännettävä.

Kokeen aikana tuotettiin syötetyn polttoainemäärän energiasisällöstä noin 75 kWh:sta lämpöverkkoon 57 kWh energiaa. Tämä johtui tuhkan palamattomien aineiden ja palopäällä palamatta jääneen polttoaineen aiheuttamasta hävikistä. Kokeen jälkeen kattilan tuhkatila tyhjennettiin. Tuhkaa oli päivän aikana muodostunut yllättävän runsaasti, joskin osa tästä oli alussa palamattomana läpi tullutta polttoainetta, joka ei tuhkatilasakaan ollut palanut loppuun saakka.

### **5.3.2 Purulanta-pellettiseos**

Seuraava polttokoe oli huomattavasti helpompi aloittaa ensimmäisestä päivästä oppineena. Polttoainesiilo oli täytetty jo edellisenä iltana valmiiksi, jotta kokeet päästäisiin aloittamaan heti aamulla. Pellettiä laitettiin siilon pohjalle 10 kg, jotta poltto saataisiin alkuun puhtaalla pelletillä. Tämän päälle ladottiin kerroksittain 7,5 kg:n kerros purulantaa, jonka päälle taas pellettiä 10 kg, purulantaa 7,5 kg jne. Polttoainetta varattiin yhteensä 75 kg, josta 40 kg oli pellettiä ja 35 kg purulantaa.

Ensimmäistä tehojaksoa lähdettiin kokeilemaan kolmen sekunnin pulssilla ja neljän sekunnin tauolla. Näillä asetuksilla pelletti tuli kuitenkin palamatta tuhkatilaan. Seuraavaksi kokeiltiin niin, että pulssi oli 0,5 sekuntia ja tauko 13 sekuntia. Näillä asetuksilla polttoainetta ei tullut tarpeeksi ja tuli uhkasi sammua. Seuraavaksi pulssi asetettiin 1,5 sekuntiin ja tauko 10 sekuntiin (taulukko 7).

Savukaasuanalyysin tuloksista saattoi todeta, että kattilan asetukset olivat heti alussa osuneet paremmin kohdalleen kuin edellisen päivän kokeissa.

TAULUKKO 7. Savukaasuanalyysin tulokset.

	<b>Pulssi 1,5 sekuntia, tauko 10 sekuntia</b>	<b>Pulssi 2,5 sekuntia, tauko 8 sekuntia</b>
<b>O<sub>2</sub> - sisältö</b>	12,6 %	8,1 %
<b>CO<sub>2</sub> – sisältö</b>	8,1 %	12,5 %
<b>CO – sisältö</b>	235 ppm	207 ppm
<b>Yli-ilmakerroin</b>	2,49	1,62
<b>Hyötysuhde</b>	87,9 %	89,4 %

Ensimmäinen tehojakso kesti noin 1,5 tuntia, minkä jälkeen kattilan lämpötila oli noussut 80 asteeseen. Tästä alkoi ylläpitojakso, joka aloitettiin niin, että pulssin kesto oli 3,5 sekuntia ja tauon 90 sekuntia. Ensimmäinen ylläpitojakso sujui moitteettomasti ilman säätömuutoksia. Tässä vaiheessa palopäälle oli tullut myös purulantaseosta, mutta sekään ei palamista häirinnyt.

Seuraava ylläpitojakso alkoi noin 15 minuutin kuluttua, kun kattilan lämpötila oli laskenut 72 asteeseen. Tehojakso sujui hyvin asetuksin pulssi 1,5 sekuntia, tauko 10 sekuntia. Seuraavan ylläpitojakson aikana pulssin pituutta oli hieman muutettava, koska tuli alkoi edetä palopäältä liian lähelle ruuvia. Pulssin pituudeksi säädettiin neljä sekuntia ja tauko sai olla 90 sekuntia. Tässä vaiheessa hetkellinen teho kattilasta oli 21,5 kW. Päivän mittaan kokeilimme savukaasuanalyysien perusteella useita eri pulssien ja taukojen pituuksia. Paras tulos syntyi, kun pulssi oli 2,5 sekuntia ja tauko 8 sekuntia



(taulukko 7.). Tällöin hetkellinen teho nousi lähelle 30 kilowattia. Hetken polton jälkeen oli asetuksia kuitenkin jälleen muutettava, koska polttoaine ei ehtinyt palaa kunnolla, vaan putosi tuhkatilaan palamatta läpi. Lämpöarvon määrittämiseksi poltettavasta seoksesta määritettiin kosteuspitoisuus, joka oli 57 %. Lämpöarvon määrittämisessä käytettiin lannan kuiva-aineen tehollisena lämpöarvona 15 MJ/kg (Stiller, Dadyburjo, Wann, Tian & Zondlo 1996). Näiden arvojen avulla saapumistilassa olevan kostean lannan lämpöarvo oli mahdollista määrittää.

Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa lasketaan kaavalla (Puhakka, Alakangas, Alanen, Airaksinen, Soini, Siponen & Kainulainen 2001, 53):

$$Q_{\text{net, ar}} = Q_{\text{net, d}} \times \frac{100 - 57}{100} - 0,02441 \times M_{\text{ar}}$$

missä  $Q_{\text{net, ar}}$  = saapumistilaisen polttoaineen tehollinen lämpöarvo (MJ/kg)

$Q_{\text{net, d}}$  = kuiva-aineen tehollinen lämpöarvo (MJ/kg)

$M_{\text{ar}}$  = polttoaine-erän kokonaiskosteus saapumistilassa (%)

0,02441 (MJ/kg) = veden höyrystyslämmöstä aiheutuva korjaustekijä

Lannan lämpöarvoksi saatiin 4,9854 = 5 MJ/kg, kWh:na 5 MJ/kg \* 1/3,6 = 1,38 kWh/kg (1/3,6 = energiayksikön muuntokerroin) Purulantaseoksessa on lantaa 10 % ja purua 90 %. Seoksen lämpöarvon määrittämiseksi tuli laskea myös purun saapumistilainen lämpöarvo. Kosteutena pidettiin sama kuin lannalla (57 %) ja tehollinen lämpöarvo sahajauho-kutterilla on 17 MJ/kg (Uusiutuvien energialähteiden lämpöarvoja). Saapumistilainen lämpöarvo purulle laskettiin edellisen kaavan avulla ja tulokseksi tuli 5,9 MJ/kg = 1,64 kWh/kg. Purulantaseoksen kokonaislämpöarvo on 3,02 kWh/kg. Lämpöarvo ei kosteutensa vuoksi ole kovin korkea, kun esimerkiksi pelletillä vastaava arvo on 16,8 MJ/kg = 4,7 kWh/kg (Uusiutuvien energialähteiden lämpöarvoja 2005). Purulantaseoksen puru oli lähes pelkkää sahajauhoa, kutterinpurun lämpöarvo olisi hieman korkeampi.

Purulantaseoksen ja pelletin kokonaisenergiasisällöksi tuli 298,6 kWh. Laskelma perustuu siihen, että purulantaseosta oli tarkalleen 35,15 kg ja pellettiä 40,95 kg. Energiasisältö laskettiin kertomalla kilomäärät seoksen ja pelletin saapumistilaisilla lämpöarvoilla. Verkostoon lämpöenergiaa tuotettiin 184 kWh, joten loput energiasta (114,6 kWh) poistui lämpöhäviönä kattilan pinnoilta, savukaasujen mukana ja tuhkan palamattomien aineiden muodossa.

Kokeen jälkeen tuhkatilaan ja palopäälle jäänyt tuhka poistettiin ja punnittiin (kuvio 5). Tuhkaa oli kokeen aikana kertynyt 500 g. Tuhkapitoisuuden määrittämiseksi laskin poltettujen tuotteiden kuivamassat. Purulannan kuivamassa oli 15 kg ja pelletin 36,8 kg. Pelletin tuhkapitoisuus on yleensä alle 0,7 % (Puhakka, Alanen, Kokkonen, Nalkki & Rousku, 2003, 8). Pelletistä peräisin olevan tuhkamäärän laskemiseksi käytin 0,5 %, jonka perusteella sen osuus oli 184 g. Loppu tuhka (316 g) oli peräisin purulantaseoksesta, seoksen tuhkapitoisuudeksi tuli 2,1 %. Puhtaisiin puupolttoaineisiin nähden tuhkan osuus on kohtalaisen suuri.



KUVIO 5. Tuhkatilan hyvin palanutta tuhkaa.

Suurin osa tuhkasta oli rakenteeltaan puhdasta puutuhkaa vastaavaa. Palopäätä puhdistettaessa tuli kuitenkin ilmi, että osa lannan tuhkasta oli korkean palamislämpötilan vuoksi paakkuuntunut (kuvio 6.). Syynä on luultavasti lannan sisältämien kivennäisainesten sintraantumisen (kivennäisainesten liittyminen tai liimaantuminen yhteen kovaksi kappaleeksi niin, etteivät ainekset ole sulaneet).



KUVIO 6. Sintraantunutta tuhkaa.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

### 6.1 Lainsäädäntö ja sen asettamat rajoitukset

Hevosenlantaa koskeva lainsäädäntö on monilta osin hyvinkin kiistanalainen. Suurimmat vaikutukset lannan käyttöön ja käsittelyyn nyt ja tulevaisuudessa ovat EU:n sivutuoteasetuksella ja jätteenpolttoasetuksella Lainsäädännön porsaanreikiä ovat mielestäni ensinnäkin se, että lanta luokitellaan jätteeksi ja toiseksi se, että tämä jäte olisi ensisijaisesti ohjattava kasvituotannon ravinteeksi. Lanta sisältää normaalisti vain biologisesti hajoavia orgaanisia aineita, eli lantaa, virtsaa ja kuiviketta. Tavallisesti jäte ymmärretään käsitteenä joksikin hieman muuksi.

Lantaa on lupa levittää omille pelloille tai luovuttaa ulkopuoliselle viljelijälle, yksityishenkilölle tai mullanvalmistajalle. Lantaa voi luovuttaa yhteensä 100 m<sup>3</sup> ilman ilmoitusvelvollisuutta valvovalle viranomaiselle. Muu lannan käyttö tulee kyseeseen vain silloin, kun mikään edellä mainituista ei ole mahdollista. Lantaa voidaan siis viiedä kaatopaikalle, polttolaitokselle tai johonkin muuhun asianmukaisen luvan omaa-

vaan käsittelylaitokseen, mikäli lannan vastaanotto on sallittu laitoksen ympäristöluvassa. Kuitenkin sanotaan, että jos ympäristöluvassa ei ole mainintaa lannan vastaanotosta, tulee siitä ilmoittaa etukäteen laitokselle ja asiaa valvovalle viranomaiselle.

Kaatopaikkojen ja muiden käsittelylaitosten lannan vastaanotto vaikeutui vuoden 2005 alussa (siirtymäaika vuoden 2005 loppuun). Tällöin astui voimaan sivutuoteasetus, joka saattaa tehdä lannan vastaanoton niin hankalaksi, että siitä on luovuttava kokonaan. Sivutuoteasetuksen tulkinta ei ole aivan yksiselitteinen. Jos sitä tulkittaisiin kirjaimellisesti, se merkitsisi lannan kaatopaikoille kuljetuksen loppumista. Sivutuoteasetuksessa sanotaan, että käsittelemätöntä biohajoavaa jätettä ei kaatopaikoille saa toimittaa. Tulkinta on vähintäänkin ristiriitainen ajatellen hevosenlanta-kuivike seosta, koska kaikki sen ainesosat ovat biohajoavia. Vaikka tuotteen voisi viedä sinne vielä jatkossakin, moni laitos joutuisi investoimaan uudenlaisiin asetuksen vaatimiin kompostointilaitteistoihin. Tämä taas aiheuttaisi niin suuret kustannukset, että lannan vastaanottomaksuja jouduttaisiin nostamaan huomattavasti nykyisestä, mistä syystä tallien olisi mietittävä uusia vaihtoehtoja lannan loppusijoitukselle (Perttinen 2005.)

Itse olen kiinnostunut purulannan mahdollisesta polttokäytöstä. Oma tulkintani lakipykälästä olisi, että lannan voi toimittaa myös poltettavaksi, kunhan siitä ilmoittaa etukäteen oman alueen ympäristökeskukselle. Osa ympäristökeskuksista on kylläkin sitä mieltä, että lannan poltolle on lähes mahdotonta saada lupaa; vedotaan Euroopan unionin yhä tiukentuviin lakeihin ja päästömääräyksiin (Karvonen 2005).

Polttolaitosten into lannanpolttoon on kaatunut usein jo suunnitteluvaiheessa siihen, että jätteenpoltoasetuksen mukaan päästömittausten tulee olla jatkuvatoimisia (Ylikeski 2005). Uusien tiukentuneiden EU-säädösten tarkoituksena on yhdenmukaistaa lainsäädännön asettamat vaatimukset ja rajoitukset koko Euroopan unionin alueella. Nykyinen lainsäädäntö edellyttää useimmiten jatkuvatoimista päästöjen mittaamista. Lisäksi polttolaitosten ympäristöluvuissa on asetettu päästöjen raja-arvot, joita tulee noudattaa. Yleisimmät jatkuvatoimisesti mitattavat suureet ovat rikkidioksidi-, typen oksidi- ja hiilimonoksidipitoisuudet, lisäksi on mitattava savukaasun happipitoisuutta, painetta ja lämpötilaa. Jätettä polttavien laitosten on myös tehtävä vähintään kaksi kertaa vuodessa mm. raskasmetalli-, dioksiini- ja furaanimittaukset (Kiiski 2004.)

Jatkuvatoiminen päästöjen mittaaminen on niin kallista, ettei lantaa tämän vuoksi kannattaisi polttaa. Lupa poltolle on kuitenkin kohtalaisen helppoa saada, käsittely kestää yleensä noin puoli vuotta.

Kiinnostus asiaa kohtaan on nykyään ilmeisen suuri, sillä tällä hetkellä on menossa prosessi, jolla yritetään saada Suomelle helpotusta lannanpolttoa koskevissa kysymyksissä (Yli-keski 2005). Asian tiimoilta ei kuitenkaan ole vielä mitään uutta kuulunut. Jos aloite menee läpi, se helpottaisi lannan käsittelyongelmia huomattavasti.

Lait ja poliittiset mielipiteet ja kannanotot saavat monet järkevät ja helposti ratkaistavat asiat kuulostamaan hyvin hankalilta ja lähes mahdottomilta. Kuivikelannan kohdalla on todella kummallista, että luonnon omat materiaalit, puu ja lanta voivat aiheuttaa niin paljon päänvaivaa. Ymmärrettävää on, että ylimääräinen saastuttaminen ja ravinteiden laskeminen maaperään ja vesistöihin on tarkasti valvottua. Sitä ei moni kuitenkaan ymmärrä, miten lannasta saadaan niin suuren luokan ongelma. Vaikka lait asettavatkin erilaisia haasteita lannan polttokäyttöä ajatellen, sitä ei ole suoranaisesti kielletty missään. Oikeanlaisella lupamenettelyllä ja laiteinvestoinneilla lannan polttokäyttö olisi siis täysin mahdollista.

## **6.2 Lannankäytön tekniset mahdollisuudet**

Lannan polttokokeiden tuloksia ei aivan suoraan pysty vertaamaan toisiinsa sen vuoksi, että ensimmäinen päivä meni enemmän erilaisten polttoaineiden syöttö- ja taukoaikojen kokeilussa kuin toinen päivä. Näin ollen hakkeen poltto-ominaisuuksista purulannan kanssa ei aivan todellista kuvaa saanut.

Palaminen tapahtumana etenee niin, että ensimmäisessä vaiheessa polttoaine alkaa lämmitä ja sitä myötä kuivua. Kun lämpötila on noussut tarpeeksi, tapahtuu syttyminen. Tähän mennessä energiaa ei siis ole vielä tuotettu, vaan syntyvä lämpö on mennyt polttoaineen kuivaukseen. Kun on kyseessä näinkin kostea polttoaine (purulannan kosteus keskimäärin n. 60 %), tarvitaan sen alku kuivaukseen paljon lämpöenergiaa. Pelletin ollessa energiasisällöltään haketta parempi sen tuottama lämpöenergia auttoi myös purulantaseosta palamaan tehokkaammin. Hake-purulantaseoksen poltossa lannan kosteus tuli selkeimmin esille sillä kohtaa, kun kattilan lämpötila alkoi nosta yllä-

pitovaiheen jälkeen takaisin tehojaksolle. Uuden tehojakson alkamiseen meni alussa aikaa jopa 45 minuuttia, kun pelletillä samaan kului vain 15 minuuttia.

Purulanta-pellettiseos tehtiin valmiiksi varastosiiloon jo edellisenä iltana. Pelletin oma kosteuspitoisuus on yleensä alle 10 % ja pelletit saattavat helposti murentua joutuaan kosketuksiin kosteuden kanssa. Polttoaineseos oli varastossa yön yli, mutta pelletit säilyivät kuitenkin ehjinä (kuvio 7.). Pelletin etuna oli myös se, että purulanta ja pelletti sekoittuivat tasaisesti keskenään. Lisäksi kovat pelletit rikkoivat suuremmat lantapallot polttoainesäiliössä, joten suuria kasoja ei palopäälle tullut missään vaiheessa. Liekin värissä tai käyttäytymisessä ei myöskään havaittu mitään erikoista (kuvio 8.).



KUVIO 7. Purulanta-pellettiseosta polttoainesiilossa



KUVIO 8. Purulanta-pellettiseoksen poltto

Kuivikelannan kuivikemäärä voi olla jopa 95 %, joten lantaa seoksessa on erittäin vähän. Hakkeen kanssa poltettaessa tuhkatilaan oli tippunut muutamia palamatta jääneitä lantapalloja, mutta näiden määrä oli hyvin vähäinen. Muuten lanta oli palanut erittäin hyvin, eikä tuhkassa ollut mitään rakenteellisia eroja.

Tuhkan paakkuuntuminen oli asia erikseen. Tällainen tuhkan käyttäytyminen saattaa aiheuttaa ongelmia pidemmällä aikavälillä, koska paakkuuntunut tuhka voi tukkia polttimen palopään ilma-aukot. Ongelmien välttämiseksi palopää tulisi puhdistaa riittävän usein tai valita liikkuva-arinainen polttolaitteisto. Tällöin paakkuuntunut tuhka ei jäisi palopäälle vaan putoaisi tuhkatilaan. Tämä ei kuitenkaan ole niin suuri ongelma, että sen vuoksi polttokäytöstä olisi luovuttava. Kattilan muut palo- ja lämpöpinnat eivät olleet kokeen aikana likaantuneet mitenkään merkittävästi. Toki pinnoilla oli nähtävissä pieni nokikerros, mutta tällainen määrä syntyy puupolttoaineellaakin. Polttokokeiden tulosten perusteella en näkisi mitään esteitä purulannan polttokäytölle. Tuhkan käytön mahdollisuuksiin en työssäni perehtynyt lainkaan, mutta sintraantuva tuhka saattaisi aiheuttaa hieman miettimistä tälläkin saralla.

Polttokokeet osoittivat kokonaisuudessaan, että lannan poltto puhtaiden puupolttoaineiden kanssa ei ole mahdoton ajatus. Purulannan poltto sellaisenaan tuskin onnistuisi suuren kosteuspitoisuutensa vuoksi kovinkaan hyvin, tai sitten se olisi kuivattava ennen polttoa. Näin lyhyen polttokokeen perusteella ei tietenkään voi täysin varmoja johtopäätöksiä tehdä, mutta kokeilu antoi joitakin tuloksia, josta voi jatkaa eteenpäin.

Enemmän asiaa tutkimalla päästäisiin varmasti eteenpäin ja mahdolliset ongelmat saataisiin ratkaistua.

### **6.3 Lannankäytön taloudelliset näkökulmat**

Talleille aiheutuu lannan loppusijoituksesta yleensä jonkinlaisia kustannuksia. Kustannukset pysyvät pienimpinä niillä, jotka pystyvät hyödyntämään lannan omille pelloilleen. Tällöin kustannusta ei tule kuin lannan kompostoinnista ja levitykseen tarvittavasta kalustosta. Jos omia koneita ei ole, saatetaan lannan levitys antaa ulkopuolisen urakoitsijan tehtäväksi. Kustannuksia laskettaessa kannattakin miettiä onko, järkevämpää hankkia omat koneet vai teettää työ vieraalla. Monilla talleilla on myös mahdollisuus luovuttaa lantaa muille viljelijöille, jos omia pelloja ei ole. Tällöin lannan vastaanottaja yleensä hoitaa varastoinnista ja levityksestä aiheutuvat kustannukset. Harva viljelijä perii maksua lannan vastaanotosta.

Jos lantaa ei levitetä pelloille, on jostain hankittava korvaava lannoite. Lannoitteiden levitysmäärät riippuvat pellon ravinnetarpeesta. Pellon ravinnetason määrittämiseksi tulisi teettää viljavuusanalyysi, josta selviää maaperän viljavuusluokka ja sen mukana ravinteiden tarve. Ostolannoitteiden levitysmäärät vaihtelevat viljavuusluokasta ja lannoitteesta riippuen 100–900 kg:n välillä hehtaaria kohti. On tosin niinkin, että pelkkä lanta ei aina riitä täyttämään pellon ravinnetarpeita ja ostolannoitteita on käytettävä lannan lisänä. Yleisimmät N-P-K lannoitteet maksavat noin 0,20 €/kg, joten hehtaariohtainen lannoitekustannus on 20–180 €.

Todellisiin kustannusvertailuihin päästäkseen pitäisi laskea myös hevosella käytettävistä kuivikkeista aiheutuva kustannus ja levityskaluston kustannus sekä lannalle että ostolannoitteille. Harva omille pelloilleen lantaa levittävä tallinomistaja on laskenut lannan levityksen kustannuksia tai siitä aiheutuvaa rahallista hyötyä. Kustannussäästö tulee yleisimmin siinä, ettei lantaa tarvitse toimittaa maksua perivälle vastaanottajalle.

Kaupunkitallien ja suurten hevoskeskusten kustannukset lannan loppusijoituksesta ovat yleensä huomattavasti suuremmat. Kyselyiden perusteella yhä harvempi käsittelylaitos ottaa lantaa enää vastaan ilman vastaanottomaksua. Jos kaatopaikkojen lannan vastaanotto sivutuoteasetuksen aiheuttamien vaikeuksien vuoksi päättyy tai kallistuu



huomattavasti, tallien lannan loppusijoitus käy vielä nykyistä vaikeammaksi. Lannan polttokäytön mahdollisuudet ja reaktorikompostoreissa tapahtuva kompostointi ovat luultavimmin yleisimmät lannan loppukäyttömuodot tulevaisuudessa.

Kummallakin tavalla pystyttäisiin lisäksi tuottamaan energiaa. Poltossa energia voidaan ohjata suoraan lämpöverkkoon ja kompostoinnissa vapautuva lämpö voitaisiin ottaa talteen lämpöpumppujen avulla.

Pitkällä tähtäimellä suurten hevoskeskittymien kannattaisi miettiä lannan loppusijoitusta uudelleen. Vaikka kompostori tai asetuksia vastaava polttolaitos olisi yksittäisenä hankintana kallis investointi, se saattaisi vuosien saatossa tulla muuta lannan hävitystä edullisemmaksi.

Otetaan esimerkiksi Orimattilan tapaus. Orimattilan hevoskeskittymässä on useita talleja ja kyselyyni osallistuneen tallin lannan loppusijoituksen vuotuinen kustannus oli lähes 10 000 €. Jos viiden samansuuruisen tai hieman pienemmän tallin lannan loppusijoituskustannukset lasketaan yhteen (kustannus keskimäärin 5 000 €/vuosi), on vuotuinen kustannus jo 25 000 €, kahdessa vuodessa 50 000 € jne.

Hevoskeskittymissä tallit sijaitsevat yleensä lähellä toisiaan, joten yhteisten lantavarausten perustaminen ei olisi mahdotonta. Lannan loppusijoituksesta aiheutuvien kustannusten poistumisella olisi mahdollista hankkia yhteinen poltto- tai kompostointilaitos, jossa lannat käsiteltäisiin. Alkuinvestointien jälkeen hävityskustannukset saattaisivat kääntyä jopa voiton puolelle, jos lämpöenergiaa ja kompostoinnin mahdollista lopputuotetta pystyttäisiin myymään ulkopuolisille. Tällä hetkellä kompostointilaitokset myyvät mullaksi valmistamansa lopputuotteen kuluttajille ja lannan luovuttajat joutuvat pahimmassa tapauksessa maksamaan heille kompostin raaka-aineen toimitamisesta. Lannan käsittelystä mahdollisesti saatava voitto olisi järkevällä suunnitellulla ja oikeanlaisilla investoinneilla mahdollista saada jäämään talliyrittäjille.

Ongelmana on kuitenkin se, että harvaa talliyrittäjää kiinnostaa lanta enää sen jälkeen, kun se on tallista ulos kärrätty, kunhan tavarasta vaan päästään eroon. Tämä on kyllä täysin ymmärrettävää, mutta lannasta voisi parhaassa tapauksessa saada jotain hyötyä haittojen sijaan. Yrittäjät pitäisi saada tietoisiksi lannan loppusijoituksen vaihtoehtoista.

## LÄHTEET

### Tutkimusaineisto

Kauppinen, P. 2005. Kysely hevostallien lannankäytöstä.

### Muu aineisto

Aho, J. 2005. Käyttöinsinööri, Mustankorkea Oy. Puhelinkeskustelu 12.1.2005.

Airaksinen S. 2000. Eri kuivikemateriaalit ja niiden ominaisuudet. Hevosurheilu 2000; Jalostus Nro. 18 B: 108 - 109.

Aura, T. 2005. Yli-insinööri, Etelä-Savon Ympäristökeskus. Puhelinkeskustelu 7.2.2005.

Hevoskannan kehitys maassamme 1910 – 2004. 2004. [Viitattu 10.1.2005]  
<http://www.hippos.fi/hippos/tilastot>

Hevostallien kuiviketutkimus-hanke. 2001. Kainuun Maaseutukeskus. [Viitattu 10.1.2005] [http://www.kainuunmk.fi/hevostallit/aloituss/hevosten\\_kuivike.htm](http://www.kainuunmk.fi/hevostallit/aloituss/hevosten_kuivike.htm)

Karvonen, E. 2005. Ylitarkastaja, Keski-Suomen Ympäristökeskus. Puhelinkeskustelu 7.2.2005.

Kiiski, H. 2004. Polttolaitosten päästöjen viranomaisraportin uudistaminen. Diplomityö, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Energia- ja ympäristötekniikan osasto.

Kompostointi. 2005. Etelä-Suomen multaravinne Oy. [Viitattu 12.1.2005]  
<http://www.forssa.com/esmultaravinne/>

Lundström, Y. 2005. Ympäristöpäällikkö, Helsingin Vesi Oy. Puhelinkeskustelu 10.1.2005.

Perttinä, V-P. 2005. Porin jätehuolto. Vs: Hevosenlannan käsittelystä. Sähköpostiviesti 13.1.2005, vastaanottaja Piia Kauppinen.

Puhakka, A., Alakangas, E., Alanen, V-M., Airaksinen, L., Soini, R., Siponen, T. & Kainulainen, S. 2001. Hakelämmitysopas. Helsinki, Joensuu: Motiva Oy

Puhakka, A., Alanen, V-M., Kokkonen, A., Nalkki, J. & Rousku, P. 2003. Pellettilämmitysopas. Helsinki, Joensuu: Motiva Oy.

Roivas, M. 2004. Kuivike vaikuttaa ympäristön ja hevosen hyvinvointiin. [Viitattu 10.1.2005] [http://www.ratsastus.net/arkisto/jutut/2\\_2004/kuivike.asp](http://www.ratsastus.net/arkisto/jutut/2_2004/kuivike.asp)

Salo, A. 2005. Jätehuoltomestari, Porin Jätehuolto. Puhelinkeskustelu 10.1.2005.

Salonen, S. 2004. Purulantakasat talleilla kasvavat. Maatilan Pellervo 5/2004. [Viitattu 10.1.2005] [http://www.pellervo.fi/maatila/mp5\\_04/purulantaa.htm](http://www.pellervo.fi/maatila/mp5_04/purulantaa.htm).

Salminen, P. 2005. Ylitarkastaja, maa- ja metsätalousministeriö. Vs: Sivutuoteasetus. Sähköpostiviesti 10.1.2005.

Stiller, A.H., Dadyburjo, D.B., Wann, J-P., Tian, D. & Zondlo, J.W. 1996. Co-processing of agricultural and biomass waste with coal.  
<http://www2.cemr.wvu.edu/~wwwche>

Takala, H. 2005a. Käyttöinsinööri, Lahti Energia Oy. Puhelinkeskustelu 12.1.2005.

Takala, H. 2005b. Käyttöinsinööri, Lahti Energia Oy. Vs: Lannan käyttö polttoaineena. Sähköpostiviesti 14.1.2005, vastaanottaja Piia Kauppinen.

Uusiutuvien energialähteiden lämpöarvoja. 2005. Motiva Oy. [Viitattu 18.2.2005]  
<http://www.motiva.fi/fi/kirjasto/uusiutuvatenergialahteetsuomessa>

Vuorinen, A. 2005. Ylitarkastaja, Kasvituotannon tarkastuskeskus. Vs: Sivutuoteasetus. Sähköpostiviesti 5.1.2005.

Yli-keski, M. 2005. Tarkastaja, Länsi-Suomen Ympäristökeskus. Puhelinkeskustelu 10.2.2005.

Ympäristöministeriö. 2003. Hevostallien ympäristönsuojelu ohje, 4.11.2003. [Viitattu 12.1.2005] <http://www.ymparisto.fi/download.asp>