

Opinnäytetyö (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

2017

Jori Heinonen

HEVOSEN KUIVIKELANNAN SOVELTUVUUS POLTTOON BFB- JA CFB-KATTILOISSA

– Sappi Finland Operations Oy:n Kirkniemen
voimalaitoksen kokeilujakso

Jori Heinonen

HEVOSEN KUIVIKELANNAN SOVELTUVUUS POLTTOON BFB- JA CFB-KATTILOISSA

- SAPPI Finland Operations Oy:n Kirkniemen voimalaitoksen kokeilujakso

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia hevosen kuivikelannan hyötykäytön mahdollisuuksia energiantuotannossa sekä kartoittaa sen soveltuvuutta voimalaitoskäyttöön. Kuivikelannan energiakäyttö vähentää kaatopaikkojen kuormitusta ja lisää jätteiden hyötykäytön määrää Suomessa.

Hevostalleilla syntyy tonneittain kuivikelantaa joka vuosi, ja suuremmille talleille lanta aiheuttaa suuria kustannuksia kaatopaikkamaksuina. Ongelmat talleille aiheutuvat kuivikelannan suuresta määrästä ja nykyisestä lainsäädännöstä. Kaikkea lantaa ei rajoitusten takia pystytä levittämään pelloille ravinnekierrätykseen, ja energiakäyttöön on laissa määrätty tiukat vaatimukset polttotekniikoista. Euroopan unionin tasolla lainsäädäntöä yhtenäistävät esimerkiksi sivutuotedirektiivit ja kansallisella tasolla muun muassa lannoitevalmistelaki ja jätteenpolttoasetus. Suomen ajama asetusmuutos on kuitenkin hyväksytty EU:ssa ja opinnäytetyön tekohetkellä valmistelut lainsäädännön muutoksiin ovat meneillään.

Fortum Oyj on lanseerannut hevosen kuivikelannan energiakäytöstä HorsePower-palvelun hevostalleille ja voimalaitoksille. Työssä tutustutaan HorsePower-tuotteen kokeilujaksoon SAPPI Operations Finland Oyj:n Kirkniemen voimalaitoksella Lohjalla. Kokeilujakso suoritettiin talvella 2016–2017, ja tässä työssä esitellään kokeilujakson tutkimuksen tuloksia. Kokeilujakso on toinen Suomessa tehty isomman mittakaavan kuivikelannan polttokokeilu. Fortum on omalla Järvenpään voimalaitoksellaan polttanut hevosen kuivikelantaa aikaisemmin.

Jakson tarkoituksena oli selvittää kuivikelannan soveltuvuutta kyseisen laitoksen voimalaitoskattiloiden polttoprosessiin ja polttoainevalikoimaan. Tehtyjen tutkimusten sekä käyttökokemusten perusteella hevosen kuivikelannan käyttöönotto laitoksella olisi mahdollista. Lannanpolton aivan kaikkia negatiivisia vaikutuksia ei kuitenkaan täysin pystytty arvioimaan, koska kokeilujakso oli lyhyt.

ASIASANAT:

Hevosen kuivikelanta, hyötykäyttö, voimalaitos, seospoltto, energia.

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Energy and environmental engineering

2017 | 41 pages

Jori Heinonen

SUITABILITY OF HORSE MANURE COMBUSTION IN BFB AND CFB BOILERS

- Trial period at SAPPI Finland Operations Oy's Kirkniemi power plant

The aim of this thesis was to investigate the possibility of utilizing horse manure in energy production and to determine its suitability for power plant use. The energy usage of dry animal manure both decreases landfill loads and increases the amount of waste recycling in Finland.

Horse farms produce tons of dry manure each year. For larger stables, manure landfilling creates high costs in the form of landfill charges. Problems with stools are caused by the large number of animals and the current legislation. Due to these limitations, not all manure can be distributed to fields for nutrient recycling. And, for energy use, strict requirements for combustion techniques have been laid down in the law. In this thesis, we familiarize ourselves with some of the issues and challenges involved with the current legislation with the emphasis remaining on the possibility of using manure in power plants.

Fortum Oyj has launched a HorsePower trademark service for horse stables and power plants. In this work, we familiarize ourselves with the HorsePower trial period conducted at SAPPI Operation's Finland Oyj Kirkniemi power plant in Lohja. The trial period was carried out in the winter of 2016-2017, and this work presents the results during that period. This trial period is the second large-scale experiment involving horse manure combustion in Finland. Fortum Oyj has burned horse manure earlier in the company's Järvenpää power plant.

The purpose of the trial period was to determine the suitability of dry horse manure in the combustion process. Based on studies and user experiences, it would be possible to introduce horse manure into the plant's fuel range. However, the negative effects of manure burning were not fully evaluated due to the shortness of the trial period.

KEYWORDS:

horse manure, utilization, power plant, fuel mixture, energy

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET	7
1 JOHDANTO	8
2 SAPPI LTD	9
3 VOIMALAITOS	10
3.1 Kattila K2	10
3.2 Kattila K5	12
4 HEVOSEN KUIVIKELANNAN ENERGIÄKÄYTTÖ	16
4.1 Kuivikkeet	16
4.2 Käyttö lannoitteena	17
4.3 Energiakäytön EU-lainsäädäntöä	18
4.4 Suomen kansallinen lainsäädäntö	19
4.5 EU-asetusmuutoksen hyväksyminen 17.1.2017	20
5 KUIVIKELANNAN KOEPOLTTOJAKSO	22
5.1 Koejakson aikana käytetyt polttoaineet	23
5.2 HorsePower-kuivikelanta	23
5.3 Muut polttoaineet	25
6 KOKEILUJAKSON PÄÄSTÖMITTAUKSET	28
6.1 Kertamittausten aikaiset tuotanto-olosuhteet	28
6.2 Kertaluonteisten päästömittausten tulokset	29
6.3 Laitoksen ympäristölupien mukaiset päästörajat	31
6.4 Savukaasupäästöjen jatkuvatoimisten mittalaitteiden seuranta	32
6.5 Lento- ja pohjatuhkien tutkimukset	34
7 KOOSTE KOEPOLTTOJAKSOSTA	38
7.1 Savukaasupäästöjen hallinta	38
7.2 Polttoaineen syöttöjärjestelmät	38
7.3 Kattilat	38
7.4 Lämmönsiirtojärjestelmä	39
7.5 Poikkeus- ja häiriötilanteet sekä tehtaan ympäristö	39

8 YHTEENVETO	40
---------------------	-----------

LÄHTEET	41
----------------	-----------

KAAVAT

Kaava 1. Typen oksidien hapettaminen (Valmet 2015).	14
Kaava 2. Typen oksidien pelkistyminen. (Valmet 2015).	14
Kaava 3. Rikinpoiston kalsinointi, sulfatointi, karbonointi ja hydratointi (Valmet 2015).	14

KUVAT

Kuva 1. Kirkniemen paperitehdas (SAPPI).	9
Kuva 2. Savukaasujen viipymäaika ja petilämpötilat (Fortum Oyj 2016).	12
Kuva 3. CFB-kattila K5 (SAPPI Finland Oyj).	13

KUVIOT

Kuvio 1. K2 tuorehöyryn virtaus (kg/s), savukaasun happipitoisuus (%) sekä savukaasun pölypitoisuus (mg/m ³) 10. - 20.10.2016.	32
Kuvio 2. K2 savukaasun lämpötila (°C) ja häkäpitoisuus (ppm) 10.- 20.10.2016.	33
Kuvio 3. K5 Päähöyryn virtaus (kg/s) ja savukaasun happipitoisuus (%) 10.-20.1.2016.	33
Kuvio 4. K5 savukaasun lämpötila (C°) sekä rikkidioksidin (mg/m ³), typen oksidien (mg/m ³ (NO ₂ :na)) ja hiilimonoksidin pitoisuudet 10.-20.1.2016.	34

TAULUKOT

Taulukko 1. Kuivikkeiden ominaisuuksia (VTT 2016).	17
Taulukko 2. HorsePower-kuivikelannan ominaisuudet.	24
Taulukko 3. Tehtaan oman kuoren ominaisuudet.	25
Taulukko 4. Käytetyn metsätähdehакkeen ominaisuudet.	26
Taulukko 5. Ostokuoren ominaisuudet.	26
Taulukko 6. Kivihili (SAPPI Finland Operations 2017).	27
Taulukko 7. Kertaluonteisten päästömittausten tulokset vertailtuna jätteenpoltoasetuksen raja-arvoihin (Pöyry Finland Oy 2017).	30

Taulukko 8. Kertamittausten tulokset vertailtuna ympäristölupien savukaasupäästöjen raja-arvoihin (O_2 6 %, 273,15 K, 101,3 kPa).	31
Taulukko 10. K2 lento- ja pohjatuhka-analyysien vertailu MARA-asetuksen raja-arvoihin.	36
Taulukko 11. K5 lento- ja pohjatuhka-analyysien tulokset vertailtuna MARA-asetuksen raja-arvoihin.	37

KÄYTETYT LYHENTEET

BFB	Bubbling Fluidized Bed – Leijukerrospeti
CFB	Circulating Fluidized bed – Kiertoleijupeti
NO _x	Typhen oksidit
SNCR	Selective Non-Catalytic Reduction – selektiivinen ei-katalyyttinen NO _x -järjestelmä
MMM	Maa- ja metsätalousministeriö
SCB	Statistiska Centralbyrån
VNa	Valtioneuvoston asetus
MW	Megawatti
MWh	Megawattitunti
kg	Kilogramma
kg/s	kilogrammaa sekunnissa
m-%	Massaprosentti
k-a	Kuiva-aine
MJ/kg	Megajoulea per kilogramma
TJ/a	Terajoulea vuodessa
kg/ha	Kilogrammaa per hehtaari
ppm	Parts per million – miljoonasosa
krt/vrk	kertaa vuorokaudessa
PAH	Polysykliset aromaattiset hiilivedyt
PCB	Polyklooratut bifenyylit
MARA	Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maanrakentamisessa

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia hevosen kuivikelannan energiakäyttöä ja siihen liittyvää lainsäädäntöä sekä selvittää kuivikelannan käytön soveltuvuutta voimalaitoskäyttöön BFB- ja CFB-kattiloissa. Energiakäytön kannalta suurin haaste hevosen kuivikelannan poltossa tällä hetkellä on tiukat polttovaatimukset asettava lainsäädäntö, jonka asetuksia on nykyisen hallituksen aikana tarkoitus muuttaa. Nykyisellään hevosen kuivikelannan polttoon sovelletaan jätteenpolttoasetusta.

Työn perustana on SAPPI Finland Operations Oy:n Kirkniemen voimalaitoksella suoritettu kokeilujakso, jossa kokeiltiin Fortum HorsePower -kuivikelannan soveltuvuutta laitoksen käyttöön. Kokeilujakson aikana poltettiin kuivikelantaa seospolttona biopolttoainesten ja kivihiilen kanssa.

Kirkniemen voimalaitos Lohjalla on toinen kattilalaitos Suomessa, jossa on kokeiltu Fortumin lanseeraamaa HorsePower-kuivikelantapalvelua. Ensimmäinen kokeilu on tehty Fortumin omalla voimalaitoksella luvanvaraisesti Järvenpäässä vuonna 2015, ja vuonna 2016 Fortum sai Järvenpään laitokselle vakituisen ympäristöluvan hevosen kuivikelannan polttoon. Myös Kirkniemen voimalaitoksen kokeilujaksolle on haettu ja saatu erillinen lupa.

Koejakso suoritettiin syyskuun 2016 ja tammikuun 2017 välisenä aikana, ja tehtävänä oli selvittää kuivikelannan polton vaikutuksia voimalaitoksen päästöihin ja käyttökoneisiin seikkoihin. Päästöihin liittyvien mittaustulosten perustana on käytetty laitoksen omien mittauslaitteiden arvoja ja kolmansien osapuolien mittausraportteja.

2 SAPPI LTD

SAPPI Limited on suuri eteläafrikkalainen metsäteollisuuskonserni, jonka Euroopan SAPPI Fine Paper-osaston alaisuuteen kuuluu SAPPI Finland Oyj, SAPPI Finland Operations Oy ja Kirkniemen paperitehdas. Myös Alfeldin, Ehingenin, Stockstadtin (Saksa), Gratkornin (Itävalta), Lanakenin (Belgia) ja Maastrichtin (Hollanti) tehtaot kuuluvat SAPPI:n Euroopan osastoon. Koko konsernin pääkonttori sijaitsee Johannesburgissa Etelä-Afrikassa ja Euroopan toimintojen konttori Brysselissä.



Kuva 1. Kirkniemen paperitehdas (SAPPI).

SAPPI Finland Oyj:n Kirkniemen paperitehdas sijaitsee Lohjalla, Läntisellä Uudella maalla. Tehtaan kolme paperikonetta tuottavat vuosittain noin 625 000 tonnia korkealaatuista päällystettyä Galerie-aikakauslehtipaperia. Noin 90 prosenttia tuotannosta menee vientiin ulkomaille. Kirkniemen paperitehdas työllistää tällä hetkellä noin 550 henkilöä, ulkopuoliset työntekijät mukaan luettuna vielä enemmän.

Paperin valmistuksen historia Kirkniemessä

Kirkniemen paperitehtaan perusti Metsäliiton Teollisuus Oy ja paperinvalmistus alkoi paperikone PK1:llä vuonna 1966. Paperikone PK2 valmistui vuonna 1971. Kolmas ja uusin paperikone PK3 aloitti tuotannon 1996. Yhteistuotantokapasiteettia kolmella paperikoneella on noin 735 000 tonnia, josta PK3 vastaa noin puolta.

SAPPI Limited -konserni osti Kirkniemen tehtaan M-real Oyj:ltä vuonna 2009. Ennen vuotta 2001 tehdas on toiminut Metsä-Serla Oy:n alla.

3 VOIMALAITOS

Kirkniemen paperitehtaan voimalaitoksella tuotetaan prosessihöyryä paperikoneiden tarpeisiin, kaukolämpöä tehtaan ja lähialueiden tarpeisiin sekä sähköä tehtaan omaan käyttöön.

Höyryä tuotetaan pääasiallisesti kahdella kiinteän polttoaineen kattilalla tai maakaasukäyttöisellä varakattilalla. Voimalaitoksella on käytössä myös Foster Wheeler Energia Oy:n valmistama maakaasukäyttöinen lämmöntalteenottokattila.

Sähköä laitoksella tuotetaan pääasiassa GHH Borsig Turbomaschinen GmbH:n valmistamalla väliottolauhdeturbiinilla T3, jonka maksimisähköntuotantoteho on 38 MW. Turbiinilla pyöritetään ABB:n valmistamaa generaattoria. Varalla voimalaitoksella on Siemensin valmistama vastapaineturbiini T2, jonka sähköteho on 22 MW. Lisäksi laitoksella varalla on teholtaan 73 MW:n General Electric Companyn valmistama kaasuturbiini.

3.1 Kattila K2

Vanhempi käytössä oleva kiinteän polttoaineen kattila K2 (valmistaja Tampella Oy) on BFB-tekniikkaa käyttävä kerrosleijupetikattila. Polttoaineena kattilassa voidaan käyttää kuorta ja haketta, maakaasua tai hiiltä. Pääasiassa kattilalla poltetaan haketta, tehtaan omaa kuorta ja jätevesiasemalta saatavaa lietepuristetta. K2 on vuonna 1972 muutettu raitisilmapolttokattilasta leijupetikattilaksi.

Tuorehöyryn tuotantokapasiteettia kattilalla on 25 kg/s, joka pystytään tuottamaan 80 bar:n paineessa ja 510 °C:n lämpötilassa. Kokonaispolttoainetehoa kattilassa on 39,3 MW.

Kattilan K2 päästöjenhallintajärjestelmät

Savukaasujen puhdistuksessa kattila K2:ssa käytetään sähkösuodatinta sekä multisyklonia pienhiukkaspäästöjen vähentämiseksi. Sähkösuodattimessa savukaasu ionisoidaan, jolloin hiukkaset saavat sähkövarauksen. Ionisoitu savukaasu johdetaan seinämiin, joilla on päinvastainen sähkövaraus kuin hiukkasilla. Hiukkaset tarttuvat pölynä sei-

nämiin, jotka myöhemmin ravistellaan puhtaaksi automaattisesti toimivilla vasarajärjestelmillä. Kirkniemen K2-kattilan sähkösuodatin on ns. kylmäpuolen sähkösuodatin, eli se sijaitsee savukaasun virtaussuunnassa ilman esilämmittimen jälkeen.

Syklonit hyödyntävät keskipakoisvoimaa saattamalla savukaasun pyörivään liikkeeseen. Keskipakoisvoima ja hitausvoimat aiheuttavat sen, että hiukkaset ajautuvat virtauksen ulkoreunalle, törmäävät syklonin seinämiin ja liukuvat sitten pohjan aukosta ulos ilmatilviiseen keräyssäiliöön. (VTT 2005.) Multisyklonissa on suuremmissa kokonaisuuksissa useita pienempiä sykloneja, joilla on kuitenkin yhteinen pölynkeräyssäiliö. Syklonin erotuskyky heikkenee halkaisijan kasvaessa, joten useilla pienillä sykloneilla pystytään erotuskyky pitämään korkeampana.

Kattilassa K2 on jätteenpolttoasetuksen (151/2013) 10 §:n mukaiset mittaus- ja savukaasun puhdistuslaitteistot sekä maakaasukäyttöiset lisäpolttimet, joten kattilassa pystytään polttamaan seospolttona myös hevosen kuivikelantaa.

Aluehallintovirasto määräsi hevosen kuivikelannan koepolttoluvassa voimalaitoskattilalle K2 tutkittavaksi tulipesän minimilämpötilan ja savukaasun viipymääjan. Määräyksen tarkoituksena oli määrittää kattilan kelpoisuus jätteen, tässä tapauksessa hevosen kuivikelannan rinnakkaispolttoon.

”Jätteenpolttolaitos ja jätteen rinnakkaispolttolaitos on suunniteltava, rakennettava ja varustettava ja sitä on käytettävä siten, että savukaasun lämpötila nostetaan valvotusti ja homogeenisesti kaikkein epäedullisimmissakin olosuhteissa vähintään kahdeksi sekunniksi vähintään 850°C:seen mitattuna palamiskammion sisäseinän läheisyydestä tai muusta ympäristöluvassa määrätystä palamiskammion edustavasta kohdasta. Jätteenpolttolaitoksessa on mainittu lämpötila saavutettava polttoilman viimeisen syötön jälkeen.” (Valtioneuvoston asetus 151/2013.)

Fortum Oyj suoritti K2-kattilan tulipesän lämpötilan ja viipymääjan laskelmat marraskuussa 2016. Laskelmiin käytettiin kahta yli vuorokauden pituista mittausjaksoa (8.11 ja 12.11), jolloin kattilaa ajettiin täydellä kuormalla (tuorehörymäärä yli 12 kg/s, polttoainetehto yli 40 MW). Kuvassa 2 ovat viipymäaikalaskelmiin liittyvät suureet.

		9.11.2016	12.11.2016	Mittaus
Petilämpötila	°C	872,3	871,8	VOM.K2.TI270561
Petilämpötila	°C	831,1	850,4	VOM.K2.TI270562
Petilämpötila	°C	875,4	872,6	VOM.K2.TI270563
Petilämpötila	°C	868,9	870,5	VOM.K2.TI270565
Petilämpötila (keskiarvo)	°C	861,9	866,3	Laskettu keskiarvo
Tulipesän lämpötila (keskiarvo)	°C	1031,0	1031,0	Tarkkuusmittaus tulos (korkeus 65 cm sekundääri-ilman syötöstä)
Tulipesän lämpötila (keskiarvo)	°C	1070,0	1070,0	Tarkkuusmittaus tulos (korkeus 220 cm sekundääri-ilman syötöstä)
Tulipesän lämpötila ennen tulistimia	°C	869,0	862,2	Laskettu (perustuu mitattuun sk-lämpötilaan tulistimien jälkeen ja laskettuun tulistimien tehoon)
Tulipesän lämpötila (keskiarvo)	°C	958,0	957,4	Perustuu yllä esitettyjen mittausten keskiarvoon
Höyrymäärä	kg/s	12,9	12,57	VOM.K2.FI75001
Sk happipitoisuus (O2)	%	4,35	4,38	VOM.K2.QI75132
Polttoaineteho	MW	44,41	43,27	SOL.K2.PATEHOS
Biolietteen teho	MW	1,21	1,37	VOL.K2.OPLIBIO
Biolietteen osuus	%	2,7 %	3,2 %	laskettu
Sk normeerattu tilavuusvirtaus (kosteaa)	Nm ³ /s	24,93	25,81	VOL.K2.FKSAKOS
Savukaasun tilavuusvirtaus (kosteaa)	m ³ /s	112,41	116,38	laskettu (tulipesän lämpötila (ka)+273)/273 x savukaasun normeerattu virtaus)
Savukaasun nopeus	m/s	5,12	5,30	laskettu (tilavuusvirta / tulipesän pinta-ala)
Savukaasun viipymäaika	s	2,14	2,07	laskettu (tulipesän korkeus / savukaasun nopeus)

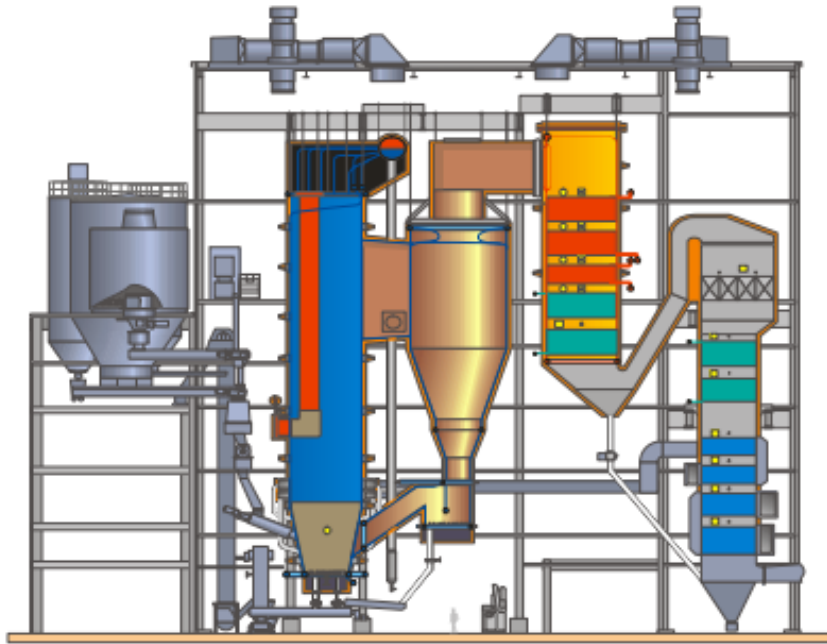
Kuva 2. Savukaasujen viipymäaika ja petilämpötilat (Fortum Oyj 2016).

Petilämpötilojen keskiarvot olivat molempina tarkkailupäivinä keskimäärin yli 860 °C ja tulipesän keskilämpötila noin 960 °C. Fortumin laskennan tuloksena todetaan, että savukaasun viipymäaika yli 850 °C:n lämpötilassa molempina tarkkailujaksoina oli yli 2 sekuntia, keskimäärin 2,1 sekuntia. (Fortum Oyj 2017.)

Laskennan tulokset lämpötilan ja savukaasujen viipymäajan suhteen täyttävät jätteenpoltoasetuksen (VNa 151/2013) kohdan 9 § vaatimukset (väh. 850 °C, 2 s).

3.2 Kattila K5

Voimalaitoksen suurempi kiinteän polttoaineen kattila on kiertoleijupetitekniikkaa (CFB) käyttävä kattila K5. Kattilan on valmistanut Valmet Technologies Oy vuonna 2015, ja sen höyryntuotantokapasiteetti on 88 MW. Höyryä pystytään jakamaan 32 kg/s 81 bar:n paineella 520 asteen lämpötilassa. Kokonaispolttoainetehoa kattilasta saadaan 96 MW.



Kuva 3.CFB-kattila K5 (SAPPI Finland Oy).

Polttoaineina CFB-kattilassa voidaan käyttää kuorta, metsätähdehaketta, kuitu- ja biolietettä, hiiltä, sekä maakaasua tuki- ja käynnistyspolttoaineena. Kattilasta K5 löytyvät myös jätteenpolttoon vaadittavat mittaus- ja savukaasunpuhdistuslaitteistot, jotka vaaditaan hevosen kuivikelannan koepoltojaksoa varten.

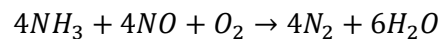
Kattilan K5 päästöjenhallintajärjestelmät

Voimalaitoskattilan K5 typen oksidien (NO_x) päästötaso pidetään alhaisena SNCR- ammoniakkin syöttöjärjestelmällä sekä korkealla 850–1050 °C lämpötilalla, jossa typpioksidin pelkistysreaktiot tapahtuvat parhaiten. Järjestelmässä käytetään reagenssina 24,5 p-% ammoniakkivettä. (Valmet 2015.)

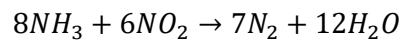
”SNCR-menetelmän pelkistysreaktio tapahtuu ilman katalyyttiä optimaalisesti lämpötila-alueella 800–1100 °C, jolloin toivottu reaktio on hallitseva. Tarkka lämpötilaikkuna, joka on tyypillisesti 50–100 °C välillä, riippuu CO- ja NO_x -pitoisuuksista savukaasussa eli siten suoraan valitusta polttotekniikasta ja kattilatypistä. Jos lämpötila on liian korkea, ammoniakki reagoi epätoivotusti hapen kanssa ja muodostaa typpimonoksidia ja vettä. Jos

taas lämpötila on liian alhainen, lisääntyy reagoimattoman ammoniakkin määrä (slip) savukaasussa.” (Jalovaara, Aho, Hietämäki & Hyytiä 2003.)

Ammoniakkiveden yli 25 %:n vesiliuos on voimakkaasti syövyttävää, myrkyllistä hengitettynä, syttyvä kaasu ja erittäin myrkyllistä vesieliöille (Työterveyslaitos 2015). Tästä syystä laitoksilla on helpompaa käyttää laihempaa, vähemmän turvallisuusjärjestelyjä vaativaa alle 25 %:n vesiliuosta (CAS-numero 1336-21-6). Pääreaktiot typpioksidin pelkistyessä ovat:



Kaava 1. Typen oksidien hapettaminen (Valmet 2015).

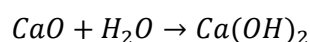
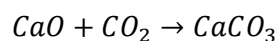
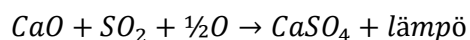
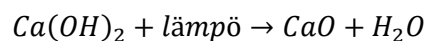
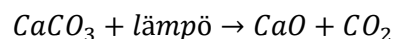


Kaava 2. Typen oksidien pelkistyminen. (Valmet 2015).

Järjestelmälle laskettu NOx-päästötakuu kuivissa savukaasuissa on 200 mg/Nm³ lasketuna 6 %:n happipitoisuudessa 48 tunnin liukuvana keskiarvona (Valmet 2015).

Hiukkaspäästöjen vähentäminen savukaasuista tapahtuu Valmetin GASCON- letkusuodattimella. Suodatin pystyy reagenssien avulla puhdistamaan savukaasuista myös rikin oksideja (SO_x), suolahappoa (HCl) ja fluorivetyjä (HF).

Kattilalla K5 poltetaan pääasiassa hiiltä, jolloin kivihiilen rikki- ja kalsiumpitoisuus edellyttää kalkin syöttöä rikin oksidien synnyn ehkäisemiseksi. Kalkkikiven syöttö tapahtuu kalkkijärjestelmän avulla suoraan tulipesään, polttoaineensyötön läheisyyteen. Rikinpoisto kalkkikiven avulla tapahtuu kalsinoinnin, sulfatoinnin, karbonoinnin ja hydratoinnin kautta:



Kaava 3. Rikinpoiston kalsinointi, sulfatointi, karbonointi ja hydratointi (Valmet 2015).

Kattilalla K5 on myös rikinsyöttöjärjestelmä biopolttoaineiden sisältämien kloorin ja alkali-
lien varalta. Korkeilla höyryn lämpötila-alueilla alkalit reagoivat kloorin kanssa muodos-
taen erittäin reaktiivisia alkaliklorideja, jotka kasvattavat korroosioriskiä esimerkiksi tulis-
timilla. Rikkigranulaattia pystytään syöttämään biopolttoainejärjestelmän kautta tuli-
pesään, ja se sitoo savukaasuista alkaleja (kalium, natrium) tehden kloorista vähemmän
reaktiivisen vapautuen vetykloridina. (Valmet 2015.)

4 HEVOSEN KUIVIKELANNAN ENERGIÄKÄYTTÖ

Suomessa on tällä hetkellä noin 73 400 hevosta. Hevosilla kuivikelantaa muodostuu keskimäärin noin 10 tonnia eläintä kohti vuodessa (Luke. 2016. Hevoselannan energiäkäytön ympäristövaikutukset). Nitraattiasetuksen (931/2000) mukaan kuutioina laskettuna täysikasvuinen hevonen tuottaa lannan ja kuivikkeen seosta noin 12 m³ vuodessa. Näin ollen Suomessa olevat reilut 70 000 hevosta tuottaisivat vuodessa kuivikelantaa yhteensä noin 700 000–800 000 m³. Tästä määrästä energiayhtiö Fortum haluaisi käyttää puolet energiantuotantoon voimalaitoksissa ympäri Suomea.

Hevoselannan sisältää paljon käyttökelpoisia ravinteita, mutta on energiasisällöltään myös kelvollinen polttoaine. Ensisijaisena tavoitteena tulisi hevoselannasta saada ravinteet takaisin kiertoon esimerkiksi lannoituksen kautta. Ympäristöhaittojen minimoimiseksi myös pelloille lannoituskäyttöön levittämistä on säädelty. Monille hevoselleille kuivikelannan määrä ja sen hävittämien tuottaa kuitenkin lisäkuluja sen käsittelyn rajoitusten takia.

”Lannan energiäkäyttöä on perinteisesti suunniteltu pienpolton ja tallikohtaisten ratkaisujen kautta. Tällöin vastaan on tullut EU-lainsäädäntö, joka vaatii soveltamaan hevoselannan energiähyötykäyttöön jätteenpolton vaatimuksia” (Biotalous 2016).

4.1 Kuivikkeet

Kuivikkeena hevoselleilla voidaan käyttää esimerkiksi turvetta, olkea, kutterinlastua, sahajauhoa, puu- ja olkipellettejä tai näiden yhdistelmäseoksia. Kuivike toimii hevosen alla niin seistessä kuin makuulla pehmeänä ja lämpimänä alustana, joka takaa osaltaan hevosen hyvinvoinnin ja terveyden. Kuiviketta täytyy myös olla riittävästi imemään virtsan ja sonnan kosteus. Samalla se sitoo niistä haihtuvia yhdisteitä ja pitää näin yllä hyvälaatuisia sisäilmaa tallissa ja vähentää tallien lannasta muodostuvia päästöjä (Luke 2016).

Polttokäytössä kuivikkeen laatu vaikuttaa poltosta aiheutuviin päästöihin, kuivikelannan lämpöarvoon sekä kattiloiden kulumiseen. Esimerkiksi olki sisältää klooria ja alkaleja, jotka aiheuttavat korroosiota lämmönsiirtopinnoissa.

Taulukko 1. Kuivikkeiden ominaisuuksia (VTT 2016).

Ominaisuus	Olki (ylei- sesti)	Jyrsin- turve	Sahan- puru	Kutterin- lastu
Tuhkapitoisuus kuiva-ai- neessa p-%	5,0	6,3	0,4 – 0,5	0,4
Tehollinen lämpöarvo kuiva-ai- neessa, MJ/kg, ka	17,4	20,6	19,0 - 19,2	18,9
Tehollinen lämpöarvo saapu- mistilassa, MJ/kg, ka	13,5	9,8	2,2 - 10,0	2 - 10

Lämpöarvoltaan eri kuivikkeiden ominaisuuksissa ei ole kovin suuria eroja. Erot eri kuivikkeiden käytön määrään syntyvät niiden hinnoista, saatavuudesta ja muista ominaisuuksista. Esimerkiksi puru tai olki pitävät värinsä ja heijastuskykynsä takia tallin valoisana. Muita vähemmän käytettyjä kuivikkeita ovat esimerkiksi hamppu, pellava ja paperisilppu.

4.2 Käyttö lannoitteena

Keskikokoisen hevosen (noin 500 kg) vuoden aikana tuottaman lannan ravinnesisältö on 10–12 kg fosforia ja 50–65 kg typpeä hevosta kohti. Päivätasolla lantaa syntyy noin 20–30 kg, mistä virtsan osuudeksi arvioidaan 20 %. Hevosen lannan sisältämästä kokonaisfosforista suurin osa on peräisin sonnasta ja liukoisen typen osalta virtsasta (Hevostietokeskus 2015).

Hevoselanta voidaan levittää pelloille sellaisenaan tai kompostoituna. Kompostointiin parhaiten soveltuu turvelanta, eli kuivikkeena talleilla on käytetty turvetta. Kompostoidessa ravinteet säilyvät huomattavasti paremmin turvelannassa, kuin esimerkiksi purulannassa. Purulanta hajoaa ja kompostoituu hitaasti, ja pahimmillaan se saattaa jopa käyttää maaperän ravinteita hajoamiseen. Puupohjaiset kuivikkeet kuluttavat erityisesti liukoista typpeä hajotessaan. Turvepohjaisten kuivikkeiden etu perustuu ammoniakinsitomiskykyyn sekä kompostoitumisen nopeuteen. Puupohjaisia kuivikkeita sisältävien kuivikelantojen kompostoitumisnopeus on hitaampi, kuin esimerkiksi turpeella tai oljella.

Kasvit myös pystyvät helpommin hyödyntämään kompostoitunutta lantaa, jossa on ollut seassa turvetta tai olkea.

Lannoitevalmisteiden valmistamista rajoitetaan lannoitevalmistelaissa (539/2006), jonka mukaan kuka tahansa saa kompostoida ja käyttää, mutta myyntiä tai luovuttamista saavat harjoittaa vain ainoastaan Elintarviketurvallisuusviraston hyväksymät toiminnanharjoittajat (Lannoitevalmistelaki 539/2006).

Ns. nitraattiasetuksen mukaan lannoitteet on levitettävä pelloille siten, ettei valumia vesiin tapahdu eikä pohjamaan tiivistymisvaaraa ole. Lannoituksen etäisyys vesistöön on oltava vähintään viisi metriä, ja talousveden hankintaan käytettäviin kaivoihin tai lähteisiin 30–100 m. Kokonaistypen määrä levitettävissä tuotantoeläinten lannassa ja orgaanisissa lannoitevalmisteissa saa olla enintään 170 kg/ha. Lannan ja orgaanisten lannoitevalmisteiden levittäminen pellolle on kielletty marraskuun alusta maaliskuun loppuun (Valtioneuvoston asetus 1250/2014).

4.3 Energiakäytön EU-lainsäädäntöä

Lannoitusikäisen ulkopuolelle jäävän hevosenlannan määrä on suuri. Polttokäyttöön hevosen kuivikelantaa pystyttäisiin käyttämään sellaisenaan, tai valmistamalla siitä pellettejä ja brikettejä. ”Vuonna 2007 Suomessa muodostui hevosenlantaa yhteensä 486 000 tonnia, josta 46 prosenttia jäi lantalaan. Kuutioina laskettuna tämä määrä, hevosenlanta kuivikkeineen, oli 497 000 m³. Vuodessa syntyvän lannan energiasisältö kuivikkeineen on siis 2 700 TJ/a. Vastaavuus on verrannollinen noin 65 000 tonniin polttoöljyyn” (Bioenergianeuvoja 2017). Vuonna 2007 hevosen kuivikelannan energiasisältö olisi siis vastannut n. 0,4 prosenttia fossiilisen tuontienergian energiasisällöstä.

EU:n yhteinen lainsäädäntö yhdenmukaistaa Euroopan alueen hevosenlannan käyttömahdollisuuksia. Hevosen kuivikelanta on tulkittu eläinperäiseksi jätteeksi ja siten jätteenpolttodirektiivin ja -asetuksen alaiseksi. (Alho, Halonen, Kuuluvainen & Matilainen 2010.) Eri EU-maat ovat kuitenkin tulkinneet samoja säädöksiä hieman eri tavalla. Suomi on tulkinnut EU:n säädöstä siten, että ravinteiden kierrätykseen hyödyntämätön hevosenlanta on sellaisenaan eläinperäistä biojätettä, eikä käyttö biopolttoaineena ole mahdollista. EU-maista hevosenlantaa saa polttaa Ruotsissa, Tanskassa, Hollannissa ja Saksassa.

Esimerkiksi Ruotsissa hevosen kuivikelantaa, ja siitä valmistettuja pellettejä ja brikettejä käytetään monilla talleilla tilojen lämmityskäyttöön. Esimerkiksi Swebo Bioenergy Ab kehittää ja valmistaa kostean kuivikelannan polttoon soveltuvia polttokattiloita eri kokoisten tallien tarpeisiin. Hevosten määrä Ruotsissa oli vuonna 2016 355 500 (SCB 2017). Tämä määrä on moninkertainen Suomeen verrattuna, joten ruotsalaisten tallien voidaan todeta hyödyntävän hevosen lannan sisältämää energiaa huomattavasti enemmän.

Yksi potentiaalinen tekniikka kuivikelannan energian hyödyntämiseen on kaasutus, jossa kuivattu lanta kaasutetaan n. 1000 °C:n lämpötilassa ja poltetaan sen jälkeen esimerkiksi kaasupolttimessa. ”Kaasuttamisella tarkoitetaan polttamista ali-ilmalla, jolloin, jolloin kaikki palava aines ei pääse hapettumaan. Tuotekaasu syntyy, kun osa kaasumaisista palavista kaasuista jää hapettumatta. Reaktiot sekä syntyvät lopputuotteet riippuvat kaasutettavasta aineesta, mutta pääasiassa syntyvä polttokaasu on hiilimonoksidia ja vetyä” (Hippolis 2013). Myös jätteenpoltoasetus mahdollistaa kaasutuksen, sillä jätteenpolton määräyksiä ei sovelleta ”kaasutus- tai pyrolyysilaitokseen, jos jätteen lämpökäsittelyssä syntyvä kaasu puhdistetaan niin, että se ei ole enää jätettä ennen sen polttamista eikä se voi aiheuttaa päästöjä, jotka ovat suurempia kuin maakaasun polttamisessa aiheutuvat päästöt” (VNa 151/2013). Kaasutuslaitteita valmistetaan ja tekniikoita kehitetään ainakin Suomessa, Ruotsissa ja Saksassa, mutta käyttö ei vielä ole kovin yleistä.

4.4 Suomen kansallinen lainsäädäntö

Nykyllä lainsäädännön mukaan hevosenlantaa voidaan Suomessa käyttää polttoaineena vain jätteenpolttolaitoksissa tai jätteenpolton rinnakkaisluvan omaavissa laitoksissa, joita on Suomessa alle kymmenen. Jätteenpoltoasetuksen (151/2013) vaatimusten mukaan laitokset tarvitsevat esimerkiksi jatkuvatoimisia päästöjen mittauslaitteita, joten tallien omaan lämmöntuotantoon soveltuvat laitteistot vaatisivat suurehkoja investointeja. Hevosenlannan tulkitseminen esimerkiksi biopolttoaineeksi helpottaisi monien hevostallien lannasta aiheutuvia ongelmia, ja vähentäisi fossiilisten polttoaineiden käyttöä.

Tämänhetkisen kansallisen lainsäädännön mukaan polttolaitosten on erikseen haettava ympäristölupaa, mikäli haluavat ottaa käyttöön jäteperäisiä polttoaineita. Fortumin Järvenpään voimalaitos sai luvanvaraisen kokeilujakson jälkeen pysyvän ympäristöluvan mm. hevosen kuivikelannan rinnakkaispoltoon vuonna 2016. Myöhemmin tässä opinäytetyössä käsitellään SAPPI Finland Oyj:n Kirkniemen paperitehtaan voimalaitoksen kokeilujakson ympäristölupaa.

Pääministeri Juha Sipilän hallituksen aikana on puhuttu paljon hevosenlannan hyötykäytöstä ravinteiden kierrätyksen ja polttoainekäytön osalta. Lannan hyötykäytön tehostamiseen viitataan hallitusohjelman kärkihanke 3:n toimenpide 2:ssa otsikolla: ”Hevosenlanta tulisi muun tuotantoeläinten lannan tapaan ensisijaisesti saattaa kehittyneeseen käsittelyn piiriin ja kierrättää lannan ravinteet. Perustetaan hevosenlannan ravinteiden kierrätyskanke ja mahdollistetaan hevosenlannan polttoainekäyttö. Käynnistyi 1/2016, valmis 12/2018” (Hallitusohjelman kärkihanke 3. 2016).

4.5 EU-asetusmuutoksen hyväksyminen 17.1.2017

Suomen ajama muutos EU-asetukseen tuotantoeläinten lannanpolttoa koskien on hyväksytty EU:ssa 17.1.2016. Uuden asetuksen on määrä tulla voimaan kevään 2017 aikana. Asetusmuutoksen jälkeen lantaa polttavat laitokset voidaan hyväksyä sivutuotelainsäädännön vaatimusten mukaisesti, eikä laitosten tarvitse täyttää jätteenpolttolainsäädännön vaatimuksia. Tämä keventää merkittävästi polttoa koskevia velvoitteita ja poistaa muun muassa vaatimuksen kalliista, jatkuvatoimisilla laitteilla tehtävistä päästömittauksista. Vaikka lannan polton ympäristömääräykset kevenevät, säilyy ympäristönsuojelun taso edelleen hyvänä (MMM:n tiedote 18.1.2017. Hevosenlannan poltto helpottuu).

Uusi asetusmuutos antaa jäsenmaille sääntelyvaraa päästörajoihin ja Maa- ja metsätalousministeriö aikoo välittömästi alkaa toimii kansallisen lainsäädännön muutostoiimiin esimerkiksi lannanpolton hyväksymismenettelyiden selkeyttämiseksi.

EU:n sivutuoteasetus asettaa lannan poltolle määräyksiä liittyen esimerkiksi polttoprosessiin, päästöraja-arvoihin ja päästömittauksiin. ”Polttoprosessin lämpötila on nostettava 2 sekunniksi 850 C°:een. Olemassa olevat laitokset voivat kuitenkin saada näiden lämpötila- ja viipymäaika-vaatimusten noudattamiseen kuuden vuoden siirtymäajan.

Polttolaitos on varustettava lisäpolttimella, jolla varmistetaan riittävä polttolämpötila kaikissa tilanteissa. Lämpötilamittaukset on myös tallennettava automaattisesti. Polttoprosessin päästöille on säädetty raja-arvot rikkidioksidille (50 mg/m³), typen oksideille (200 mg NO₂/m³) ja hiukkasille (10 mg/m³), ja päästömittaukset on tehtävä vähintään vuosittain. Pienissä, polttoaineteholtaan alle 5 megawatin laitoksissa hiukkaspäästöt voisivat olla kuitenkin enintään 50 mg/m³. Lantaa ja muita polttoaineita samanaikaisesti polttaville

monipolttoaineyksiköille päästöraja-arvoja voidaan nyt tehdyn muutoksen myötä soveltaa kansallisesti tiettyjen laskentasääntöjen mukaisesti. Muutokset koskevat siipikarjallannan polttoa tietyin rajoituksin.” (MMM:n tiedote 18.1.2017. Hevosenlannan poltto helpottuu).

5 KUIVIKELANNAN KOEPOLTTOJAKSO

Sappi Operations Finland Oy:n Kirkniemen voimalaitos sai Etelä-Suomen Aluehallintovirastolta hevosen kuivikelannan koepolttoluvan (Nro 210/2016/1, Dnro ESAVI/6470/2016). Kirkniemen voimalaitoksella poltettiin hevosen kuivikelantaa (numerotunnus 02 01 06) luvanmukaisesti aikavälillä 1.9.2016 – 30.1.2017.

Fortum Oy toimitti Kirkniemen voimalaitokselle kokeilujakson aikana 5.9.2016 – 30.1.2017 HorsePower -kuivikelantaa yhteensä 7044,45 tonnia. Energiämääränä tämä vastaa n.7023 MWh:a kuukausien keskimääräisten ominaisuuksien mukaan laskettuna. Luvanmukainen maksimimäärä kuivikelannan poltolle oli 13 000 tonnia. Määrä jäi huomattavasti pienemmäksi kuivikelannan heikon saatavuuden takia.

Kattilassa K5 poltettiin kuivikelantaseosta aikavälillä 15.11 – 25.11.2016 sekä 10.1.2017 – 24.1.2017.

Kattilan K2 kuivikelannan polttopäivämäärät olivat 5.9. – 14.9.2016, 10.10. – 30.10.2016, 8.11 – 21.12.2016 ja 6.1. – 22.1.2017.

Aluehallintovirasto määräsi kokeilujaksolta raportoitavaksi seuraavia asioita:”

- tiedot koeluonteisen toiminnan toiminta-ajoista kattilakohtaisesti,
- tiedot koeluonteisen toiminnan aikana käytetyistä polttoaineista ja toteutuneista seossuhteista sekä polttoaineiden kulutus- ja laatutiedot (fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet),
- tiedot kuivikelannan laadusta,
- lupamääräyksen 5. mukainen mittausraportti (päästömittausten tulokset vertailtuna jätteenpolttoasetuksen rajoihin sekä K2 savukaasun viipymääajan selvitys),
- ilmoituksen mukaisten tuhka-analyysien tulokset ja arvio niiden hyödyntämismahdollisuuksista/jatkotoimenpiteistä sekä yhteenveto seos-polton vaikutuksista tuhkan laatuun kattilakohtaisesti,
- yhteenveto seospolttoaineen polton vaikutuksista savukaasun puhdistinlaitteiden toimintaan, päästöihin ilmaan pitäen sisällään tehtyjen analyysien raportit ja yhteenvedet tehdyistä tarkkailuista kattilakohtaisesti,
- yhteenveto mahdollisista naapurustosta tulleista yhteydenotoista ja poikkeus- ja häiriötilanteista, niiden ajankohdista, kestoajoista, niistä aiheutuneista päästöistä sekä toimenpiteistä, joihin tapahtumien vuoksi on ryhdytty,

- arvio kuivikelannan soveltuvuudesta polttoprosessiin kattilakohtaisesti.” (Aluehallintovirasto Lohja 2016.)

5.1 Koejakson aikana käytetyt polttoaineet

Koeluonteisen toiminnan aikana poltettiin Fortum HorsePower-kuivikelantaa seospolttona laitoksella normaalisti käytettävien biopolttoaineiden kanssa kattilassa K2. Kuivikelannan osuus oli poltettaessa tuntikeskiarvona maksimissaan 15 massaprosenttia kokonaispolttoainemäärästä.

Kuivikelanta sekoitettiin hakkeen ja kuoren sekaan maansiirtokoneella biopolttoainekentällä. Seos kuljetettiin biopolttoaineen syöttötaskuihin, joista se siirrettiin hihnalla kohti biopolttoainesiloja.

Laitoksella tavallisesti käytettyjä biopolttoaineita ovat tehtaan oma kuori, kokopuu- ja rankahake, metsätähdehake tai –murske sekä jätevesiasemalta peräisin olevat bio- ja kuitulietepuristeet.

K5-kattilassa HorsePower-kuivikelanta poltettiin hiilen ja biopolttoaineiden seassa, kuivikelannan kokonaisuuden ollessa maksimissaan 15 massa-% biopolttoaineesta. Puuperäisten polttoaineiden ja kuivikelannan seos syötettiin K5-kattilaan biopolttoaineen syöttöjärjestelmällä ja hiili samanaikaisesti omalla järjestelmällään.

Kokeilujakson aikana otettiin kuukausittain kuormakohtaiset näytteet tulevista biopolttoaine- ja kuivikelantakuormista. Näytteistä tehdyt kokoomat analysoitiin Ramboll Analytysin ja Labtiumin laboratorioissa.

5.2 HorsePower-kuivikelanta

Fortum Oy:n toimittaman HorsePower-kuivikelannan polttotekniset ominaisuudet on esitetty taulukossa 2. Kuivikelannan kokonaiskosteus oli eri kuukausien keskiarvona 66,4 m-%, ja tehollinen lämpöarvo saapumistilassa noin 3,69 MJ/kg.

Taulukko 2. HorsePower-kuivikelannan ominaisuudet.

Määrittäminen	Syys- kuu	Loka- kuu	Marras- kuu	Joulu- kuu	Tammi- kuu	Kes- kiarvo	Yk- sikkö
Kokonais- kosteus	65,4	64,4	68,4	65,8	68	66,40	m-%
Analyysikos- teus	5,8	3	1,4	2,6	1,4	2,84	m-%
Vety, H vede- tön	4,8	5,4	5,5	5,1	5,8	5,32	m-%
Kalorimetri- nen lämpö- arvo, vede- tön	16,44	17	16,54	16,52	18,44	16,99	MJ/kg
Tehollinen lämpöarvo, vedetön	15,38	15,83	15,35	15,41	17,17	15,83	MJ/kg
Tehollinen lämpöarvo, saapumistila	3,73	4,06	3,18	3,66	3,83	3,69	MJ/kg
Toimitettu energia- määrä (vede- tön)	4,27	4,4	4,26	4,28	4,77	4,40	MWh/ t
Toimitettu energia- määrä (saa- pumistila)	1,04	1,13	0,88	1,02	1,06	1,03	MWh/ t

Suuri kosteusmäärä vaikuttaa huomattavasti polttoaineesta saatavaan energiamäärään. Kokeilujakson aikana kuivikelantaa ei kuivattu millään tavalla ennen polttoaineen syöt-
töä.

5.3 Muut polttoaineet

Kuivikelannan seoksessa polttokokeen aikana voimalaitoksella poltettiin tehtaan kuorimolta ylijäävää kuorta, Metsä Groupin toimittamaa kuorta ja metsätähdehaketta sekä jätevedenpuhdistamolta peräisin olevaa bio- ja kuitulietettä. Kattilassa K5 poltettiin erikseen syötettynä kivihiihtä. Taulukoissa 3,4,5 ja 6 on esitelty koejakson aikaisten polttoaineiden ominaisuuksia.

Taulukko 3. Tehtaan oman kuoren ominaisuudet.

Määrittäminen	Syys- kuu	Loka- kuu	Mar- raskuu	Joulu- kuu	Tammi- kuu	Kes- kiarv o	Yk- sikkö
Kokonaiskos- teus	60,1	59,9	59,5	62	61	60,50	m-%
Analyysikos- teus	4,8	3,3	2	2,9	1,4	2,88	m-%
Kalorimetrinen lämpöarvo, ve- detön	20,28	20,2	20,35	20,31	20,23	20,27	MJ/kg
Tehollinen läm- pöarvo, vedetön	18,99	18,92	19,07	19,02	18,94	18,99	MJ/kg
Tehollinen läm- pöarvo, saapu- mistila	6,11	6,12	6,27	5,71	5,89	6,02	MJ/kg
Toimitettu ener- giamäärä (vede- tön)	5,28	5,26	5,3	5,28	5,26	5,28	MWh/t
Toimitettu ener- giamäärä (saa- pumistila)	1,7	1,7	1,74	1,59	1,64	1,67	MWh/t

Tehtaan oma kuori puhalletaan suoraan massaosaston kuorimolta voimalaitoksen polttoainekentälle, jonka takia sen kosteuspitoisuus on keskimäärin n. 61 %.

Taulukko 4. Käytetyn metsätähdehakkeen ominaisuudet.

Määrittys	Syys- kuu	Loka- kuu	Mar- rask.	Jou- luuku	Tam- mik.	Kes- kiarvo	Yk- sikkö
Kokonaiskosteus	29,1	25,7	28,4	34,2	34,7	30,42	m-%
Analyysikosteus	3,9	3	1,7	2,8	1,5	2,58	m-%
Kalorimetrinen lämpöarvo, vedetön	20,19	19,83	20,5	20,55	20,37	20,29	MJ/kg
Teh. la (vedetön)	18,88	18,52	19,19	19,24	19,06	18,98	MJ/kg
Teh. la,saap.tila	12,57	13,13	13,05	11,82	11,61	12,44	MJ/kg
Toimitettu energiamäärä (vedetön)	5,24	5,14	5,33	5,34	5,29	5,27	MWh/t
Energiamäärä (saapumistila)	3,49	3,65	3,62	3,28	3,22	3,45	MWh/t

Taulukko 5. Ostokuoren ominaisuudet.

Määrittys	Syys- kuu	Marras- kuu	Joulu- kuu	Tammi- kuu	Kes- kiarvo	Yk- sikkö
Kokonaiskosteus	57,7	62,3	62,9	62,5	61,35	m-%
Analyysikosteus	4,4	1,4	2,8	1,1	2,43	m-%
Kalorimetrinen lämpöarvo, vedetön	21,14	21,24	20,53	20,43	20,84	MJ/kg
Tehollinen lämpöarvo	19,85	19,95	19,24	19,15	19,55	MJ/kg
Teh. la, (saapumistila)	6,98	6	5,61	5,64	6,06	MJ/kg
Toimitettu energiamäärä (vedetön)	5,51	5,54	5,34	5,32	5,43	MWh/t
Toimitettu energiamäärä (saapumistila)	1,94	1,67	1,56	1,57	1,69	MWh/t

Voimalaitoksella käytetyt metsätähdehake ja ostokuori ovat pääasiassa MetsäGroupin toimittamia.

Taulukko 6. Kivihiili (SAPPI Finland Operations 2017).

Saapumis-kk.		8/2016	9/2016	10/2016	11/2016	12/2016
				6		
Määrä	tonnia	10285	13121	13125	13104	12917
Kokonaiskosteus	%	13,7	10,7	11,5	7,5	8,4
Tuhka (815 °C)	m-%k-a	12,3	10,2	9,1	5,5	6,2
Rikkipitoisuus	m-%k-a	0,36	0,36	0,45	0,47	0,43
Haihtuvat aineet	m-%k-a	36	36,2	35,8	31,1	30,6
Kalorimetrinen lämpöarvo	MJ/kg k-a	29,19	29,96	30,52	33,18	32,78
Tehollinen lämpöarvo	MJ/kg k-a	28,16	28,91	29,47	32,13	31,73
Tehollinen lämpöarvo	MWh/t k-a	7,822	8,03	8,187	8,925	8,815
Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa	MJ/kg	23,97	25,55	25,8	29,54	28,86
Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa	MWh/t	6,658	7,098	7,168	8,205	8,017
C	m-%k-a	70,7	72,6	73,9	81,7	80,6
H	m-%k-a	4,8	4,9	2,34	4,9	4,9
N	m-%k-a	2,26	2,28	2,34	1,38	1,4
Päästökerroin, kuiva-aineessa	g CO2/MJ k-a	92	92	91,9	93,2	93,1
Päästökerroin, saapumistilassa	g CO2/MJ	93,3	93	92,9	93,7	93,7

Laitoksella käytetty kivihiili oli talven yli ominaisuuksiltaan melko tasalaatuista. Kivihiili kuljetetaan Kirkniemeen Inkoon satamasta.

6 KOKEILUJAKSON PÄÄSTÖMITTAUKSET

Pöyry Finland Oy suoritti kattiloiden K2 ja K5 kertaluonteiset päästömittaukset 8.–9.11.2016 (K2) ja 16.11.2016 (K5), kun hevosen kuivikelanta oli poltossa. Mittausten aikana K2-kattilalla poltettiin puuperäisten polttoaineiden, kuitu- ja biolietteen ja kuivikelannan sekoitetta. K5-kattilan mittausten aikana polttoaineet olivat kivihiili sekä biopolttoaineiden ja kuivikelannan seos.

6.1 Kertamittausten aikaiset tuotanto-olosuhteet

Mittaukset suoritettiin kattiloiden normaaleilla käyttö- ja höyryntuotto-olosuhteilla. Molemmissa kattiloilla otettiin mittausten aikana näytteet polttoaineista, joista tehtiin kokoomat ja jotka analysoitiin kokeiden jälkeen. (Pöyry Finland Oy 2017.)

K2-kattilan tuotanto päästömittausten aikana

K2-kattilan höyryntuotanto mittausten aikana oli vakiona n. 13,8 kg/s (82 bar, 518 °C, teho n. 100 %).

Savukaasun lämpötila K2-kattilalla oli mittausten ajan keskimäärin 185 °C. Savukaasun happipitoisuus oli n. 5,5 %, paine noin 964 mbar ja kosteuspitoisuus 24 til-%. Kattilan K2 mittaukset tehtiin sähkösuodattimen jälkeisestä pystykanavasta.

K5-kattilan tuotanto päästömittausten aikana

K5-kattilan mittausten aikana polttoaineena olivat hiili sekä biopolttoaineiden ja kuivikelannan seos.

K5-kattilan höyryntuotanto oli vakiona noin 31 kg/s (83 bar, 519 °C, teho n.100 %).

Savukaasun lämpötila mittausten aikana oli keskimäärin 154 °C, happipitoisuus n. 3,5 %, paine 1014 mbar ja kosteuspitoisuus n.14 til-%. Kattilalla K5 näytteenotto toteutettiin pussisuotimien jälkeen piipusta +30 m mittaustasolta ulkona halkaisijaltaan 1,8 m savukanavasta.

6.2 Kertaluonteisten päästömittausten tulokset

Raskasmetallien pitoisuudet savukaasussa alittivat jätteenpolttoasetuksen (VNa 151/2013) liitteessä 1 esitetyt vähintään 30 minuutin, ja enintään kahdeksan tunnin keskiarvojen raja-arvot molemmilla kattiloilla.

Dioksiinien ja furaanien pitoisuudet alittivat liitteessä esitetyt vähintään kuuden – ja enintään kahdeksan tunnin mittauksen keskiarvojen raja-arvot toksisuusekvivalentteineen.

Hiukkasten kokonaismäärän, kaasumaisten ja höyrymäisten orgaanisten aineiden orgaanisen hiilen kokonaismäärän (TOC), typen oksidien (NO_x), rikkidioksidin (SO_2), suolahapon (HCl), fluorivetyjen (HF) keskiarvot alittivat VNa 151/2013 liitteen 2 mukaiset keskiarvorajat.

K5-kattilan jatkuvatoimisten mittausten mukaan savukaasun typen oksidien pitoisuudet pysyivät alhaisemmalla tasolla poltettaessa hiilen seassa biopolttoaineiden ja kuivikelannan seosta, kuin pelkkää hiiltä poltettaessa.

Taulukossa 7 on esitettyinä kertaluonteisten päästömittausten tulokset 11 prosentin happipitoisuudessa lämpötilassa 273,15 K, paineessa 101,3 kPa kuivassa savukaasussa sekä jätteen polttamisesta annetun valtioneuvoston asetuksen mukaiset raja-arvot.

Taulukko 7. Kertaluonteisten päästömittausten tulokset vertailtuna jätteenpoltoasetuksen raja-arvoihin (Pöyry Finland Oy 2017).

Kattila ja päivämäärä	K2 8.11	K2 9.11	K5 16.11	Raja-arvo	Yksikkö
Mittauskellonaika	10.43 – 16.43	13.00 – 14.45	8.00 – 14.00		klo
Tuorehöyryn massa- virta	14	14	31		kg/s
Kosteus	24,9	24,5	14,5		til-%
O ₂ -pitoisuus, kuiva	6,9	5,8	3,5		til-%
Hiukkasten kokonais- määrä		11	<mr	30	mg/m ³ (n)
Typen oksidit	303	350	119	400	mgNO ₂ /m ³ (n)
Rikkidioksidi	<mr	38	115	200	mg/m ³ (n)
Hiilimonoksidi	168	179	39		mg/m ³ (n)
Orgaanisen hiilen kok.määrä	5	6	2	20	mg/m ³ (n)
Suolahappo	2	9	21	60	mg/m ³ (n)
Fluorivety	<mr	<mr	<mr	4	mg/m ³ (n)
Dioksiinit	<0,003		<0,001		ng/ m ³ (n)
Furaanit	<0,007		<0,001		ng/ m ³ (n)
Dioksiinit ja furaanit yh- teensä	<0,01		<0,003	0,1	ngTEQ/m ³ (n)
Elohopea	0,0011		0,0002	0,05	mg/m ³ (n)
Kadmium ja tallium	<0,0005		<0,0005	0,05	mg/m ³ (n)
Sb+As+Co+Cr+Cu+Mn+ Ni+Pb+V	<0,053		0,0157	0,5	mg/m ³ (n)
<mr = tulos alle määri- tysrajan					

6.3 Laitoksen ympäristölupien mukaiset päästörajat

K2-kattilan savukaasujen typenoksidipitoisuus saa typpidioksidiksi laskettuna olla enintään $500 \text{ mg NO}_2/\text{m}^3(\text{n})$ kuivissa savukaasuissa muunnettuna 6 %:n happipitoisuuteen käytettäessä kiinteitä polttoaineita.

Kattilan savukaasujen hiukkaspitoisuus saa olla enintään $100 \text{ mg}/\text{m}^3(\text{n})$ kuivissa savukaasuissa muunnettuna 6 %:n happipitoisuuteen. (AVI Ympäristölupapäätös 2004.)

K5-kattilan ympäristöluvan mukaiset ilmaan johdettavien päästöjen raja-arvot poltettaessa kivihiiltä, biopolttoaineita tai niiden seosta ovat: hiukkaset $20 \text{ mg}/\text{m}^3$, typen oksidit (NO_2 :na) $250 \text{ mg}/\text{m}^3$ ja rikkidioksidi $300 \text{ mg}/\text{m}^3$. Päästörajat on asetettu kuivassa savukaasussa muunnettuna 6 %:n happipitoisuuteen. (AVI Ympäristölupapäätös 2014.)

Taulukossa 8 on vertailtuna kertaluonteisten päästömittausten tulokset verrattuna voimassa olevien ympäristölupien raja-arvoihin muunnettuna 6%:n happipitoisuuteen.

Taulukko 8. Kertamittausten tulokset vertailtuna ympäristölupien savukaasupäästöjen raja-arvoihin (O_2 6 %, 273,15 K, 101,3 kPa).

	K2 8.11	K2 9.11	K2 raja-arvo	Yksikkö
Typen oksidit (NO₂)	457	525	500	mg/m ³
Rikkidioksidi	1	58		mg/m ³
Hiukkasten kok.määrä		11	100	mg/m ³
Hiilimonoksidi	254	273		mg/m ³
		K5 16.11	K5 raja-arvo	
Typen oksidit (NO₂)		178	250	mg/m ³
Rikkidioksidi		173	300	mg/m ³
Hiukkasten kok.määrä		2	20	mg/m ³
Hiilimonoksidi		59		mg/m ³

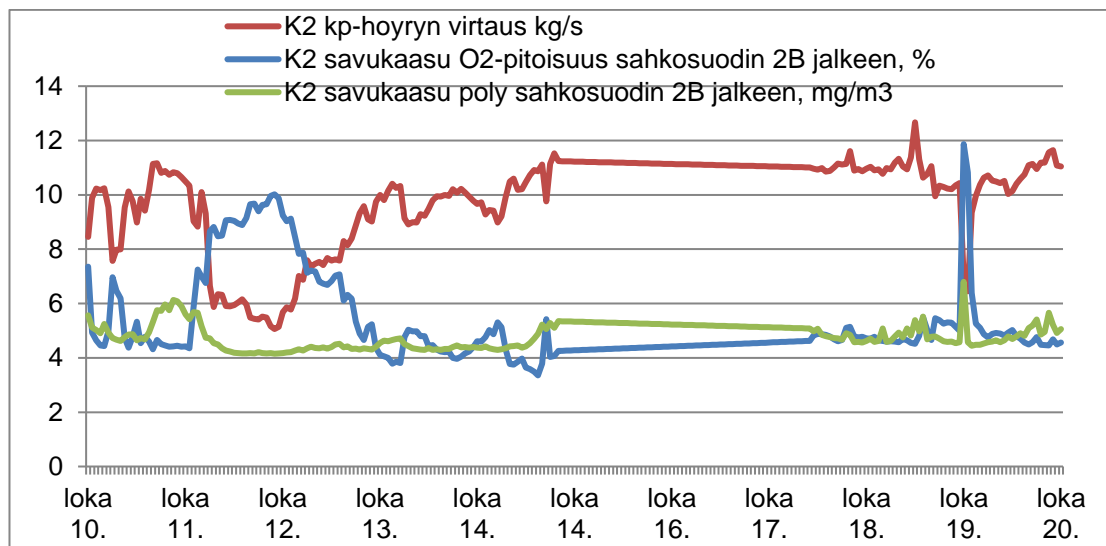
Taulukosta nähdään K2-kattilan typen oksidien pitoisuuksien heilahdelleen mittauspäivinä päästöraja-arvojen molemmin puolin.

6.4 Savukaasupäästöjen jatkuvatoimisten mittalaitteiden seuranta

Kirkniemen voimalaitoksella mitataan K2-kattilan osalta jatkuvatoimisesti hiilimonoksidi- ja hiukkaspäästöjä, ja hevosen kuivikelannan aiheuttaman palamisen epätasaisuuden takia hiilimonoksidipitoisuudet vaihtelivat normaalia enemmän.

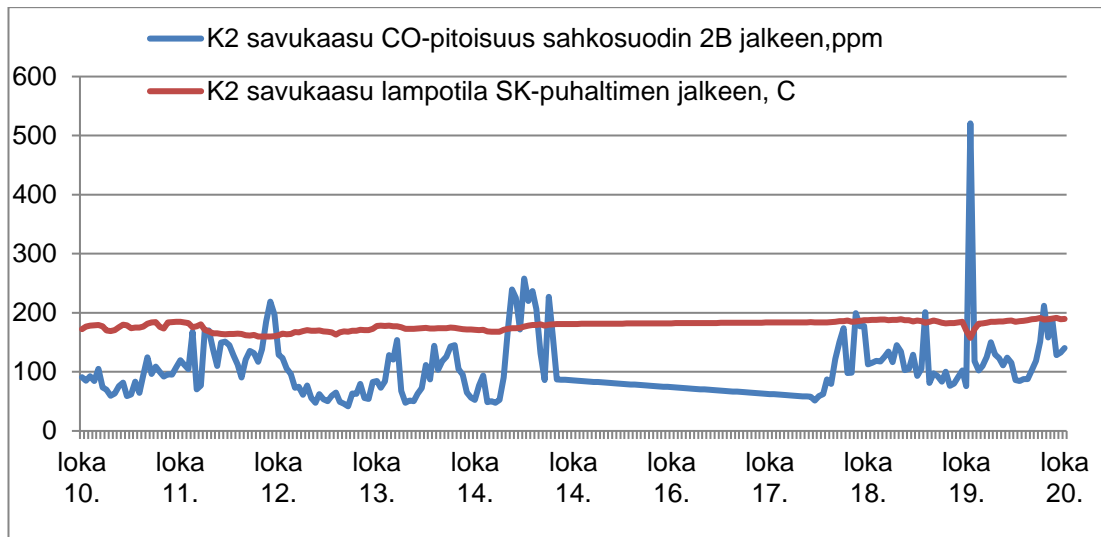
Kattilassa K5 mitataan jatkuvatoimisesti savukaasujen rikkidioksidi-, typenoksidi- ja hiilimonoksidipäästöjä sekä hiukkasten määrää. Hevosen kuivikelantaa poltettaessa K5-kattilassa ei todettu ympäristöluvan raja-arvojen ylityksiä kyseisissä mittauksissa. Hiilimonoksidipitoisuudet vaihtelivat normaaliin verrattuna myös kattilalla kuivikelannan ollessa poltossa, mutta eivät yhtä suuressa määrin kuin K2-kattilalla.

Jatkuvatoimisten mittausten tulokset ovat linjassa marraskuun kertamittausten kanssa. Alla olevissa kuvioissa 1-4 on esimerkin vuoksi esitelty jatkuvatoimisten mittausten käyriä ajalta 10.10.2016 – 20.10.2016 kattilalta K2 ja 10.1.2017 – 20.1.2017 kattilalta K5, jolloin kuivikelantaa oli seospoltossa. Kuvaajat on piirretty tuntikeskiarvoistetusta mitausdatasta.



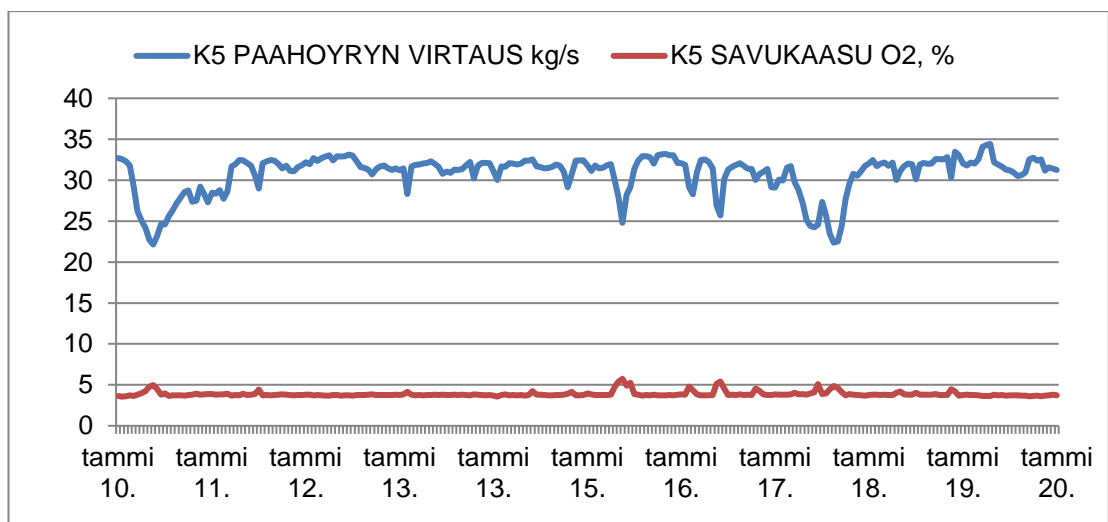
Kuvio 1. K2 tuorehöyryn virtaus (kg/s), savukaasun happipitoisuus (%) sekä savukaasun pölypitoisuus (mg/m³) 10. - 20.10.2016.

Kattilan K2 savukaasun happipitoisuus ja pölyn määrä on mitattu prosentteina sähkösuodattimen jälkeen.

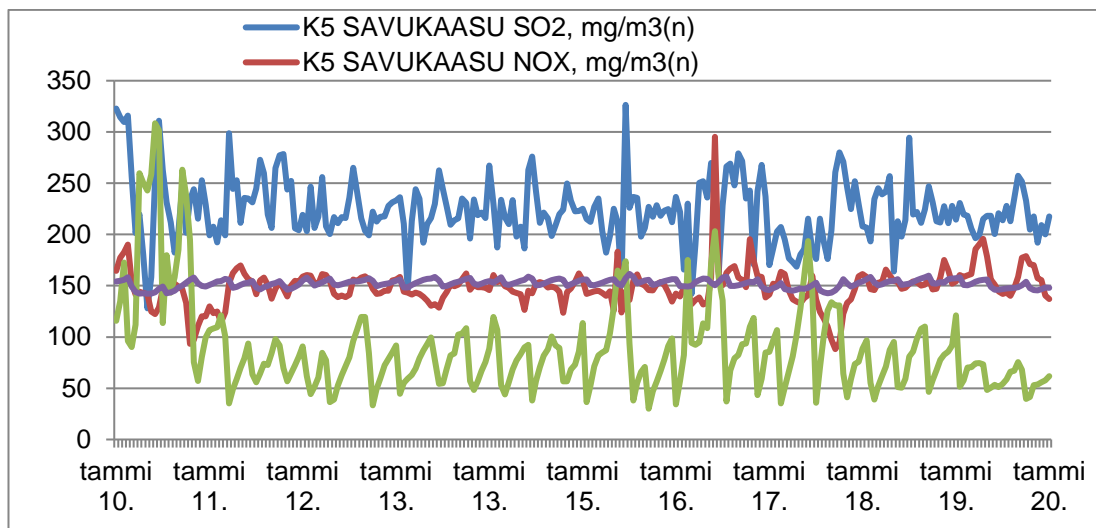


Kuvio 2. K2 savukaasun lämpötila (°C) ja häkäpitoisuus (ppm) 10.- 20.10.2016.

Kuvaajista voidaan todeta kattilalla K2 palamisen olevan tasaisempaa, kun höyryntuotanto on yli 10kg/s. Savukaasun hiukkaspitoisuus on linjassa höyryntuotannon tehon kanssa, ja häkäpitoisuus pysyy tasaisempuna suuremmalla tuotannolla. Hapen määrä savukaasussa on esimerkkiaikavälillä vaihdellut välillä 4-5.5%.



Kuvio 3. K5 Päähöyryn virtaus (kg/s) ja savukaasun happipitoisuus (%) 10.-20.1.2016.



Kuvio 4. K5 savukaasun lämpötila (C°) sekä rikkidioksidin (mg/m³), typen oksidien (mg/m³(NO₂:na)) ja hiilimonoksidin pitoisuudet 10.-20.1.2016.

Kuvaajista katsottuna hevosenkuivikelannan seoksen palaminen olisi tasaisempaa K5-kiertoleijupetikattilassa, kuin K2-leijupetikattilassa. Tähän vaikuttaa toki myös se, että kattilalla K5 on ajettu suhteessa tasaisempaa kuormaa (23-33 kg/s), kuin kattilalla K2 (5-12 kg/s)

Tuotannon ollessa normaalia (+30 kg/s) alemmalla tasolla, ovat häkäpitoisuudet olleet korkeammat (n. 200 - 250 mg/m³). Myös rikkidioksidin määrä savukaasussa on ollut korkeammalla tasolla höyryntuotannon ollessa alhaisempi. Kaikki päästökomponentit pysyvät kuitenkin tasaisesti ympäristölupien mukaisissa rajoissa. Normaali hapen määrä kattilalla K5 on ollut 3-4 %:n luokkaa.

6.5 Lento- ja pohjatuhkien tutkimukset

Kokeilujaksolle määrätty lento- ja pohjatuhkien kokonaispitoisuusanalyysit sekä liukoisuus tutkimukset tehtiin Labtium Oy:n toimesta. Eurofins tutki alihankintana tuhkien PCB- ja PAH- pitoisuudet. Kattilan K2 tuhkanäytteet otettiin 24.10.2016 ja kattilan K5 24.1.2017.

Laitoksen tuhkat toimitetaan hyötykäyttöön rakennusteollisuuden valmistuskäyttöön lisäaineeksi ja vastaanottavalla osapuolella on omat raja-arvonsa tuhkan sisältämien aineiden määrissä. Hevosen kuivikelannan polton ei todettu merkittävästi vaikuttavan tuhkan

laatuun haitallisten aineiden osalta, eikä se näin vaikuta tuhkien jatkotoimenpiteisiin. Pohjatuhkan määrä kasvoi ajoittain hieman kokeilujakson aikana.

Analyysien ja tutkimusten tulokset löytyvät taulukoista 10 ja 11. Taulukoissa on vertailun vuoksi valtioneuvoston MARA- asetuksen 2006/591 liitteen 1 mukaiset raja-arvot jätteiden hyötykäytöstä (jätenimikkeet lentotuhka 10 01 02, 10 01 03, 10 01 17 ja pohjatuhkat 10 01 01 ja 10 01 15).

Hevosien kuivikelannan polton aikana syntyneiden tuhkien analyysistä vertailtaessa MARA-asetuksen liitteen 1 raja-arvoihin voidaan nähdä joidenkin haitallisten aineiden liukoisuusarvojen olevan käytettävyyden rajoilla. Korkeampia liukoisuusarvoja löytyy enemmän molemmilla kattiloilla syntyneestä lentotuhkasta. Tuhkia pystytään kuitenkin jälkikäsittelemään vanhentamistekniikalla, jolloin esimerkiksi bariumin, molybdeenin, lyijyn, kloridin, fluoridin ja sulfaatin liukoisuuksia pystytään alentamaan (Korpijärvi, Mroueh, Merta, Laine-Ylijoki, Kivikoski, Järvelä, Wahlström & Mäkelä 2009).

Taulukko 9. K2 lento- ja pohjatuuhka-analyysien vertailu MARA-asetuksen raja-arvoihin.

Haitallinen aine	K2 Pohjatuuhka, mg/kg	K2 Lentotuuhka mg/kg	Raja-arvo, mg/kg kuiva-ainetta	K2 Pohjatuuhka mg/kg	K2 Lentotuuhka mg/kg	Raja-arvo	Raja-arvo
			Perustutkimukset			Laadunvalv.tutk.	
	Pitoisuus	Pitoisuus	Pitoisuus	Liukoisuus	Liukoisuus	Liukoisuus	Liukoisuus
				L/S =10l/kg	L/S =10l/kg	(L/S = 10 l/kg)	(L/S = 10 l/kg)
						Peitetty rakenne	Päällystetty rak.
PCB2	<mr	<mr	1				
PAH3	<mr	0,55	20/404				
DOC5				24	54	500	500
Antimoni (Sb)				<0,05	<0,05	0,06	0,18
Arseeni (As)	1,9	4,3	50	<0,05	<0,05	0,5	1,5
Barium (Ba)	710	1400	3 000	17	200	20	60
Kadmium (Cd)	0,44	5	15	<0,005	<0,005	0,04	0,04
Kromi (Cr)	21	33	400	<0,05	0,31	0,5	3
Kupari (Cu)	27	90	400	<0,05	<0,05	2	6
Elohopea (Hg)		0,19		<0,005	<0,005	0,01	0,01
Lyijy (Pb)	17	35	300	<0,05	0,06	0,5	1,5
Molybdeeni (Mo)	1,7	6,3	50	0,31	1,3	0,5	6
Nikkeli (Ni)				<0,05	<0,05	0,4	1,2
Vanadiini (V)	21	27	400	<0,05	<0,05	2	3
Sinkki (Zn)	640	1200	2 000	0,19	0,56	4	12
Seleeni (Se)				<0,05	0,05	0,1	0,5
Fluoridi (F--)				1,4	<10	10	50
Sulfaatti (SO42-)				17	<1800	1 000	10 000
Kloridi (Cl-)				130	6300	800	2 400

Hevoson kuivikelannan poltto aiheutti pieniä muutoksia syntyvien tuhkien laaduissa. Kattilan K2 lentotuuhkan bariumin (Ba) ja kloridin (Cl-) liukoisuusarvot olivat korkeahkot ja ylittäisivät MARA-asetuksen liite 1:n haitallisten aineiden raja-arvot, eikä tuhkaa pystytäisi heti hyödyntämään maanrakennukseen.

Taulukko 10. K5 lento- ja pohjatuhka-analyysien tulokset vertailtuna MARA-asetuksen raja-arvoihin.

Haitallinen aine	K5 Pohjatuhka, mg/kg kuiva-aine	K5 Lentotuhka	Raja-arvo, mg/kg	K5 Pohjatuhka	K5 Lentotuhka	Raja-arvo	Raja-arvo
			Perustutkimukset			Laadunvalv.tutk.	
	Pitoisuus	Pitoisuus	Pitoisuus	Liukoisuus	Liukoisuus	Liukoisuus	Liukoisuus
				L/S =10l/kg	L/S =10l/kg	(L/S = 10 l/kg)	(L/S = 10 l/kg)
						Peitetty rakenne	Päällystetty rak.
PCB2	<mr	<mr	1				
PAH3	<mr	4,74	20/404				
DOC5				28	20	500	500
Antimoni (Sb)				<0,05	<0,05	0,06	0,18
Arseeni (As)	33	30	50	<0,05	<0,05	0,5	1,5
Barium (Ba)	680	1100	3 000	10	2,2	20	60
Kadmium (Cd)	0,28	0,61	15	<0,005	<0,005	0,04	0,04
Kromi (Cr)	48	42	400	<0,05	1,1	0,5	3
Kupari (Cu)	22	36	400	0,09	0,12	2	6
Elohopea (Hg)				<0,005	<0,005	0,01	0,01
Lyijy (Pb)	15	24	300	<0,05	<0,05	0,5	1,5
Molybdeeni (Mo)	5,5	8,6	50	1,4	2,1	0,5	6
Nikkeli (Ni)				<0,05	<0,05	0,4	1,2
Vanadiini (V)	71	68	400	<0,05	<0,05	2	3
Sinkki (Zn)	160	110	2 000	<0,05	<0,05	4	12
Seleeni (Se)				<0,05	<0,05	0,1	0,5
Fluoridi (F--)				<10	15	10	50
Sulfaatti (SO42-)				950	5300	1 000	10 000
Kloridi (Cl-)				27	670	800	2 400

Kattilalla K5 syntyneen lentotuhkan kromin, molybdeenin ja fluoridin liukoisuusarvot ylittivät peitetyille rakenteille annettuja raja-arvoja. Vertailtaessa MARA-asetuksen liitteen 1 päällystetyille rakenteelle annettuihin raja-arvoihin, ylityksiä ei ole.

7 KOOSTE KOEPOLTTOJAKSOSTA

7.1 Savukaasupäästöjen hallinta

Hevosen kuivikelannan seoksella polttoaineessa ei havaittu olevan suurta vaikutusta savukaasujen puhdistuslaitteiden toimintaan kummallakaan kattilalla. K5-kattilalla todettiin alhaisempia määriä typen oksidien suhteen verrattuna pelkän kivihiilen polttoon. Myös ammoniakkiveden syötön määrä väheni noin 25 % poltettaessa kuivikelantaa. GAS-CON-letkusuodatin toimi moitteettomasti hiukkasten sekä partikkelien poistossa.

K2-kattilan sähkösuodatin toimi hiukkaspäästöjen poistossa hyvin poltettaessa kuivikelantaa, eikä muiden polttoaineiden käytöstä poikkeavaa huomattu. K2 tulipesän lämpötilojen ja savukaasun viipymääjän ei odoteta tuottavan ongelmia palamisen tai päästöjen suhteen. Polttoteknisin keinoin myös kattilan K2 typen oksidien keskiarvo saadaan pidettyä alle ympäristöluvan mukaisen raja-arvon.

7.2 Polttoaineen syöttöjärjestelmät

Kuljetinjärjestelmissä huomattiin hieman lisääntyneitä tarttumista pitkien hihnakuuljettimien kohdalla sekä likaantumista niiden alla. Käytössä olevat hihnaharjat ja muut hihnojen puhdistuslaitteet eivät aina pystyneet puhdistamaan hihnoja kosteasta kuivikelannasta. Tarttuminen aiheutti hieman lisää työtä henkilökunnalle puhdistuksen muodossa. Kuivikelannan seassa hevosalleilta peräisin olevat kiviaines aiheutti pieniä tukoksia sulkusyöttimillä. Biopolttoaineen kuljetinjärjestelmien magneeteilta löytyi myös hevosalleilta peräisin olevaa metalliroskaa silloin tällöin. Tukoksista johtuvia alasajoja ei kuitenkaan tarvinnut tehdä. Kattilassa K2 jouduttiin hetkittäin polttamaan maakaasua tukipolttoaineena.

7.3 Kattilat

Kuivikelannan seos aiheutti pientä epätasaisuutta palamisessa verrattuna normaalisti käytettäviin polttoaineisiin. Tämä aiheutti petilämpötilojen epätasaisuutta ja hiilimonoksidipäästö määrään vaihtelua etenkin kattilalla K2. Suurin syy tähän on ollut polttoaineen kosteusvaihtelu sekä kuivikelannan satunnaisesti sisältämät hiekka ja kivi.

Syntyvän tuhkan ja palamattoman materiaalin määrä kattilan K2 pohjatuhkan käsittelyjärjestelmässä oli ajoittain normaalia suurempi. Kattilalla K5 ei vastaavia ongelmia esiintynyt. Erittäin kostea kuivikelanta pudottaa polttoaineesta saatavaa hyötysuhdetta ja näin kattilan tehoa. Talviaikaan, kun laitoksella on enemmän kaukolämmön tuotantovelvoitteita, joudutaan puuttuvaa lämmitystehoa korvaamaan maakaasunpoltolla varakattilassa K3. Tämä taas lisää kustannuksia, joten kuivikelannan polton ajankohtaa olisi hyvä pohdita.

7.4 Lämmönsiirtojärjestelmä

Tulistimien ja muiden lämmönsiirtopintojen likaantuminen saattaa hieman lisääntyä poltettaessa kuivikelantaa, mutta ei pystytä toteamaan lyhyehkön kokeilun aikana. Kattiloiden nuohoussykliä (3 krt/vrk) ei muutettu missään vaiheessa. Höyrystin- ja tulistinpintojen likaantuminen heikentäisi lämmönsiirtoa, joka taas vaikuttaa savukaasun loppulämpötilaan ja näin ollen kattilan hyötysuhteeseen.

Kloorin, alkaleiden ym. kuivikelannan sisältämien korroosiota aiheuttavien aineiden vaikutusta ei pystytty lyhyehkön koejakson aikana toteamaan lainkaan, joten korroosion mahdollista lisääntymistä lämmönsiirtopinnoilla ei voida todeta kummallakaan kattilalla. Myös hevosen kuivikelannan laitokselle toimitettu määrä (7044,45 tonnia) olisi pitänyt olla suurempi, jotta kaikista vaikutusta saataisiin tarpeeksi tietoa.

7.5 Poikkeus- ja häiriötilanteet sekä tehtaan ympäristö

Alasajoja tai normaalista poikkeavia häiriötilanteita ei polttokokeiden aikana tapahtunut. Kattilalla K2 jouduttiin polttamaan hetkittäin maakaasua tukipolttoaineena polttoaineen syötön tukoksista johtuen.

Tehtaan alueella ei ole havaittu kuivikelannan kuljetuksesta, sekoituksesta tai käsittelystä aiheutuneita pöly- tai hajuhaittoja. Kuivikelannan käyttö ei merkittävästi lisää tehtaalle tulevaa raskasliikennettä. Tehtaan naapurustosta ei saatu yhteydenottoja kuivikelannan käyttöön liittyen. Alasajoja tai normaalista poikkeavia häiriötilanteita ei kokeilujakson aikana tullut lainkaan. Ainoastaan joitain lyhyitä ajanjaksoja jouduttiin polttamaan maakaasua kattilassa K2, johtuen tukoksista tai vastaavista pienistä teknisistä ongelmista. Maakaasulla ylläpidetään kattilan tehoa tällaisissa tilanteissa.

8 YHTEENVETO

Hevosen kuivikelannan energiakäyttö on sekä taloudellisesti että ympäristöarvollisesti järkevää. Sen käyttö lannoitteena ja kierrätystarkoituksiin pysyvät edelleen ensisijaisina kohteina, mutta uskon energiakäytön lisääntyvän etenkin pienemmissä laitoksissa, mikäli lainsäädäntöä tullaan muuttamaan hallituksen kärkihanke 3:n suunnitelmien mukaisesti. Lainsäädännön muuttuessa sallivammaksi, voisi olettaa myös yritysten panostavan polttotekniikoiden kehittämiseen.

Hevosen kuivikelannan polttamisen ei teknisesti todettu aiheuttavan merkittäviä haasteita SAPPI Finland Operations Kirkniemen voimalaitoksen käyttöön kummallakaan kattilalla kokeilujakson aikana. Molempien kattiloiden savukaasun puhdistuslaitteistot toimivat kokeilun aikana hyvin, eikä kuivikelannan todettu tuottavan merkittäviä ongelmia päästökomponenttien suuruuksiin.

Erittäin kostea hevosen kuivikelanta luonnollisesti heikentää polttoaineen energiasisältöä verrattuna sen massaansa. Tämä heikentää polttoaineesta saatavaa hyötysuhdetta ja näin ollen kattilan tehoa. Kirkniemen voimalaitoksella, jolla on talviaikaan huomattavasti enemmän kaukolämmön tuotantotarvetta, tämä aiheuttaa lisää pohdintaa kuivikelannan polton ajankohtiin ja seossuhteisiin liittyen. Koepoltojakson perusteella hevosen kuivikelanta kuitenkin soveltuu polttoaineeksi voimalaitokselle.

Fortum Oyj tulee kehittämään HorsePower-palveluaan pidemmälle, ja lainsäädännön muuttuessa tullaan Suomessa todennäköisesti käyttämään tämänkaltaisia eläinperäisiä polttoaineita yhä enemmän. On mielenkiintoista nähdä miten paljon tällaiset muutokset tulevat lopulta vaikuttamaan tulevaisuuden polttoaineisiin ja niiden käyttömahdollisuuksiin Suomessa.

LÄHTEET

- Alho P., Halonen S., Kuuluvainen M. & Matilainen H. 2010. Turun Ammattikorkeakoulu. Hevosenlannan hyötykäytön kehittäminen. <http://julkaisut.turkuamk.fi/isbn9789522161840.pdf>
- Aluehallintovirasto Lohja. Päätös Nro 17/2015/1. 2015. http://www.lohja.fi/Liitetiedostot/Kaupunkisuunnittelu/ymp%E4rist%F6yksikk%F6/Sappi_AVI_paatos2015.pdf
- Aluehallintovirasto Lohja. Päätös Nro: 210/2016/1. 2016. http://palvelut.lohja.fi/kuulutukset/liitteet/paatos_2.pdf
- Aluehallintovirasto Lohja. Ympäristölupapäätös Dnro LSY2004Y409.
- Bioenergianeuvoja. 2017. Viitattu 15.5.2017. <http://www.bioenergianeuvoja.fi/biopolttoaineet/hevosenlanta/>
- Biotalous. 2016. Viitattu 20.2.2017. <http://www.biotalous.fi/hevosenlanta-hyotykayttoon-uusilla-toimintatavoilla/>.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1069/2009, annettu 21 päivänä lokakuuta 2009, muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden ja niistä johdettujen tuotteiden terveys säännöistä sekä asetuksen (EY) N:o 1774/2002 kumoamisesta (sivutuoteasetus). Viitattu 30.1.2017. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX:32009R1069>
- Fortum HorsePower. 2016. Viitattu 30.1.2017. <https://www.fortumhorsepower.com>.
- Fortum Oyj. 2016. Viitattu 24.3.2017. <https://www.fortum.com/fi/media/Pages/fortum-sai-hevosen-kuivikelannan-hyodyntamiselle-vakituisen-ymparistoluvan-jarvenpaan-voimalaitokselle.asp>.
- Fortum Oyj. Mittaus- ja laskentarataportti 2017.
- Hippolis. 2013. Kaasutus. Viitattu 15.5.2017. http://hippolis.fi/fi_innohorse/fi_manure/fi_good_practices/fi_gas
- Jalovaara J., Aho J., Hietämäki E. & Hyytiä H. 2003. Suomen ympäristökeskus. Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT) 5-50 MW polttolaitoksissa Suomessa.
- Korpijärvi K., Mroueh U., Merta E., Laine-Ylijoki J., Kivikoski H., Järvelä E, Wahlström M. & Mäkelä E. VTT. 2009. Energiantuotannon tuhkien jalostaminen maarakennuskäyttöön.
- Labtium Oy:n raportit laboratorioanalyseistä. 2017.
- Lannoitevalmistelaki 539/2006. Viitattu 15.5.2017. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060539>
- Lundgren J. & Pettersson E. 2009. Luleå University. Combustion of horse manure for heat production. https://www.researchgate.net/publication/24177522_Combustion_of_horse_manure_for_heat_production
- Luonnonvarakeskus. 2016. Lannanpoltto ei ratkaise kaikkien tallien jätehuoltoa. Viitattu 24.3.2017. <https://www.luke.fi/lannanpoltto-ei-ratkaise-kaikkien-tallien-jatehuoltoa/>.
- Maa- ja metsätalousministeriön tiedote. 18.1.2017. Hevosenlannan poltto helpottuu. Viitattu 30.1.2017. [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ilmasto_ ja_ ilma/Hevosenlannan_ poltto_ helpottuu\(41857\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ilmasto_ ja_ ilma/Hevosenlannan_ poltto_ helpottuu(41857))

Manninen K., Grönroos J., Luostarinen S. & Saastamoinen M. 2016. Luonnonvarakeskus. Hevosenlannan energiakäytön ympäristövaikutukset. Viitattu 24.3.2017. http://juri.luke.fi/bitstream/handle/10024/535278/luke-luobio_30_2016.pdf?sequence=1

MARA- asetus 2006/591. Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa. 2006. Viitattu 24.3.2017. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060591>

Pöyry Finland Oy päästömittausraportit. 2017.

SAPPI Finland Oyj. Suulliset haastattelut. Käyttöinsinööri Timo Niinikivi sekä voimalaitoksen käyttöhenkilökunta. 2017.

SAPPI LTD. 2016. Kirkniemi Mill. Viitattu 24.1.2017. <https://www.sappi.com/kirkniemi-mill>

Statistiska Centralbyrån (SCB). 2017. Viitattu 15.5.2017. <http://www.scb.se/JO0107>

Työterveyslaitos. 2015. Viitattu 15.5.2017. <http://www.ttl.fi/ova/ammoni.html#ots1>

Valmet koulutuskansio. 2015.

Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta 1250/2014. 2014. Viitattu 15.5.2017. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20141250>

Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta 151/2013. 2013. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130151#Pidm2600032>