

Jyrsinturpeen toiminnallisuus nykytilaisissa arinakattiloissa

Anssi Vähäsöini

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2019
Tekniikan ja liikenteen ala
Insinööri (AMK), Energiatekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Vähäsöini, Anssi	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Huhtikuu 2019
	Sivumäärä 46	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Jyrsinturpeen toiminnallisuus nykytilaisissa arinakattiloissa		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), Energia- ja ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Hannariina Honkanen, Hytönen Kari		
Toimeksiantaja(t) Vapo Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Vapo Oy. Taustalla oli kustannustehokkuuden parantaminen toimeksiantajalle tyypillisillä aluelämpökokoluokan kaukolämpölaitoksilla. Tutkimus kohdistui arinatekniikkaan ja lämpölaitoksien suurimpaan yksittäiseen kuluerään, polttoaineeseen.</p> <p>Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää jyrsinturpeen toiminnallisuus ja saavutettava teho- taso toimeksiantajan nykytilaisilla arinakattiloilla. Lisäksi pyrittiin löytämään laitteiston on- gelmakehtia jyrsinturvetta poltettaessa sekä muodostamaan kehitysideoita ongelmakohtien korjaamiseksi ja tehotason kasvattamiseksi.</p> <p>Tutkimusasetelmaksi valikoitui kehittämistutkimus kvalitatiivisen tutkimuksen keinoin. Kehittämistutkimus suoritettiin polttokokein, joita suoritettiin kolme kahdella eri lämpölaitoksella. Polttokokeita edelsi teemahaastattelut ja teoriapohjaa tuettiin kirjallisuudella arinatekniikasta. Polttokokeissa arinakattiloissa poltettiin jyrsinturvetta sekä jyrsin- ja palaturvesekoituksia. Palamisen laatua ja laitteiston toimintaa seurattiin polttokokeiden aikana silmämääräisesti, kannettavilla ja siirrettävillä mittalaitteilla sekä ohjausjärjestelmän mitausarvoilla. Tulokset kirjattiin polttokoepöytäkirjoihin ja tuloksista muodostettiin toimeksiantajalle raportti opinnäytetyön muodossa.</p> <p>Kehittämistutkimuksen tulokseksi saatiin tehotasot jyrsinturpeella ja jyrsinturve-palaturveseoksilla kahdessa eri arinakattilassa nykyisillä laitekokonaisuuksilla. Lisäksi löydettiin merkittävimpiä ongelmakohtia nykyisessä arinatekniikassa ja arinakattilalaitoksilla käytetyssä polttoaineen kuljetintekniikassa. Tutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää tulevaisuuden lämpölaitosinvestointeja suunnitellessa, mikäli laitoksella halutaan polttaa hienojakoisia polttoaineita.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Arinakattila, jyrsinturve, palaturve, lämpölaitos.		
Muut tiedot		

Author(s) Vähäsöini, Anssi	Type of publication Bachelor's thesis	Date April 2019 Language of publication: finnish
	46	Permission for web publication: X
Title of publication Functionality of milled peat in current state grate boilers		
Degree programme Degree Programme in Energy- and Environmental Technology		
Supervisor(s) Honkanen Hannariina, Hytönen Kari		
Assigned by Vapo Oy		
Abstract <p>Employer of the research was Vapo Oy. Background for the research was an improvement in cost-efficiency for typical grate boilers in district heating class. The study focused on grate technology and the largest single cost item in heating plants, fuel.</p> <p>The study aimed to find out the functionality of milled peat and the power level to be achieved by the client's current-state grate boilers. In addition, attempts were made to find problematic points in the equipment when burning milled peat, and to gain development ideas to improve problem areas and increase power levels.</p> <p>Research frame was chosen to be qualitative research. Improvement study was proceeded on combustion tests. The quality of combustion and the operation of the equipment were monitored visually, with portable and mobile measuring devices and the measurement values of the control system during the combustion tests. The results were recorded in the protocol and the results were reported to the sponsor.</p> <p>As a result of the development study, power levels were obtained by milled peat and milled peat - sod peat mixtures in two different grate boilers with existing assemblies. In addition, major problems were found in the current grate technology and the fuel conveyor technology used in grate boiler plants. The results of the research can be utilized in planning future heating plant investments if the plant wants to burn fine-grained fuels.</p>		
Keywords/tags (subjects) Grate boiler, milled peat, sod peat, heat plant.		
Miscellaneous		

Sisältö

1	Johdanto	4
1.1	Työn tausta	4
1.2	Vapo Oy	4
1.3	Työn tavoite.....	5
1.4	Työn rajaus	5
2	Tutkimusasetelma	6
2.1	Kehittämistutkimus	6
2.2	Tutkimusaineiston kerääminen.....	7
3	Arinakattila	7
3.1	Mekaaninen viistoarina	8
3.2	Palaminen.....	8
3.3	Vesihöyrypiirit	9
3.3.1	Suurvesitilakattilat	9
3.3.2	Vesiputkikattilat.....	10
3.4	Polttoaineen syöttö	10
3.5	Tuhkan poisto	11
3.6	Arinan jäähdytys.....	11
3.7	Ilmavirrat	11
3.8	Savukaasut.....	12
4	Nykytilan kartoittaminen.....	12
4.1	Haastattelut.....	12
4.2	Polttokokeet	13
4.2.1	Polttokokeiden valmistelu	14
4.2.2	Ensimmäinen polttokoe.....	15
4.2.3	Toinen polttokoe	16

	2
4.2.4 Kolmas polttokoe.....	17
5 Tulokset	21
5.1 Polttoaineen varastointi-, kuljetin- ja syöttöratkaisuiden toiminta jyrsinturpeella	21
5.2 Jyrsinturpeen toiminta arinalla	23
5.3 Jyrsinturpeen tehotaso ja savukaasuarvot.....	24
6 Kehitysehdotukset.....	27
7 Pohdinta.....	29
Lähteet	31
Liitteet.....	32
Liite 1. Polttokoe 3, palaturve, savukaasumittaukset.....	32
Liite 2. Polttokoe 3, palaturve, prosessiarvot	33
Liite 3. Polttokoe 3, seos 1, savukaasumittaukset	34
Liite 4. Polttokoe 3, seos 1, prosessiarvot.....	35
Liite 5. Polttokoe 3, seos 2, savukaasumittaukset	36
Liite 6. Polttokoe 3, seos 2, prosessiarvot.....	37
Liite 7. Polttokoe 3, seos 3, savukaasumittaukset	38
Liite 8. Polttokoe 3, seos 3, Prosessiarvot.....	39
Liite 9. Polttokoe 3, jyrsinturve, savukaasumittaukset.....	40
Liite 10. Polttokoe 3, jyrsinturve, prosessiarvot.....	41
Liite 11. Testausseloste, palaturve	42
Liite 12. Testausseloste, jyrsinturve	43

Kuviot

Kuvio 1 Mekaaninen viistoarinakattila.....	8
Kuvio 2 Tulipesän lämpötila	25
Kuvio 3 Kattilan lämpötila	26
Kuvio 4 Savukaasun lämpötila.....	26
Kuvio 5 Kattilan teho	27

Taulukot

Taulukko 1 Seospolttoaineet.....	18
----------------------------------	----

1 Johdanto

1.1 Työn tausta

Nykyaikana teollisuuden ehkä suurin ohjenuora on kustannustehokkuus. Varsinkin kovasti kilpailluilla aloilla pyritään kustannuksia leikkaamaan kaikin mahdollisin keinoin tulosta parannettaessa. Kaukolämmön tuotanto on yksi näistä aloista, joilla kilpailu on tiukkaa ja kustannuksia pyritään leikkaamaan tehostamalla toimintaa ja kartoittamalla säästökohteita. Tässä opinnäytetyössä perehdytään kaukolämmön hinnan määrittämisessä suurimpaan yksittäiseen kustannukseen, polttoaineeseen. Tarkemmin ottaen tutkimus keskittyy aluelämpökokoluokan mekaanisiin viistoarinakattiloihin ja jysinturpeen hyödyntämiseen niissä. Yleisesti tiedetään, että jysinturvetta on aikojen saatossa jonkin verran käytetty polttoaineena myös arinakattiloissa, mutta ammattitaito ja tietous on kulkenut pääsääntöisesti työntekijältä toiselle, eikä tallennettua tietoa kyseisestä yhdistelmästä juurikaan löydy.

Tarve opinnäytetyön tutkimuskohteelle muodostuu sekä Vapo Oy:n alueellisen turvetuotannon, että lämpökeskusten kehittämistarpeista. Jysinturpeen lisääminen lämpökeskusten polttoaineena poistaisi tarvetta palaturpeen käytöstä, jota on saatavissa selvästi jysinturvetta vähemmän. Samalla palaturvetta vapautuisi käyttöön polttoaineen toimitukseen sitä tarvitseville laitoksille. Palaturpeen tuottaminen on myös haasteellisempaa, koska palaturve asettaa tuotantokentille tiukemmat kriteerit kuin jysinturve. Tuotantokenttien madaltuessa ja ympäristölupamenettelyiden hitauden sekä uusien turvetuotannon ympäristölupapäätösten vähentyessä palaturpeelle on kova kysyntä. Jysinturpeen käyttöönotto lämpökeskusten polttoaineena pienentäisi polttoainekustannuksia ja antaisi kilpailuvaltin kaukolämmön hinnoitteluun.

1.2 Vapo Oy

Toimeksiantajana opinnäytetyölle toimi Vapo Oy. Vapo on kansainvälinen monialainen yritys, joka tuottaa esimerkiksi kotimaisia polttoaineita, kotimaisilla polttoaineilla tuotettua energiaa sekä kasvualustoja puhtaamman ruoantuotannon

tarpeisiin. Vapo Oy on perustettu 1940, se työllistää noin 1 000 henkilöä ja sen liikevaihto on noin 500 miljoonaa euroa. Vapo toimii Suomen lisäksi mm. Ruotsissa, Virossa, Hollannissa ja Espanjassa. Vapo konserniin kuuluu Vapo Oy:n lisäksi mm. kasvualustoja ja kasvuturpeita myyvät Kekkilä-BVB Oy ja Hasselfors Garden AB, Ruotsin turvetuotannosta vastaava Neova AB sekä Virossa vastaavaa toimintaa harjoittava AS Tootsi Turvas. (Vapo Oy)

1.3 Työn tavoite

Tavoitteena opinnäytetyössä oli kartoittaa jysinturpeen toiminnallinen nykytila toimeksiantajan arinakattiloiden polttoaineena. Tutkimus suoritettiin toimeksiantajan valitsemissa lämpökeskuksissa nykyisillä toimilaitteilla ja teknisillä ratkaisulla. Lisäksi tavoitteena oli synnyttää ideoita ja näkemyksiä tehotason ja toimivuuden parantamiseksi. Tutkimus pyrki vastaamaan seuraaviin kysymyksiin:

1. Kuinka polttoaineen varastointi-, kuljetin- ja syöttöratkaisut toimivat jysinturpeella?
2. Kuinka jysinturpe palaa arinakattilassa?
3. Millä tehotasolla jysinturpeesta saadaan tuotettua energiaa nykyisellä laituskannalla?

1.4 Työn rajaus

Työssä keskityttiin arinatekniikkaan ja sen toimintaan jysinturpeella sekä palamisen laatuun ja hieman myös savukaasupäästöihin. Kokoluokaksi valikoitui toimeksiantajalle yleinen aluelämpölaitoskokoluokka, noin 3 MW. Lisäksi keskityttiin polttoaineen varastointi-, kuljetin- ja syöttöratkaisuiden toimintaan jysinturpeella. Työssä ei ollut mahdollista tutkia tuhkan muodostumista eikä sisältöä, eikä aikataulun puitteissa ollut mahdollista määrittää hyötysuhteita. Vaikka työn lähtökohtana on säästöt polttoainekustannuksissa, työssä ei oteta kantaa taloudellisiin asioihin. Tutkimus ei keskity mahdollisiin säästöihin polttoainekustannuksissa tai kehitystä varten vaadittaviin investointeihin, vaan tutkimus perustuu puhtaasti jysinturpeen arinakattiloissa toimivuuden mittaamiseen ja arvioimiseen.

2 Tutkimusasetelma

Tutkimusotteeksi valikoitui kehittämistutkimus, koska se vastaa parhaiten opinnäytetyössä esitettyihin kysymyksiin. Opinnäytetyössä kartoitettiin kohteiden toiminnallinen nykytila, etsittiin kehittämiskohteita ja muodostettiin ideoita kehittämistyön kohteiksi. Tutkimuksen kohteen toiminnallisuus koostuu monista muuttuvista tekijöistä, eikä keskenään näennäisesti samanlaisten kohteiden vertailu ole kuitenkaan läheskään aina mahdollista. Tästä syystä lähestymistavaksi valikoitui kvalitatiivinen tutkimus.

2.1 Kehittämistutkimus

Tavallisesti kehittämistutkimus pyrkii parantamaan tutkittavaa kohdetta tai prosessia sekä kvalitatiivisen että kvantitatiivisen tutkimuksen keinoin tai pelkästään kvalitatiivista tutkimusta hyödyntäen. Kvalitatiivisen tutkimuksen tavoitteena on selittää tutkittava asia sanoin, toisin kuin kvantitatiivinen tutkimus, joka pyrkii yleistyksiin ja tarkkoihin numeraalisiin tuloksiin. (Kananen 2012, 29.)

Kriteereinä kehittämistutkimukseksi luettavalle tutkimukselle Kananen (2015, 39-41) pitää riittävää tutkimusotetta sekä tutkimusosiota, eikä kaikki parannukseen tähtäävä kehitystyö ole näin ollen kehittämistutkimusta.

Kanasen (2012, 45) mukaan kehittämistutkimus voidaan jakaa kahteen osioon: kehittämistyöhön ja tutkimukseen. Ero näiden välillä syntyy prosessissa. Kehittämistyö seuraa prosessia koko työn jatkumisen ajan tutkimusosan keskittyessä lähinnä alku- ja lopputilanteisiin. Kehittämistyössä kuljetaan prosessin tavallista reittiä pitkin keskittyen enemmän kokonaisuuksiin tutkimusosan taas pureutuessa tarkemmin tutkittavaan asiaan muodostaen oman tutkimusprosessin. Tässä tutkimuksessa kehittämistyön kohteena oli jyrshinturpeen palaminen arinakattiloissa.

Kananen (2012, 47-53) kuvailee kehittämistutkimuksen rakennetta sykliseksi, joka koostuu seitsemästä eri vaiheesta prosessin aikana:

- Suunnittelusta, jossa perehdytään tutkittavaan ilmiöön tarkemmin, etsitään teoriapohjaa ja syvennetään tutkimuskysymyksiä
- Kenttätyöstä, joka muodostuu mm. teemahaastatteluista ja havainnoista

- Tulosten analysoinnista
- Kehitys- ja parannusehdotuksien esittämisestä ja ratkaisun valinnasta
- Kehitysehdotuksista valitun ratkaisun kokeilusta
- Saavutettujen tulosten arvioinnista
- Prosessin seuraamisesta.

Tämän opinnäytetyön osalta Kanasen esittämä sykli jäi kesken, sillä aikataulun ja resurssien puitteissa ei ollut mahdollisuutta jatkaa valittujen kehitysehdotuksien valintaan ja testaamiseen asti.

2.2 Tutkimusaineiston kerääminen

Kuten aiemmin todettiin, ei kirjoitettua tietoa jyrshinturpeen palamisesta arinakattiloissa löydy. Siitä syystä tutkimusaineiston kerääminen aloitettiin teemahaastatteluin kokemusten ja perimätiedon kasaamiseksi. Arinatekniikasta on kirjoitettu paljon kirjoja, joita hyödynnettiin teknisen toiminnan ymmärtämiseksi. Suurin arvo opinnäytetyön tuloksia silmällä pitäen saavutettiin polttokokeilla, joita suoritettiin kolme ja joiden avulla saatiin kokonaiskuva jyrshinturpeen toiminnallisuudesta arinakattiloissa.

3 Arinakattila

Arinatekniikka on vanhin nykyään käytettävistä polttotekniikoista. Silti arinakattila on edelleen yleisin käytettävistä kiinteän polttoaineen kattiloista alle 10MW kokoluokassa tai kappalemäärissä laskettuna. Arinakattiloita suosii sen halpa hankintahinta leijutekniikkaan perustuviin kattiloihin nähden. Yli 10MW kokoluokassa leijutekniikan arinatekniikkaa parempi hyötysuhde korvaa korkeammat investointikustannukset. Nykyään arinakattiloita käytetään lähinnä vain veden lämmittämiseen, kaukolämmön tuottamiseen, ja höyryä tuottavat arinakattilat ovat pääsääntöisesti jätevoimalaitoksia tai tehtaiden kylkeen rakennettuja kattiloita.

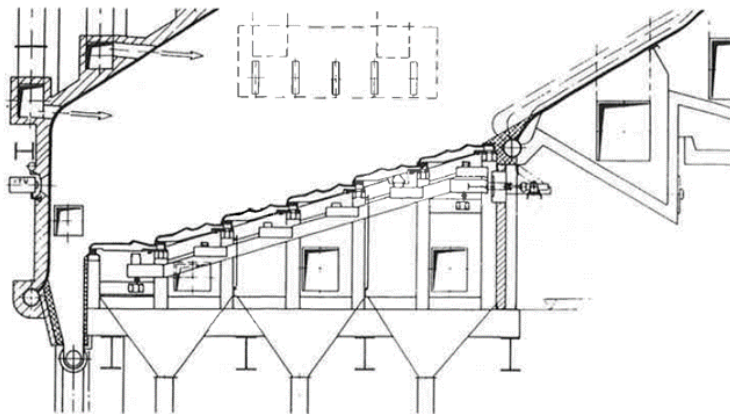
Arinat voidaan jakaa karkeasti kiinteisiin ja mekaanisiin arinoihin. Kiinteitä arinoita käytetään yleensä pienemmissä kattiloissa, isommissa kattiloissa käytetään yleensä mekaanista arinaa. Suuremmissa kattiloissa on suuren polttoainevirran takia myös automaattinen tuhkan poisto ja polttoaineensyöttö. (Raiko et al. 2002, s.133) Lisäksi

arinat voidaan karkeasti erotella jäähdytystavan avulla ilma- ja vesijäähdytteisiin arinoiniin. Pienet arinakattilat ovat usein ilmajäähdytteisiä ja jäähdytetään arinan alta virtaavalla primääri-ilmalla. Suurempien kattiloiden arinat jäähdytetään vedellä, joka on osa kattilan vesikiertoa.

Arinat voidaan jakaa tarkemmin viiteen päätyyppiin: kiinteä tasoarina, kiinteä viistoarina, mekaaninen viistoarina, ketjuarinat ja erikoisarinat (Raiko et al. 2002, s.472). Arinatyyppin lisäksi kattilat voidaan jakaa myös niiden vesihöyrypiirin rakenteen mukaan joko suurvesitilakattiloiksi tai vesiputkikattiloiksi.

3.1 Mekaaninen viistoarina

Mekaaninen viistoarina on yleisin lämpökeskus kokoluokan kattiloissa kiinteitä polttoaineita poltettaessa. Arina on mekaaninen ja liikkuu yleensä hydraulisesti joko sylintereillä tai epäkeskoakseleilla edestakaisin. Arinarautojen liike liikuttaa polttoainetta arinalla eteenpäin, jolloin arinan kulman ei tarvitse olla yhtä jyrkkä kuin kiinteillä viistoarinoilla. Myös tärinällä polttoainetta liikuttavia arinoita on valmistettu. (Huhtinen ym. 2000, 150-151.)



Kuvio 1 Mekaaninen viistoarinakattila

3.2 Palaminen

Palaminen arinalla jakautuu kolmeen vaiheeseen: kosteuden haihduttaminen, pyrolyysi ja haihtuvien aineiden palaminen sekä jäännöshiilen palaminen. Näistä suurimman osan arinan pinta-alasta vie polttoaineen kosteuden haihduttaminen. Tästä

syystä polttoaineen laadun vaihtelut vaikuttavat suuresti palamisen laatuun arinakattilassa, jossa ei ole leijupetikattilan suurta energiavarastoa, hiekkaa tasoittamassa palamista. Kosteuden haihtumisnopeuteen voidaan vaikuttaa tulipesän muotoilulla ja mitoituksella. Muotoilu on tärkeää myös pyrolyysin, mutta etenkin haihtuvien aineiden palamista varten. Ilmavirtojen ja palavien kaasujen hyvä sekoittuminen takaa hyvän palamisen ja pienentää palamisilman syöttötarvetta sekä savukaasujen muodostumista ja päästöjä. Hitain ja myös paljon tilaa vievä vaihe on jäännöshiilen palaminen, joka tapahtuu arinan loppupäässä ennen tuhkan putoamista sammutuskaukeroon.

Arina on suunnitteluvaiheessa jo mitoitettu ja jaettu palamisvyöhykkeisiin. Kiinteiden arinoiden viistokulma muuttuu loppua kohti ja mekaanisten arinoiden liikkeiden mitat sekä nopeudet vaihtelevat alku- ja loppupäissä. Tästä johtuen toiset kattilat soveltuvat eri polttoaineille paremmin kuin toiset. On tärkeää muistaa palamista säädettäessä, että yhtä polttoainekappaletta ajateltaessa kaikki vaiheet seuraavat toisiaan saumattomasti, vaikka arinalla onkin koko ajan jokaisessa vaiheessa olevia polttoaineita. Arinan liikkeiden säätäminen (mekaaniset arinat) perustuukin polttoaineen palamisen seuraamiseen. Kosteaa ja suurijakeista polttoainetta joudutaan ajamaan huomattavasti rauhallisemmilla säädöillä kuin esimerkiksi kuivaa pellettiä.

3.3 Vesihöyrypiirit

3.3.1 Suurvesitilakattilat

Suurvesitilakattiloissa tulipesä on käytännössä ympäröity vesitilalla, eli polttoaine palaa tulitorvessa. Tulitorvesta savukaasut jatkavat tuliputkiin ja eteenpäin savupiippuun. Suurvesitilakattiloita on usein pienemmissä kokoluokissa, koska suuremmassa mittakaavassa lämmönvaihtopinta-alaa täytyy kasvattaa, joka nostaa kattilan hintaa. Myös paineluokat pysyvät näillä kattiloilla kohtalaisen matalina, koska paineen kasvu johtaisi vahvempiin materiaaleihin ja sitä myöten suurempiin kustannuksiin. Paineluokka on yleensä alle 20 baaria, jolloin kattilan painekuoret eivät rajoita vesitilaa liikaa. Suurvesitilakattiloista käytetään usein myös nimeä tulitorvikattila. (Huhtinen 1994, s.104)

3.3.2 Vesiputkikattilat

Vesiputkikattilassa vesi kiertää putkistossa savukaasukanavassa, jossa vesi lämpenee ja mahdollisesti höyrystyy. Parhaiten vesiputkikattilan ja suurvesitilakattilan eroa kuvaava se, että suurvesitilakattilassa tuli on veden sisällä, kun taas vesiputkikattilassa vesi on tulen sisällä. Vesiputkikattila on yleisemmin käytetty vaihtoehto kaikissa lämmitys- mutta varsinkin höyrykattiloissa. (Huhtinen 1994, s.104)

3.4 Polttoaineen syöttö

Polttoaineen syöttö ennen arinalle syöttöä on hyvin pitkälti saman kaltainen prosessi kuin kaikilla kiinteän polttoaineen polttolaitoksilla. Polttoaine kuljetetaan yleensä kokolajittimilla pieneen välisiiloon, josta polttoaine syötetään arinalle joko ylä- tai alakautta arinan yläpäähän. Poikkeuksena voidaan pitää kekoarinaa, jossa polttoaine tuodaan arinan keskelle sekä tasoarinaa, jossa polttoaine syötetään yleensä käsin. Arinatekniikalle varsin yleisten takapalojen takia polttoainelinjaan on yleensä sijoitettu palopelottejä katkaisemaan ilmatila kattilasta takaisin päin. Kiinteän viistoarinan polttoaineen syöttö tapahtuu usein pelkästään palopelleillä, joiden väliin jäävän polttoaineen syöttönopeudella säädetään polttoaineen kulkeutumista arinalle. Palopellin jälkeen polttoaine valuu arinalle painovoimaisesti. Tätä tapaa on yritetty osaltaan hyödyntää myös mekaanisissa arinoissa, mutta kasvavan takapaloriskin takia se ei ole juurikaan yleistynyt. Yleisin mekaanisen viistoarinan syöttömenetelmä on syöttöruuvi, joka pyörinnällään työntää polttoainetta arinalle. Polttoaineen syöttöä voidaan säätää syöttöruuvien kierrosnopeutta säätämällä sekä suurempaa säätöä tarvittaessa ruuvien lehden kulmaa ja korkeutta muuttamalla. Tämä vaatii kuitenkin laitoksen alarajon, eikä huolellisesta suunnittelusta johtuen tälle ole yleensä tarvettakaan. Syöttöruuvien määrä vaihtelee kokoluokan mukaan yhdestä useampiin. Toinen yleisesti käytössä oleva on niin sanottu pökkijä syötin, joka on käytännössä hydraulisesti edes takaisin liikkuva laatikko ja työntää liikkeellään polttoainetta arinalle. Polttoaineen syöttöä säädetään liikkeen pituutta ja nopeutta säätämällä. Tavoitteena kaikilla polttoaineen syöttötavoilla on palamisen kannalta tärkeä tasainen polttoainekerros.

3.5 Tuhkan poisto

Tuhka poistetaan arinasta pienessä kokoluokassa yleensä manuaalisesti joko kiinteällä kairalla tai erillisellä työkalulla vetämällä. Suuremmassa mittakaavassa tuhkan poisto on aina koneellista ja automatisoitua. Koneellisessa tuhkan poistossa tuhka putoaa yleensä arinan liikkeiden kuljettamana tuhkasuppiloon, josta se johtuu vesitiilaan jäähtymään. Näissä kattiloissa arinan alla on yleensä tuhkan vesitila, jolle arinan liikkuaessa arinan päästä sekä arinan läpi tippuu palavaa ja palamatonta polttoainetta. Kosteita ja raskaita polttoaineita poltettaessa tämä ei ole kovin merkittävä riski, mutta kuivia ja kevyitä polttoaineita käytettäessä polttoainetta saattaa jäädä kellumaan vesitiilan pinnalle ja syttyä palamaan, aiheuttaen ns. alapalon. Yleensä arinan läpi tippuva polttoaine sekä loppupäästä tippuva tuhka kuitenkin vajoaa tuhkatilan pohjalle, josta se kulkeutuu kolakuljettimella tuhkakonttiin pois kuljetettavaksi.

3.6 Arinan jäähdytys

Arinan jäähdytykseen on kaksi tapaa. Huomattavasti yleisempi ja edullisempi tapa on ilmajäähdytys, jolloin arinan läpi puhallettava primääri-ilma jäähdyttää arinaa. Tällöin ilmaa ei voida esilämmittää, jolloin jäähdytys teho laskisi. Toinen tapa on jäähdyttää arinaa vesikiertoisesti. Tästä löytyy ratkaisuja, jossa arina jäähdytetään täysin omalla vesikierrolla ja tämä energia hyödynnetään palamisilman ja syöttöveden esilämmittämiseen, mutta yleisemmin käytetään suoraan kattilavettä kierrätettynä putkissa arinarautojen alla.

3.7 Ilmavirrat

Arinan läpi puhallettava primääri-ilma toimii suurimpana osana palamisilmaa. Lisäksi tulipesän eri kerroksiin johdetaan sekundääri- ja mahdollisesti tertiääri-ilmoja sekä tarvittaessa kiertokaasua savukaasukanavasta. Jokaiselle ilmansyötölle on omat puhaltimet ja kanavapellit. Primääri-ilma tulisi saada kohdistettua arinan alla tasaisesti koko arinan leveydelle pyrolyysikohtaan painottuen, siksi arinan alla käytetään usein ohjauspeltejä. Sekundääri- ja tertiääri-ilmojen tärkein tehtävä on sekoittua haihtuvien kaasujen kanssa ja parantaa palamisen laatua, ilmaa ohjataan erilaisilla suutti-

milla ja säätöpelleillä haluttuihin pisteisiin. Kiertokaasun käyttöä ei juurikaan suositella, mutta se saattaa olla aiheellista hillitsemään tulipesän lämpötilaa tai savukaasupäästöjä.

3.8 Savukaasut

Savukaasut johdetaan kokoluokasta riippuen joko suoraan painovoimaisena ulos tai puhdistuslaitteiston kautta savukaasupuhaltimen avustamana savupiippuun. Yleisin käytettävä laitteisto on sykloni, jonka toiminta perustuu keskipakoisvoimaan. Arinakattilassa syntyy polttoaineesta riippuen yleensä hiili-, typpi- ja rikkioksidiyhdisteitä, sekä pienissä määrin myös dioksiineja ja furaaneja. Nämä johtuvat yleensä epätäydellisestä palamisesta ja ovat peräisin polttoaineesta. Savukaasujen arvoja mitataan yleensä savukaasukanavassa sijaitsevista mittausyhteistä joko jatkuvatoimisilla kiinteillä tai jaksoittaisesti liikuteltavilla mittauslaitteilla. Paras keino vähentää päästöjä on varmistaa sekundääri-ilman ja haihtuvien polttoaineiden riittävä sekoittuminen, tarpeeksi korkea lämpötila sekä riittävä savukaasujen viipymä tulipesässä.

4 Nykytilan kartoittaminen

Nykytilan kartoittaminen toteutui varsinaisesti polttokokeilla, mutta ennen polttokokeita oli aiheeseen tutustuttava mahdollisimman hyvin, jotta polttokokeiden tulokset vastaisivat todellista nykytilannetta. Koska aiheesta ei tietoa kirjoitetussa muodossa ollut saatavilla, oli paras keino kokonaisuuden hahmottamiseksi jalkautua haastattelemaan alan ammattilaisia.

4.1 Haastattelut

Haastatteluiden tarkoitus oli perehdyttää opinnäytetyön tekijä arinatekniikkaan ja antaa kokonaiskuva arinakattilan säätämisestä sekä kerätä ideoita jyrshinturpeen soveltuvuudesta arinalle. Haastattelun kohteeksi valikoitui useita alalla pitkään toimineita henkilöitä. Nämä haastattelut antoivat konkreettisen tартtumapinnan arinatekniikkaan ja ymmärrystä arinan säätämistä varten.

Haastattelut suoritettiin teemahaastatteluina yksilöittäin, koska haastateltavia oli kohtalaisen pieni rajattu joukko. Lisäksi haastatteluiden aiheen rajaus katsottiin lähes olemattomasta lähdemateriaalista johtuen haasteelliseksi ja näin ollen haastatteluiden sisältöä ei haluttu liiaksi määritellä, tilanteen annettiin kehittyä haastateltavan sisältöannin mukaan ja vain keskustelulle välttämättömät pääkohdat oli kirjattu ylös haastattelun rungoksi.

Haastatteluissa ylläpidetyt pääkohdat joihin pyrittiin syventymään tarkemmin olivat polttoaineen syöttö, arinan säätäminen sekä palamisilmojen syöttö. Nämä muuttuvat tekijät tulisi saada oikeisiin säätöihin, jotta nykytilan selvittäminen onnistuisi. Lisäksi haastatteluissa selvitettiin parhaiten soveltuvaa jysinturvelaata, mahdollisia seospolttoaineita sekä polttoaineen kuljetinratkaisuiden ongelmakohtia hienojakoisilla polttoaineilla. Haastatteluiden pohjalta lähdettiin suunnittelemaan polttokokeita ja valitsemaan poltettavia jysinturvelaatuja.

Haastattelut suoritettiin nimettöminä ja haastateltavat henkilöt koostuivat kokeneista ammattilaisista joiden joukossa oli konsulttiyrityksen toimitusjohtaja, kattilatoimittajien suunnittelu- ja käyttöönottohenkilöstöä, voimalaitosten käyttöhenkilöitä sekä lämpökeskusyrittäjiä. Haastatteluiden anti oli henkilöiden osaamisesta ja ekspertiisista riippuen kirjavaa ja monipuolista. Suurin osa vastanneista oli sitä mieltä, että turve tulee toimimaan arinalla joko huonosti tai kohtalaisen huonosti, tehotasoon peilaten noin 50% tehotasolla tai alle. Ongelmia odotettiin pääsääntöisesti polttoaineen ilmanläpäisyn ja keveyden johdosta sekä tuhkan sulamiskäyttäytymisessä. Haastatteluiden sisältöä tutkittiin kokonaisuutena, koska yksittäinen vastaus pystyi vain harvoin vastaamaan suoraan toimeksiantajan laitteistoon ja suunniteltaviin polttokokeisiin.

4.2 Polttokokeet

Tuntemattoman polttoaineen toimintaa tietyssä kattilaratkaisussa on vaikeaa, jollei mahdotonta tutkia ilman polttoaineen polttamista kyseisissä kattiloissa, siksi tavoitteiden saavuttamiseen pyrittiin polttokokeiden kautta. Polttokokeiden suunnittelun lähtökohtana toimi haastattelut, joiden pohjalta valittiin polttokokeissa käytettävät lämpökeskukset.

4.2.1 Polttokokeiden valmistelu

Ensimmäiset kaksi polttokoetta suoritettiin Jämsän Hallissa keväällä 2017 valmistuneessa lämpökeskuksessa. Lämpökeskuksen oli toimittanut Vaasan Kuljetuskanavat Oy ja kattilana toimi Danstokerin 3 MW:n mekaaninen viistoarinakattila. Polttoaineen syöttö tapahtui kahdesta purkumontusta tankopurkaimin kolakuljettimelle, josta polttoaine eteni välisiiloon ja siilon pohjalta kolmen stokeriruuvin kautta arinalle. Arina oli kolmevaiheinen, kuten myös primääri-ilman syöttö. Sekundääri- ja kiertokaasupuhaltimia oli yksi kumpiakin. Savukaasut puhdistettiin syklonilla.

Ensimmäisen polttokokeen suunnitteleminen oli haastavaa, koska aikaisempaa kokemusta tai kirjoitettua tietoutta asiasta ei ollut. Jyrsinturpeiden laaduissa on huomattavia eroavaisuuksia, joten liikkeelle lähdettiin jyrsinturpeen laadun valinnasta. Lämpölaitoksen operaattori oli aiemmin toimeksiantajan pyynnöstä polttanut yhden kuorman jyrsinturvetta tutkimuspohjaa luodakseen. Tätä toimeksiantajan teettämää polttokoetta kutsutaan myöhemmin testipoltoksi selkeyden vuoksi. Tämän kokemuksen, haastatteluiden ja teorian pohjalta polttoaineen valinnassa painotettiin arinalla toimivuutta ja jyrsinturpeeksi valikoitui melko nuorelta suolta nostettu rahkainen ja kohtalaisen vaalea, pitkäsaikeinen turve. Koska lämpölaitosta ei ole suunniteltu jyrsinturpeen polttoon vaan suurijakeisemmille ja tasalaatuisille polttoaineille, ei laitoksella ollut polttoaineen seulontaa. Jyrsinturpeessa nostotavasta riippumatta on aina myös suurempiakin kappaleita mukana, kantoja ja puun rungon paloja. Nämä kappaleet tulisivat kulkeutuessaan laitoksen toimilaitteisiin muodostamaan vähintään tukkeutumisia, mahdollisesti myös rikkoutumisia. Polttoaineen lastauspäähän päädyttiin hankkimaan siirrettävä seula polttoaineen laadunvarmistamiseksi. Lämpölaitos käytti pääpolttoaineenaan polttokoetta suunniteltaessa haketta, joten toinen siilo varattiin täyteen haketta mahdollisten ongelmien varalta ja polttokokeiden valmistumisen jälkeen käyttöön otettavaksi polttoaineeksi.

Testipoltossa siilon tankopurkaimet olivat muodostuneet ongelmaksi. Jyrsinturve on suurijakeisia polttoaineita sitoutuvampaa, jolloin holvaamisen riski kasvaa. Lisäksi turvetta oli jäänyt paksuuntuva kerros tankopurkainten ja siilon pohjan välille kasvat- taen kitkaa. Testipoltossa turve oli holvaantunut siiloon, eikä tankopurkaimet olleet pystyneet kuljettamaan riittävästi polttoainetta arinalle riittävän tehon saamiseksi.

Tästä johtuen päädyttiin jysinturvetta ottamaan siiloon vain puolet edellisestä kuormasta, noin 50 m³. Näin välttyttäisiin holvausongelmalta ja myös pintapaine tankopurkaimien ja siilon lattian välillä pienenee.

Kolakuljettimen, välisiilon ja stokeriruuviin oletettiin toimivan jysinturpeen kanssa hyvin. Kolakuljettimen kolat olivat tarpeeksi korkeat riittävän polttoainemäärän kuljettamiseksi, välisiilo oli alaspäin aukeava ja koko siilon pohjalle putoava polttoainekerros oli käytännössä stokeriruuviin päällä. Silmämääräisesti tutkittuna jysinturpeen uskottiin kulkevan laitteistossa hyvin. Stokeriruuviin lehtien kulmaa tai nousua ei tiedetty, joten jysinturpeen etenemistä arinalle ja ruuviin pyörimisnopeutta ei osattu arvioida etukäteen. Myöskään arinaraudoista tai primääri-ilmojen jaosta arinan alla ei ollut tarkkaa tietoa.

Savukaasumittausten mittausyhde löytyi savukaasukanavasta ennen sykloonia, josta poistettiin analoginen lämpötilamittaus. Samasta kohdasta prosessia ohjausjärjestelmä mittasi savukaasujen lämpötilaa sekä jäännöshapetta. Savukaasujen mittauksiin saatiin Vaasan Kuljetuskanavat Oy:ltä, lämpölaitoksen toimittajalta, Drägerin kannettava savukaasujen mittauslaite.

4.2.2 Ensimmäinen polttokoe

Ensimmäinen polttokoe käynnistyi, kun esivalmistelut saatiin tehtyä. Asialistalla ensimmäisenä oli referenssiarvojen kerääminen. Tässä tapauksessa referenssiksi mitattiin hakkeella suoritettujen polttojakson tulokset, koska hake toimi lämpökeskuksen silloisena pääpolttoaineena. Mittaukset oli nopeasti suoritettu, koska kattila oli valmiiksi hakkeelle säädetty. Tulokset merkittiin mittauspöytäkirjaan myöhempää tarkastelua varten. Näitä tuloksia käytettiin referenssinä myös toiseen polttokokeeseen.

Jysinturvekuorman saavuttua turvetta alettiin lisäämään polttoon asteittain hakkeen määrää seoksessa samalla pudottaen. Mittaukset oli tarkoitus aloittaa, kun parhaat mahdolliset säädöt jysinturpeelle löytyvät. Tähän pisteeseen ei kuitenkaan ikinä päästy, sillä varsin pian pelkkää jysinturvetta syötettäessä välisiilo holvasi, eikä turve edennyt arinalle. Kolakuljettimen tai välisiilon pintarajojen säätämällä ei saavutettu ratkaisua ongelmaan, joten saapunut turvekuorma päädyttiin polttamaan hakkeen seassa seospolttona pois. Valittu turvelaatu oli liian kevyttä, eikä kulkenut välisiilossa

vaan jäi odottamattomasti stokeriruuviin päälle kellumaan. Ensimmäisen polttokokeen tulokset jäivät siis erittäin laihoiksi, joskin oppia seuraavaan kertaan saatiin vähintään polttoaineen laadun valintaan.

4.2.3 Toinen polttokoe

Toinen polttokoe suoritettiin samassa lämpökeskuksessa ensimmäisen polttokokeen kanssa ja tätä varten tehdyt valmistelut päivät myös toisen polttokokeen osalta. Ensimmäisestä polttokokeesta opittiin, että turvelaadun tulisi olla hienojakeisempi ja mahdollisesti myös raskaampi. Haastatteluissa ja ennen opinnäytetyötä suoritettua testipoltossa kuitenkin kävi ilmi, ettei pölyävä ja hienojakoinen jyrsinpolttoturve kuitenkaan olisi paras vaihtoehto polttoaineeksi. Näihin tietoihin pohjaten seuraavaksi poltettavaksi turvelaaduksi valikoitui näiden ääripäiden välimalli. Myös tämä turve seulottiin lastattaessa ja sitä toimitettiin poltettavaksi 50 m³ erissä.

Toisessa polttokokeessa jyrsinturve saatiin kulkemaan arinalle asti lähes ongelmitta ja arinan säätöjä lähdettiin muokkaamaan siitä mihin ensimmäisen polttokokeen aikana päädyttiin. Polttoaineen käyttäytymisessä kuljetinlaitteistossa ei ollut suurempia ongelmia, välisiilon seinille kerrostuvan ja mikroaaltosensoreita sotkevan turvekerroksen lisäksi. Välisiilon pintarajoista huolehtivien sensoreiden vahvistuksia säätämällä ongelma pystyttiin ohittamaan ja pääpaino polttokokeessa pystyttiin siirtämään palamisen säätämiseen ja tarkkailuun.

Parhaiden mahdollisten säätöjen löydyttyä suoritettiin mittaukset savukaasumittarilla ja otettiin ohjausjärjestelmästä tarvittavat tiedot ylös. Silmämääräistä tarkastelua tulipesään ja kuljettimille suoritettiin koko koejakson ajan. Tulokset merkittiin mittauspöytäkirjaan. Mittaukset savukaasumittarilla suoritettiin CO ja NO_x päästöille, savukaasun lämpötilalle ja ylijäämähapelle. Valitettavasti mittalaitetta ei saatu ennakotiedosta poiketen yhdistettyä tietokoneeseen, jolloin oltaisiin saatu kaikki arvot kirjattua saman aikaisesti muistiin halutulla mittaustiheydellä. Tilanteessa päädyttiin mittaamaan jokainen arvon erikseen. Rajallisen aikataulun puitteissa ehdittiin suorittaa kaksi kymmenen minuutin mittausjaksoa kullekin suurelle, joista kone laski automaattisesti keskiarvot. Ohjausjärjestelmästä kirjattiin ylös kattilan ja tulipesän läm-

pötilat, kattilan alipaine, sekä ylijäämähapen ja tehon arvot. Lisäksi kirjattiin stokeriruuvien, arinoiden sekä puhaltimien ohjausarvot. Tuhkan muodostumista ja laatua olisi haluttu seurata, mutta ajamatta kattilaa alas, ei seuranta olisi ollut mahdollista.

4.2.4 Kolmas polttokoe

Kolmas polttokoe suoritettiin Padasjoella, niin ikään Vaasan Kuljetuskanavien toimittamassa lämpökeskuksessa. Ensimmäisistä polttokokeista poiketen kolmannessa polttokokeessa käytetty kattila oli hieman pienempi, teholtaan 2,5 MW ja tämän kattilan valmistaja oli Laatukattila Oy. Kattila oli toimintatavaltaan mekaaninen viistoarina ja arinan ohjaus oli kaksivaiheinen. Primääri-ilmapuhaltimia oli kaksi, sekundääri- ja kiertokaasupuhaltimia yksi kumpiakin. Polttoainesiloja oli kaksi kappaletta, joista polttoaine siirrettiin tankopurkaimin kolakuljettimen kautta välisiilon. Välisiilo oli Hallin lämpökeskuksesta poiketen pyöreä, sekoittimella ja kahdella giljotiinipellillä varustettu. Siilon pohjalla oli kaksi stokeriruuvia Hallin kolmen ruuvien sijaan.

Silmämääräisen tarkastelun perusteella arvioitiin polttoaineen kulkemisesta tulevan mahdollisesti ongelmia juuri välisiilon, paloturvallisuutta parantamaan asennetun, kahden giljotiinin muodostaman pulssisyötön myötä. Tässä rakenteessa polttoaine syötetään kolakuljettimilta välisiilon päällä olevien giljotiinipeltien väliin. Kun peltien välissä sijaitsevat pintarajat tunnistavat halutun pinnankorkeuden, ylempi giljotiini sulkeutuu ja alempi giljotiini avautuu pudottaen polttoaineen välisiilon. Tällä tavoin polttoainevirta ja ilmatila eivät ole ikinä yhtenäisiä arinalta kolakuljettimille, joka ehkäisee pölyräjähdysten ja takapalon vaaraa tahokkaasti. Näiden giljotiinipeltien väliin jäävä tila oli suorakaiteen muotoinen, eikä lainkaan alaspäin aukeava ja tästä syystä arvioitiin polttoaineen holvaamisen riskin kasvavan oleellisesti.

Kolmannen polttokokeen suurin ero ensimmäisiin polttokokeisiin ei kuitenkaan löydy lämpökeskuksen tekniikasta vaan polttoaineesta. Tällä kertaa tarkoituksena oli suorittaa mittaukset myös seospoltossa palaturpeen kanssa. Palaturve toimi lämpökeskuksen pääpolttoaineena, joten palaturve toimi myös referenssipolttoaineena. Referenssipolttoaineena toiminut palaturve oli toimitettu eri suolta kuin seospolttoaineeksi käytetty palaturve, laatu oli hieman heikompi ja polttoaineen kosteus myös suurempi. Tämä on otettava huomioon vertailtaessa

tuloksia keskenään. Jyrsinturpeena käytettiin samaa turvelaata kuin toisessa polttokokeessa ja seospolttoaineena toiminut palaturve toimitettiin logistisista syistä samalta suolta kuin jyrsinturve. Polttoaineet seulottiin ja sekoitettiin lastauspäässä. Sekoitussuhteina seospoltossa toimi taulukon 1 mukaiset sekoitus suhteet:

Seos	Jyrsinturve, til-%	Palaturve, til-%
Referenssipolttoaine	0	100
Seos 1	50	50
Seos 2	61	39
Seos 3	90	10
Jyrsinturve	100	0

Taulukko 1 Kolmannessa polttokokeessa käytetyt seospolttoaineet

Kolmas polttokoe erosi aiemmista myös aikataulun suhteen. Edellisten polttokokeiden kestojen ollessa alle vuorokauden mittaisia, oli kolmannelle polttokokeelle varattu viikon mittainen testijakso. Palamisen seuranta vaati ympärivuorokautista miehitystä lämpökeskukselle, joka järjestyi lämpökeskuksen operoinnista vastaavan toimeksiantajan aliurakoitsijan toimesta.

Aikataulu koejaksolle rakentui referenssiarvojen mittauksesta, kolmen polttoaineseoksien sekä jyrsinturpeen polttokokeista ja mittauksista. Aikataulun laadinta oli kohtalaisen haastavaa, koska käytössä oli vain yksi purkumonttu seospolttoaineille. Toisessa purkumontussa täytyi olla palaturvetta mahdollisten ongelmien varalta. Tästä johtuen polttoainemäärien laskeminen oli tärkeässä osassa aikataulun hallintaa. Purkumonttu tulisi saada mahdollisimman tyhjäksi edellisestä polttoaineesta, jotta päästään tarkimpiin mahdollisiin tuloksiin. Kuvien polttoaineiden määriä laskettaessa huomioon otettiin polttoaineiden energiasisällöt ja seossuhteet, ulkoilman lämpötilaennusteet, oletetut kaukolämpökuormat sekä oletetut hyötysuhteet seospolttoaineilla. Näillä tekijöillä saatiin laskettua riittävät polttoainemäärät kullekin polttoaineseokselle. Aikataulu rakentui vuorokauden mittaisista polttojaksoista, joissa iltapäivällä tapahtuisi polttoaineen vaihto. Kattilan säätäminen tapahtuisi illan ja yön aikana, jolloin aamupäivällä olisi mittausten vuoro ja iltapäivällä purkumontun tulisi olla taas mahdollisimman tyhjillään ja seuraavan polttoainekuorman jo valmiina purkua odottamassa.

Polttoainelogistiikkaa onnistui jouhevasti lämpölaitoksen urakoitsijan toimesta. Urakoitsijalla oli oma ajoneuvoyhdistelmä, jolla hän hoiti lämpökeskuksen polttoainelogistiikan. Sääolosuhteet olivat suotuisat, sillä kohtalaisen lauhan ulkoilman myötä ajoneuvoyhdistelmän oli mahdollista jättäytyä muista ajosuoritteista pois ja yhdistelmä oli pelkästään polttokokeiden käytössä koko viikon. Lauha sää edesauttoi myös siinä mielessä, ettei turve ehtinyt jäätymään ajoneuvoon vaan pystyimme käyttämään kuormatilaa välivarastona. Tämä helpotti aikataulutusta merkittävästi ja samalla pienensi kustannuksia, kun jokaista seossuhdetta ei tarvinnut hakea suolta erikseen vaan pystyimme lastaamaan ja kuljettamaan yhdistelmällä kaksi seossuhdetta kerralla.

Alustavan aikataulun mukaisesti referenssipolttoaineen mittaukset palaturpeella suoritettiin maanantaina aamupäivästä. Aikaisempien polttokokeiden tavoin, savukaasut analysoitiin kannettavalla savukaasujen mittalaitteella. Mittausyhte sijaitsi ennen sykklonia. Tällä kertaa laitteena toimi Teston savukaasumittari, joka saatiin liitettyä tietokoneeseen. Mittaukset suoritettiin CO, NOx ja SO₂ päästöille, ylijäämähapelle sekä savukaasujen lämpötilalle. Mittausjakso kesti noin kymmenen minuuttia ja tulokset kerättiin viiden sekunnin välein. Mittaus tapahtui samanaikaisesti kaikille mitattaville kohteille ja ohjausjärjestelmän arvot kerättiin samalta ajankohdalta. Mittauslaitteen tulokset ja ohjausjärjestelmästä kerätyt tiedot kirjattiin ylös mittauspöytäkirjaan (ks. liitteet 1-10). Kaikkien koepolttoaineiden ja -seosten mittausjaksot suoritettiin samalla tavalla.

Ensimmäisen seospolttoaineen, 50 % palaturvetta ja 50 % jyrshinturvetta, polttokoe alkoi heti referenssimittausten jälkeen, koska toinen purkumonttu oli ajettu tyhjäksi jo ennen mittauksia. Polttoaineen käsittelylaitteiden ja palamisen seuraaminen tapahtui silmämääräisesti koko testijakson ajan. Havainnoinnin perusteella palamista säädettiin useaan otteeseen. Jokaisella seospolttoaineella suoritettiin myös välimittauksia savukaasuille, joiden avulla palamisen laatua ja kehityksen suuntaa pystyttiin seuraamaan myös numeraalisesti. Kattilan säädöt löytyivät melko nopeasti ja yöksi vuoroon tulleelle operaattorille jäikin vastuulleen lähinnä silmämääräinen havainnointi ja polttoaineen saannin varmistaminen, mittaukset tulnaisiin suorittamaan vasta seuraavana aamuna. Vaikka mittaukset olisi voinut palamisen tason puolesta suorittaa jo illalla, mittausten sijoittaminen aivan polttoainesiihon

tyhjentyä edeltävälle ajanjaksolle toi varmuuden siilon edellisen polttoaineen poistumisesta siilon pohjalta.

Koejaksoa olisi voinut lyhentää reilusti palamisen säätöön tarvittavan ajan puolesta, mutta polttoainetasku oli poltettava kuitenkin tyhjäksi ennen seuraavan polttoaineseoksen purkamista. Toisaalta polttojakso haluttiin pitää vuorokauden mittaisena myös siitä syystä, että polttoaineiden seulominen ja sekoittaminen lastauspäässä vaaditulla tarkkuudella oli kyllin haastavaa päivän valoisaankin aikaan, eikä tammikuun lyhyinä päivinä pelivaraa juurikaan ollut. Lisäksi uuden seospolttoaineen käyttöönotto, kattilan säätäminen ja mittausten suorittaminen olivat tärkeä osa tutkimusta, eikä näitä tehtäviä haluttu vierittää yksistään yöllä laitoksella päivystäneen urakoitsijan harteille.

Tiistai aamuna palaminen oli toisen seospolttoaineen osalta säädetty parhaaksi katsomallamme tavalla ja oli mittausten aika. Mittaukset suoritettiin referenssipolttoaineen mittauksissa kerrotulla tavalla. Toinen seospolttoainekuorma purettiin polttoainesiiloon ja turveyhdistelmä pääsi matkaan seuraavia seoksia lastaamaan. Sillä aikaa lämpökeskuksella säädettiin prosessia poltossa olleelle polttoaineseokselle. Muiden seospolttoaineiden kanssa toimittiin edellä mainitulla tavalla, eikä suurempia ongelmia ilmennyt.

Aikataulu hieman kiristyi loppua kohden ulkoilman lämpötilan laskiessa ja sitä myötä kaukolämpökuorman kasvaessa, joten lasketut polttoainemäärät eivät aivan riittäneet vuorokauden mittaisiin polttojaksoihin. Herätyskelloa säädettiin hieman aikaisemmaksi, joten ongelmia tästä ei koitunut. Lopulta viimeisen polttoaineen, puhtaan jyräinturpeen, kohdalla päädyttiin suorittamaan mittaukset jo viimeistä suunniteltua polttokoepäivää edeltävänä iltana, torstaina. Palaminen oli saatu säätöihin ja muutoin mittausjakso olisi sijoittunut kolmen ja neljän väliin aamuyöstä polttoaineen loppumisesta johtuen. Mittausjakson jälkeen kerättiin ohjausjärjestelmästä tarvittavat arvot mittauspöytäkirjaan (ks. liitteet 1-10) ja polttoaineeksi vaihdettiin palaturve, jota oli toisessa polttoainesiilossa.

5 Tulokset

5.1 Polttoaineen varastointi-, kuljetin- ja syöttöratkaisuiden toiminta jysinturpeella

Ennen varsinaisen opinnäytetyön alkamista toimeksiantajan suorittamassa testipoltossa todettiin erittäin hienojakoisen jysinturpeen muodostuvan liian suurena määränä ongelmaksi tankopurkaimille. Ensimmäinen kokeiltu polttoaine olikin pitkäsaikaisempi ja suurijakeisempi vaalea jysinturpe. Samalla määrää purkumontussa pienennettiin puoleen testipolttokokeesta. 50 m³ määrällä ja pitkäsaikaisella turpeella tankopurkaimet toimivat moitteetta, joskin purkainten siirtokyky jysinturpeella oli suurijakeisempiin polttoaineisiin nähden heikompi ja purkaimet joutuivat tekemään enemmän työtä riittävän polttoainemäärän siirtämiseksi. Kolakuljetin oli toiminut testipoltossa hyvin kuten ensimmäisessä polttokokeessakin. Välisiilon kanssa ongelmaksi muodostui polttoaineen holvaaminen. Ensimmäinen turvelaatu oli liian pitkäsaikaisista ja kevyttä, eikä stokeriruuvit saaneet otetta turpeesta vaan turpe jäi kellumaan ruuvien päälle. Ruuvien tyhjentyessä takapalo lähestyi syöttösiiloa ja syöttöruuvien sprinklerit laukesivat lämpötilan kasvettua liian suureksi. Polttoaineeksi päädyttiin vaihtamaan toisessa siilossa ollut hake ja samalla yritimme saada kuljettimille jääneen jysinturpeen kulkemaan välisiilon ja syöttöruuvien läpi arinalle ohjaamalla kuljettimia käsiajolla. Kun haketta alkoi kolakuljettimelta tippua välisiiloon, tipahti siilossa olleen turpeen pinta hakkeen painosta lähes puoleen. Viimeistään tästä havainnosta todettiin jysinturpeen olleen liian kevyttä tälle laitekokonaisuudelle.

Toiseen polttokokeeseen vaihtui jysinturpeen laatu, mutta määrä purkumontussa pidettiin samana. Polttokokeen alkuvaiheessa kaikki polttoaineen kuljetinratkaisut toimivat hyvin, joskin pölyävää turvetta kertyi hieman välisiilon seinille pintaraja-antureiden eteen. Automatiikka tunnisti antureiden signaaleista välisiilon pinnan olevan ylärajan tasolla, vaikka siilossa ei polttoainetta juuri enää ollut. Pintarajoja mittaavien mikroaaltokytkimien vahvistuksia muuttamalla ongelmasta selvittiin. Kattilan säätöjen löytyessä polttoaineen menekki kasvoi. Huipputehon kasvattamiseksi olisi polttoainetta pitänyt saada arinalle hieman nopeammin.

Loppujen lopuksi tehotasoa rajoittavaksi tekijäksi muodostui tankopurkaimet. Syöttöruuvien kierrosnopeuksissa olisi ollut vielä hieman nostovaraa, mutta tankopurkaimet eivät kerinneet siirtämään tarpeeksi polttoainetta kolakuljettimille ja välisiilon pinta ei enää missään vaiheessa yltänyt ylärajalle täydellä teholla ajettaessa. Stokeriruuvien kierrosten lisääminen olisi ajanut välisiilon tyhjäksi, joka olisi muodostanut takapaloriskin, joten kierroksia ei enää nostettu. Polttoaineen pinta purkumontussa oli tässä vaiheessa jo kohtalaisen alhainen, joten täydellä purkumontulla tankopurkaimet olisivat saattaneet ehtiä siirtämään tarvittavan määrän jrsinturvetta. Aikataulu ei kuitenkaan sallinut kahden kuorman polttamista ja polttokoetta suunniteltaessa todettiin, ettei riskinotto suuremman turvemäärän purkumonttuun ottamiseksi kannata.

Kolmannen polttokokeen laitoksella Padasjoella polttoaineen syöttölaitteisto erosi aiemmasta laitteiston loppupäässä. Periaate oli sama, tankopurkaimet kuljettivat polttoaineen purkumontusta kolakuljettimelle, kolakuljetin välisiiloon ja välisiilosta polttoaine eteni stokeriruuveilla arinalle. Erona välisiilo oli pyöreä, sekoittimella varustettu ja sen yläpuolella sijaitti kaksi giljotiinipeltiä. Odotusarvosta poiketen giljotiinipeltien väliin annosteltava polttoaine kulki välisiiloon ongelmitta. Myös sekoittaja välisiilossa todettiin toimivaksi ratkaisuksi, joskin sekoittajan lavat olivat jo hieman kuluneet, eikä sekoittaja näin ollen irroitannut polttoainetta aivan siilon reunoilta suunnitellusti. Pyöreän, sekoittimella varustetun välisiilon todettiin kuitenkin toimivan suorakaiteista paremmin. Pintaraja-antureiden kanssa oli huomattavasti vähemmän ongelmia ja polttoaine jakautui stokeriruuveille tasaisesti.

Ongelmaksi muodostui stokeriruuvien kapasiteetti. Polttokokeiden edetessä turvemäärää arinalla pyrittiin kasvattamaan suurimman saatavan tehon kartoittamiseksi. Stokeriruuvit eivät pystyneet siirtämään arinalle tarvittavaa polttoainemäärää ja hetkittäin laitteistossa epäiltiin olevan myös vikaa. Toistaiseksi tuntemattomasta syystä johtuen polttoainetta kertyi arinan alapäästä katsottuna vasemmalle reunalle huomattavasti oikeaa reunaa enemmän. Stokeriruuvien syöttönopeuksia pyrittiin muuttamaan epätasapainoon mutta ratkaisua ongelmaan ei löytynyt. Seuraavassa kappaleessa avataan palamista enemmän, mutta jo tässä vaiheessa voidaan todeta olevan ongelmallista palamisen suhteen, mikäli polttoainekerros arinalla on huomattavan epätasainen. Ongelman syyksi epäiltiin

laiterikkoa tai kattilan ominaisuutta huonosti ilmaa läpäisevällä polttoaineella. Syöttöruuvien lehtien epäiltiin pettäneen, toisaalta syöttöruuvien akselin pelättiin menneen poikki loppupäästä. Tässä tapauksessa alkupää syöttöruuvista joutuisi puskemaan polttoaineen katkenneen osan läpi pienemmällä työntövoimalla joka vaikuttaisi olennaisesti polttoaineen syöttönopeuteen. Myös arinarautojen epäiltiin hajonneen oikealta reunalta, jolloin polttoaine pääsisi valumaan syntyneestä reiästä tuhkatilaan. Tämä teoria kuitenkin on hyvin epätodennäköinen, koska tuhkan muodostumista seurattaessa tuhkassa ei havaittu suuria määriä palamatonta turvetta. Kolmas teoria oli ilmavirtojen epätasaisuus. Primääri-ilmapuhaltimet sijaitsivat arinan alapäästä katsottuna vasemmalla, jolloin ilmavirta puhaltimista kulkeutuu arinan vasemmasta oikeaan reunaan. Koska ilmanjako arinan alla on suunniteltu huomattavasti helpommin ilmaa läpäisevälle polttoaineelle, saattaa huonosti ilmaa läpäisevä polttoainekerros johtaa ilmavirran kattilan oikeaan reunaan, josta syystä oikea reuna saisi vasempaa enemmän palamisilmaa. Mitään näistä teorioista ei pystytty varmistamaan ajamatta laitosta alas, eikä se tullut kysymykseen keskellä kiivainta lämmityskautta. Kun palaturpeelle siirtymisen jälkeen polttoaineen syöttöä tarkasteltaessa vastaavaa ongelmaa ei enää juuri havaittu, ei alasajolle nähty pakottavaa tarvetta.

5.2 Jyrsinturpeen toiminta arinalla

Jyrsinturpeen palakoko arinakattiloiden pää-asiallisiin polttoaineisiin nähden on huomattavan pieni. Tämä aiheutti ongelmia monella asteella arinakattilassa jossa polttoaineen olisi tarkoitus palaa arinan päällä, eikä ilmassa johon primääri-ilman syötöstä johtuen jyrsinturpe pyrki nousemaan. Syöttöruuvit, arina ja arinan alapuoliset ilmanjakokanavat on suunniteltu huomattavasti suurijakeisempia ja paremmin ilmaa läpäiseviä sekä arinalle leviäviä polttoaineita silmällä pitäen. Tästä johtuen jyrsinturvetta ei saatu arinalle niin tasaisena kerroksena kuin olisi ollut tarpeen maksimaalista polttoainekerrosta tavoiteltaessa.

Polttoaineen leijumista palotilaan pyrittiin ehkäisemään kasvattamalla polttoainekerrosta mutta samalla ongelmaksi nousi polttoainekerroksen ilmanläpäisykyky. Paksu kerros pienijakeista jyrsinturvetta oli liian tivismä, jolloin ilma etsi reittinsä sieltä mistä helpoiten pääsi kulkemaan. Tämä aiheutti kuumia ja kylmiä

pisteitä arinalle, sekä polttoaineen leijumista kohdissa joista ilma pääsi virtaamaan. Palamisilman virtaamisessa polttoainekerroksen läpi oli huomattava ero jo pienelläkin määrällä palaturvetta jyrshinturpeen seassa. 10 % palaturvetta polttoaineseoksessa riitti tasoittamaan ilman kulkua polttoainekerroksen läpi ja paranti palamisen laatua sekä tasaisuutta huomattavasti. Polttoaineen jakautumista arinalle säädettiin syöttöruuvien pyörimisnopeuksia sekä arinarautojen liikeratoja ja nopeuksia muuttamalla. Syöttöruuvien tehon huomattiin olevan jyrshinturpeella huomattavasti pienempi suurijakeisempiin polttoaineisiin verrattuna, mutta rajoittavaksi tekijäksi syöttöruuvien kapasiteetti osoittautui vain Padasjoen polttokokeessa.

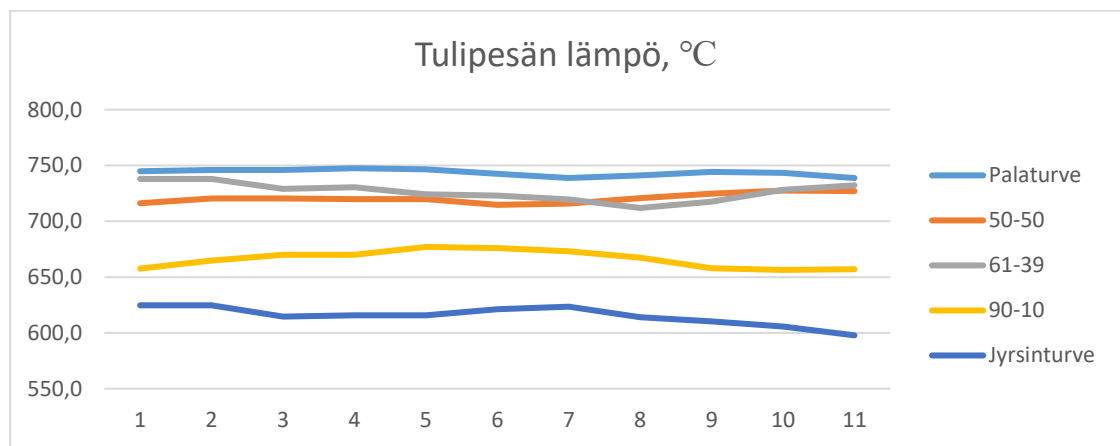
Polttoaineen leviäminen arinalla parani arinan liikkeiden taajuutta tihennettäessä. Tämä kuitenkin sai aikaan tarpeetonta pölyämistä hetkellisesti avautuvien ilmarakojen myötä. Liian paksulla polttoainepatjalla myös vyörymistä oli havaittavissa, joka johti hetkittäin jopa palamisen tukahtumiseen ja palotilan täyttymiseen palamattomista savukaasuista. Palamisen epätasaisuus johti savukaasupuhaltimen ohjauksen tarpeettoman suuriin heilahteluihin. Savukaasupuhaltimen toiminnan ohella myös savukaasujen hiukkaspitoisuuksissa näkyi selviä piikkejä arinan liikkeiden mukaan. Jokainen arinan liikahdus nostatti turvepölyyn, joka ei ehtinyt puhtaasti palaa palotilassa nostattaen hiukkaspitoisuuksia hetkellisesti. Paras ratkaisu palamisen lopputuloksen kannalta oli hakea tasapaino polttoainekerroksen paksuuden, polttoaineen arinalle leviämisen ja palamisilman syötön kesken.

5.3 Jyrshinturpeen tehotaso ja savukaasuarvot

Polttokokeissa tehotasoa ja savukaasujen arvoja verrattiin referenssipolttoaineilla tehtyihin koepolttoihin. Jämsän Hallissa sijaitsevan lämpölaitoksen referenssipolttoaineena toimi rankahake, joten tuloksia käsiteltäessä on otettava huomioon polttoaineiden erilaiset lähtöarvot. Padasjoella referenssipolttoaineena toiminut palaturve soveltuu vertailuun paremmin, joskin palaturpeen toimitussuo oli eri referenssipolttoaineena toimineella palaturpeella ja seospoltoissa käytetyllä palaturpeella. Referenssipolttoaineena käytetty palaturve oli kosteampaa ja energiasisällöltään hieman heikompaa kuin polttokokeissa seospolttoaineena käytetty palaturve, tästä syystä

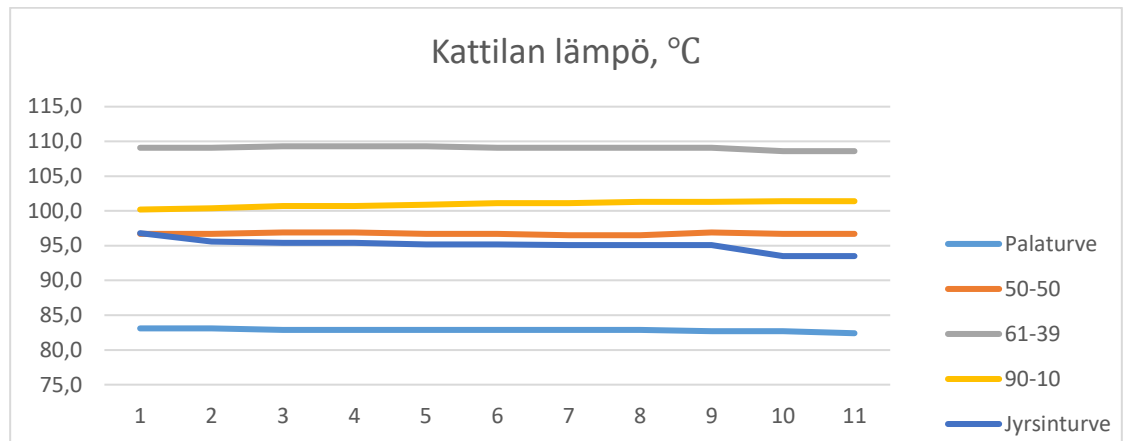
parempilaatuisella palaturpeella seospoltoissa saavutettiin jopa parempia tuloksia kuin referenssipoltossa.

Polttokokeiden onnistuminen ja tulokset voidaan nähdä kehityskaarena ensimmäisestä polttokokeesta kolmanteen edetessä. Tästä syystä tuloksien käsittelyssä keskitytään esittämään vain kolmannen polttokokeen tuloksia. Kolmannen polttokokeen polttokoepöytäkirjasta (ks. liitteet 1-10) koostetut kuvaajat havainnollistavat palamista ja tehotasoa sekä savukaasuarvoja:



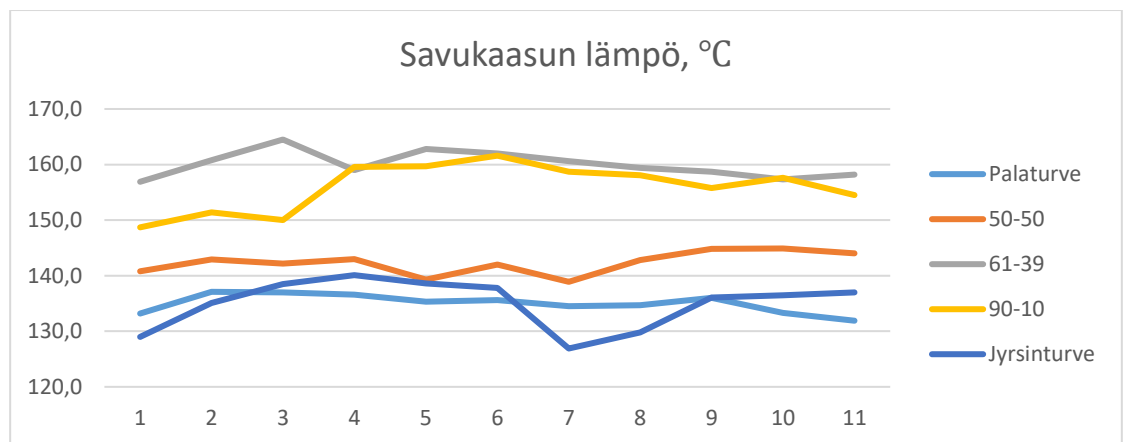
Kuvio 2 Tulipesän lämpötila lähti putoamaan jyrsinturpeen osuuden polttoaineseoksessa kasvaessa

Tulipesän lämpötiloja tarkasteltaessa huomataan, että jyrsinturpeen osuutta kasvatettaessa tulipesän lämpö alkaa putoamaan (ks. kuvio 2). Sama ilmiö huomataan myös muita mitattuja arvoja seurattaessa. Seokset, joissa jyrsinturpeen osuus on 61 til-% tai alle, toimivat vielä moitteettomasti mutta jyrsinturpeen osuuden kasvaessa 90 til-%:iin alkaa arvot heikkenemään. Puhtaalla jyrsinturpeella tulipesän lämpötila tippui reilusti referenssipolttoaineeseen verrattessa.



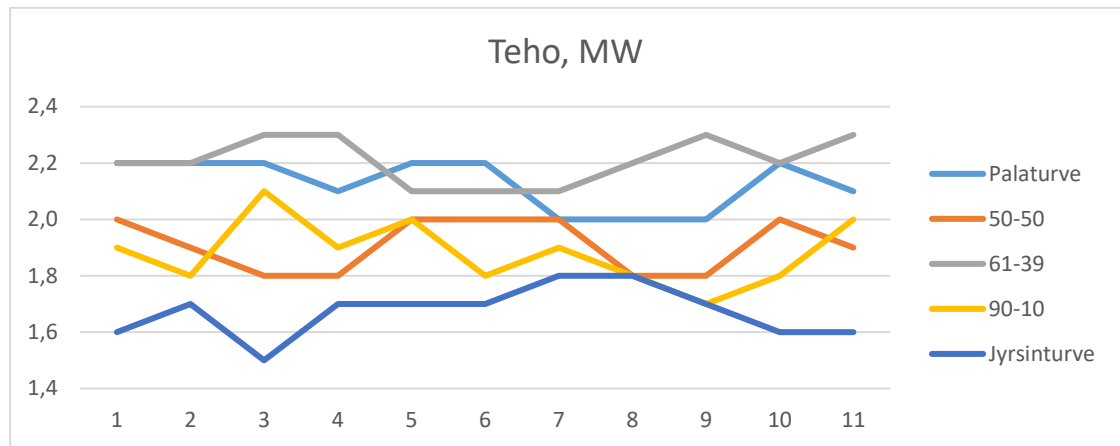
Kuvio 3 Kattilan lämpötilan kuviosta huomataan muutos ajomalleissa, todelliset tulokset eivät täysin vastaisi kuvion tuloksia

Kuviossa 3 esitettyä kattilan lämpötilaa tutkiessa tulee ottaa huomioon, että kattilan ohjauslämpötilaa nostettiin reilusti palaturpeen ohjausarvosta. Tästä johtuen suoraan referenssipolton lämpötilaan ei pystytä vertailua suorittamaan. Tuloksista on kuitenkin luettavissa sama ilmiö kuin tulipesän lämpötilallakin, seospolttoaineet toimivat hyvin, varsinkin 61-39 suhteessa sekoitettu jyrsinturve-palaturve sekoitus.



Kuvio 4 Savukaasun lämpötila kohosi leijuvan jyrsinturpeen määrän lisääntyessä

Kuviossa 4 esitetystä savukaasun lämpötilasta nähdään jyrsinturpeen määrän lisäysten aiheuttamat polttoainevirrat savukaasukanavassa. Palamattoman polttoaineen nouseminen savukaasukanavaan ja palaminen kanavassa nostatti savukaasun lämpötiloja tuntuvasti referenssinä toimineeseen palaturpeeseen verrattuna. Puhtaan jyrsinturpeen osalta lämpötilat taas pysyivät alhaisempina epätasaisen polttoaineensyötön ja siitä johtuen hiipuvan tulipesän lämpötilan takia. Myös primääri-ilmapuhaltimien ohjausta pienennettiin jyrsinturpeella leijumaan lähtevän polttoaineen myötä, joka taas osittain johtui suuresta epätasaisuudesta polttoaineensyötössä.



Kuvio 5 Polttokokeiden korkein teho mitattiin jopa hieman yllättäen seospolttoaineilla, jossa jyrsinturpeen osuus oli 61 %

Kuvaajista voidaan nähdä, että pelkästään tehoa katsottaessa toinen sekoitussuhde polttoaineilla toimi erittäin hyvin (ks. kuvio 5). Tässä seoksessa oli 61 til-% jyrsinturvetta ja 39 til-% palaturvetta. Täytyy edelleen muistaa, että referenssipolttoaineena toiminut palaturve oli seospolttoissa käytettyä palaturvetta heikkolaatuisempaa, joten referenssipolton tehotaso olisi luultavasti ollut korkeampi seospoltossa käytetyllä palaturpeella. Lopputuloksiin vaikutti myös jyrsinturpeen osuuden kasvaessa yhä epätasaisemmaksi muodostuva polttoaineensyöttö. Tasaisemmalla polttoainekerroksella polttoainetta olisi voitu ohjata arinalle huomattavasti paksumpi kerros, jolloin myös tehotason voidaan olettaa kasvavan.

6 Kehitysehdotukset

Ajateltaessa tuloksia polttoaineen lähtöpäästä savupiippuun, ensimmäisenä havaitaan nykytilaisten laitosten puutteet jyrsinturpeen käsittelyssä. Jyrsinturpeen sisältämät kannot ja mahdolliset kivet olisi saatava pois polttoaineen seasta ennen kuljettimille johtamista. Toisaalta liikuteltava seula polttoaineen lastauspäässä, kuten polttokokeissa, on toimiva mutta työläs ja pidemmän päälle kallis ratkaisu. Kiinteä seula laitospäässä olisi myös toimitusvarmuuden takia paras ja kustannustehokkain ratkaisu.

Tankopurkaimet purkumonttujen pohjalla ovat yleinen ratkaisu arinakattilalaitoksilla. Tankopurkaimet eivät kuitenkaan ole paras mahdollinen keino jyrsinturpeen siirtämisessä kolakuljettimille. Polttokokeissa purkumonttuihin otettiin pieniä

kuormakokoja ja ongelmia tankopurkaimien kanssa ei juuri muodostunut, mutta testipoltossa saadun kokemuksen mukaan on selvää, ettei tankopurkaimet pysty siirtämään jysinturvetta purkumontusta kolakuljettimille mikäli purkumonttu otetaan täyteen turvetta. Purkumontun täyteen ottaminen on kuitenkin edellytys kustannustehokkaalle logistiikalle, joten mikäli jysinturvetta halutaan polttaa, on tankopurkaimia kehitettävä tai asennettava purkaimien tilalle esimerkiksi kola- tai ruuvikuljettimet.

Polttoaineen käsittelylaitteista eniten ongelmia aiheutti välisiilot, polttoaine holvasi siilon tukkoon tai pintarajakytkimien eteen kertyi turvetta. Suuresta osasta ongelmia päästiin eroon pyöreällä, sekoittimella varustetulla siilolla. Sekoitin jakoi polttoaineen tasaisesti syöttöruuveille ja vähensi rajakytkimien eteen kertyvää polttoainekerrosta. Jysinturvetta käytettäessä sekoittaja välisiilossa on erittäin suuri osa laitoksen toimintavarmuutta. Ilman sekoittajaa pintarajakytkimien toiminta oli hyvin epävarmaa ja siilo uhkasi päästä tyhjentymään rajojen ilmoittaessa virheellisesti siilon olevan täysi. Ilman polttoainetta on vaikea tuottaa lämpöä ja toisaalta suunnittelematon polttoainesyötön katkeaminen saattaa johtaa myös takapaloon, kuten ensimmäisessä polttokokeessa uhkasi käydä.

Polttoaineen syöttö arinalle tapahtuu hyvin usein stokeriruuveilla nykyisissä arinakattiloissa. Polttoaineen syötön tasaisuus nousi jysinturpeella kuitenkin yhdeksi rajoittavimmista tekijöistä, jolloin on ajateltava tasaisuuden parantamista. Ensimmäisissä polttokokeissa laitteisto koostui kolmesta syöttöruuvista, kolmannessa polttokokeessa kahdesta. Ero oli selkeä, kolmen ruuvin tuottama polttoainematto oli huomattavasti tasaisempi kuin kahdella ruuvilla syötetty polttoainekerros. Kolmella syöttöruuvilla toteutetun polttoaineen syötön kapasiteetti oli myös suurempi, kahdella syöttöruuvilla toteutetun polttoaineen syötön kapasiteetin ollessa jopa rajoittava tekijä kolmannen polttokokeen tehotasoon. Lisäksi, mikäli polttoainekerros saataisiin tasaisemmaksi myös polttoaineen menekki ja tehotaso tulisivat oletettavasti nousemaan. Tässä tapauksessa myös kolmella ruuvilla toteutetun polttoaineen syötön kapasiteetti saattaa muuttua rajoittavaksi tekijäksi.

Polttokokeet suoritettiin vain stokeriruuvisyöttöisillä laitteilla, jolloin polttoaineen syöttöä ei voida vertailla esimerkiksi koko arinan leveydeltä polttoainetta syöttävällä

pökkijälaitteistolla saavutettavaan polttoainekerrokseen, mutta jatkon kannalta olisi tärkeää suorittaa polttokoe myös tämänkaltaisella laitteistolla. Polttoaineen tasainen syöttö on edellytys jysinturpeen hyvälle palamiselle, joten tähän asiaan tulisi kiinnittää huomiota.

Jysinturve muodostaa pienestä palakoostaan johtuen erittäin tiiviin kerroksen arinalle, joka läpäisee heikosti ilmaa. Tästä syystä ilmanjako arinan alla tulisi olla suunniteltu ja toteutettu tarkasti, ettei ilma pääse vuotamaan missään kohdassa arinaa vaan virtaukset pysyisivät tasaisina joka puolella. Arinarautojen valinnalla voitaisiin saavuttaa parempia lopputuloksia kahdestakin syystä. Ensinnäkin arinan ilmanvastusta voitaisiin pudottaa jysinturvetta käytettäessä polttoaineen itsensä tuottaman vastuksen kompensoimiseksi ja toisaalta arinaraudan muotoilua tarkistamalla voitaisiin saada jysinturve liikkumaan arinalla alaspäin tasaisemmin, eikä vyörymistä ja tätä kautta polttoaineen pöllähtelyjä tapahtuisi yhtä paljon kuin nykyisin käytössä olevilla arinaraudoilla.

Nämä kaikki kehitysideat ovat muutosoperaationa laitoksen alas ajamista vaativia ja kohtalaisen hintavia projekteja, joten jysinturpeen hyödyntämisen jatkotutkimista täytyy harkita tarkasti ennen jatkotutkimusten aloittamista ja potentiaalisia säästöjä on tarkasteltava. Seospoltto kuitenkin antoi rohkaisevia tuloksia jysinturpeen hyödyntämismahdollisuuksista arinatekniikalla, joten jatkotutkimuksille olisi aiheutta ja esimerkiksi palaturpeen seulomisen tarpeellisuutta hienoaineksen poistamisen näkökulmasta tulisi selvittää lisää.

7 Pohdinta

Tutkimus koostuu kolmesta polttokokeesta, joista jokainen poikkesi toisistaan. Jokaisessa polttokokeessa olisi myös ollut parannettavaa luotettavampien lopputulosten saamiseksi. Ensimmäisen polttokokeen tulokset jäivät polttoaineen syöttö- ja kuljetinlaitteiston epäkohtien huomiointiin, joten sitä voidaan pitää onnistuneena siltä osin. Muita tuloksia ei saatu, eikä niitä siten tässä tutkimuksessa myöskään käsitelty. Toisen polttokokeen tuloksissa päästään vertailemaan jo tehotasoa referenssipolttoaineeseen, mutta vertailu on hieman epäreilu puupohjaiseen polttoaineeseen. Savukaasupäästöt ja prosessiarvot ovat hyvin erilaisia turve- ja puupolttoaineilla. Lisäksi

toisen polttokokeen savukaasujen mittauslaite oli epäkunnossa mittaushetkellä, eikä reaaliaikaista mittaustietoa saatu suoraan tietokoneelle vaan jokainen mitattava suure oli tutkittava erikseen. Näin ollen esimerkiksi arinan liikkeiden tai hetkellisesti nousevan jäännöshapen vaikutusta savukaasupäästöihin tai savukaasujen lämpötilaan on erittäin vaikea hahmottaa. Kolmas polttokoe oli huolellisimmin valmisteltu ja suunniteltu, siinä referenssipolttoaineena toimi jo turvepohjainen polttoaine. Silti polttokokeen tulosten vertailulta syö luotettavuutta referenssipolttoaineena käytetyn palaturpeen huonompi laatu sekä kattilan säädöt. Referenssipoltto olisi pitänyt suorittaa samalla palaturpeella, jota käytettiin seospolttoaineissa. Lisäksi referenssiarvot kerättiin kattilan silloisilla säädöillä, joihin lähdettiin tekemään muutoksia vasta ensimmäisen seospolttoaineen kohdalla. Kattila olisi pitänyt säätää uudelle polttoaineelle, jolloin ajomalli olisi ollut lähimpänä seospolttoaineiden ajomalleja.

Jos unohdetaan polttotekniikan moniulotteisuus ja jokaisen tekijän korreloiminen toisiin vaikuttaviin tekijöihin ja keskitytään opinnäytetyön alkuperäiseen päämäärään, onnistui tutkimus kohtalaisen hyvin. Tutkimuksessa oli lähtökohtaisesti tarkoitus selvittää jysinturpeella saavutettava tehotaso nykyisellä laituskannalla. Tähän tavoitteeseen päästiin. Tehoa pystyttiin monitoroimaan valvomonäytöltä reaaliaikaisena sekä jälkikäteen ja vaikka referenssipolttoaineisiin vertaaminen onkin hieman haastavaa ja epäluotettavaa, tulokseksi saatiin selkeästi tehotaso kyseessä olleella polttoaineella polttokokeille määritetyissä kattiloissa. Toisena päämääränä oli selvittää arinatekniikan toiminnallisuus jysinturvetta hyödynnettäessä. Tähänkin kysymykseen saatiin vastauksia monen puutteen ja ongelman muodossa, mutta myös rohkaisevia esimerkkejä seospoltosta ja jysinturpeen toiminnallisuudesta. Loppujen lopuksi Padasjoen kaukolämpöverkon asiakkaat saivat kaukolämpönsä vuoden 2018 tammikuun eräänä torstaina jysinturpeella tuotettuna, ei voida siis väittää, etteikö jysinturve arinakattilassa palaisi.

Lähteet

Huhtinen Markku. 1994. Höyrykattilatekniikka. 2. tarkistettu painos. Helsinki: Oy Edita Ab.

Huhtinen, Kettunen, Nurminen ja Pakkanen 2000. Höyrykattilatekniikka. Helsinki: Oy Edita Ab.

Kananen Jorma. 2012. Kehittämistutkimus Opinnäytetyönä: Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön Opas. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kananen Jorma. 2015. Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännönopas. Miten kirjoitan kehittämistutkimuksen vaihe vaiheelta. Suomen Yliopistopaino Oy. Juvenes Print.

Raiko Risto et al (toim.) 2002. Poltto ja palaminen. 2. Painos. Jyväskylä: International Flame Research Foundation (IFRF) –Suomen kansallinen osasto.

Vapo Oy:n www-sivut. N.d. Yritysesittely. Viitattu 27.3.2019. <https://www.vapo.com/>

Liitteet

Liite 1. Polttokoe 3, palaturve, savukaasumittaukset

Date / time	% O2	ppm CO	ppm NOx	ppm SO2	°C SVK	ppm COxλ	ppm NO
8.1.2018 12:53:48	11,77	304	128	0	133,2	692	122
8.1.2018 12:54:48	12,05	480	163	2	137,1	1125	155
8.1.2018 12:55:48	11,14	408	160	56	137,0	870	152
8.1.2018 12:56:48	12,13	436	169	22	136,6	1033	161
8.1.2018 12:57:48	11,10	444	161	33	135,3	941	153
8.1.2018 12:58:48	11,81	339	158	25	135,6	775	150
8.1.2018 12:59:48	11,41	699	147	22	134,5	1531	140
8.1.2018 13:00:48	11,80	736	164	39	134,7	1681	156
8.1.2018 13:01:48	12,32	314	164	25	136,0	760	156
8.1.2018 13:02:48	12,51	295	150	22	133,3	730	143
8.1.2018 13:03:48	11,61	263	150	24	131,9	588	143
8.1.2018 13:04:48	11,45	518	143	28	131,6	1138	136
8.1.2018 13:05:48	11,28	739	166	33	134,3	1596	158
8.1.2018 13:06:48	10,72	253	205	27	135,1	516	195
8.1.2018 13:07:48	8,35	1208	184	37	135,9	2006	175
8.1.2018 13:08:48	9,39	1023	168	56	135,7	1850	160
8.1.2018 13:09:48	9,06	1022	204	45	137,5	1798	194
8.1.2018 13:10:48	8,55	540	206	60	137,7	912	196
8.1.2018 13:11:48	9,63	576	203	45	138,5	1064	193
Keskiarvo	10,92	539,32	169,50	30,99	135,50	1108,60	161,35
Date / time	% O2	ppm CO	ppm NOx	ppm SO2	°C SVK	ppm COxλ	ppm NO

Liite 2. Polttokoe 3, palaturve, prosessiarvot

Aika	°C Kattila	°C Tulipesä	P, mbar	Teho, MW	°C paluuves	happi %	stokeri 1 %	stokeri 2 %	prim. 1 %	prim. 2 %	sek. %	kiertok. %	°C savuk.
8.1.2018 12:53:48	83,1	744,9	-0,7	2,2	68,8	5,5	48	48	76	63	17	5	127,3
8.1.2018 12:54:48	83,1	746,0	-0,7	2,2	68,8	6,1	48	48	76	63	18	5	127,3
8.1.2018 12:55:48	82,9	746,0	-0,7	2,2	68,8	6,5	48	48	76	63	15	5	127,3
8.1.2018 12:56:48	82,9	747,5	-0,7	2,1	68,6	6,2	48	48	76	63	15	5	127,3
8.1.2018 12:57:48	82,9	746,4	-0,7	2,2	68,6	6,3	48	48	76	63	15	5	127,3
8.1.2018 12:58:48	82,9	742,5	-0,7	2,2	68,6	6,3	48	48	76	63	12	5	127,3
8.1.2018 12:59:48	82,9	738,9	-0,7	2,0	68,6	6,3	48	48	76	63	11	5	127,3
8.1.2018 13:00:48	82,9	741,2	-0,7	2,0	68,6	6,0	48	48	76	63	13	5	127,3
8.1.2018 13:01:48	82,7	744,3	-0,7	2,0	68,6	6,1	48	48	76	63	14	5	127,3
8.1.2018 13:02:48	82,7	743,5	-0,8	2,2	68,6	7,0	48	48	76	63	10	5	127,3
8.1.2018 13:03:48	82,4	738,7	-0,7	2,1	68,4	7,1	48	48	76	63	10	5	127,3
8.1.2018 13:04:48	82,4	734,3	-0,7	2,1	68,4	6,4	48	48	76	63	10	5	127,3
8.1.2018 13:05:48	82,7	735,6	-0,7	2,1	68,4	5,8	48	48	76	63	15	5	127,3
8.1.2018 13:06:48	82,6	735,6	-0,7	2,2	68,4	6,2	48	48	76	63	15	5	127,3
8.1.2018 13:07:48	82,6	730,8	-0,7	2,1	68,4	6,4	48	48	76	63	13	5	127,3
8.1.2018 13:08:48	82,6	732,6	-0,7	2,1	68,3	5,9	48	48	76	63	15	5	127,7
8.1.2018 13:09:48	82,8	741,0	-0,7	2,2	68,3	5,9	48	48	76	63	18	5	127,7
8.1.2018 13:10:48	82,8	741,0	-0,7	2,1	68,4	6,0	48	48	76	63	20	5	127,0
8.1.2018 13:11:48	82,8	756,6	-0,7	2,1	68,4	6,0	48	48	76	63	22	5	127,7
Keskiarvo	82,77	741,44	-0,71	2,13	68,53	6,21	48,00	48,00	76,00	63,00	14,63	5,00	127,35
Date / time	°C Kattila	°C Tulipesä	P, mbar	Teho, MW	°C paluuves	happi %	stokeri 1 %	stokeri 2 %	prim. 1 %	prim. 2 %	sek. %	kiertok. %	°C savuk.

Liite 3. Polttokoe 3, seos 1, savukaasumittaukset

Date / time	% O2	ppm CO	ppm NOx	ppm SO2	°C SVK	ppm COxλ	ppm NO
9.1.2018 11:15:23	7,49	631	237	41	140,8	980	226
9.1.2018 11:16:23	8,39	807	255	73	142,9	1343	243
9.1.2018 11:17:23	7,51	488	267	100	142,2	760	254
9.1.2018 11:18:23	8,57	658	269	76	143,0	1111	256
9.1.2018 11:19:23	8,34	253	251	77	139,3	420	239
9.1.2018 11:20:23	8,14	552	279	55	142,0	902	266
9.1.2018 11:21:23	6,21	814	261	106	138,9	1156	249
9.1.2018 11:22:23	7,43	1242	240	70	142,8	1923	229
9.1.2018 11:23:23	6,80	653	271	62	144,8	966	258
9.1.2018 11:24:23	8,55	302	289	47	144,9	510	275
9.1.2018 11:25:03	9,03	276	271	44	144,0	484	258
Keskiarvo	8,01	596,58	251,54	66,31	139,99	937,82	239,54
Date / time	% O2	ppm CO	ppm NOx	ppm SO2	°C SVK	ppm COxλ	ppm NO

Liite 4. Polttokoe 3, seos 1, prosessiarvot

Date / time	°C Kattila	°C Tulipesä	P, mbar	Teho, MW	°C paluuvesi	happi %	stokeri 1 %	stokeri 2 %	prim. 1 %	prim. 2 %	sek. %	kiertok. %	°C savuk.
9.1.2018 11:15:23	96,7	716,1	-0,7	2,0	83,1	5,9	57	50	76	63,1	10	5	135,0
9.1.2018 11:16:23	96,7	720,4	-0,7	1,9	83,2	5,2	57	50	76	63,1	11	5	135,0
9.1.2018 11:17:23	96,9	720,4	-0,7	1,8	83,2	5,4	57	50	76	63,1	10	5	135,0
9.1.2018 11:18:23	96,9	719,8	-0,7	1,8	83,2	5,5	57	50	76	63,1	10	5	135,0
9.1.2018 11:19:23	96,7	719,8	-0,7	2,0	83,1	5,9	57	50	76	63,1	10	5	135,0
9.1.2018 11:20:23	96,7	714,7	-0,7	2,0	82,8	6,0	57	50	76	63,1	10	5	135,0
9.1.2018 11:21:23	96,5	715,8	-0,7	2,0	82,9	5,3	57	50	76	63,1	10	5	135,0
9.1.2018 11:22:23	96,5	720,7	-0,7	1,8	82,9	5,2	57	50	76	63,1	11	5	135,0
9.1.2018 11:23:23	96,9	724,6	-0,6	1,8	83,5	5,1	57	50	76	63,1	13	5	135,0
9.1.2018 11:24:23	96,7	727,5	-0,7	2,0	83,5	5,7	57	50	76	63,1	10	5	135,0
9.1.2018 11:25:03	96,7	726,9	-0,7	1,9	83,1	6,4	57	50	76	63,1	10	5	135,0
Keskiarvo	96,72	720,61	-0,69	1,91	83,14	5,60	57,00	50,00	76,00	63,10	10,45	5,00	135,00
Date / time	°C Kattila	°C Tulipesä	P, mbar	Teho, MW	°C paluuvesi	happi %	stokeri 1 %	stokeri 2 %	prim. 1 %	prim. 2 %	sek. %	kiertok. %	°C savuk.

Liite 5. Polttokoe 3, seos 2, savukaasumittaukset

Date / time	% O2	ppm CO	ppm NOx	ppm SO2	°C SVK	ppm COxλ	ppm NO	Date / time
10.1.2018 09:00:06	7,70	285	317	17	156,9	449	302	10.1.2018 09:00:06
10.1.2018 09:01:06	8,19	374	319	54	160,8	614	304	10.1.2018 09:01:06
10.1.2018 09:02:06	6,00	2268	317	117	164,5	3175	302	10.1.2018 09:02:06
10.1.2018 09:03:06	16,24	86	276	55	159,0	379	263	10.1.2018 09:03:06
10.1.2018 09:04:06	7,43	250	359	75	162,8	386	342	10.1.2018 09:04:06
10.1.2018 09:05:06	6,72	337	334	76	162,0	495	318	10.1.2018 09:05:06
10.1.2018 09:06:06	8,92	273	318	56	160,6	475	303	10.1.2018 09:06:06
10.1.2018 09:07:06	6,37	610	302	70	159,4	876	288	10.1.2018 09:07:06
10.1.2018 09:08:06	6,36	310	311	69	158,7	444	296	10.1.2018 09:08:06
10.1.2018 09:09:06	8,03	204	322	70	157,3	330	307	10.1.2018 09:09:06
10.1.2018 09:10:06	6,70	261	297	61	158,2	383	283	10.1.2018 09:10:06
Keskiarvo	8,35	471,00	306,47	61,55	157,47	761,23	291,92	Keskiarvo
Date / time	% O2	ppm CO	ppm NOx	ppm SO2	°C SVK	ppm COxλ	ppm NO	Date / time

Liite 6. Polttokoe 3, seos 2, prosessiarvot

°C Kattila	°C Tulipesä	P, mbar	Teho, MW	°C paluuves	happi %	stokeri 1 %	stokeri 2 %	prim. 1 %	prim. 2 %	sek. %	kiertok. %	°C savuk.
109,1	737,9	-0,8	2,2	93,8	5,5	72,2	53,0	70,1	61,8	36	5	153,5
109,1	737,9	-0,8	2,2	93,8	5,6	72,5	53,1	70,5	62,0	36	5	153,5
109,3	729,0	-0,8	2,3	94,0	5,0	72,5	53,1	70,5	61,9	37	5	153,5
109,3	730,5	-0,8	2,3	94,0	5,7	72,4	53,1	70,4	61,9	38	5	153,5
109,3	724,1	-0,8	2,1	94,0	5,8	72,5	53,2	70,5	62,0	34	5	153,1
109,1	722,9	-0,8	2,1	94,0	5,9	72,6	53,2	70,6	62,0	32	5	153,1
109,1	719,5	-0,8	2,1	93,9	6,8	72,6	53,2	70,6	62,0	22	5	153,1
109,1	711,9	-0,8	2,2	93,9	5,9	72,9	53,5	71,0	62,5	16	5	153,1
109,1	717,5	-0,8	2,3	93,7	5,4	72,9	53,5	71,0	62,5	18	5	153,1
108,6	728,2	-0,8	2,2	93,5	5,2	73,0	53,5	71,1	62,6	22	5	152,0
108,6	732,3	-0,8	2,3	93,5	5,5	73,2	53,7	71,4	62,8	21	5	152,0
109,06	726,52	-0,80	2,21	93,83	5,66	72,66	53,28	70,70	62,18	28,36	5,00	153,05
°C Kattila	°C Tulipesä	P, mbar	Teho, MW	°C paluuves	happi %	stokeri 1 %	stokeri 2 %	prim. 1 %	prim. 2 %	sek. %	kiertok. %	°C savuk.

Liite 7. Polttokoe 3, seos 3, savukaasumittaukset

Date / time	% O2	ppm CO	ppm NOx	ppm SO2	°C SVK	ppm COxλ	ppm NO
10.1.2018 18:00:38	10,77	1207	243	0	148,7	2477	231
10.1.2018 18:01:38	10,02	709	267	16	151,4	1356	254
10.1.2018 18:02:38	10,46	771	269	15	150,0	1536	256
10.1.2018 18:03:38	10,59	1118	251	0	159,6	2256	239
10.1.2018 18:04:38	9,71	1516	259	0	159,7	2819	247
10.1.2018 18:05:38	11,09	860	279	18	161,6	1823	266
10.1.2018 18:06:38	10,56	937	264	8	158,7	1884	251
10.1.2018 18:07:38	10,72	1041	256	0	158,1	2126	244
10.1.2018 18:08:38	10,23	1262	240	0	155,8	2460	229
10.1.2018 18:09:38	10,38	1113	270	6	157,6	2202	257
10.1.2018 18:10:38	8,44	842	260	22	154,5	1408	248
Keskiarvo	10,72	1066,68	243,60	7,09	153,01	2194,24	232,04
Date / time	% O2	ppm CO	ppm NOx	ppm SO2	°C SVK	ppm COxλ	ppm NO

Liite 8. Polttokoe 3, seos 3, Prosessiarvot

Date / time	°C Kattila	°C Tulipesä	P, mbar	Teho, MW	°C paluuvesi	happi %	stokeri 1 %	stokeri 2 %	prim. 1 %	prim. 2 %	sek. %	kiertok. %	°C savuk.
10.1.2018 18:00:38	100,2	657,7	-1,0	1,9	86,7	8,6	84	58	73,6	63,3	10	5	147,9
10.1.2018 18:01:38	100,4	664,7	-0,9	1,8	86,5	8,0	84	58	73,6	63,3	10	5	147,9
10.1.2018 18:02:38	100,7	669,8	-0,8	2,1	86,7	8,5	84	58	73,6	63,3	10	5	147,9
10.1.2018 18:03:38	100,7	669,8	-0,8	1,9	86,7	7,8	84	58	73,6	63,3	10	5	147,9
10.1.2018 18:04:38	100,9	677,0	-0,8	2,0	87,0	9,1	84	58	73,6	63,3	10	5	147,9
10.1.2018 18:05:38	101,1	675,9	-0,8	1,8	87,2	8,3	84	58	73,6	63,3	10	5	148,7
10.1.2018 18:06:38	101,1	673,1	-0,8	1,9	87,6	9,0	84	58	73,6	63,3	10	5	148,7
10.1.2018 18:07:38	101,3	667,5	-0,7	1,8	87,6	9,7	84	58	73,6	63,3	10	5	148,7
10.1.2018 18:08:38	101,3	657,9	-0,8	1,7	88,0	9,7	84	58	73,6	63,3	10	5	148,7
10.1.2018 18:09:38	101,4	656,4	-0,7	1,8	88,0	9,4	84	58	73,6	63,3	10	5	148,7
10.1.2018 18:10:38	101,4	657,1	-0,9	2,0	88,0	8,8	84	58	73,6	63,3	10	5	148,7
Keskiarvo	100,95	666,08	-0,82	1,88	87,27	8,81	84	58	73,60	63,30	10,00	5,00	148,34
Date / time	°C Kattila	°C Tulipesä	P, mbar	Teho, MW	°C paluuvesi	happi %	stokeri 1 %	stokeri 2 %	prim. 1 %	prim. 2 %	sek. %	kiertok. %	°C savuk.

Liite 9. Polttokoe 3, jyrshinturve, savukaasumittaukset

Date / time	% O2	ppm CO	ppm NOx	ppm SO2	°C SVK	% O2	ppm COxλ	ppm NO
11.1.2018 18:26:38	12,25	1557	175	0	129,0	12,25	3737	167
11.1.2018 18:27:38	12,69	1827	193	0	135,1	12,69	4617	184
11.1.2018 18:28:38	10,03	658	250	16	138,5	10,03	1260	238
11.1.2018 18:29:38	11,16	1037	245	2	140,1	11,16	2213	233
11.1.2018 18:30:38	10,84	597	263	17	138,6	10,84	1234	250
11.1.2018 18:31:38	11,57	849	235	7	137,8	11,57	1891	224
11.1.2018 18:32:38	11,71	1839	170	32	126,9	11,71	4158	162
11.1.2018 18:33:38	18,93	502	126	10	129,8	18,93	5092	120
11.1.2018 18:34:38	11,41	838	245	0	136,1	11,41	1836	233
11.1.2018 18:35:38	11,54	1087	249	0	136,5	11,54	2413	237
11.1.2018 18:36:18	12,08	974	248	0	137,0	12,08	2292	236
Keskiarvo	12,30	1592,05	204,38	6,89	133,09	12,30	4588,94	194,60
Date / time	% O2	ppm CO	ppm NOx	ppm SO2	°C SVK	% O2	ppm COxλ	ppm NO

Liite 10. Polttokoe 3, jyrshinturve, prosessiarvot

Date / time	°C Kattila	°C Tulipesä	P, mbar	Teho, MW	°C paluuvess	happi %	stokeri 1 %	stokeri 2 %	prim. 1 %	prim. 2 %	sek. %	kiertok. %	°C savuk.
11.1.2018 18:26:38	96,8	624,7	-0,9	1,6	84,2	9,5	100	55	48	49,2	10	5	135,4
11.1.2018 18:27:38	95,6	624,7	-0,8	1,7	84,0	9,4	100	55	48	49,2	10	5	135,4
11.1.2018 18:28:38	95,4	614,7	-0,9	1,5	84,0	9,0	100	55	48	49,2	10	5	134,8
11.1.2018 18:29:38	95,4	615,8	-0,7	1,7	83,7	8,8	100	55	48	49,2	10	5	134,8
11.1.2018 18:30:38	95,2	615,8	-0,7	1,7	83,5	9,0	100	55	48	49,2	10	5	134,8
11.1.2018 18:31:38	95,2	621,2	-0,8	1,7	83,1	8,7	100	55	48	49,2	10	5	134,8
11.1.2018 18:32:38	95,1	623,6	-1,0	1,8	83,1	7,3	100	55	48	49,2	10	5	134,8
11.1.2018 18:33:38	95,1	614,1	-0,7	1,8	83,1	9,1	100	55	48	49,2	10	5	133,7
11.1.2018 18:34:38	95,1	610,2	-0,9	1,7	81,9	9,1	100	55	48	49,2	10	5	133,7
11.1.2018 18:35:38	93,5	605,6	-0,8	1,6	81,9	10,1	100	55	48	49,2	10	5	133,7
11.1.2018 18:36:18	93,5	597,8	-0,8	1,6	81,9	10,2	100	55	48	49,2	10	5	133,7
Keskiarvo	95,08	615,29	-0,82	1,67	83,13	9,11	100,00	55,00	48,00	49,20	10,00	5,00	134,51
Date / time	°C Kattila	°C Tulipesä	P, mbar	Teho, MW	°C paluuvess	happi %	stokeri 1 %	stokeri 2 %	prim. 1 %	prim. 2 %	sek. %	kiertok. %	°C savuk.

Liite 11. Testauseloste, palaturve

LABTIUM

Testauseloste
0276612 (2)
7.2.2018


 Finnish Accreditation Service
 T025 (EN ISO/IEC 17025)

Vapo Oy, Polttoaineet, Asiakasalue Länsi

Anssi Vähäsöini
PL 22

40101 Jyväskylä

Näyte otettu:

Asiakkaan näytetunnus:

Näytteen kuvaus:

Mäkikylänsuo, 527134

Padasjoen polttokokeet

Asiakas: Vapo Oy, Polttoaineet,

Asiakasalue Länsi

Tilaus: Y18-07818

Asiakkaan viite: Polttokokeet, Tupasuo,

Anssi Vähäsöini

Tilausnumero: Y18-07818

Näyte:

Näytetyyppi:

Y18000574

Palaturve

Vastaanottopvm:

Testauspvm:

29.1.2018

31.1.2018-6.2.2018

Suorite		Tulos		Standardiviite
Kokonaiskosteus	M	46,3 %	*	SFS-EN ISO 18134-2, CEN/TS 15414-2, ISO 589
Tuhkapitoisuus (815 °C)	A	3,3 %, d	*	ISO 1171
Haihtuvat aineet	Vol	67,4 %, d	*	SFS-EN ISO 18123, SFS-EN 15402, ISO 562
Rikkipitoisuus	S	0,20 %, d	*	ASTM D 4239 (mod), SFS-EN ISO 16994
Lämpöarvomääritys	Kalorimetrinen lämpöarvo	23,02 MJ/kg, d	*	SFS-EN ISO 18125, SFS-EN 15400, ISO 1928
Tehollinen lämpöarvo	Tehollinen lämpöarvo MJ/kg	21,80 MJ/kg, d	*	SFS-EN ISO 18125, SFS-EN 15400, ISO 1928
	Tehollinen lämpöarvo MWh/t	6,056 MWh/t, d	*	SFS-EN ISO 18125, SFS-EN 15400, ISO 1928
Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa	Tehollinen lämpöarvo saapumistil MJ/kg	10,57 MJ/kg	*	SFS-EN ISO 18125, SFS-EN 15400, ISO 1928
	Tehollinen lämpöarvo saapumistil MWh/t	2,936 MWh/t	*	SFS-EN ISO 18125, SFS-EN 15400, ISO 1928

* Akkreditoitu

7.2.2018 Minna Salonen
Asiantuntija, kemisti

Tehollinen lämpöarvo lasketaan määrittelyillä arvoilla tai alla olevilla vakioilla (jos määrittelyä ei ole tehty):
 H% = 5,6 / (O%+N%) = 35 - Turve
 H% = 6,2 / (O%+N%) = 41 - Kokopuu
 H% = 6,0 / (O%+N%) = 41 - Hakkuutähteet
 H% = 5,9 / (O%+N%) = 41 - Kuori
 H% = 6,0 / (O%+N%) = 41 - Kasvit

Analyysitulokset koskevat vain tutkittua näytettä. Asiakirjan osittainen kopioiminen on kielletty.

Mittausepävarmuudet ovat saatavissa pyydettyäessä.

Labtium Oy
Koivurannatie 1
40400 Jyväskylä

Liite 12. Testauseloste, jyrsinturve

LABTIUM

Testauseloste
0276611 (2)
7.2.2018


 Finnish Accreditation Service
 T025 (EN ISO/IEC 17025)

Vapo Oy, Polttoaineet, Asiakasalue Länsi

Anssi Vähäsöini
PL 22

40101 Jyväskylä

Näyte otettu:

Asiakkaan näytetunnus:

Näytteen kuvaus:

Mäkikylänsuo, 507134

Padasjoen polttokokeet

Asiakas: Vapo Oy, Polttoaineet,

Asiakasalue Länsi

Tilaus: Y18-07818

Asiakkaan viite: Polttokokeet, Tupasuo,

Anssi Vähäsöini

Tilausnumero: Y18-07818

Näyte:

Näytetyyppi:

Y18000573

Jyrsinturve

Vastaanottopvm:

Testauspvm:

Tuote:

29.1.2018

31.1.2018-6.2.2018

Turve polttoaine

Suorite		Tulos		Standardiviite
Kokonaiskosteus	M	36,5 %	*	SFS-EN ISO 18134-2, CEN/TS 15414-2, ISO 589
Tuhkapitoisuus (815 °C)	A	5,1 %, d	*	ISO 1171
Haihtuvat aineet	Vol	67,4 %, d	*	SFS-EN ISO 18123, SFS-EN 15402, ISO 562
Rikkipitoisuus	S	0,20 %, d	*	ASTM D 4239 (mod), SFS-EN ISO 16994
Lämpöarvomääritys	Kalorimetrinen lämpöarvo	22,14 MJ/kg, d	*	SFS-EN ISO 18125, SFS-EN 15400, ISO 1928
Tehollinen lämpöarvo	Tehollinen lämpöarvo MJ/kg	20,92 MJ/kg, d	*	SFS-EN ISO 18125, SFS-EN 15400, ISO 1928
	Tehollinen lämpöarvo MWh/t	5,811 MWh/t, d	*	SFS-EN ISO 18125, SFS-EN 15400, ISO 1928
Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa	Tehollinen lämpöarvo saapumistil MJ/kg	12,39 MJ/kg	*	SFS-EN ISO 18125, SFS-EN 15400, ISO 1928
	Tehollinen lämpöarvo saapumistil MWh/t	3,442 MWh/t	*	SFS-EN ISO 18125, SFS-EN 15400, ISO 1928

* Akkreditoitu

7.2.2018 Minna Salonen
Asiantuntija, kemisti

Tehollinen lämpöarvo lasketaan määrittelyillä arvoilla tai alla olevilla vakioilla (jos määrittelyä ei ole tehty):
 H% = 5,6 / (O%+N%) = 35 - Turve
 H% = 6,2 / (O%+N%) = 41 - Kokopuu
 H% = 6,0 / (O%+N%) = 41 - Hakkuutähteet
 H% = 5,9 / (O%+N%) = 41 - Kuori
 H% = 6,0 / (O%+N%) = 41 - Kasvit

Analyysitulokset koskevat vain tutkittua näytettä. Asiakirjan osittainen kopioiminen on kielletty.

Mittausepävarmuudet ovat saatavissa pyydettyäessä.

Labtium Oy

Koivurannatie 1

40400 Jyväskylä