

Ville Seuri

VIIRAKUIIVURIN TAKUUARVOJEN TÄYTTYMINEN

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

2017

VIIRAKUIVURIN TAKUUARVOJEN TÄYTTYMINEN

Seuri, Ville
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Joulukuu 2017
Ohjaaja: Teinilä, Teuvo
Sivumäärä: 33
Liitteitä: 3

Asiasanat: Viirakuivuri, pyrolyysi, puun kosteuden mittaaminen

Opinnäytetyön aiheena oli tutkia takuuarvojen täyttymistä Joensuun Iikseenvaran yhteiskäyttö voimalaitoksella. Opinnäytetyön tilaajana toimi Valmet technologies Oy. Mittaukset liittyivät yhteiskäyttövoimalaitoksen osana toimivan pyrolyysilaitoksen raaka-aine kuivuriin. Raaka-aine kuivuri on tyypiltään viirakuivuri. Kuivurilla kuivataan pääasiassa puuhaketta ja metsätähdehaketta.

Työ tehtiin Valmet Technologies Oy:n rakentaman viirakuivurin luovutukseen liittyvien takuuarvojen todentamiseksi eri takuupisteissä. Takuuarvojen täyttymistä selvitettiin järjestelmän tallentamista arvoista. Tämän lisäksi arvoja saatiin erilaisilla paikallismittareilla. Takuumittausten tuloksista raportoitiin Valmet Technologies Oy:lle.

The guarantee values of a wire dryer; an inspection of fulfilment

Seuri, Ville

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

December 2017

Supervisor: Teinilä, Teuvo

Number of pages: 33

Appendices: 3

Keywords: wire dryer, drying of wood, measuring the moisture content of wood

The purpose of this thesis was to inspect if the guarantee values, which were set for the Fortum Power and Heat Oy Iiksenvaara hybrid power plant in Joensuu, were met at the actual running of the plant. The inspections were carried out for the behalf of Valmet Technologies Oy.

The inspected guarantee values were related to the material dryer of the power plant. The material used at Iiksenvaara power plant is wood chips. The material dryer is a part of the power plant's pyrolysis compound. The type of the inspected material dryer is a wire dryer.

The thesis consists of the measurements that were collected from several different measurings carried out to verify if the guarantee values were met. The measurings were part of the power plant hand over protocol. Some of the measured values were collected from the power plant control system and some were measured with separate equipment. The results were reported for Valmet Technologies Oy.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	VALMET OYJ	8
2.1	Liiketoiminta-alueet	9
2.2	Liiketoimintalinjat.....	9
3	PUUN KUIVAAMINEN	12
3.1	Kosteus.....	13
3.1.1	Puun kosteuden määrittäminen lämpökaapilla	13
3.1.2	Puun kosteuden määrittäminen pikamittauksella	14
4	FORTUM JOENSUU IIKSENVAARA	15
4.1	Voimalaitos	15
4.2	Bioöljylaitos	16
4.2.1	Bioraaka-aineen vastaanotto.....	17
4.2.2	Seulomo	17
4.2.3	Viirakuivuri	17
4.2.4	Hienomurskaamo ja varastosilo	18
4.2.5	Pyrolyysi	18
4.2.6	Tuoteöljysäiliöt.....	20
4.3	Bioöljy.....	20
4.4	Päästöt.....	20
5	TAKUUMITTAUKSET	22
5.1	Pyrolyysi	22
5.2	Viirakuivuri.....	22
6	MITTAUS- JA NÄYTTEENOTTOPAIKAT.....	23
6.1	Kuivurin poistokaasut	23
6.2	Melumittaukset	23
6.3	Kapasiteetti	24
6.4	Raaka-ainenäytteet.....	24
7	MITTAUSMENETELMÄT.....	25
7.1	Päästömittaukset	25
7.2	Melumittaukset	26
7.3	Kapasiteetti	26
7.4	Automaatiojärjestelmistä saadut tuntikohtaiset prosessiarvot	27
8	TULOKSET	28
8.1	Poistokaasun mittaukset.....	28

8.2	Melumittaukset	28
8.3	Kapasiteetti	28
8.4	Raaka-aineen kosteus	28
8.5	Sääolot.....	29
9	EPÄVARMUUSTARKASTELU	30
10	MITTAUSTEN JA TULOSTEN TARKASTELU	31
	LÄHTEET.....	32
	LIITTEET	

KÄYTETYT LYHENTEET JA KÄSITTEET

CHP-voimalaitos	Yhdistettyyn lämmön ja sähköntuotantoon käytetty voimalaitostyyppi.
Kokopuuhake	Puun rungosta ja oksista leikkaamalla hienonnettu massa.
Pyrolyysi	Bioöljyn valmistustapa, jossa raaka-aine kaasutetaan ja lauhdutetaan.
Taustamelu	Äänenpaineen taso laitosalueella ilman pyrolyysilaitoksesta tulevaa ääntä.
Vastaanottotasku	Sivuseinistä ja pohjakuljettimesta muodostuva raaka-aineen aumauspaikka josta biomassa syötetään kolakuljetimen avulla prosessiin.

1 JOHDANTO

Puupohjaisen raaka-aineen kuivaus on tärkeä osa prosessia, kun puubiomassoista jalostetaan erilaisia tuotteita. Fortum Power and Heat Oy:n Joensuun bioöljytehtaalla raaka-aine kuivataan viirakuivaimella. Bioöljytehtaan raaka-aineena käytetään kokopuuhaketta, metsätähdehaketta, sahanpurua sekä turvetta.

Joensuun bioöljytehtaan kuivaimen on toimittanut tämän opinnäytetyön toimeksiantaja Valmet Technologies Oy. Takuuajokokeilla varmennetaan, onko kuivain mitoitussarvojen mukainen.

Tässä opinnäytetyössä tehtiin mittauksia äänenpaineen tason määrittämiseksi biomassakuivurin ympäristössä ennen varsinaista takuuajokoetta. Osana opinnäytetyötä oli raaka-aineen kosteuden määrittämisessä käytettävän pika-analysaattorin käyttöön ottaminen toimeksiantaja yrityksessä. Pika-analysaattorilla määritettiin bioöljyn valmistuksessa käytettävän raaka-aineen kosteus prosessin eri vaiheissa. Kosteuden määrittämiä tehtiin ennen takuuajokoetta ja sen aikana. Näiden lisäksi opinnäytetyössä selvitettiin kuivaimen kapasiteetti takuuajokokeen aikana. Takuuajokokeen tulokset on esitetty erillisissä liitteissä. Liitteiden sisältämät tiedot eivät ole julkisia.

2 VALMET OYJ

Valmet OYJ (myöhemmin Valmet) on maailman johtava teknologian, automaation ja palveluiden toimittaja ja kehittäjä sellu-, paperi- ja energiateollisuudelle. Sen palveluksessa työskenteli vuonna 2015 noin 12 000 työntekijää. Yhtiön liikevaihto oli vuonna 2015 2928 miljoonaa euroa. Valmetilla on yli kahdensadan vuoden teollisuushistoria. Yhtiö syntyi uudestaan vuonna 2013 sellu-, paperi- ja voimantuotanto- liiketoiminnan irtautuessa Metso Oyj:stä. [6]

Valmetin asiakkaina on yli 2 000 sellu- ja paperitehdasta maailmanlaajuisesti. Maailmalla toiminnassa olevasta noin 3 800 sellu- ja paperitehtaasta yli puolet ostaa vuosittain palveluita Valmetilta. [6]

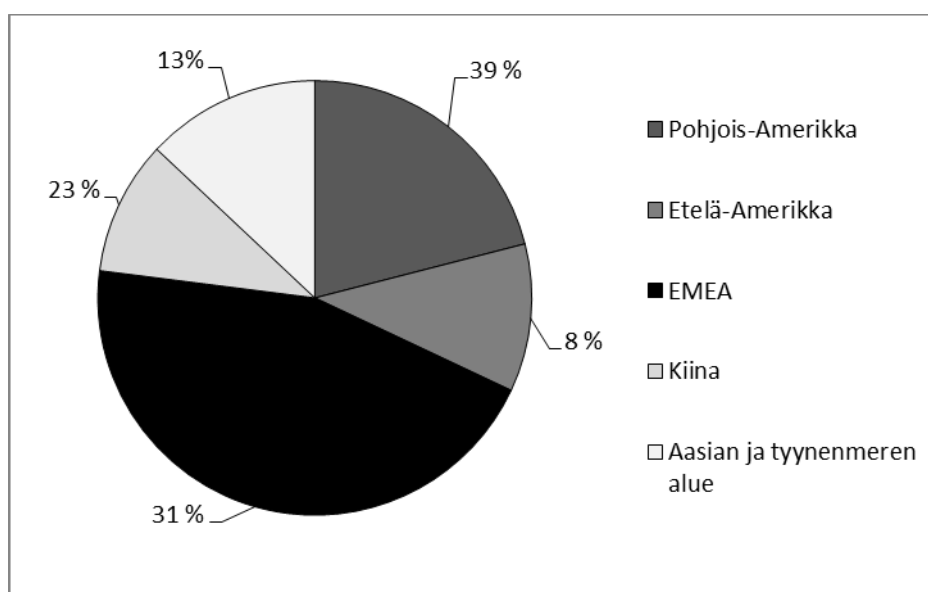
Valmetin asiakkailleen tarjoamat palvelut kattavat kaiken kunnossapidon ulkoistuksesta tehtaiden ja voimalaitosten parannuksiin ja varaosiin. Valmetin tavoitteena on tulla maailman parhaaksi asiakkaidensa palvelussa. [7]

Strategiansa mukaisesti Valmet keskittyy kehittämään ja toimittamaan teknologioita ja palveluja ensisijaisesti biopohjaisia raaka-aineita käyttäville teollisuudenaloille. Yhtiön toiminnan perustarkoituksena on muuntaa ja jalostaa uusiutuvista raaka-aineista kestäviä ja vastuullisia tuloksia. [7]

Valmetin asiakkaat edustavat pääasiassa sellu-, paperi- ja energiateollisuutta. Kaikki nämä ovat globaaleja, suuria teollisuudenaloja, jotka tarjoavat tulevaisuuden kasvumahdollisuuksia. Valmet täydentää ydinliiketoimintaansa soveltamalla palvelu- ja teknologiaosaamistaan myös muilla kuin biopohjaisia raaka-aineita hyödyntävillä teollisuudenaloilla, erityisesti energiasektorilla. Palvelu- ja tuotetarjonta koostuu tuottavuuden tehostamispalveluista, tehtaiden uudistuksista sekä uusista kustannustehokkaista teknologioista ja ratkaisuista energian- ja raaka-ainekäytön optimoimiseksi sekä asiakkaiden lopputuotteiden arvon nostamiseksi. [7]

2.1 Liiketoiminta-alueet

Valmetin liiketoiminta on jaettu viiteen eri liiketoiminta-alueeseen. Liiketoiminta-alueet on jaettu niiden maantieteellisen sijainnin mukaan. Alueet ovat Pohjois-Amerikka, Etelä-Amerikka, EMEA (Eurooppa, Lähi-itä ja Afrikka), Kiina ja Aasian ja Tyynenmeren alue. Liiketoiminta-alueista merkittävin liikevaihdollisesti on EMEA -alue, johon kuuluvat Eurooppa, Lähi-itä ja Afrikka. Toiseksi eniten liikevaihtoa on Pohjois-Amerikan liiketoiminta-alueella. Kuviossa 1 on esitetty Valmetin liikevaihdon jakauma liiketoiminta-alueittain vuonna 2015. [6]



Kuvio 1. Valmetin liikevaihdon jakauma liiketoiminta-alueittain vuonna 2015. [6]

2.2 Liiketoimintalinjat

Valmetin liiketoiminta on jaettu neljään liiketoimintalinjaan. Nämä linjat ovat palvelut, automaatio, sellu ja energia sekä paperit. [6]

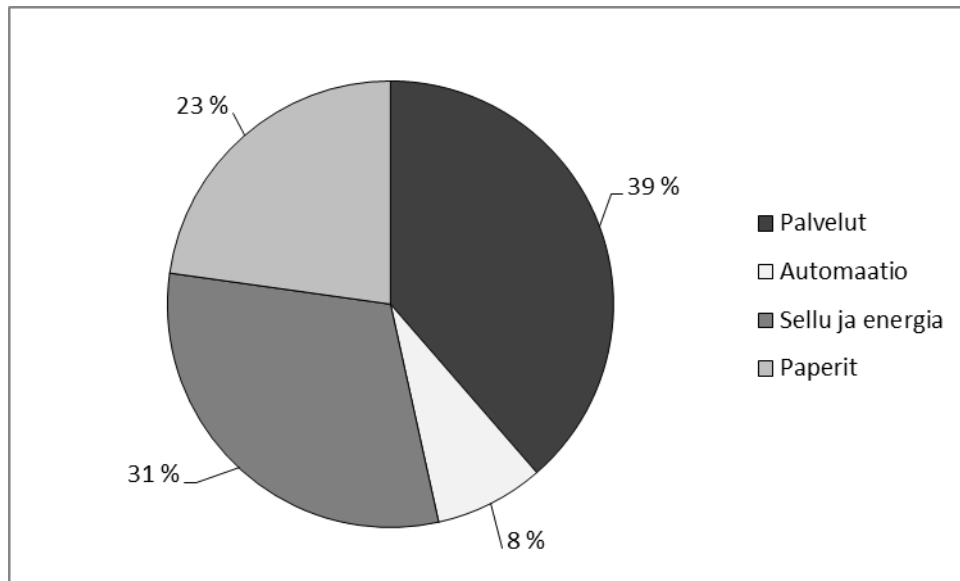
Palvelut -liiketoimintalinja on Valmetin liikevaihdollisesti merkittävin liiketoimintalinja. Vuonna 2015 sen osuus koko liikevaihdosta oli 39 prosenttia. Palvelut -liiketoimintalinjaan kuuluvat muun muassa tehdasparannukset, tela- ja verstaapalvelut, osat ja kudokset, sekä elinkaari palvelut.[6]

Valmetin liikevaihdollisesti toiseksi suurin liiketoimintalinja on sellu ja energia - liiketoimintalinja. Vuonna 2015 sen osuus koko liikevaihdosta oli 31 prosenttia. Sellu ja energia -liiketoimintalinja tarjoaa teknologiaa ja ratkaisuja sellun ja energian tuotantoon sekä biomassan jalostukseen. Selluprojektit ulottuvat laitetoimituksista tehdaslinjojen kokonaistoimituksiin. Energiaratkaisuihin kuuluvat muun muassa biomassaa hyödyntävien energiantuotantokattiloiden kokonaistoimitukset ja uudistukset. Lisäksi Valmet kehittää jatkuvasti uusia biomassan hyödyntämistä edistäviä teknologioita. [6]

Paperit -liiketoimintalinja toimittaa asiakkaille kartonki-, pehmopaperi- ja paperikoneita ja laitteita sekä koneuudistuksia. Sen osuus Valmetin koko liikevaihdosta oli vuonna 2015 23 prosenttia. Kartonkia, pehmopaperia ja paperia käytetään lukuisissa lopputuotteissa, kuten esimerkiksi pakkauksissa, nenäliinoissa, WC-paperissa ja käsipyyhkeissä, sekä kirjoitus- ja painopapereissa. [6]

Neljäs liiketoimintalinja on automaatio. Sen osuus Valmetin koko liikevaihdosta vuonna 2015 oli 8 prosenttia. Automaatio -liiketoimintalinjan tuottaa automaatioratkaisuja yksittäisistä mittauksista koko tehtaan kattaviin automaatiojärjestelmiin. Liiketoimintalinjan päätuotteet ovat automaatiojärjestelmät, laatusäätöjärjestelmät, analysaattorit ja mittalaitteet, kamerajärjestelmät sekä erilaiset toiminto- ja palveluratkaisut. Automaatioliiketoiminnan pääasiakasryhmät ovat massa- ja paperiteollisuus, muu prosessiteollisuus, energiantuotanto, meriteollisuus sekä öljy- ja kaasuteollisuus. [6]

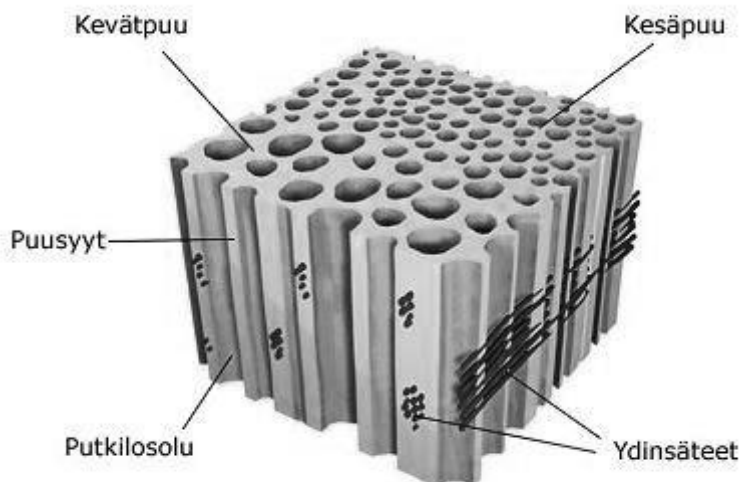
Kuviossa 2 on esitetty Valmetin liikevaihdon jakauma liiketoimintalinjoittain vuonna 2015.



Kuvio 2. Liikevaihdon jakauma liiketoimintalinjoittain vuonna 2015. [6]

3 PUUN KUIVAAMINEN

Veden tehtävänä puussa on kuljettaa ravinneaineita. Vesi on sitoutunut puun soluihin. Soluonteloissa oleva vesi on niin sanottua vapaata vettä ja soluseinämässä oleva vesi sitoutunutta vettä. [3]



Kuva 1. Lehtipuun solukkoa

Kaatotuoreen puun sisältämä kosteus vaikeuttaa puun käyttöä eri käyttötarkoituksissa. Puuta voidaan kuivata ulkoilmassa. Yleisesti teollisuuden käyttämä puu kuivataan kuitenkin koneellisesti.

Puun kuivaaminen perustuu sen solukoon sitoutuneen veden haihduttamiseen pois solurakenteesta. Tämä tapahtuu lämmittämällä puuta alle veden kiehumispisteen, jolloin vesi höyrystyy pois puun pinnan kautta. [3]

Veden poistaminen on huomattavasti helpompaa soluonteloista kuin soluseinämistä. Tätä tilannetta, jossa vesi on poistunut soluonteloista, mutta soluseinämät ovat vielä veden kyllästämiä, kutsutaan puunsyiden kyllästymispisteeksi. Mikäli puuta halutaan kuivata alle tämän niin sanotun syiden kyllästymispisteen, tarvitaan energiaa enemmän, koska vettä täytyy haihduttaa puun soluseinämistä. Kuivattaessa puuta vain syiden kyllästymispisteeseen, haihdutetaan vain niin sanottua vapaata vettä. Yleensä puunsyiden kyllästymispiste on noin 28-30 prosenttia, mutta se vaihtelee hieman eri puulajeilla. [3]

Puun kuivumisnopeus riippuu kuivausilman lämpötilasta, ilman suhteellisesta kosteudesta, puun kosteudesta, sekä kuivattavan kappaleen koosta. Kosteuden siirtyminen puun sisältä puun pinnalle on yleensä puun kuivausta merkittävästi hidastava tekijä. Kosteuden siirtyminen puun sisällä on hyvin hidasta. Tämä johtuu puun solurakenteesta sekä puun hyvästä eristyskyvystä, joka hidastaa lämmön siirtymistä puun sisälle. Myös puun pinnan liiallinen kuivuminen kuivaustapahtuman alussa saattaa hidastaa kuivausta, sillä liian kuiva pinta aiheuttaa puun pinnan kovettumista ja kova pinta luovuttaa vettä pois puun sisältä pehmeää pintaa huonommin. [3]

3.1 Kosteus

Puun kosteus ilmoitetaan monissa käytännön yhteyksissä veden määränä puun kuiva-ainepainosta. Yksikkönä käytetään prosenttia. Suomessa kaatotuoreen puun kosteus on yleisimmillä puulajeilla noin 40-55 prosenttia. [3]

Monilla metsäteollisuuden aloilla puun kosteus ilmoitetaan kuitenkin veden määränä puun märkäpainosta. Yksikkönä on myös tällöin prosentti. Tässä opinnäytetyössä jäljempänä olevat kosteuspitoisuudet on ilmoitettu prosenttina puun märkäpainosta. [3]

Veden määrä puun märkäpainosta voidaan määrittää kaavan 1 mukaisesti:

$$\frac{\text{puun märkäpaino} - \text{puun kuivapaino}}{\text{puun märkäpaino}} * 100$$

Kaava 1. Veden määrä puun märkäpainosta, yksikkönä prosentti. [3]

3.1.1 Puun kosteuden määrittäminen lämpökaapilla

Puuhakkeen kosteus voidaan helposti määrittää lämpökaappimenetelmällä. Hake näytettä lämmitetään lämpökaapissa 103-105°C noin 20 tuntia. [3]

3.1.2 Puun kosteuden määrittäminen pikamittauksella

Biomassan kosteuden määrittämiseen on olemassa monia erilaisia niin kutsuttuja pikamittausmenetelmiä. Tässä opinnäytetyössä raaka-aineen kosteuden määrittämisessä käytettiin apuna Precisa XM50 pika-analysaattoria. [3]



Kuva 2. Kosteusanalysaattori Precisa XM50

4 FORTUM JOENSUU IIKSENVAARA

4.1 Voimalaitos

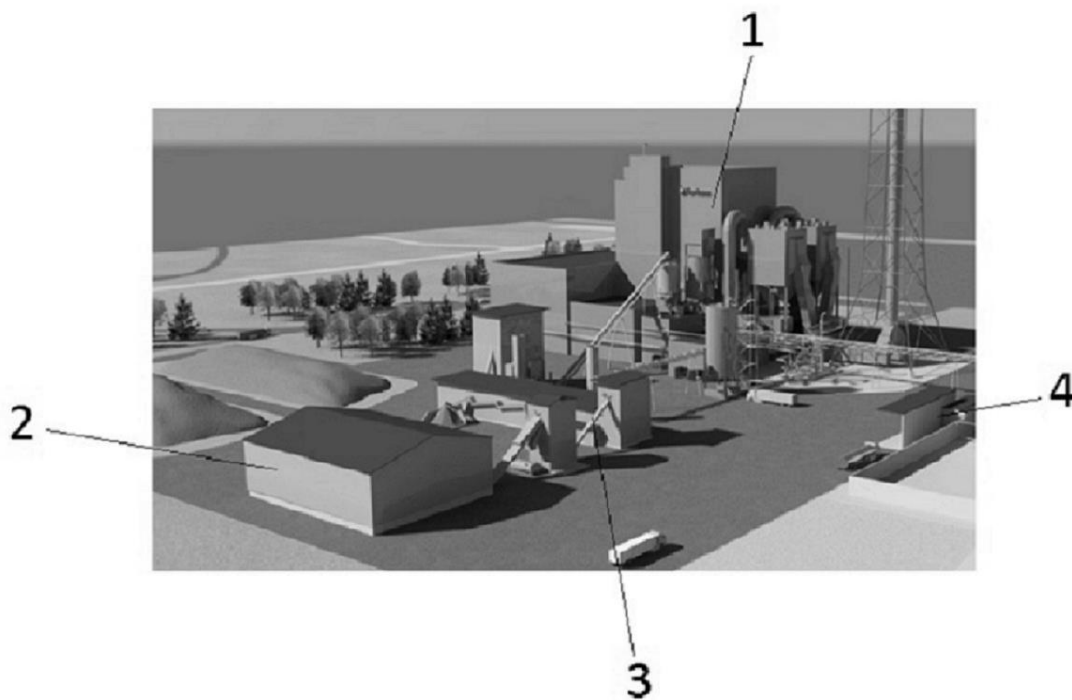
Fortumin Joensuun Iiksenvaarassa sijaitseva voimalaitos on tuotantomuodoltaan CHP-voimalaitos. Tämä tarkoittaa yhdistettyä lämmön ja sähkön tuotantoa. Laitoksella on kolme kattilaa. Näistä suurin polttoaineteholtaan 204 MW on voimalaitoskattila. Tämä voimalaitoskattila on tyypiltään leijukerroskattila, Sitä käytetään yhdistettyyn sähkön ja lämmöntuotantoon, Lämpökattila on tyypiltään HOB eli kupliva leijupetikattila. Lämpökattilaa käytetään kaukolämmön tarpeen mukaan. Lämpökattilan vuotuinen käyntiaika on 2000-4000 tuntia. Lämpökattilan polttoainetehto on 34 MW. Kolmas kattila on sähkökattila, joka toimii apukattilana. Voimalaitoksen tuottama kaukolämmön määrä on noin 450-500 GWh/a vastapainesähköntuotanto noin 200-220GWh/a ja lauhdesähköntuotanto noin 0-230 GWh/a. Voimalaitoksen käyttämä jäähdytysvesi otetaan Joensuun kaupungin läpi virtaavasta Pielisjoesta.[1]

Voimalaitoksen polttoaineet

Fortum Joensuun Iiksenvaaran CHP-voimalaitoksen polttoaineena käytetään jyrsin-turvetta, puuta, ruokohelpeä ja kaatopaikalla muodostuvaa biokaasua. Raskas- ja kevytpolttoöljyä käytetään varapolttoaineena. Pääpolttoaine koostuu turpeen ja puun seoksesta. Ruokohelppi toimitetaan voimalaitokselle turpeeseen tai puuhun sekoitettuna. Yleisesti ruokohelven käyttöä voimalaitoksen polttoaineena, pidetään ongelmallisenä sen keveyden vuoksi. Ruokohelpeä viljeltiin Suomessa vuonna 2016 4500 hehtaarin alalla. Hehtaarisadon ollessa 3000-7000 kg hehtaarilta. Ruokohelven energiasisältö on 17,6MJ/kg. Keväällä korjattaessa sen kosteus on noin 10-15 %. Voimalaitokselle toimitettavat puupolttoaineet haketetaan tai murskataan voimalaitoksen polttoainekentällä tarvittaessa mobiilimurskaimella tai hakkurilla. Kokopuu haketetaan hakkurilla. Kannot ja risut käsitellään murskaimella. [1,5]

4.2 Bioöljylaitos

Voimalaitoksen CHP-kattilaan on integroitu pyrolyysiöljyn tuotantolaitos. Tähän bioöljyä jalostavaan laitokseen kuuluu pyrolyysilaitoksen lisäksi biopolttoaineenvastaanottoasema, seulomo, viirakuivuri, murskaamo, raaka-aineen välivarasto, ja valmiin bioöljytuotteen varastointiin sekä lastaukseen tarkoitettu säiliöalue. Bioöljylaitos käyttää raaka-aineena metsätähdettä, sahanpurua ja puuhaketta. Sen puunkulutus on noin 150 000 kuutiometriä vuodessa. Bioöljyä laitos tuottaa noin 50 000 tonnia vuodessa. Tämä vastaa noin 10 000 omakotitalon lämmitysenergiatarvetta. Pyrolyysiöljylaitoksessa puubiomassa kuumennetaan nopeasti hapettomissa olosuhteissa. Biomassan kuumentamisen seurauksena massa hajoaa ja alkaa muodostamaan kaasuja. Kaasuja lauhdutettaessa syntyy bioöljyä. Tekniikkaa kutsutaan nopeapyrolyysiksi. Syntyvällä bioöljyllä voidaan korvata kevyttä- ja raskastapolttoöljyä. Bioöljylaitoksen rakentaminen aloitettiin vuonna 2012 ja se otettiin käyttöön vuonna 2013 [2]



Kuva 3. Voimalaitosalue 1 CHP-voimalaitos ja bioöljylaitos, 2 raaka-aineen vastaanotto, 3 viirakuivuri, 4 Bioöljyn lastausalue. [8]

4.2.1 Bioraaka-aineen vastaanotto

Pyrolyysiöljylaitoksen käyttämän raaka-aineen vastaanotto tapahtuu erillisessä vastaanottorakennuksessa. Vastaanottorakennus koostuu neljästä noin 20 metriä pitkistä vastaanottotaskusta. Taskujen pohjassa on kolakuljettimet, jotka kuljettavat taskuissa olevan raaka-aineen seulomoon johtavalle kuljettimelle. Vastaanottotaskuja voidaan täyttää pyöräkuormaajalla tai raaka-aine voidaan tyhjentää niihin suoraan kuorma-autosta. Raaka-aineen vastaanottorakennuksen läheisyydessä sijaitsee raaka-aineen varastokenttä, joka on pinta-alaltaan noin 9000 neliometriä.[2]

4.2.2 Seulomo

Seulomossa raaka-aineesta poistetaan siihen kuulumattomat metalliesineet magneetin avulla. Tämän lisäksi raaka-aine seulotaan kiekkoseulalla haluttuun palakokoon. Kiekkoseulasta tuleva ylite ohjataan murskaimen kautta viirakuivurille menevään raaka-aine virtaan.

4.2.3 Viirakuivuri

Seulottu biomassa kulkee syöttösiilon kautta levitysruuville, joko tasoittaa massan tasaiseksi patjaksi kuivurin viiralle. Massan kuljettua kuivurin läpi puolikuivan tuotteen purkuruuvi poistaa massapatjan alaosasta halutun paksuisen kerroksen. Poistettu puolikuiva kerros palautuu kuivurin puolivälissä olevalle puolikuivan tuotteen syöttöruuville. Puolikuivasta massasta erotetaan hienoaines, joka päätyy kuivurin ulkopuolella olevaan bunkkeriin. Puolikuivan tuotteen syöttöruuvi tasoittaa puolikuivan biomassan viiralla kulkevan biomassapatjan päälle tasaiseksi kerrokseksi. Kuivurin lämpöteho saadaan paremmin hyödynnettyä kaksikerroskuivauksen ansiosta.

Pyrolyysiprosessin jäähdytyksestä tulevaa lämpö hyödynnetään kuivausilman esilämmityksessä. Kuivurissa käytettävä ulkoilma puhalletaan lämmityskennojen läpi kuivuriin. Esilämmityskennoissa kiertävää glykolia lämmitetään pyrolyysiprosessin jäähdytyksestä saatavalla lämmöllä. Kuivuriin johdettu ilma imetään suurempien kaukolämmöllä lämmitettävien kennojen ja biomassapatjan läpi. Kuivattavan massan lämpötila nousee ja se luovuttaa kosteutta imettävään ilmaan. Kosteaa ilmaa johdetaan

ulkoilmaan kahden 14 metriä korkea poistoilmapiipun kautta. Kuivattavan raaka-aineen kosteuspitoisuutta seurataan jatkuvalla mittauksella. Kuivurin ja sitä kautta myös raaka-ainepatjan läpi kulkevaa ilmamäärää voidaan muuttaa esipuhaltimien ja poistoilmapiipuissa olevien poistopuhaltimien nopeutta säätämällä. Viiran yli olevaa paine-eroa mitataan myös jatkuvalla mittauksella. Paine-eroa säädetään esi- ja poistopuhaltimien nopeuksia säätämällä paine-eron hallitsemiseksi.

Kuivurin viiraa pestään vedellä tarvittaessa kuivurin alkupäässä olevien pesusuuttimien avulla. Biomassan kosteus on kuivauksen jälkeen alle 10 prosenttia. [1]

4.2.4 Hienomurskaamo ja varastosiilo

Hienomurskaamossa kuivattu biomassa murskataan 0-5 millimetrin palakokoon. hienomurskaamon yhteydessä on myös pölynsuodatus yksikkö, joka suodattaa murskaamosta ulos puhallettavaa ilmaa. Kuivattu ja hienomurskattu biomassa kuljetetaan kuljettimella pyrolyysilaitoksen yhteydessä olevaan varastosiilon. Varastosiiloa käytetään puskurina mikäli kuivaamossa tai pyrolyysissä tapahtuu tuotannon katkoksia.

4.2.5 Pyrolyysi

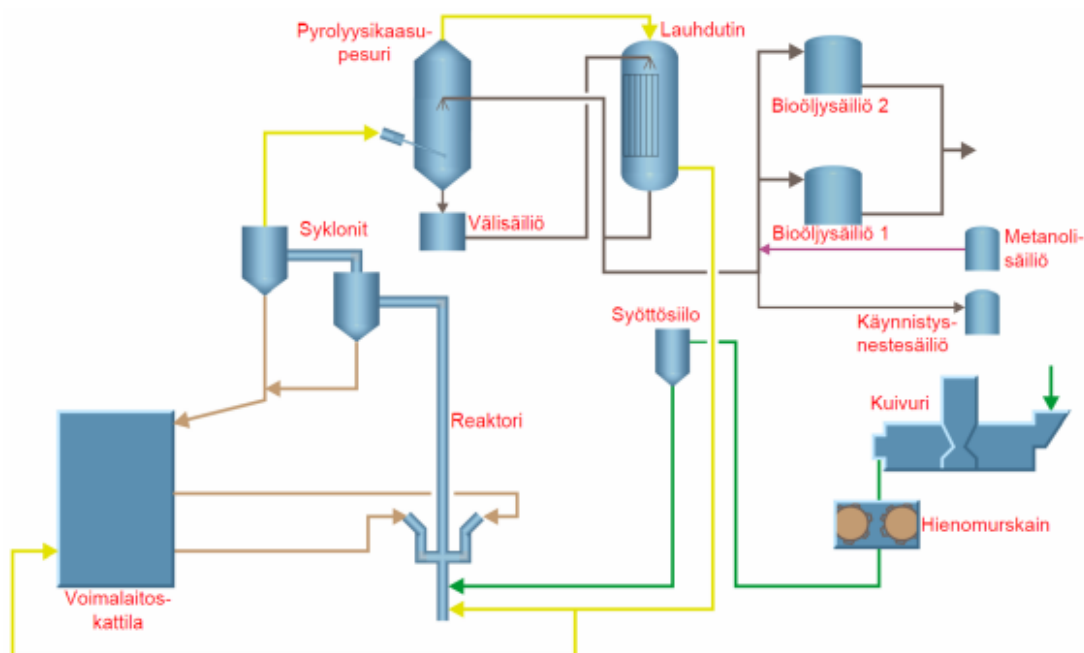
Varastosiilosta biomassa syötetään pyrolyysireaktorin leijupetiin. Syöttö tapahtuu syöttösiilon kautta. Reaktorissa olevassa seoksessa biomassan haihtuvat komponentit kaasuuntuvat. Reaktorissa oleva seos koostuu leijutuskaasusta ja leijukerroschiekasta. Leijukerroschiekka otetaan pyrolyysireaktoriin lämpöä ja sähköä tuottavan CHP -kattilan leijuvasta hiekkakerroksesta. CHP -kattilasta otettavan hiekan lämpötila on noin 800 °C. [1] [9]

Pyrolyysiprosessissa syntyvä jäännösmateriaali johdetaan palautettavan petihiekan mukana kattilaan, jossa se palaa. Biomassan ja kiertohiekan mukana tulleet raskaammat kappaleet jäävät reaktorin pohjalle. Reaktorin pohjalle jäävä rejekti johdetaan vaihtolavalle. [1] [9]

Leijutuskaasuna käytetään prosessin loppupäästä palautettavaa lauhtumatonta kaasua. Leijutuskaasun virtausta muuttamalla voidaan muuttaa leijutusnopeutta. Reaktorissa oleva kaasu johdetaan reaktorin yläpäästä syklooneihin, jossa kaasusta erotetaan kiintoaines. Erotettu kiintoaines ja petihiekan ylimäärä johdetaan kattilaan. Syklooneista noin 500 °C lämpötilassa oleva kaasu johdetaan kaasupesuriin. Pesurissa kaasu jäähtyy noin 40-50 °C lämpötilaan. Kaasupesurista jäähtynyt kaasu johdetaan lauhduttimeen. Lauhdutetusta pyrolyysikaasusta syntyy pyrolyysiöljyä. Lauhtumatomasta kaasusta osa palautetaan reaktoriin ja ylijäämä poltetaan kattilassa. Pyrolyysiprosessi inertoidaan tarvittaessa tyrellä. Yleisesti inertointina voidaan pitää prosessia, jossa aine muunnetaan syttyvästä tai reaktiivisesta tilasta turvalliseen tilaan. Bioöljy pyrolysoidaan hapettomissa olosuhteissa. [1] [9]

Kaasupesurin ja lauhduttimen kautta kulkevan kaasuvirtauksen lämpö siirtyy jäähdytysvesipiiriin. Mikäli pyrolyysin jäädyksestä saatavaa lämpöä ei pystytä hyödyntämään raaka-aineen kuivauksessa, se johdetaan jäähdytysveden mukana vesistöön. [1] [9]

Pyrolyysiprosessi on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Pyrolyysiprosessi. [9]

4.2.6 Tuoteöljysäiliöt

Pyrolyysimenetelmällä valmistettu bioöljy varastoidaan kahteen tuoteöljysäiliöön. Tuoteöljysäiliöiden yhteydessä on myös valmiin tuotteen lastausalue, josta bioöljy voidaan lastata säiliöautoihin.[1]

4.3 Bioöljy

Fortum Power and Heat pyrolyysilaitoksen tuottama pyrolyysiöljy on tuotenimeltään Fortum Otso. Pyrolyysiöljy on tervamaista tummanruskeaa nestettä sitä voidaan käyttää korvaamaan kevyttä tai raskasta polttoöljyä. Pyrolyysiöljyn lämpöarvo on 15 MJ/kg. Pyrolyysiöljy sisältää orgaanisia happoja ja on siksi hapanta. Sen käsittelyssä on käytettävä ruostumatonta tai haponkestävää terästä. Näiden lisäksi pyrolyysiöljyn käsittelyyn soveltuu useimmat muovit. [2]

4.4 Päästöt

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan pyrolyysiprosessista aiheutuvia päästöjä viirakuivaimen osalta. Viirakuivaimesta aiheutuvista päästöistä tarkemmin tarkastellaan melu- ja pölypäästöjä. Ympäristömelutasoja on mitattu voimalaitoksella vuonna 2010. Mittausten aikana polttoaineen varastokentällä murskattiin kantoja. Myös lämpökeskus oli käynnissä mittausten aikana. Mittaustulokset voimalaitosalueella olivat välillä 50-56 dB. Keskiäänitasot olivat välillä 41-54 dB.



Kuva 5. Kuivurin äänenpaineentason seurannassa ennen takuuajojaksoa ja sen aikana käytettiin Norsonic Nor-132 luokan 2 äänitasomittaria.

5 TAKUUMITTAUKSET

Fortum Power and Heat Oy:n Joensuun bioöljylaitoksella tehtiin takuumittauksia 9.3.2017. Takuuajojakson aikaisilla mittauksilla määritettiin kuivurin kapasiteetti sekä melu- ja pölyarvoja sovituisissa mittauspisteissä. Mittaukset tehtiin kahdentoista tunnin takuuajojakson aikana. Määrittelyssä käytettiin mittaustulosten ja raaka-ainenäytetulosten lisäksi automaatiojärjestelmien tallentamia prosessiarvoja.

5.1 Pyrolyysi

Bioöljylaitos tuottaa puu- ja metsähakkeesta bioöljyä. Bioöljylaitos perustuu ns. nopeapyrolyysiteknologiaan, jossa puubiomassaa kuumennetaan nopeasti hapettomissa olosuhteissa. Kuumentamisen seurauksena puubiomassa hajoaa ja muodostaa kaasuja, jotka lauhdutetaan edelleen öljyksi. Takuuajojakson aikana raaka-aineena käytettiin kokopuuhaketta.

Pyrolyysin bioöljyntuotanto oli koko takuuajojakson ajan 2 kg/s.

5.2 Viirakuivuri

Ennen pyrolyysiä puubiomassa kuivataan viirakuivurilla. Kuivurin yhteydessä sijaitsevat myös seulomo ja hienomurskaamo. Seulomossa toimitetun raaka-aineen sisältämät ylisuuret puunpalaset murskataan. Hienomurskaamossa kuivattu biomassa murskataan alle 5 mm palakokoon.

Viirakuivurilla seulottu raaka-aine kuivataan 10 %:n kosteuteen, tai kuivemmaksi. Biomassa kuivataan kuumalla ilmalla, joka puhalletaan kuivuriin esilämmityskennon läpi. Esilämmitetty ilma imetään kuivurin sisällä olevien kennojen ja viiralla olevan biomassapatjan läpi poistokaasuputkien kautta ulos. Poistokaasuputket ovat 14 metriä korkeita ja niiden sisällä on aksiaalityyppiset poistopuhaltimet.

Takuukokeen aikana viirakuivaimen toiminta oli häiriötöntä.

6 MITTAUS- JA NÄYTTEENOTTOPAIKAT

6.1 Kuivurin poistokaasut

Hiukkaset ja kaasumaiset yhdisteet mitattiin kuivurin molemmista pystysuuntaisista poistokaasuputkista. Putket ovat identtisiä ja molemmissa on kaksi mittausyhdettä, joista hiukkasia ja kaasuja voidaan mitata. Yhteet sijaitsivat noin 7 metrin korkeudella maan pinnasta, poistopuhaltimien välittömässä läheisyydessä, puhaltimien puhallus puolella. Poistoputkien sisähalkaisijat olivat 2,3 metriä.



Kuva 6. Poistokaasujen mittaukset tehtiin poistoputkien mittausyhteistä.

6.2 Melumittaukset

Laitosalueen taustamelut oli mitattu ennen takuuajoa, pyrolyysin ja kuivaamon huoltotöiden aikana 7.2.2017. Pyrolyysilaitos ja kuivuri eivät tällöin olleet käynnissä. Taustamelumittaukset tehtiin 11 mittauspisteestä.

Varsinaiset melumittaukset tehtiin 9.3.2017 kello 17.45 - 20.50 välisenä aikana samoista mittauspisteistä, kuin aiemmin tehdyt taustamelun mittaukset. Näiden pistei-

den lisäksi varsinaisissa melumittauksissa melua mitattiin kahdesta lisäpisteestä. Kaikki melumittauksissa käytetyt mittauspisteet on esitetty liitteessä 2.,

6.3 Kapasiteetti

Kapasiteetti määritettiin kuivurin kuivaaman raaka-aineen määrän avulla. Kuivattavan raaka-aineen määrää voitiin seurata raaka-ainetoimituksista. Raaka-ainetoimitukset tapahtuivat ennen takuuajojaksoa ja jakson aikana. Toimitusten massa saatiin voimalaitoksen yhteydessä olleen autovaa'an mittaustuloksista. Takuuajossa käytettiin vastaanottotaskuja 3 ja 4. Kuormien ilmoitettu tilavuus perustui kuormia toimittavien kuljettajien arvioihin.

6.4 Raaka-ainenäytteet

Raaka-ainenäytteitä otettiin kuivausprosessin kolmesta eri vaiheesta; ennen kuivainta, kuivaimen jälkeen ennen hienomurskausta sekä hienomurskauksen jälkeen. Hienomurskaamon jälkeinen näytteenotto paikka sijaitsee raaka-aineen hienomurskaamosta pyrolyysiin kuljettavan kuljettimen alkupäässä. Jokaisesta paikasta näytteet otettiin yhden tunnin välein. Näytteiden ottaminen aloitettiin 9.3.2017 klo 7.00 ja viimeiset näytteet otettiin samana päivänä klo 20.00. Näytteet otti Valmet Technologies Oy:n henkilöstö. Prosessista otettujen, raaka-ainenäytteistä saatujen analyysitulosten lisäksi käytössä olivat Fortum Power and Heat Oy:ltä saadut prosessiin toimitetun raaka-aineen kuormakohtaiset kosteustulokset.

7 MITTAUSMENETELMÄT

7.1 Päästömittaukset

Poistokaasun orgaanisten yhdisteiden näytekaasu otettiin noin 80 cm syvyydeltä poistokaasukanavasta, lämmitetyllä metallisinterisuotimella varustetulla sondilla. Näytekaasu johdettiin sondilta lämmitetyllä teflonlinjalla CAI FID -analysaattorille. Analysaattori kalibroitiin ennen ja jälkeen mittausjaksojen. Tulokset analysaattorilta kerättiin minuutin välein. Mittauksissa käytetyt mittausalueet, menetelmät ja kalibrointitasot on esitetty liitteen 1 taulukossa 1.

Hiukkasnäytteet otettiin ”out-stack” -menetelmällä, soveltaen standardia SFS-EN-13284-1 mittauspaikan olosuhteisiin. Näytteet kerättiin kvartsikuituisille tasosuotimille Metlab –pölynäytteenottolaitteistolla, yhdeltä akselilta, kahdeksasta pisteestä. Keräysajat olivat 32 minuuttia jokaista näytettä kohden. Sondiin kertynyt kiintoaine on huuhdeltu talteen asetoni-vesi-seoksella jokaisen näytteenoton jälkeen ja huuhteet on haihdutettu ja lämpökäsitelty, kuten suotimet, ja massat huomioitu kokonaispitoisuuksissa.

Suodattimia kuivattiin ennen näytteenottoa 180 °C ja näytteenoton jälkeen 105 °C lämpötilassa vähintään yhden tunnin ajan. Kuivauksen jälkeen suodattimia jäähdytettiin eksikaattorissa vähintään neljä tuntia ja tämän jälkeen suodattimet punnittiin analyysivaa’an tarkkuudella. Loppukäsittelylämpötila on standardin SFS-EN-13284-1 käsittelylämpötilaa alhaisempi prosessin ja hiukkasten luonteen vuoksi.

Kaasun happipitoisuutta (O₂) määritettiin kemialliseen kennoon perustuvalla Testo analysaattorilla hiukkasmittausten yhteydessä.

Savukaasun virtaus mitattiin pitot-putkimenetelmällä SFS-EN 16911-1 standardin mukaisesti. Lämpötila mitattiin K-tyyppin anturilla ja lämpömittarilla.

Päästömittausten aikaiset kuivurin prosessiarvot on esitetty liitteen 1 taulukossa 2. Prosessiarvoja ovat:

- tuotannon säätö, (tilavuusvirta, johon laitoksen kapasiteetti on asetettu, m³/h)
- laskettu kuivurin kapasiteetti, (järjestelmän laskema tilavuusvirta, m³/h)
- esilämmitetty ilma, (esilämmityskennojen jälkeisen ilman lämpötila C°)
- kuivaimen lämpötila, (kuivausilman lämpötila, C°)
- esilämmityspuhallimien puhallusnopeus, (% täydestä puhallustehosta)
- kuivain poistoilma 2, (poistoilman kosteus poistoilmaputkessa 2, %)
- kuivain poistoilma 1, (poistoilman kosteus poistoilmaputkessa 1, %)
- poistoilma 2 lämpötila, (poistoilman lämpötila poistoilmaputkessa 2, C°)
- poistoilma 1 lämpötila, (poistoilman lämpötila poistoilmaputkessa 1, C°)
- hake kuivurille kosteus, (kuivuriin syötetyn raaka-aineen kosteusprosentti, %)

7.2 Melumittaukset

Molemmat melumittaukset toteutettiin Bruel & Kjaer 2238 luokan 1 melumittarilla. Melumittari kalibroitiin ennen mittausta ja mittauksen jälkeen Rion NC-47 luokan 1 äänikalibraattorilla äänenpainetasolle 94,0 [L,dB]. Mittaustulokset ovat kolmen minuutin mittaisen mittausjakson keskiarvotuloksia.

7.3 Kapasiteetti

Kapasiteetin määrittämiseksi kuivurin kuivaaman raaka-aineen määrää seurattiin takuuajojakson ajan. Takuuajojakson aikana kuivurin neljästä vastaanottotaskusta käytettiin taskuja 3 ja 4. Raaka-ainetoimitukset tyhjiin vastaanottotaskuihin 3 ja 4 aloitettiin 8.3.2017 illan aikana. Kuivattavan raaka-aineen määrän seuraaminen aloitettiin 9.3.2017 kello 7.30 vastaanottotaskun 4 käynnistyttyä. Takuuajojakso päättyi kello 20:55. Vastaanottotaskun 4 tyhjennyttyä. Prosessiin toimitetut raaka-ainekuormat on esitetty liitteessä 1 taulukossa 3

7.4 Automaatiojärjestelmistä saadut tuntikohtaiset prosessiarvot

Tuntikohtaisia keskiarvoja järjestelmän tallentamista arvoista on esitetty liitteen 1 taulukossa 4. Esitetyt prosessiarvot ovat:

- Kuivaimen kapasiteetti (m³/h)
- Kuivatun raaka-aineen kosteus (%)
- Kaukolämmöstä saatu teho (kW)
- Höyrystä saatu teho (kW)

8 TULOKSET

8.1 Poistokaasun mittaukset

Hiukkasmittausten näytekohtaiset pitoisuudet ja poistokaasun tila on esitetty liitteessä 3. Mittausjakson virtauksin painotetut keskiarvotulokset on esitetty liitteen 1 taulukossa 5.

8.2 Melumittaukset

Ennen takuukoetta oli mitattu taustamelutaso. Varsinaiset melumittaukset tehtiin takuuajon aikana.

Mittauspisteessä 10 pääosa melusta aiheutui Ilomantsintien liikenteestä. 9.3.2017 tehdyssä varsinaisessa melumittauksessa oli hiljaisempia lyhyitä jaksoja, jolloin liikennettä oli hyvin vähän. Taulukossa 6 näiden mittausten keskiarvo on esitetty su- luissa. Melu- ja taustamelumittausten tulokset on esitetty liitteen 1 taulukossa 6.

8.3 Kapasiteetti

Viirakuivurin kahdentoista tunnin kapasiteetti määritettiin 13 tuntia 25 minuuttia kes- täneen ajojakson avulla. Tulokset liitteen 1 taulukossa 7.

8.4 Raaka-aineen kosteus

Järjestelmän tekemän kosteusmittauksen lisäksi raaka-aineen kosteutta otetuista näyt- teistä tutkittiin pika-analysointilaitteella sekä laboratorion kokein. Kosteustulokset on esi- tetty liitteessä 1 taulukossa 8

8.5 Sääolot

Mittausten aikaiset sääolot on esitetty liitteen 1 taulukossa 9. Mittausten aikana ei satanut.

9 EPÄVARMUUSTARKASTELU

Fortum Power and Heat Oy:n Joensuun bioöljylaitoksen kuivurin poistoputkista 1 ja 2 mitattujen kuivan savukaasun hiukkasten ja haihtuvien orgaanisten hiiliyhdisteiden, kokonaishiilen pitoisuuksien sekä hapen ja kosteuden pitoisuuksien kokonaisepävarmuudet 95 % luottamustasolla on esitetty liitteen 1 taulukossa 10.

Savukaasun tilavuusvirtausmäärityksen suhteellinen kokonaisepävarmuus 95 % luottamustasolla on ± 11 %. Lämpötilan ja paineen mittausepävarmuus vastaavasti on ± 1 %.

Melumittausten kokonaisepävarmuudet 95 % luottamustasolla, eri etäisyyksillä kohteesta, on esitetty liitteen 1 taulukossa 11.

10 MITTAUSTEN JA TULOSTEN TARKASTELU

Pöly- ja melumittaukset toteutuivat takuukokeen aikana suunnitellusti. Pelkällä puuhakkeella kuivan kaasun virtauksin painotetut hiukkasten ja haihtuvien orgaanisten hiiliyhdisteiden keskiarvopitoisuudet, epävarmuudet huomioiden, on esitetty liitteen 1 taulukossa 12.

Melumittausten tulokset, epävarmuudet vähennettyinä, on esitetty liitteen 1 taulukossa 12.

Järjestelmän antamat kosteustulokset ovat olleet keskimäärin 4 prosenttiyksikköä laboratoriossa määritettyjä kosteustuloksia pienempiä. Myös pika-analysointituloksissa on havaittu poikkeavuutta laboratorion määrittämiin kosteustuloksiin verrattuna.

LÄHTEET

- 1 Aluehallintoviraston päätös. Joensuun voimalaitoksen, pyrolyysilaitoksen, kaatopaikan ja lämpökeskuksen ympäristö-lupa sekä pyrolyysilaitoksen toiminnanaloittamislupa, Joensuu. Saatavilla:
http://www.avi.fi/documents/10191/56912/isavi_paatos_13_2012_1-2012-2-19.pdf . Viitattu 1.12.2016.
- 2 Fortum Oy lehdistötiedote. Fortum aloitti bioöljyn tuotannon Joensuussa - laitos on ensimmäinen laatuaan maailmassa. Saatavilla:
<http://www.fortum.com/fi/media/pages/fortum-aloitti-biooljyn-tuotannon-joensuussa-laitos-on-ensimmainen-laatuaan-maailmassa.aspx>. Viitattu: 2.2.2017.
- 3 Isomäki et al. (2002) Puutuoteteollisuus 2. Raaka-aineet ja aihiot. Opetushallitus. Ss. 47-81.
- 4 Juuti, P., Kastinen, M. (2017) Pöyry Finland Oy:n raportti: Valmet Technologies Oy, Fortum Power and Heat Oy Joensuun bioöljylaitoksen kuivurin päästö- ja melumittaukset, 9.3.2017.
- 5 Ravinne- ja energiatehokas maatila internet-sivut. Oljesta lämpöenergiaa maatiloille. Saatavilla: <http://ravinnejaenergia.fi/fi/oljesta-lampoenergiaa-maatiloille/> . Viitattu: 2.2.2017.
- 6 Valmet Oy. Valmet lyhyesti –esite. Saatavilla:
<http://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/> . Viitattu: 14.4.2017.

- 7 Valmet Oy internet –sivut. Saatavilla:
<http://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/strategia/> . Viitattu:
7.5.2017.
- 8 Yle-uutiset internet-sivut. Fortum rakentaa ainutlaatuisen bioöljylaitok-
sen Joensuuhun. Saatavilla: <http://yle.fi/uutiset/3-5069905>. Viitattu:
1.12.2016.
- 9 Tukes. Onnettomuustutkintaraprotti DNRO 2544/06/2014. Fortum Po-
wer and Heat Oy:n Joensuun pyrolyysilaitoksella 27.3.2014 sattunut
räjähdys. Saatavilla:
http://www.tukes.fi/Tiedostot/varoasiat/onnettomuustutkintaraportti_joensuu2014.pdf . Viitattu: 11.12.2017.