

Teemu Koskela

BIOPOLTTOAINEIDEN KOSTEUDEN MÄÄRITYS
KOSTEUSANALYSAATTORILLA JA AUMAVARASTOINNISSA
BIOPOLTTOAINEILLE SYNTYVIEN LAATUMUUTOSTEN
ARVIOINTI

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Energiatekniikan suuntautumisvaihtoehto

2014

BIOPOLTTOAINEIDEN KOSTEUDEN MÄÄRITYS
KOSTEUSANALYSAATTORILLA JA AUMAVARASTOINNISSA
BIOPOLTTOAINEILLE SYNTYVIEN LAATUMUUTOSTEN ARVIOINTI

Koskela, Teemu

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Maaliskuu 2014

Ohjaajat: Kivi, Karri (SAMK), Nyqvist, Kari (Pori Energia Oy)

Sivumäärä: 49

Liitteitä: 2

Asiasanat: biopolttoaine, näytteenotto, aumavarastointi

Opinnäytetyön aiheena oli biopolttoaineiden kosteuden määrittäminen kosteusanalyysointilaitteilla ja aumavarastoinnissa biopolttoaineille syntyvien laatuerojen arviointi. Työ tehtiin Pori Energia Oy:n Aittaluodon voimalaitokselle. Työn tarkoituksena oli tutkia käytettävien biopolttoaineiden kosteus- ja lämpöarvoja. Tarkoituksena oli tutkia Mettler Toledo HB43 –pika-analysointilaitteen soveltuvuutta biopolttoaineiden pika-analysointiin sekä arvioida aumavarastoinnin aikana biopolttoaineille tapahtuvia laatueroja. Tutkimustulokset avulla voitaisiin mitata ja hallita voimalaitoksen sisäisiä energiavirtoja sekä vaikuttaa suoraan laitoksen hyötysuhteeseen.

Opinnäytetyö suoritettiin tekemällä näytteenottoja Pori Energia Oy:n Aittaluodon voimalaitoksella. Näytteenotot oli jaettu kolmelle eri kuukaudelle. Ensimmäisenä suoritettiin kosteusnäytteenotot pika-analysointilaitteen varten syyskuussa 2013. Aumavarastosta laatuerojen tarkastelua varten otettiin näytteet syys-, marras- ja tammikuussa 2013-2014.

Tutkimustulosten perusteella voitiin todeta, että vain jotkut laitoksen käyttämät biopolttoaineet soveltuvat pika-analysointilaitteilla analysoitaviksi. Aumavaraston laatueroja tutkittaessa havaittiin polttoaineen tehollisen lämpöarvon muuttuvan kuukausien aikana vain hieman parempaan suuntaan. Muutos oli niin pieni, että se voitiin tulkita näytteenoton virheeksi. Tuhkapitoisuus biopolttoaineessa oli kaiken kaikkiaan hyvä. Kosteus aumassa sen sijaan kohosi kuukausien aikana yllättävän korkeaksi. Tutkimus oli tieteellisessä mittakaavassa suppea, mutta se antaa kuitenkin hyvän pohjan jatkotutkimuksille.

OPINNÄYTETYÖN NIMI ENGLANNIKSI

Koskela, Teemu

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and production engineering

March 2014

Supervisors: Kivi, Karri (SAMK), Nyqvist, Kari (Pori Energia Oy)

Number of pages: 49

Appendices: 2

Keywords: biomass fuel, sampling, clamp storing

The purpose of this thesis was to determine humidity of a solid biomass fuel with a humidity analyzer and evaluate possible quality changes of the biomass fuel during a clamp storing. The thesis was done to Pori Energia Oy power plant located in Aittaluoto. The idea was to examine Mettler Toledo HB43 –quick humidity analyzer’s suitability for analyzing biomass fuels and also estimate quality changes of the biomass fuel during the clamp storing. With the help of the results gained from the research, power plant’s inner energy flows can be measured and controlled. Results also have a straight influence on plant’s operating efficiency.

The thesis was executed by taking samplings at Pori Energia Oy power plant. The samplings were divided for separate months. The first samplings were humidity samplings for the humidity analyzer in September 2013. The samplings which were taken from the clamp to discover the possible quality changes, were taken in September, November and January 2013-2014.

The conclusion on the basis of the examination results was that only some biomass fuels used by the company were suitable to be analyzed with quick humidity analyzer. When the quality changes in the clamp depot were examined, it was discovered that the effective heat value of the biomass fuel improved only a little during the months of this project. The change was so tiny it can be interpreted as a failure in sampling. The level of ash in the biomass fuel was good altogether. The humidity in the clamp was not stable and it rose to pretty high level during the months. This study was short in a scientific scale but it still gives a good base for further studies in future.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS JA TAVOITTEET	6
2.1	Tutkimuksen tarkoitus ja tavoitteet.....	6
2.2	Mettler Toledo HB43.....	7
2.3	Pori Energia	8
3	BIOPOLTTOAINEET	9
3.1	Yleistä	9
3.2	Bioenergia Suomessa.....	10
4	NÄYTTEENOTTO	12
4.1	Yleistä näytteenotosta.....	12
4.2	Näytteenottostandardi SFS-EN 14778.....	13
4.3	Näytteenottosuunnitelma	14
4.4	Yksittäisnäytteiden lukumäärän laskeminen	16
4.5	Kokoomanäytteen tilavuuden laskeminen	19
4.6	Kokoomanäytteen jakaminen	20
4.7	Näytteenottovälineistö	22
4.8	Näytteiden käsittely ja varastointi.....	23
4.8.1	Näytteiden pakkaaminen ja varastointi	23
4.8.2	Tunnistus ja merkitseminen	25
4.8.3	Näytteenottotodistus.....	25
5	AUMAVARASTOINTI.....	26
5.1	Yleistä	26
5.2	Kosteus aumassa.....	27
6	MITTAUSJÄRJESTELYT JA TULOKSET	29
6.1	Näytteiden otto.....	29
6.1.1	Mettler Toledo HB43 –pika-analysaattorin näytteet.....	29
6.1.2	Aumavaraston näytteenotto.....	34
6.2	Biopolttoaineiden kosteus.....	38
6.2.1	Mettler Toledo HB43-pika-analysaattorilla mitatut tulokset	38
6.2.2	Pori Energian Aittaluodon voimalaitoksen mitaamat tulokset.....	39
6.2.3	Tulosvertailu	39
6.3	Aumavarastoinnin aikana tapahtuvat mahdolliset laatumuutokset.....	40
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	41
	LÄHTEET.....	45
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Biopolttoaineita tuotetaan ja käytetään Suomessa ja maailmalla laajalti. Voimalaitokset käyttävät biopolttoaineita sähkön, lämmön ja höyryn tuottamiseen ja siksi onkin tärkeää, että poltettava biopolttoaine on ominaisuuksiltaan laadukasta. Polton kannalta tärkeimpiä asioita biopolttoaineessa ovatkin kosteus- ja lämpöarvot, sillä ne määrittävät voimalaitoksen hyötysuhteen.

Tämä opinnäytetyö tutkii eri biopolttoaineiden kosteusanalyyssejä sekä lämpöarvoja. Tutkimuksen kohteena ovat Pori Energia Oy Aittaluodon voimalaitoksen käyttämät biopolttoaineet, joita ovat puru, puunkuori, turve ja vilja. Tutkimuksen lähtökohtana on selvittää voimalaitokselle hankitun kosteutta mittaavan pika-analysaattorin soveltuvuus laitoksen käyttämille biopolttoaineille sekä aumavarastoinnissa biopolttoaineille syntyvien mahdollisten laatumuutosten arviointi. Tutkimuksen teoriaosa käsittelee biopolttoaineita, näytteenottoa, näytteenottostandardia SFS-EN 14778 sekä aumavarastointia.

Opinnäytetyön aiheen koin hyvin kiinnostavana. Toimiminen itse käynnissäpitoharjoittelijana voimalaitoksella sai minut kiinnostumaan voimalaitoskäytöstä ja niissä käytettävistä biopolttoaineista. Koen, että tämä työ hyödyttää paitsi Pori Energia Oy:tä, myös itseäni, sillä biopolttoaineiden tarkastelu ja kehittäminen tulevaisuudessa kiinnostavat minua.

Tutkimus toteutettiin mittaamalla kaksikymmentäkolme erilaista biopolttoainenäytettä Mettler Toledo HB43 -pika-analysaattorilla ja ottamalla kolme aumanäytettä mahdollisten syntyvien laatumuutosten arviointia varten. Tutkimusotanta rajattiin niin, että pika-analysaattorinäytteet otettiin yhdeksänä peräkkäisenä päivänä syyskuussa ja aumanäytteet syyskuussa (T_x), marraskuussa (T_{x+90}) ja tammikuussa (T_{x+120}). Auman saapumisajankohta T_0 laitokselle oli juhannuksena 2013.

2 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS JA TAVOITTEET

2.1 Tutkimuksen tarkoitus ja tavoitteet

Tutkimuksen tarkoituksena on mittauksin ja analyysein selvittää voimalaitoksen biopolttoaineiden kosteus Mettler Toledo HB43 -pika-analysaattorilla sekä biopolttoaineiden mahdollisten tapahtuneiden laatumuutosten arviointi aumavarastoinnin aikana. Tutkimus koostuu näin ollen kahdesta eri aiheesta. Opinnäytetyö tehdään Pori Energian Aittaluodon voimalaitokselle, jossa kattilan polttoaineena käytetään pääasiassa puuta ja turvetta. Kahdesta eri tutkimuksesta koostuva opinnäytetyö jakautuu osioihin A ja B.

A-osassa tutkitaan Mettler Toledo HB43 -pika-analysaattorin soveltuvuutta laitoksen biopolttoaineiden kosteuden analysointiin. Aikaisempaa taustatietoa Mettler Toledo HB43 -pika-analysaattorin käytöstä ja sen soveltuvuudesta on hyvin vähän, joten tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää sen soveltuvuus voimalaitoksen biopolttoaineiden pika-analysointiin.

B-osio käsittää aumavarastoinnissa biopolttoaineille tapahtuvien mahdollisten laatumuutosten arvioinnin. B-osion biopolttoaineella tarkoitetaan tässä tutkimuksessa puuta. Laitoksen sisäisessä laskennassa käytetään arvoja, jotka ovat vallinneet polttoaineen saapuessa tehtaalle. Mikäli polttoaineen kosteus- ja lämpöarvot muuttuvat aumavarastoinnin aikana, saapumistilan arvot eivät näin ollen enää päde.

Kauppateknisesti tutkimus ei täytä standardeja ja normeja mutta Pori Energialle siitä on hyötyä. Mikäli A-osion antamat mittaustulokset ovat luotettavia, niitä voidaan käyttää laitoksen sisäisten energiavirtojen mittaamiseen ja hallitsemiseen. B-osion tuottamat mittaustulokset ovat taas suoraan verrannollisia laitoksen hyötysuhteeseen, jolla taas on vaikutusta yhtiön tulokseen.

Aiheeseen liittyvää lähdemateriaalia- ja kirjallisuutta oli saatavilla hyvin niukasti. Tutkimus perustuukin pitkälti SFS-EN 14778 näytteenottostandardiin ja siinä kuvattuihin taulukoihin ja kaavoihin.

2.2 Mettler Toledo HB43

Mettler Toledo HB43 on pika-analysaattori, jolla voidaan määrittää kosteus lähes aineesta kuin aineesta. Laite käyttää hyväkseen termogravimetristä periaatetta: Alussa se mittaa syötetyn näytteen painon, jonka jälkeen kiinteä halogeenilämmitin alkaa nopeasti lämmittää näytettä, jolloin näytteen kosteus alkaa haihtua. Kuivausprosessin aikana, laite mittaa jatkuvasti näytteen painoa ja kertoo näytöllä, kuinka paljon kosteutta poistuu. Kun prosessi on valmis, laite kertoo näytöllä lopullisen kosteusprosentin tai kuiva-ainepitoisuuden. Laitteen asetuksia voidaan säätää eri tarkoituksiin sopiviksi. Tässä tutkimuksessa käytettiin kuitenkin tehtaan perusasetusta, jolla saadaan mitattua halutun aineen kosteusprosentti. (Mettler Toledo 2011, 6).



Kuva 1. Mettler Toledo HB43 pika-analysaattori (Koskela 2013).

2.3 Pori Energia

Pori Energia Oy on Porin kaupungin kokonaan omistama yhtiö, joka myy energiaa ja energia-alan palveluja asiakkailleen pääasiassa Satakunnan alueella. Yhtiön liiketoiminta-alueita ovat energian tuotanto, sähkön myynti, kaukolämmitys sekä käynnissäpito-, urakointi- ja tuulivoimapalvelut. Pori Energia -konserniin kuuluvat emoyhtiön lisäksi Pori Energia Sähköverkot Oy, Suomen Teollisuuden Energiapalvelut – STEP Oy, Tuulia Energia Oy ja Uudenniityn Lämpö ja Huolto Oy. (Pori Energian toimintakertomus 2012).

Pori Energia Oy:llä on yli satavuotinen historia energia-alalla ja se työllistää suoraan lähes 300 henkilöä ja välillisesti vielä paljon enemmän. Yhtiö on omavarainen ja sen energiantuotanto perustuu oman maakunnan uusiutuviin luonnonvaroihin.

Pori Energian päätoimipaikka sijaitsee Karjarannan kaupunginosassa lähellä Porin keskustaa. Muut toimipisteet sijaitsevat Aittaluodossa, Kaanaassa, Ulasoorissa, Harjavallassa (STEP) ja Helsingissä (STEP). (Pori Energia www-sivut 2013).

Pori Energia Oy on tehnyt viimeisten vuosien aikana hyvää tulosta. Tästä kertoo taulukko 1., joka havainnollistaa yhtiön talouden avainluvut kolmelta viime vuodelta.

Taulukko 1. Pori Energia Oy:n talouden tunnusluvut 2010-2012 (Pori Energian toimintakertomus 2012).

Pori Energia Oy, konserni	2012	2011	2010
Liikevaihto, M€	175,8	160,6	144,5
Käyttökate, M€	27,5	31,2	27,4
Liikevoitto, M€	12,3	17,5	14,3
Sijoitetun pääoman tuotto-%	6,9	10,2	8,4
Omavaraisuusaste (%)	21,2	20,4	17,5

3 BIOPOLTTOAINEET

3.1 Yleistä

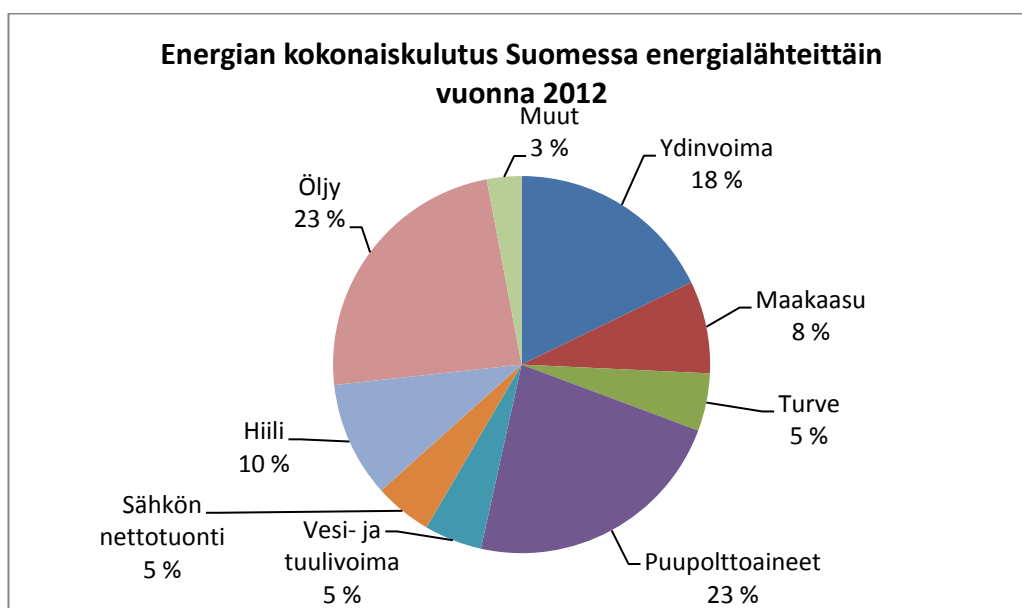
”Bioenergiaksi kutsutaan kiinteitä, nestemäisiä tai kaasumaisia biopolttoaineita, joita ovat metsään hakkuun jäljiltä jääneet hakkeet, oksat ja kannot, samoin viljapellolle jääneet oljet, soilla kasvavat biomassat, kotieläinten lanta ja kotitalouksien jätteet. Myös teollisuuden tuottamia jäteliemiä käytetään energian tuotantoon.” (Lehto, Luoma, Virolainen 2005, 63.) Tunnetuimpana näistä metsäteollisuus, joka tuottaa energiaa mustalipeästä. Teollisuuden tuottamat jäteliemet muodostavat yli puolet Suomessa biomassalla tuotetusta energiasta. (FINBIO ry:n www-sivut 2010.)

Bioenergiaa on käytetty niin kauan kuin nykyihminen on ylipäätään tulta käyttänyt. Puu on ollut ihmiskunnan tärkein energianlähde kaikkina aikoina ennen viime vuosisataa ja sitä käytetään edelleen niin asuntojen lämmityksessä kuin teollisuudessakin. ”Bioenergia on yhä fossiilisten polttoaineiden jälkeen seuraavaksi tärkein energianlähde, sillä se kattaa noin kymmenen prosenttia koko maailman kaikesta energiankulutuksesta” (Keskitalo 2011, 63). Valtaosa bioenergiasta on ’perinteistä’ biomassaa, kun taas biomassasta jalostetut nestemäiset ja kaasumaiset biopolttoaineet edustavat IEA:n (International Energy Agency) määritelmän mukaan ’modernia’ uusiutuvaa energiaa, joihin luetaan biomassaa lukuun ottamatta kaikki uusiutuvat energianlähteet. (Keskitalo 2011, 62-63.)

”Bioenergia soveltuu ennen kaikkea paikalliseen ja alueelliseen käyttöön, kuten talojen lämmityskattiloihin, kaukolämpökeskuksiin sekä yhdistettyyn sähkön ja lämmön tuotantoon” (Lehto, Luoma, Virolainen 2005, 63). Uusia ympäristöystävällisempiä ja tehokkaampia biomassan ja turpeen poltto- ja kaasutustekniikoita kehitetään jatkuvasti voimalaitossovelluksiin yhdistetyn sähköenergian ja lämmön tuottamiseksi. (Lehto, Luoma, Virolainen 2005, 63.)

3.2 Bioenergia Suomessa

”Bioenergian asema markkinoilla on parantunut merkittävästi viime vuosina” (FINBIO ry:n www-sivut 2010). Sen osuus Suomen energiankulutuksesta vuonna 2012 oli 28 % sisältäen puun ja turpeen. Kokonaiskulutus Suomessa vuonna 2012 oli Tilastokeskuksen mukaan noin 378 TWh, joten puun ja turpeen osuus oli näin ollen noin 106 TWh. Kuviossa 1 on esitetty energian kulutus Suomessa vuonna 2012.



Kuvio 1. Energian kokonaiskulutus Suomessa 2012 (Tilastokeskuksen www-sivut 2013.)

Suomessa uusiutuvien biopolttoaineiden käyttö on kestävän kehityksen periaatteiden mukaista. Niiden käyttö vähentää energiantuotannon kasvihuonepäästöjä ja estää näin ollen haitallisia ilmastonmuutoksia. Biopolttoaineiden käyttö edesauttaa energiantuotannon kotimaisuutta hyödyntämällä kotimaisia alueellisia raaka-ainepotentiaaleja, vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä ja vaikuttaa positiivisesti työllisyyteen luoden edellytyksiä uudelle yritystoiminnalle. Biopolttoaineiden käyttö Suomessa vahvistaa ja hyödyntää myös alan korkeaa suomalaista teknologiaosaamista ja edistää laitevientiä ulkomaille. Se edistää myös metsien hoitoa ja turvaa teollisuuspuun laadun. (FINBIO ry:n www-sivut 2010.)

Suomi on allekirjoittanut kansainvälisen ilmastopöimukseen, joka sitouttaa vähentämään hiilidioksidin ja muiden kasvihuonekaasujen päästöjä. Bioenergiolla on keskeinen merkitys tavoitteiden saavuttamisessa. Hyödyntämällä uusiutuvia energialähteitä voidaan hiilidioksidin ohella vähentää myös muita päästöjä, kuten typen oksideja ja rikkiyhdisteitä. (FINBIO ry:n www-sivut 2010.)

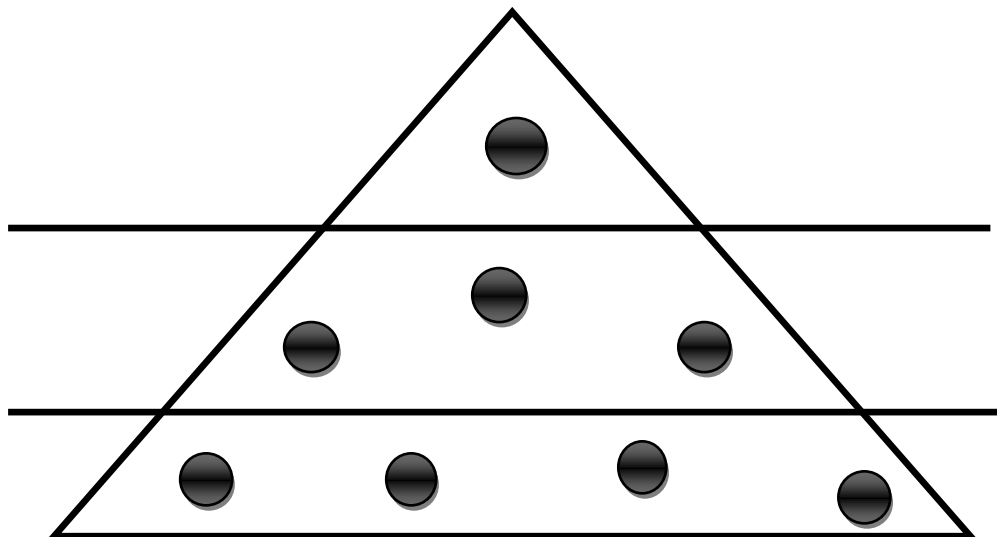
4 NÄYTTEENOTTO

4.1 Yleistä näytteenotosta

”Näytteenotolla tarkoitetaan tietyn, analysoitavaksi soveltuvan erän irrottamista ja erottamista laajemmasta kokonaisuudesta siten, että sekä näyte että alkuperäinen materiaalierä ovat halutuilta ominaisuuksiltaan samanlaisia” (Järvinen 2012). Hyvä näytteenotto tarkoittaa tiivistetysti systemaattisen virheen saamista niin pieneksi kuin mahdollista. Näytteenotolla on suuri merkitys prosessin kannalta. Onnistunut näytteenotto antaa tarkan kuvan tutkisteltavan materiaalin ominaisuuksista ja arvoista. Poikkeamat analyysituloksissa ”oikeisiin” arvoihin riippuu 80% näytteenotosta, 15% näytteen valmistamisesta ja 5% analyysistä. Hyvälle näytteenotolle voidaan asettaa muutamia peruseriaatteita. ”Lähtökohtaisesti jokaisella erän partikkelilla pitäisi olla yhtäläiset mahdollisuudet päätyä näytteeksi. Jos tätä periaatetta ei voida toteuttaa käytännössä, näytteenottajan on huomioitava rajoitukset näytteenottosuunnitelmassa” (Alakangas, Moilanen, Wiik 2013.)

Näytteenottopaikka pitäisi olla mahdollisimman lähellä materiaalin, kuten biopolttoaineen, luovutusta ja itse näytteenotto pitäisi suorittaa materiaalin vapaasta liikkeestä, kuten putoavasta virrasta (Knuutila 2003, 79). Kuviossa 2 on esitetty aumasta otettavan näytteen periaate. Näytteenoton pitäisi kohdistua koko materiaalivirtaan tai valtaosaan siitä, jotta jokaisella partikkelilla olisi yhtäläinen mahdollisuus päätyä näytteeseen (Nyqvist henkilökohtainen tiedonanto 17.09.2013; Alakangas, Moilanen, Wiik 2013). On kuitenkin vaikeaa ottaa näytteitä soveltamalla periaatetta, jossa jokaisella partikkelilla pitäisi olla yhtäläinen mahdollisuus päätyä näytteeseen. Mahdollisuus, että tämä tilanne näytteenotossa voidaan saavuttaa paikallaan olevalla materiaalilla esimerkiksi siilosta, varastosta tai kuorma-autosta, on pieni. Näytteenotto on helpompaa kun materiaali on liikkeessä esimerkiksi kuljetinhihnalla. Tämän vuoksi näytteenotto on parempi tehdä liikkeessä olevasta materiaalista aina, kun se on mahdollista. (SFS-EN 14778, 40.)

Hyvässä näytteenotossa materiaalivirrasta otetaan kerralla useita pieniä näytteitä sekä vältetään jatkuvaa näytteenottoa osavirrasta. Näytteen käsittely- ja jakamisprosessit eivät saa muuttaa näytteen tutkittavia ominaisuuksia. (Järvinen 2012.)



Kuvio 2. Näytteenotto aumasta (SFS-EN 14778, 46)

4.2 Näytteenottostandardi SFS-EN 14778

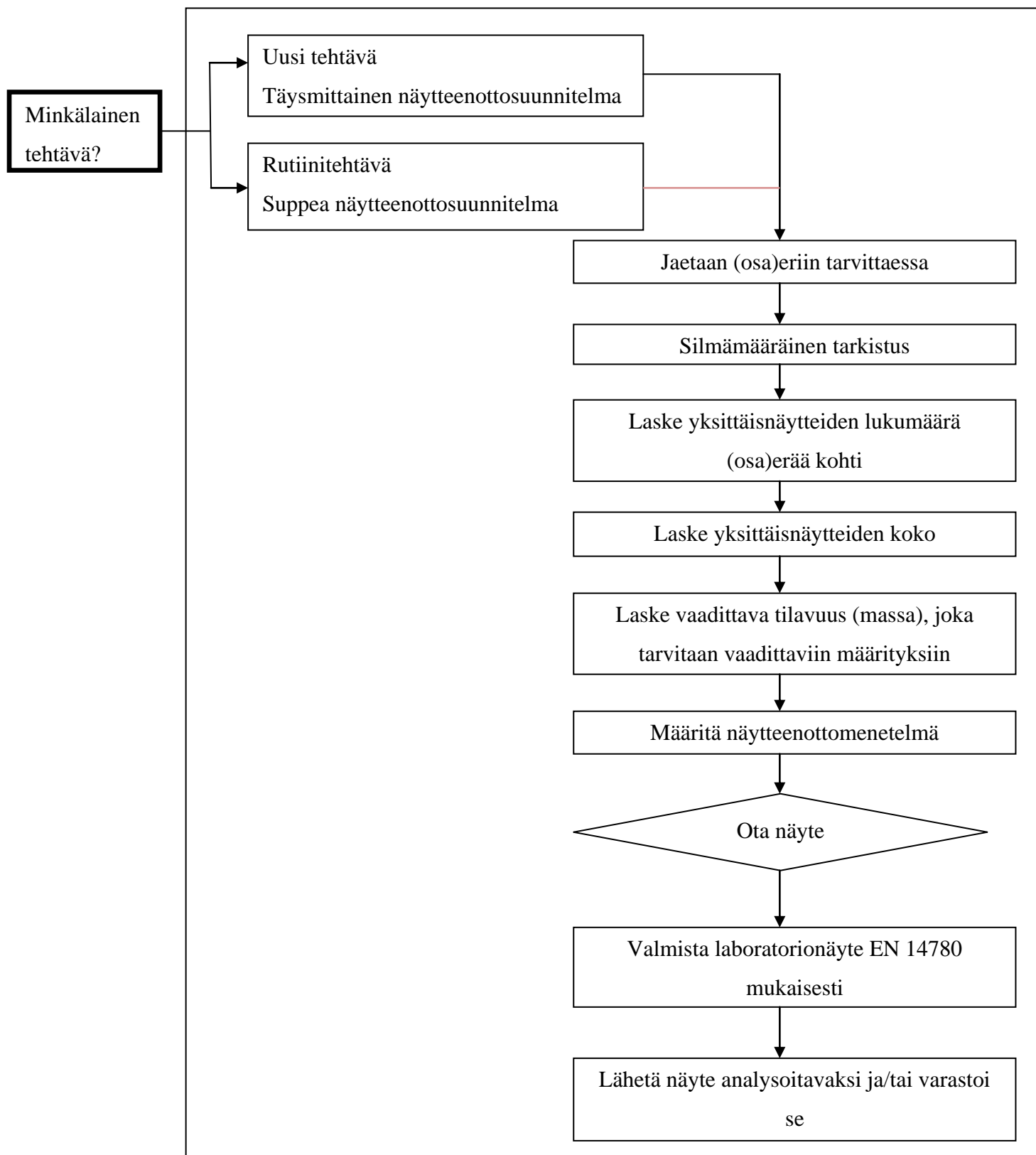
”Kiinteiden biopolttoaineiden näytteenottostandardi kuvaa näytteenottosuunnitelmien (Kuvio 3) laadinnan, sertifiointin ja varsinaisen näytteenoton” (Järvinen 2012). Näytteen ottaminen voidaan suorittaa paikalla, jossa biopolttoaine syntyy, tuotantolaitoksessa, toimituksessa, vastaanotossa tai varastossa. Standardi kuvaa sekä käsi-, että mekaanisen näytteenoton. Standardi määrittää aluksi terminologian ja tunnukset, jonka jälkeen käydään läpi näytteenottosuunnitelmat, sisältäen myös toimituserien jakamisen pienemmiksi osakokonaisuuksiksi. Tämän jälkeen johdetaan tilastomatematisesti kaavamuotoiset ohjeet yksittäisnäytelukumäärän laskemiseksi toimituserää tai osaerää kohti. Tämä perustuu määritettävän ominaisuuden ja osatoimituserien/kuormien lukumäärään. Standardi sisältää myös kuvauksia ja ohjeita näytteenottovälineistöstä, käytännöstä ja tilastollisen kokonaistarkkuuden laskemiseen soveltuvan matemaattisen yhtälön. Standardissa huomiota on kiinnitetty paljon yksittäisnäytteiden lukumäärien määrittämiseen perustuen näytteenoton tarkkuuteen P_L , joka on haluttu

kokonaistarkkuus sisältäen näytteenoton, esikäsittelyn ja analyysin 95% tilastollisella luottamustasolla. (Impola, Järvinen 2012.)

Menetelmiä, joita standardi kuvaa, voidaan käyttää kun näytteistä määritetään esimerkiksi kosteus- ja tuhkapitoisuutta, lämpöarvoa, tiheyttä, mekaanista lujuutta, partikkelikokojakautumaa, tuhkan sulamisominaisuuksia tai kemiallista koostumusta. Tärkeintä näytteenotossa on saada koko erää koskeva näyte. Standardi ohjeistaa myös näytteenottovälineistä ja siitä, miten tarvittava näytelukumäärä lasketaan. (Järvinen 2013.)

4.3 Näytteenottosuunnitelma

Hyvän näytteenoton peruseräteenä on saada edustava näyte koko polttoaineerästä, johon näytteenotto kohdistuu. Kuten jo aiemmin mainittu, jokaisella erän tai osaerän partikkelilla pitäisi olla yhtäläiset mahdollisuudet päätyä näytteeseen. Näytteen käsittelyn tarkoituksena on saada näyte pieneksi muuttamatta kuitenkaan radikaalisti sen ominaisuuksia. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi, tarvitaan näytteenottosuunnitelma, joka on esitetty kuviossa 3 (Kuvio 3). (Impola, Järvinen 2012).



Kuvio 3. Näytteenottosuunnitelma (SFS-EN 14778, 16)

Polttoainekauppaa tehdessä on hyvä laatia laaja täysmittainen näytteenottosuunnitelma, jonka sekä polttoaineen toimittaja, että voimalaitos hyväksyvät kauppaa tehdessään ja joka voi jatkossa olla osa polttoainekaupan toimitussopimusta. Sopimuksessa sovitaan yksilöllisesti voimalaitokselle ominaisin ja parhaiten soveltuvin näytteenottoaika ja -menetelmä, käytetyt näytteenottolaitteet ja -välineet, näytteiden lukumäärät ja tilavuudet, näytteiden käsittely, säilytys, merkintä ja dokumentointi. Samalla laaditaan kyseiselle voimalaitokselle soveltuva mahdollisimman selkeä ja tiivis ohje, koskien näytteenottoa ja näytteen käsittelyä. Ohjeen tulisi olla helposti saatavissa tai nähtävissä kaikkien näytteenottajien käyttöön. (Impola, Järvinen 2012.)

4.4 Yksittäisnäytteiden lukumäärän laskeminen

”Yksittäisnäytteiden lukumäärään vaikuttavat tärkeimmät tekijät ovat ominaisuuden, kuten kosteuspitoisuuden todellinen hajonta siinä kuormassa, johon näytteenotto kohdistuu, ja tarkkuusvaatimus” (Impola, Järvinen 2012). Suositeltava tarkkuusvaatimus metsäpolttoaineilla Suomen oloihin on ± 4 prosenttiyksikköä. ”Näytteenottostandardissa edellytetään tunnettavaksi kuormien sisäiset, väliset sekä toimituserien väliset ominaisuuksien hajonnat yksittäisnäytemäärien laskemiseksi” (Järvinen 2012). Kaavassa 1 esitetään, miten yksittäisnäytemäärät lasketaan standardin mukaisesti (Järvinen 2012).

Kaava 1.

$$n_{min} = \frac{4V_I}{NP_L^2 - 4V_{PT}}$$

n_{min} = yksittäisnäytteiden vähimmäislukumäärä,

P_L = haluttu kokonaistarkkuus sisältäen näytteenoton, esikäsittelyn ja määrittelyn (analyysin) 95%:n tilastollisella luottamustasolla,

V_I = primäärinen yksittäisnäytteiden välinen varianssi,

N = toimituserän osien lukumäärä, Suomessa kuormalukumäärä,

V_{PT} = esikäsittelyn ja määrittelyn varianssi.

Kaavan 1. perusteella, käyttäen edellämainittua ± 4 prosenttiyksikön tarkkuutta, on taulukkoon 2. laskettu suositeltavat yksittäislukumäärät kaikille metsäpolttoaineille.

Taulukko 2. Yksittäisnäytteiden lukumäärät metsäpolttoaineille (95% < 100 mm) kosteuden perusteella, 95%:n luottamustasolla, toimituserän koon muuttuessa (Järvinen 2013, 16; Impola, Järvinen 2012, 11)

Kuorma lkm	Yksittäisnäyte lkm/kuorma	Yksittäisnäyte lkm/toimituserä	Kuormakoko i-m ³	Tarkkuus
1 kuorma	10	10	≤ 100	tarkkuus n. $\pm 4\%$ -yks.
2 kuormaa	5	10	”	tarkkuus n. $\pm 4\%$ -yks.
3 kuormaa	4	12	”	tarkkuus n. $\pm 3\%$ -yks.
4 kuormaa	3	12	”	tarkkuus n. $\pm 3\%$ -yks.
5 kuormaa	3	15	”	tarkkuus n. $\pm 3\%$ -yks.
6 kuormaa	3	18	”	tarkkuus n. $\pm 2\%$ -yks.

Voimalaitoksilla ei aina pystytä ennakoimaan montako kuormaa yksi toimituserä pitää sisällään, joten suosituksena on, että toimituserään voidaan vaihtoehtoisesti kerätä yksittäisen toimittajan kolmen vuorokauden sisällä saapuneet samanlaiset kuormat. Suositus koskee myös pienempiä voimalaitoksia. Näin toimituserän kokoa voidaan kasvattaa. Näin toimimalla ei jouduta aina ottamaan kymmentä yksittäisnäytettä kuormaa kohden. Tiedettäessä etukäteen toimituserä suuremmaksi kuin yksi kuorma, näytteenotto suoritetaan taulukon 2 mukaisesti. Kuormakoon ollessa selvästi pienempi kuin 100 m³, voidaan taulukon 2 yksittäisnäytelukumäärät puolittaa. (Impola, Järvinen 2012.)

Yleisenä suosituksena on, että aina otetaan kuitenkin vähintään kolme yksittäisnäytettä kuormasta, vaikka toimituserä olisi suurempi kuin 6 kuormaa tai kuormakoko olisi alle 100 m³. Näin ollen näytteenoton tarkkuus kasvaa suurissa toimituserissä, joka on myös perusteltua. Kolmen näytteen vähimmäismäärää suositellaan myös sen vuoksi, että konttitoimituksissa näyte otetaan aina kustakin kolmesta kontista. Suosituksena pidetään myös näytteenottostandardin SFS-EN

14778 ajatuksen, ”Jos laskenta toimituserää kohti antaa vähemmän kuin 10 yksittäisnäytettä, niin aina otetaan vähintään 10 yksittäisnäytettä.”, noudattamista. Taulukkoa 2 suositellaan käytettäväksi kaikilla metsäpolttoaineilla selvyiden vuoksi. Yksittäisnäytteitä otetaan aina vähintään kolme kappaletta kuormaa kohti, vaikka koneellisesti tapahtuvassa näytteenotossa yksittäisnäytteen tilavuus olisikin selkeästi suurempi kuin käsin tapahtuvassa näytteenotossa. Muussa tapauksessa koneellisessa näytteenotossa pyritään käyttämään taulukon 2 näytelukumääriä. Suositeltavaa on, että koneellisen näytteenoton luotettava toiminta ja näytteenoton kannalta edustavan näytteen saanti varmistetaan erillisellä koeajolla, jonka sekä polttoaineen toimittaja että käyttäjä hyväksyvät. (Impola, Järvinen 2012.)

Yksittäisnäytteet kerätään lopulta kokoomanäytteeksi, josta näyte jaetaan laboratorionäytteeksi. Laboratoriossa näytteestä määritetään halutut ominaisuudet kuten kosteus, lämpöarvot ja tuhkapitoisuus. (Impola, Järvinen 2012.)

SFS-EN 14778 näytteenottostandardi määrittää yksittäisnäytteen tilavuuden perustuen kiinteän biopolttoaineen partikkelikokoon. Kaava 2 esittää yksittäisnäytteen tilavuuden laskemisen. (SFS-EN 14778, 24; Impola, Järvinen 2012).

Kaava 2.

$$Vol_{incr} = 0,5 \text{ kun } d_{95} < 10 \text{ mm};$$

$$Vol_{incr} = 0,5 * d_{95} \text{ kun } d_{95} \geq 10 \text{ mm}$$

Vol_{incr} = yksittäisnäytteen pienin tilavuus (l),

d_{95} = nimellisesti suurin palakoko (mm).

Partikkelin nimelliskoon (d_{95}) ollessa 100 mm, niin yksittäisnäytettä otetaan viisi litraa ja partikkelin nimelliskoon ollessa 60 mm, näytettä otetaan kolme litraa. Suomessa jälkimmäinen (60 mm) partikkelin nimelliskoko on muun muassa hakkeilla tyypillisin. Kantomurskeilla partikkelien nimelliskoko on suurempi, jolloin yksittäisnäytteen tilavuus kasvaa. Usein näytettä voidaan ottaa jopa kymmeniä litroja kuormaa kohti, näytteenoton tapahduttua koneellisesti. Ylijäämänäyte palautetaan

näytteenjaon jälkeen takaisin syöttölinjalle. Lopullisen näytteen koko lähentelee käsin otetun näytteen yksittäisnäytekokoa. (Impola, Järvinen 2012.)

4.5 Kokoomanäytteen tilavuuden laskeminen

”Näytteenottajan tulee noudattaa kaavaa 1 yksittäisnäytteiden vähimmäislukumäärän n_{min} osalta ja kaavaa 2 yksittäisten yksittäisnäytteiden vähimmäistilavuuden Vol_{incr} osalta niiden sisältyessä näytteenottosuunnitelmaan” (SFS-EN 14778, 24). Näytteenottajan tulee arvioida mitä testejä tullaan tekemään ja laskea vaadittaviin määrityksiin tarvittava tilavuus. Laskelmassa tulee erityisesti huomioida määritysmenetelmien rinnakkaismääritysten tarve ja varata ylimääräistä materiaalia sen varalle, että määritykset antavat epävarmoja tuloksia. (SFS-EN 14778, 26.)

”Kokoomanäytteen laskettu tilavuus tulee olla niin suuri, että materiaalia riittää kaikkiin suoritettaviin testeihin, joka tarkoittaa että $Vol_{kokoomanäyte} > Vol_{tarvittava}$. Siksi näytteen minimi-tilavuus tulisi arvioida näytteenottosuunnitelmassa. Jos laskettu tilavuus on liian pieni, yksittäisnäytteiden lukumäärää on lisättävä. Kun yksittäisnäytteiden tilavuutta on pienennetty ennen niiden lisäämistä kokoomanäytteeseen, tulee tässä käytetyn tilavuuden $Vol_{yksittäisnäyte}$ olla se tilavuus, joka on saavutettu pienentämisen jälkeen. Kaavassa 2 kuvattua yksittäisnäytteen minimi-tilavuutta tulisi käyttää.” (SFS-EN 14478, 26.)

Näytteenottajan tulee laskea vaadittu tilavuus $Vol_{kokoomanäyte}$, joka saadaan kaavalla laskettua kaavalla 3. seuraavasti (SFS-EN 14478, 26).

Kaava 3.

$$Vol_{kokoomanäyte} = n_{min} * Vol_{yksittäisnäyte}$$

jossa,

$Vol_{kokoomanäyte}$ on tarvittava kokoomanäytteen tilavuus, litraa

n_{min} on yksittäisnäytteiden vähimmäislukumäärä

$Vol_{yksittäisnäyte}$ on yksittäisten yksittäisnäytteen vähimmäistilavuus, litraa

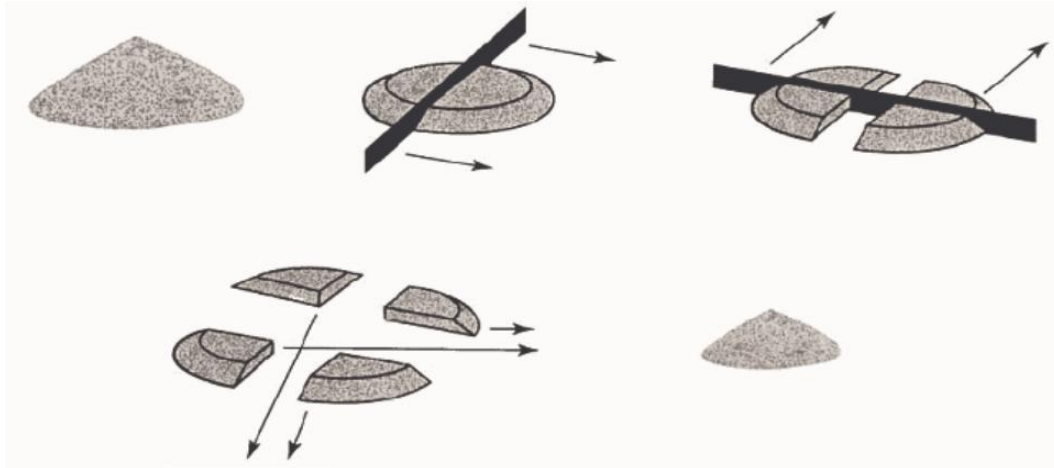
”Liitteessä A olevaa taulukkoa A.1 voidaan käyttää laskentatulosten rekisteröintiin. Liitteessä C on esitetty tyypillisiä biopolttoaineiden irtotiheysarvoja.” (SFS-EN 14778, 26.)

4.6 Kokoomanäytteen jakaminen

Kokoomanäyte on näyte, joka muodostetaan yhdistämällä samasta polttoaine-erästä otetut yksittäisnäytteet (Impola, Järvinen 2012). ”Kokoomanäyte jaetaan tarvittavan tai halutun kokoiseksi laboratorionäytteeksi, jonka tilavuus metsäpolttoaineilla on vähintään yksi litra” (Impola, Järvinen 2012). Kokoomanäytteen tuottamiseksi voidaan soveltaa kolmea eri vaihtoehtoa: (SFS-EN 14778, 52).

- Kaikki yksittäisnäytteet laitetaan suoraan yhteen astiaan muodostaen kokoomanäytteen, joka lähetetään laboratorioon. Tässä tapauksessa kokoomanäyte on myös laboratorionäyte.
- Yksittäisnäytteet sekoitetaan keskenään muodostaen kokoomanäytteen, joka sitten jaetaan ja valmistetaan standardin EN 14780 mukaisesti.
- Kukin yksittäisnäyte pannaan erilliseen astiaan ja lähetetään laboratorioon. Laboratorio yhdistää yksittäisnäytteet muodostaen laboratorionäytteen.

Yhden litran vähimmäistilavuuden määrää standardin SFS-EN 14774-1 mukainen kosteusmääritys, jonka edellyttämä näytemäärä on vähintään 300 g kosteaa näytettä. Mikäli halutaan määrittää kosteuden lisäksi myös muita polttoaineen ominaisuuksia, niin näytemäärän tilavuus on oltava suurempi kuin 300 g. (Impola, Järvinen 2012.) Ennen kuin kokoomanäyte jaetaan, on hyvin olennaista näytteen perusteellinen sekoittaminen. Suuret kokoomanäytteet voidaan jakaa erilaisilla menetelmillä, joista kuviossa 4 on esitetty neliöintimenetelmä.



Kuvio 4. Neliöntimenetelmä (Alakangas, Moilanen, Wiik 2013, 33)

Kokoomanäytteen tilavuuden kasvaessa, näytteen sekoittamisessa on hyvä käyttää mekaanisia laitteita. Suomessa käytetään paljon kuvan 2 esittämiä betonimyllytyyppisiä ratkaisuja. (Impola, Järvinen 2012.)



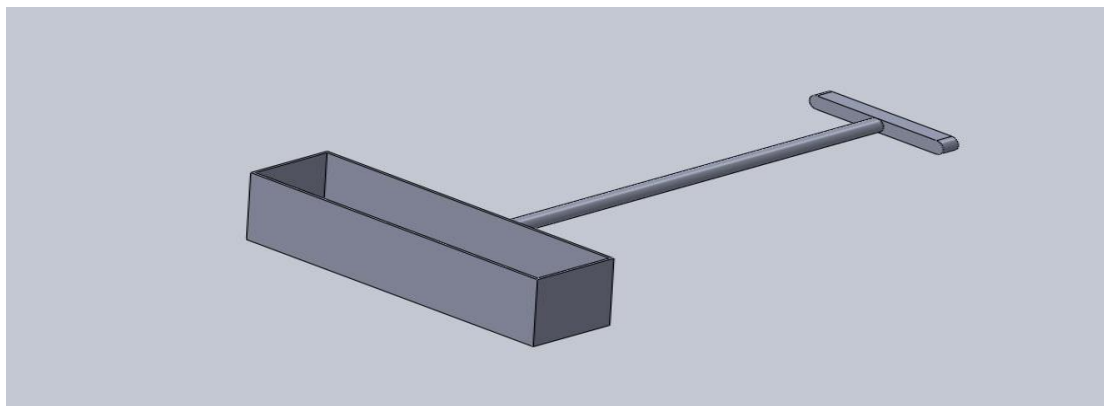
Kuva 2. Kokoomanäytteen sekoitusmylly (Koskela 2013).

Sekoittimen jälkeen, kokoomanäyte suositellaan käytettäväksi standardin mukaisessa jakolaitteessa, kuten lokeroidussa laatikkojakajassa. Näytettä manuaalisesti jaettaessa täytyy pitää huolta, ettei partikkelikoon tai tuhkapitoisuuden suhteen tapahdu lajittumista. (Impola, Järvinen 2012.)

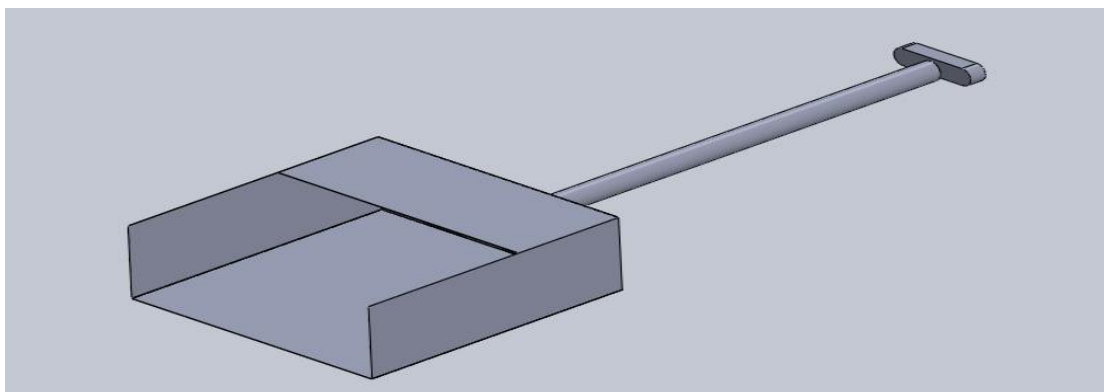
4.7 Näytteenottovälineistö

Näytteenottovälineiden pitää olla sellaiset, joilla näytteenottajan on mahdollista tuottaa virheettömiä yksittäisnäytteitä, jotta saadaan edustava näyte. Näytteenottolaitteen suuaukon pitää olla vähintään 2,5 kertaa nimellisesti suurin pala- tai raekoko. Näytteenottolaitteen tilavuuden pitää täyttää vaadittavan yksittäisnäytteen minimitilavuus, Vol_{incr} , kuten on esitetty kaavassa 2. Näytteenottovälineiden on oltava ominaisuuksiltaan tukevia, kestettävä fyysistä voimaa, kulumista ja pitkäaikaista käyttöä toimivuuden kärsimättä. Välineiden kaikkien liikkuvien osien pitäisi olla helposti huollettavissa ja tarkastettavissa. On tärkeää varmistua säännöllisesti, että käytetty näytteenottolaite on asianmukaisesti puhdistettu ja ylläpidetty. Jos välineessä näkyy merkkejä toimimattomuudesta käytössä, se on testattava ja korjattava tai vaihdettava. Kaikkia näytteenottovälineitä on käsiteltävä käyttöohjeiden mukaisesti ja on tärkeää varmistaa yhdenmukainen toiminta ja näytemäärä toistuvassa käytössä. Koneelliset näytteenottolaitteet ja käsin suoritettavat näytteenottotoiminnot suositellaan testattavaksi käyttöönoton jälkeen systemaattisen virheen osalta. Testauksia suositellaan myös uusittavaksi sellaisella aikataululla, jolla mahdollisten systemaattisten virheiden vaikutukset näkyvät. Molempien menetelmien systemaattiset virheet voidaan testata standardin ISO 13909-8 mukaisesti. (SFS-EN 14778, 26.)

Kuvioissa 5 ja 6 on esitetty käsin suoritettavaan näytteenottoon tarkoitettuja näytteenottovälineitä.



Kuvio 5. Näytteenottolaatikko (T. Koskela 2013).



Kuvio 6. Näytteenottokauha (T. Koskela 2013).

4.8 Näytteiden käsittely ja varastointi

4.8.1 Näytteiden pakkaaminen ja varastointi

”Näytteet tulee sijoittaa ilmatiiviisiin muovista valmistettuihin astioihin tai pusseihin. Riippuen määritettävistä ominaisuuksista, erityistä huolellisuutta tulisi noudattaa jotta

- kaikissa tapauksissa näyte voidaan sijoittaa ilmatiiviisiin pakkauksiin, kuten kannellisiin muoviämpäreihin tai suljettaviin muovipusseihin. Jos tarkoituksena on määrittää kosteus, tulee pakkauksen paino näytteen

poistamisen jälkeen määrittää ennen ja jälkeen kuivauksen. Tämä siksi, että kosteus saattaa absorboitua pakkausastian sisäpinnoille.

- Vaihtoehtona joillekin biopolttoainetyypeille, jotka voivat uudelleen absorboida tiivistynyttä kosteutta, kuten sahanpuru, sallitaan näytteen sisältämän pussin tai astian ravistelu siten, että tiivistynyt kosteus absorboituu täydellisesti uudelleen näytteeseen.
- Kun määrittäminen kohteena on ainoastaan palakokojakauma, näyte voidaan pakata laatikkoon tai muuhun vastaavaan tarkoituksenmukaiseen astiaan.
- Läpinäkyvää pakkausmateriaalia käytettäessä näyte on suojattava suoralta auringonvalolta.
- Näyte on säilytettävä sinetöidyssä astiassa, jos se on tarpeen suojata väärentämiseltä.
- Tarpeen vaatiessa, biologisen toiminnan minimoimiseksi, näyte on joko toimitettava analysoitavaksi 24 tunnin sisällä tai varastoitava enintään 4 °C:n lämpötilassa ja analysoitava mahdollisimman pian, monissa tapauksissa viimeistään viikon sisällä. Näyte tulee tarkistaa säännöllisesti mahdollisten sienten tai muiden lisääntyneiden biologisten vaikutusten esiintymisen vuoksi. Tällaisen tapauksen sattuessa, näyte tulee käsitellä välittömästi. Vaihtoehtoisesti näyte voidaan ilmakeivata, kuten standardissa EN 14780 on esitetty tai syväjäädä (< -18 °C). Kosteuspitoisuutta määritettäessä ilmakeivauksen aiheuttama painon vähennys tulee kirjata ylös ja tulos liittää ilmakeivatun näytteen mukaan.
- Mikäli biologista aktiivisuutta esiintyy vähän tai ei lainkaan, tulee näyte säilyttää kuivassa viileässä paikassa enintään 6 kuukautta.
- Näytteen muuttumattomuus tulee aina turvata varastoinnin aikana.” (SFS-EN 14778, 52-54.)

4.8.2 Tunnistus ja merkitseminen

”Säilytysastioissa tulee olla seuraavat merkinnät:

- näytteen yksilöllinen tunnistenumero
- näytteenoton päivämäärä ja kellonaika
- erän tai osanerän tunnistenumero tai koodi

ja tarvittaessa

- biopolttoaineen tyyppi
- näytteenottosuunnitelman viitenumero
- näytteenottajan nimi.” (SFS-EN 14778, 54.)

4.8.3 Näytteenottotodistus

”Näytteenottotodistus tulee

- joko sisältää kaiken täysmittaisen näytteenottosuunnitelman vaatima tieto
- tai sisältää kaiken suppean näytteenottosuunnitelman vaatima tieto.” (SFS-EN 14778, 54.)

”Yksilöityä toimituslipuketta käytettäessä, kuten myös näytteenottosuunnitelmassa, tulisi toimittajan sisällyttää tai lisätä suppea näytteenottosuunnitelma lipukkeeseen” (SFS-EN 14778, 54).

5 AUMAVARASTOINTI

5.1 Yleistä

Aumavarastoinnilla tarkoitetaan poltettavan polttoaineen ulko-varastointia. Aumat voimalaitoskäytössä ovat yleensä pyöreitä kekomaisia kasoja, joissa polttoainetta säilytetään yli talven kestävää varastointia varten. ”Aumavarastoinnin motiiveina ovat tuotannon ja käytön eriaikaisuuden yhteensovittaminen. Tyypillisesti kesäkaudella varasto kasvatetaan talven käyttöhuippujen varalle.” (Knuutila 2003, 76.) Aumavarastojen koot voimalaitoskäytössä vaihtelevat muutamasta tuhannesta kuutiosta aina sataan tuhanteen kuutioon, riippuen laitoksen koosta ja käytettävästä polttoaineesta (Knuutila 2003, 76).

”Kaukolämmön ja yhdyskuntien yhdistetyn lämmön ja sähkön tuotannossa polttoaineiden käyttö painottuu talvikuukausiin ja kesäkuukausina lämmön tarve on hyvin vähäinen” (Knuutila 2003, 76). Suuremmilla voimalaitoksilla, joiden toiminta perustuu monipolttoainekäyttöön, metsäpolttoaineet muodostavat melko pienen osan polttoaineiden kokonaiskäytöstä. Polttoaineiden saatavuus varmistetaan tällöin varmuusvarastoimalla esimerkiksi turvetta ja fossiilisia polttoaineita, jotka soveltuvat tuotantotavaltaan ja säilyvyydeltään paremmin pitkäaikaiseen varastointiin. (Knuutila 2003, 76). Kuvassa 3 on esitetty aumavarastointia Pori Energia Oy:n Aittaluodon voimalaitoksella.



Kuva 3. Pori Energia Oy Aittaluodon aumavarasto 21.11.2013 (Koskela 2013).

5.2 Kosteus aumassa

Kosteudella on suuri vaikutus biopolttoaineen teholliseen lämpöarvoon, sillä kosteuden lisääntyessä lämpöarvo pienenee. Lämpöarvon kasvaessa saadaan sama polttoaineteho pienemmällä polttoaineen määrällä kuin käytettäessä kosteaa polttoainetta. Korkeampi polttoaineen tehollinen lämpöarvo parantaa näin ollen kattilan hyötysuhdetta ja adiabaattista lämpötilaa. (Alpua 2011, 2.) ”Kattilan hyötysuhde paranee, koska savukaasujen kastepistelämpötila alenee. Aleneminen johtuu vesihöyryn osapaineen pienemisestä savukaasuissa. Alhaisemmalla kastepistelämpötilalla voidaan savukaasujen loppulämpötilaa laskea, jolloin savukaasuista saadaan enemmän lämpötehoa talteen. Hyötysuhde paranee myös, jos polttoaineteho pysyy vakiona, koska savukaasujen määrä pienenee.” (Alpua 2011, 2.) Kuivemman biopolttoaineen polttamisella saadaan myös alennettua energiatuotannon päästöjä, koska saman polttoainetehon saamiseksi vaaditaan vähemmän polttoainetta sekä korkeamman adiabaattisen lämpötilan johdosta palaminen on täydellisempää (Alpua 2011, 3).

”Kostean biopolttoaineen pitkäaikainen aumavarastointi lämpimässä tarjoaa edullisen ympäristön mikrobitoiminnalle” (Alpua 2011, 3). Mikrobitoiminnasta johtuen, polttoainekasan lämpötila saattaa nousta useita kymmeniä asteita, joka voi johtaa itsestään syttymiseen. Lämpeneminen on seurausta biokemiallisista hajotusreaktioista. Tämän vuoksi kostean biopolttoaineen varastointi aiheuttaa myös kuiva-ainetappioita. Talvisin ongelmana on kostean polttoaineen jäätyminen aumassa, aiheuttaen purku- ja käsittelyongelmia. (Alpua 2011, 3.)

Kuiva-ainetappioihin vaikuttaa lisäksi auman tiiviys. Tiiviissä aumassa ilma ei pääse kiertämään kovin hyvin, jolloin polttoaineen kuivuminen hidastuu ja kuiva-ainetappiot kasvavat. Toisaalta tiiviissä aumassa lämpötila ei kohoja niin korkeaksi kuin tiivistämättömässä, jolloin auman itsesyttymisriski on pienempi. (Haikonen 2005, 11.)

Auman kosteuteen vaikuttavat paitsi vuodenaika ja sääolosuhteet, myös varastoaman oikea rakenne (Knuutila 2003, 77). Auman tulisi olla mahdollisimman korkea ja kartion muotoinen tai teräväharjainen. Itsesyttymisen riski tällöin kuitenkin

kasvaa, sillä mitä korkeampi auma, sitä suuremmat ovat auman sisäosien lämpötilat.
(Haikonen 2005, 10.)

6 MITTAUSJÄRJESTELYT JA TULOKSET

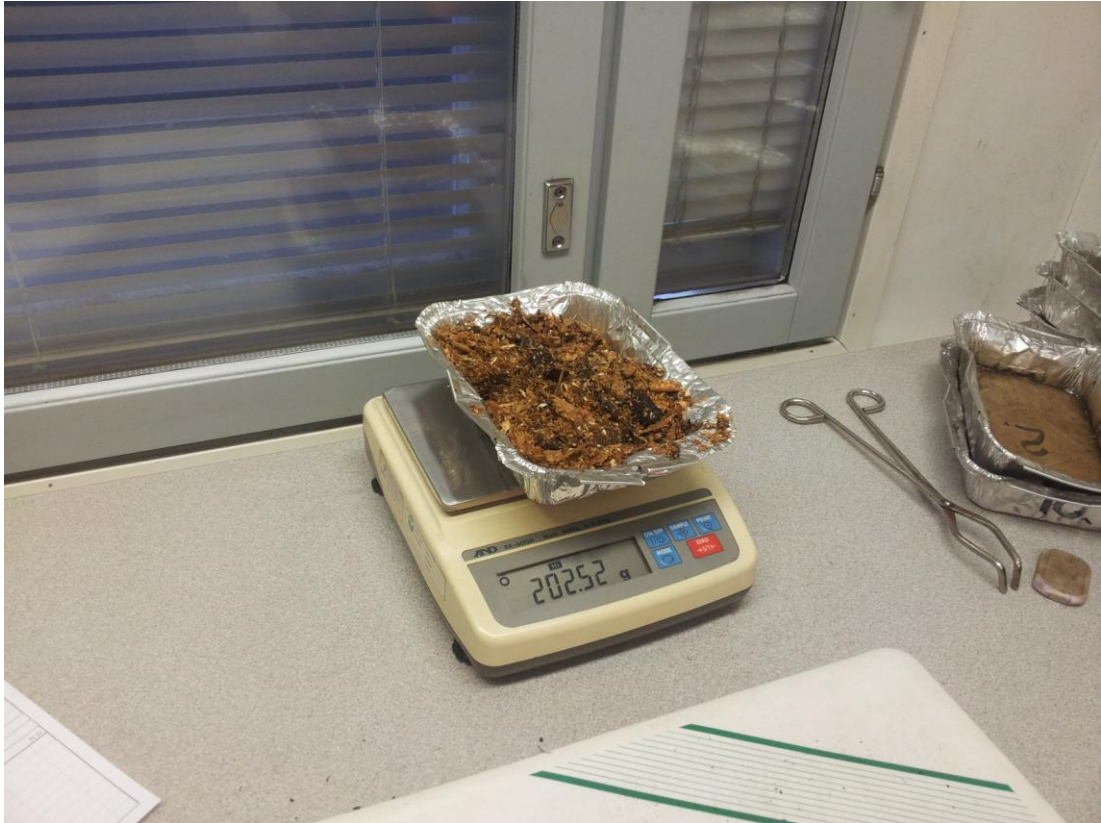
6.1 Näytteiden otto

6.1.1 Mettler Toledo HB43 –pika-analysointilaitteen näytteet

Mettler Toledo HB43 –pika-analysointilaitetta varten tehdyt näytteenotot suoritettiin Pori Energian Aittaluodon voimalaitoksella voimalaitoskäyttäjän Pekka Koskelan ja opinnäytetyön ohjaajan voimalaitoksen käyttömestarin Kari Nyqvistin avustuksella. Mettler Toledo HB43 –pika-analysointilaitetta varten tarvittavat näytteet otti voimalaitoskäyttäjän Pekka Koskela. Laitoksen päivittäisistä näytteenotoista hän otti laitokselle saapuvista biopolttoaineista vertailunäytteet päivittäin tutkimusta varten syyskuun 11.9.2013 – 19.9.2013 välisenä aikana. Tutkimuksessa tarkasteltavat biopolttoaineet olivat haketta, kuorta, turvetta, viljaa ja sahanpurua. Voimalaitoskäyttäjän Koskela pussitti ja merkkasi näyte-eristä otetut vertailunäytteet minigrip-pusseihin ja varastoi ne pika-analysointilaitteella myöhemmin suoritettavaa mittausta varten.

Laitoksen päivittäiset näyte-erät toimivat pika-analysointilaitteella tutkittavien näytteiden vertailukohteina. Näyte-erästä otettiin annos, joka laitettiin alumiinirasiaan. Näytteen märkätulos kirjattiin ylös pöytäkirjaan, jonka jälkeen näyte laitettiin uuniin kuivumaan yön yli. Aamulla näyte otettiin uunista ja punnittiin uudelleen. Punnittu tulos kirjattiin pöytäkirjaan ja tietokoneelle laitoksen näytteenottokantaan. Punnitsemalla saaduilla märkä- ja kuivapainon tiedoilla tietokone laski näyte-erän kosteusprosentin.

Kuvissa 4, 5 ja 6 on esitetty polttoaineiden punnitusta ja kuivausta varten olevat vaaka ja uuni. Kuvassa 7 ja 8 on esitetty tutkimuksessa käytettyjä eri biopolttoaineita.



Kuva 4. Näytteenottoaaka (Koskela 2013).



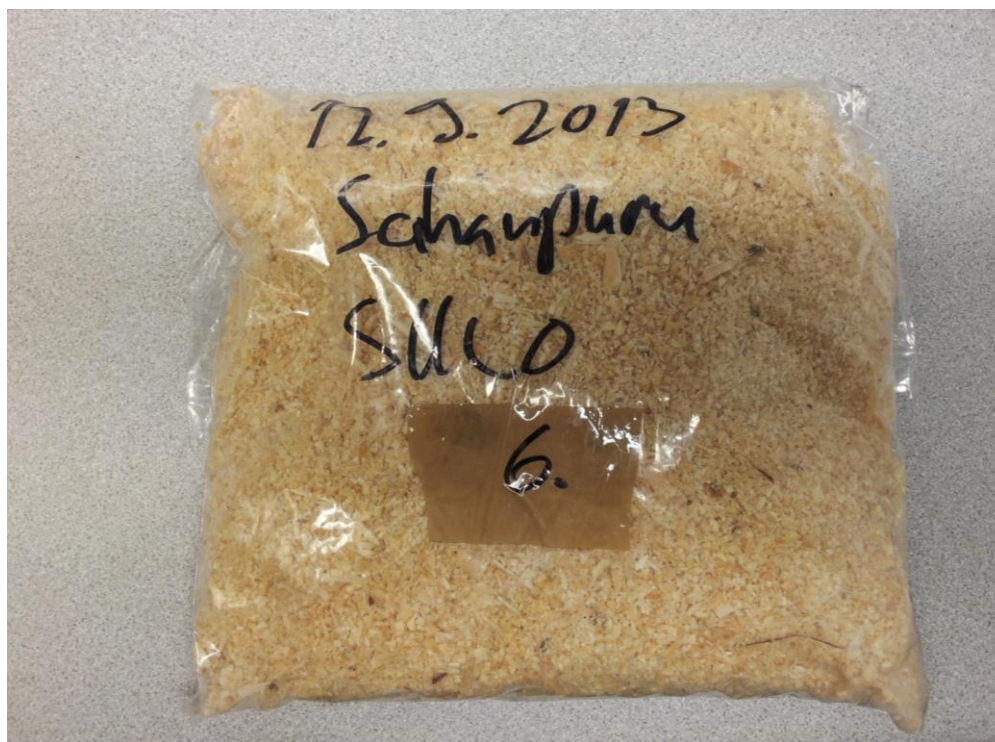
Kuva 5. Uuni näytteiden kuivausta varten (Koskela 2013).



Kuva 6. Uuni näytteiden kuivausta varten (Koskela 2013).



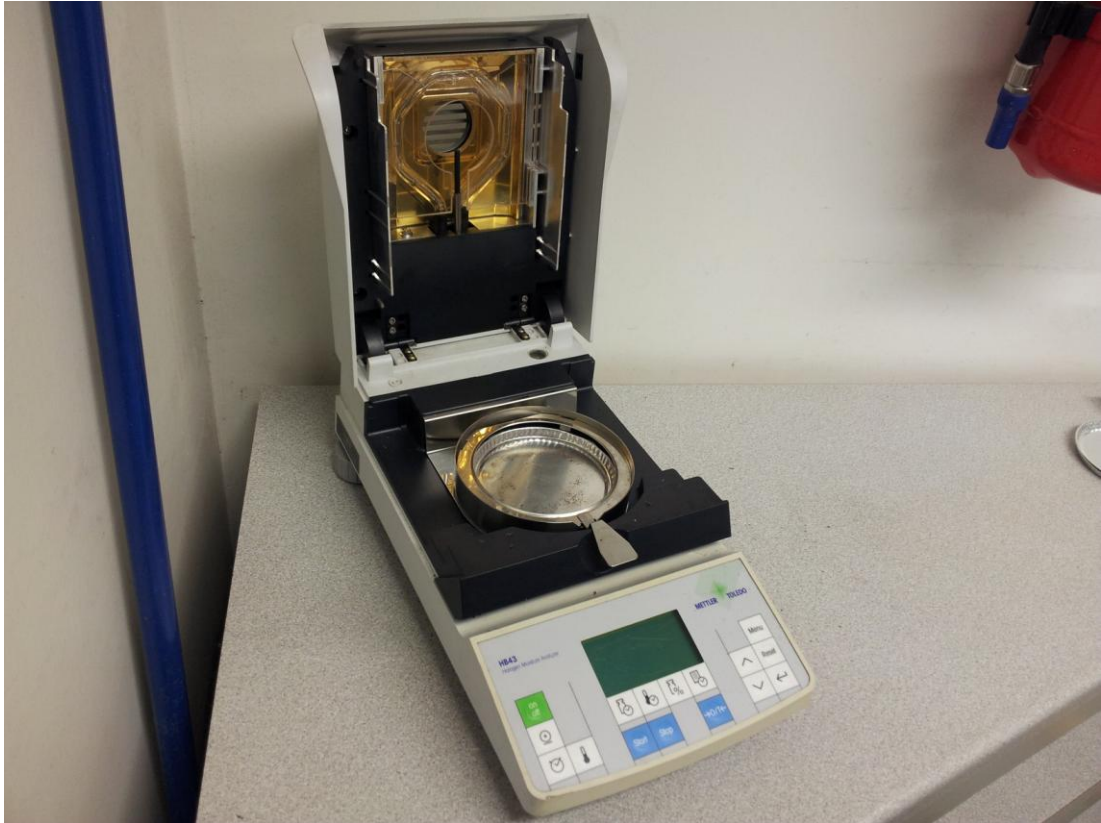
Kuva 7. Jyrsinpolttoturve-näyte (Koskela 2013).



Kuva 8. Sahanpuru-näyte (Koskela 2013).

Mettler Toledo HB43 –pika-analysointilaitteille tutkittujen vertailunäytteiden summa oli 23. Jokaisista päivän näyte-eristä otettiin erilliset näytteet pika-analysointilaitteita varten aikavälillä 11.9.2013 – 19.9.2013. Näytteet säilöttiin ilmatiiviisiin minigrip-pusseihin ja ne analysoitiin vasta, kun kaikki 23 näytettä oli kerätty talteen. Näytteet analysoitiin kahden päivän aikana.

Näytteen analysointi Mettler Toledo HB43 –pika-analysointilaitteella tapahtui niin, että laitteen kansi aukaistiin, jolloin laitteen sisältä paljastui lautasen, johon haluttu näyte asetettiin. Kuva 9 esittää Mettler Toledo HB43 –pika-analysointilaitteen lautasen. Laite käynnistettiin ja lautasen paino taarattiin, jonka jälkeen näyte voitiin asettaa lautaselle. Näytettä annosteltiin lautasen päälle ohjekirjan suositteleman määrän, joka oli 3-5 grammaa. Tällä määrällä valmistaja lupasi tarkimman tuloksen. Näytettä annosteltiin kaikkiaan 23:sta näytteestä noin 4 grammaa. Näyte asetettiin lautaselle ja laitteen kansi laitettiin kiinni, jolloin näytteen analysointiprosessi käynnistyi automaattisesti analysointilaitteen vastusten alkaessa lämmittää näytettä. Aikaa prosessiin kului 20-35 minuttia. Kuva 10 esittää analysointilaitteen vastukset kuivaamassa näytettä.



Kuva 9. Mettler Toledo HB43 –pika-analysaattori (Koskela 20139).



Kuva 10. Näytteen kuivaus pika-analysaattorilla (Koskela 2013).

6.1.2 Aumavaraston näytteenotto

Aumavarastoinnin näytteenotto, jossa tutkittiin biopolttoaineelle syntyviä mahdollisia laatumuutoksia aumavarastoinnin aikana, suoritettiin Pori Energian Aittaluodon voimalaitoksen pihalla, jossa tutkittava auma sijaitsee. Näytteenotto suoritettiin voimalaitoksen käyttömestarin Kari Nyqvistin avustuksella. Syyskuun näytettä otettaessa myös laitoksen kauhakuormaaja avusti näytteenotossa. Aumasta otettiin näytteitä yhteensä kolme kappaletta. Yksi syyskuussa, yksi marraskuussa ja yksi tammikuussa. Näytteet otettiin jokaisella kerralla samalta alueelta aumaa, noin metrin syvyydestä. Syyskuun näytteenotossa käytettiin apuna rautaputkea pituudeltaan 2600 mm ja halkaisijaltaan 105 mm sekä kauhakuormaaja, joka työnsi putken aumaan täyttäen putken hakkeella. Näin toimittiin kuitenkin vain syyskuun näytteenotossa sillä menetelmän katsottiin olevan epäkäytännöllinen. Kuva 11. esittää syyskuun näytteenotossa käytetyn näytteenottoputken.



Kuva 11. Näytteenottoputki (Koskela 2013).

Marraskuun ja tammikuun näytteenotot suoritettiin identtisesti. Tällöin aumasta kaivettiin lapiolla metrin syvyyteen, josta biopolttoainetta lapiotiin ämpäriin. Kuvassa 12. on esitetty näytteenotto lapiolla aumasta. Taulukon 2. mukaisesti otettiin kymmenen lapiollista yksittäisnäytettä, koska tarkkaa kuormalukua ei tiedetty.



Kuva 12. Näytteenotto aumasta lapiolla (Koskela 2014).

Tämän jälkeen otetuille näytteille suoritettiin neliöinti kuviossa 4. esitetyn neliöntimenetelmän mukaisesti. Jotta jokaisella näytteryhmän partikkelilla olisi yhtäläinen mahdollisuus päätyä näytteeseen, kaadettiin aumasta otetut näytteet kuvan 2. esittämään sekoitusmyllyyn ja sekoitettiin perusteellisesti. Kuvat 13. ja 14. esittävät näytteen syöttämisen ja sekoittamisen.



Kuva 13. Näytteen syöttö sekoitusmyllyyn (Koskela 2013).



Kuva 14. Näytteen sekoitus (Koskela 2013).

Näytteiden sekoitusprosessin jälkeen kasattiin näytteet lattialle kakuksi joka on esitetty kuvassa 15. Epäpuhtauksien välttämiseksi, kakun alle aseteltiin paperisuojaus. Tämän jälkeen näytekakku muovailtiin pyöreän kiekon muotoon, joka jaettiin puukkoa käyttäen neljään yhtä suureen osaan. Nämä vaiheet ovat kuvattuna kuvissa 16. ja 17.



Kuva 15. Näytekakku (Koskela 2013).



Kuva 16. Muovattu näytekakku (Koskela 2013).



Kuva 17. Näytekakun jako yhtäsuuriin osiin (Koskela 2013).

Kakun jaetusta neljästä osasta yksi valittiin kokoomanäytteeseen. Valittu osa on ympyröity punaisella kuvassa 17. Valitusta näytteestä otettiin näyte kosteuden määrittämistä varten. Kosteus määritettiin edellä mainitulla uunikuivausmenetelmällä. Loput näytteestä pakattiin ilmatiiviiseen minigrip- pussiin ja lähetettiin Jyväskylään Labtium Oy:lle, jossa näytteestä analysoitiin lämpöarvot ja tuhkapitoisuus.

6.2 Biopolttoaineiden kosteus

6.2.1 Mettler Toledo HB43-pika-analysaattorilla mitatut tulokset

Nro	Pvm	Toimittaja	Polttoaine	Astia (g)	Märkápaino (g)	Kuivapaino (g)	Kosteus%
1	11.syys	TOIMITTAJA 1	P+K	5.187	4.348	1.898	53.85
2	11.syys	TOIMITTAJA 2	JPT	5.187	4.082	2.428	40.24
3	11.syys	TOIMITTAJA 3	JPT	5.192	4.343	2.279	47.43
4	12.syys	TOIMITTAJA 1	P+K	5.192	4.509	2.298	49.10
5	12.syys	TOIMITTAJA 2	JPT	5.188	3.664	2.184	40.77
6	12.syys	TOIMITTAJA 4	SAHAPURU	5.194	4.356	2.051	53.02
7	12.syys	TOIMITTAJA 3	JPT	5.192	4.270	2.140	50.19
8	12.syys	TOIMITTAJA 4	KUORI	5.191	4.238	2.106	50.47
9	13.syys	TOIMITTAJA 1	P+K	5.192	4.330	2.345	45.98
10	13.syys	TOIMITTAJA 2	JPT	5.191	4.711	2.874	39.03
11	14.syys	TOIMITTAJA 2	JPT	5.192	4.290	2.538	41.11
12	15.syys	TOIMITTAJA 2	JPT	5.196	3.791	2.131	43.92
13	16.syys	TOIMITTAJA 1	P+K	5.195	4.927	2.443	50.44
14	16.syys	TOIMITTAJA 5	VILJA	5.194	4.694	4.266	9,14
15	16.syys	TOIMITTAJA 3	JPT	5.190	4.325	2.785	35.76
16	16.syys	TOIMITTAJA 2	JPT	5.201	4.562	2.617	43.32
17	17.syys	TOIMITTAJA 1	P+K	5.189	4.642	2.019	50.07
18	17.syys	TOIMITTAJA 2	JPT	5.191	4.398	2.392	45.63
19	18.syys	TOIMITTAJA 1	P+K	5.187	4.000	2.260	45.00
20	18.syys	TOIMITTAJA 2	JPT	5.191	3.874	2.059	47.02
21	19.syys	TOIMITTAJA 5	VILJA	5.195	4.791	4.377	9,14
22	19.syys	TOIMITTAJA 1	P+K	5.193	4.041	2.188	45.90
23	19.syys	TOIMITTAJA 2	JPT	5.194	4.024	2.026	49.80

P+K = Puru ja kuori

JPT = Jyrsinpolttoturve

6.2.2 Pori Energian Aittaluodon voimalaitoksen mittaamat tulokset

Nro	Pvm	Toimittaja	Polttoaine	Taara (g)	Märkäpaino (g)	Kuivapaino (g)	Kosteus%
1	11.syys	TOIMITTAJA 1	P+K	0	633,92	633,92	54,1
2	11.syys	TOIMITTAJA 2	JPT	22,10	59,65	37,55	39,2
3	11.syys	TOIMITTAJA 3	JPT	25,6	59,55	33,95	44,8
4	12.syys	TOIMITTAJA 1	P+K	0	501,51	501,51	51,7
5	12.syys	TOIMITTAJA 2	JPT	24	57,25	33,25	41,3
6	12.syys	TOIMITTAJA 4	SAHAPURU	21,75	65,15	43,4	53,1
7	12.syys	TOIMITTAJA 3	JPT	25,65	68,4	42,75	50,7
8	12.syys	TOIMITTAJA 4	KUORI	19,75	55,65	35,9	59,5
9	13.syys	TOIMITTAJA 1	P+K	0	476,06	476,06	51,6
10	13.syys	TOIMITTAJA 2	JPT	23,95	61,55	37,6	38,8
11	14.syys	TOIMITTAJA 2	JPT	21,95	73,3	51,35	41,2
12	15.syys	TOIMITTAJA 2	JPT	23,45	56,3	32,85	42,3
13	16.syys	TOIMITTAJA 1	P+K	0	671,37	671,37	52,4
14	16.syys	TOIMITTAJA 5	VILJA	23,75	65,5	41,75	9,5
15	16.syys	TOIMITTAJA 3	JPT	20,85	56,5	35,65	42,5
16	16.syys	TOIMITTAJA 2	JPT	23,95	63,4	39,45	45,2
17	17.syys	TOIMITTAJA 1	P+K	0	588,72	588,72	54,8
18	17.syys	TOIMITTAJA 2	JPT	22,25	52,9	30,65	45,8
19	18.syys	TOIMITTAJA 1	P+K	0	643,76	643,76	56
20	18.syys	TOIMITTAJA 2	JPT	22,1	50,95	28,85	45,2
21	19.syys	TOIMITTAJA 5	VILJA	24	65,3	41,3	9,6
22	19.syys	TOIMITTAJA 1	P+K	0	467,39	467,39	50,7
23	19.syys	TOIMITTAJA 2	JPT	22,65	61,4	38,75	50,8

6.2.3 Tulosvertailu

Mitattujen arvojen ja laitoksen arvojen väliset erotukset kuvaavat prosenttiyksiköitä.

Jyrsinpolttoturve ja nummiturve.

Pvm	JPT mitattu	JPT laitos	Erotus
11.syys	40,24	39,2	1,04
11.syys	47,43	44,8	2,63
12.syys	40,77	41,3	0,53
12.syys	50,19	50,7	0,51
13.syys	39,03	38,8	0,23
14.syys	41,11	41,2	0,09
15.syys	43,92	42,3	1,62
16.syys	35,76	42,5	6,74
16.syys	43,32	45,2	1,88
17.syys	45,63	45,8	0,17
18.syys	47,02	45,2	1,82
19.syys	49,8	50,8	1
Keskiarvo			1,52

Puru ja kuori

Pvm	P+K mitattu	P+K laitos	Erotus
11.syys	53,85	54,1	0,25
12.syys	49,1	51,7	2,6
13.syys	45,95	51,6	5,65
16.syys	50,44	52,4	1,96
17.syys	50,07	54,8	4,73
18.syys	45	56	11
19.syys	45,9	50,7	4,8
Keskiarvo			4,43

Sahapuru

Pvm	Sahapuru mitattu	Sahapuru laitos	Erotus
12.syys	53,02	53,1	0,08
Keskiarvo			0,08

Kuori

Pvm	Kuori mitattu	Kuori laitos	Erotus
12.syys	50,47	59,5	9,03
Keskiarvo			9,03

Vilja

Pvm	Vilja mitattu	Vilja laitos	Erotus
16.syys	9,14	9,5	0,36
19.syys	9,14	9,6	0,46
Keskiarvo			0,41

6.3 Aumavarastoinnin aikana tapahtuvat mahdolliset laatumuutokset

26.6.2013	Tehollinen lämpöarvo	18.68 MJ/kg k-a
	Tuhkapitoisuus	-----
	Kosteus	47.20 %
17.9.2013	Tehollinen lämpöarvo	18.61 MJ/kg k-a
	Tuhkapitoisuus	2.5 m- % k-a
	Kosteus	50.07 %
21.11.2013	Tehollinen lämpöarvo	18.93 MJ/kg k-a
	Tuhkapitoisuus	1.5 m- % k-a
	Kosteus	65.86 %
8.1.2014	Tehollinen lämpöarvo	18.84 MJ/kg k-a
	Tuhkapitoisuus	3.7 m-% k-a
	Kosteus	61.75 %

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Biopolttoaineiden kosteusmittaukset tulosvertailutaulukossa 6.2.3 osoittavat, että Mettler Toledo HB43- pika-analysointilaitteisto soveltuu Pori Energian Oy:n Aittaluodon voimalaitoksen käyttötarkoituksiin vain osittain. Tutkimustulosten perusteella voimalaitoksella käytettävistä biopolttoaineista kaikki eivät välttämättä sovellu pika-analysointilaitteistolla analysoitaviksi. Tulokset osoittavat, että tällaisia biopolttoaineita ovat puru ja kuori. Biopolttoaineiden tulosten erotuksista lasketut keskiarvot osoittavat, että muutosprosentit purulla ja kuorella ovat liian vaihtelevia.

Huomioitavaa on kuitenkin se, että turpeen otanta oli kaikista suurin tässä tutkimuksessa, joka antoi sille määrälaitteiston etulyöntiaseman muihin biopolttoaineisiin verrattuna. Tämä johtuu siitä, että turvenäyte-eriä sattui saapumaan laitokselle eniten tutkimuksen aikana. Turvetta tutkittiin yhteensä kaksitoista näyte-erää ja purua ja kuorta yhteensä kuitenkin myös kahdeksan näyte-erää, joten sitä voidaan tässä tapauksessa pitää kilpailukykyisenä lukuna otannan suhteen. Sahapurua ja viljaa sen sijaan otettiin tutkimuksessa vain yhden näytteen kutakin, joten otanta näiden kannalta jäi hyvin pieneksi, jonka vuoksi varmuutta pika-analysointilaitteiston soveltuvuudesta on hankala arvioida. Sahapuru ja vilja ovat kuitenkin hienon partikkelikoon vuoksi helpompia kuin puupuru, kuori ja turve, joiden partikkelikoot ovat huomattavasti karkeampia ja suurempia. Tämän vuoksi sahapuru ja vilja kuivuvat nopeammin ja helpommin ja rasittavat näin ollen pika-analysointilaitteistoa vähemmän, tehden näistä biopolttoaineista helpommin analysoitavia. Tulosten perusteella voidaan sanoa, että sahapuru ja vilja soveltuisivat pika-analysointilaitteistolla helposti analysoitaviksi biopolttoaineiksi.

Biopolttoaineista turvetta tutkittiin työssä kaikkein eniten ja se antoi hyvin mielenkiintoisia tuloksia. Tulokset osoittavat tulosten erotusten olevan hyvin pieniä, lukuun ottamatta 16. syyskuuta otettua jyrsinpolttoturve-näytettä, jossa muutosprosentti heilahtaa melko suureksi. Turve on partikkelikooltaan karkeaa ja isoa, jonka vuoksi sitä on hankalampaa kuivata ja analysoida pika-analysointilaitteistolla, mutta tulosten perusteella sitä voidaan pitää soveltuvana pika-analysointilaitteistolla analysoitavaksi.

Tulosten perusteella heikoimmin pärjäivät puru ja kuori. Tuloksia vertaillen käy ilmi, että purun ja kuoren mitatut kosteuspitoisuudet heittelevät joukon eniten. Useassa näyte-erässä, kosteusprosentin erotus heittelee monta prosenttiyksikköä, joista suurimpina mainittakoon 18. syyskuuta otettu näyte, joka heittää kokonaiset 11 prosenttiyksikköä sekä 12. syyskuuta otettu kuorinäyte, joka heittää noin 9 prosenttiyksikköä. Keskiarvo vertailtujen tulosten välillä purulle ja kuorelle onkin 4,43, jota voidaan pitää merkittävänä heittona. Pori Energia maksaa polttoaineen toimittajalle vain polttoaineen sisältämän energian perusteella, joten 4,43 prosenttiyksikön heitto vaikuttaa suoraan yhtiön talouteen.

Huomioitavaa on kuitenkin näyte-otantojen määrä, sillä tutkimus on niiden osalta melko suppea. Lyhyehkön otannan vuoksi, on tutkimuksen pohjalta hankalaa osoittaa tulosten olevan absoluuttisia. Tämä työ tarjoaa kuitenkin sitä varten Pori Energia Oy:lle erinomaiset edellytykset jatkotutkimuksia ajatellen. Kosteustutkimuksen yhteenvetona voidaan todeta, että työn tarkoitus oli pureutua Mettler Toledo HB 43 – pika-analysaattorin toimintaan ja tutkia sen soveltuvuutta Pori Energian Oy Aittaluodon voimalaitoksen käyttämiin biopolttoaineisiin ja sen osalta työ onnistui mielestäni hyvin. Sen osoittavat konkreettiset tulokset, joiden mukaan pika-analysaattorilla analysoitaviksi biopolttoaineiksi soveltuvat turve, sahapuru ja vilja.

Tulokset aumavarastoinnissa biopolttoaineille mahdollisesti tapahtuvista laatumuutoksista osoittavat aumassa tapahtuvan pieniä muutoksia tämän puolen vajaan puolen vuoden projektin aikana. Näytteitä otettiin aumasta koken kuukauden välein, ajanjaksoilla T_0 , T_x , T_{x+90} ja T_{x+120} . Näytteet aumasta otettiin noin metrin syvyydestä. T_0 kuvaa juhannuksena saapunutta erää, joka oli tutkimuksen lähtökohtana. T_x kuvaa ensimmäistä otettua näytettä, joka otettiin syyskuussa, polttoaineen levättyä aumassa kolme kuukautta. Tämän jälkeen näytteitä otettiin edelleen kolmen kuukauden välein vielä kaksi kappaletta, marraskuussa ja tammikuussa. Tulokset osoittavat, että kuiva-aineen tehollinen lämpöarvo muuttui hieman mutta ei missään nimessä radikaalisti, tämän projektin aikana. Juhannuksena mitattu tehollinen lämpöarvo 18.68 MJ/kg k-a muuttui, levättyään kolme kuukautta aumassa, 0.07 MJ/kg k-a –yksikköä huonompaan suuntaan. Marraskuussa näytteestä analysoitiin tehollinen lämpöarvo 18.93 MJ/kg k-a, joka on 0.32 MJ/kg k-a –yksikköä suurempi kuin syyskuun lukema. Tammikuuhun mennessä lukema oli

18.84 MJ/kg k-a. Tuloksista päätellen, voidaan todeta lämpöarvojen prosentuaalisten muutosten olevan niin pieniä, että ne voidaan laskea näytteenoton epätarkkuuden sisälle.

Aumasta tehtiin kuukausien aikana seuraavia havaintoja. Auman päällikerros oli märkää, johtuen sateisesta säästä. Märän päällikerrostuman alta paljastui kuiva kerros ja noin metrin syvyydestä, josta kohtaa näytteet otettiin, paljastui jälleen märkää biopolttoainetta. Tästä voidaan päätellä auman olevan melko tiivis, sillä havaittu kosteus osoittaa ettei auman sisällä kierrä ilma kovin hyvin. Tämä tarkoittaa, että aumalla on pieni itsestänsyttymisriski mutta polttoaine aumassa kuivuu hitaammin. Biopolttoaineen tuhkapitoisuus vaihteli myös jonkin verran näiden kuukausien aikana. Juhannuksen näyte-erän tuhkapitoisuus puuttui, joten tässä työssä tarkastellaan vain syys-, marras- ja tammikuuun näyte-erien tuhkapitoisuuksia. Näiden kolmen mitatun kuukauden keskiarvo tuhkalta on 2.6 m-% k-a. Yksikkö m-% k-a tarkoittaa painoprosenttia kuiva-aineesta. Tätä saatua keskiarvotulosta sekä kaikkia kolmea tuhkapitoisuustulosta voidaan kaikkiaan pitää hyvinä tuloksina, sillä VTT:n mukaan tyyppilliset purun ja kuoren tuhkapitoisuuslukemat ovat 2,8 % kuori ja puru 2,0 – 6,0 %. Suuret polttoaineen tuhkapitoisuudet aiheuttavat tilanteen, jossa kattilaan ei saada riittävästi polttoainetta, kun se sisältää liikaa palamattomia partikkeleita. Tässä tapauksessa arvioinnin kohteeksi saattaa joutua myös tuhkan käsittelylaitos, joka saattaa käydä liian pieneksi. Polttoainekauppaa käydään lämpöarvojen perusteella. Koska tuhka ei pala, johtaa se lämpöarvon pienenemiseen ja näin ollen hinnan laskuun. Tulosten perusteella tuhkapitoisuus auman biopolttoaineessa on hyvin stabiili, joten polton säätäminenäkään ei koidu ongelmaksi. Pori Energia Oy:n Aittaluodon voimalaitoksen käyttömestari Kari Nyqvistin mukaan tuhkapitoisuus näillä polttoainejakeilla ei ainakaan vielä ole muodostunut ongelmaksi.

Auman kosteus vaihteli huomattavasti kuukausien aikana. Luonnollisesti auma oli kuivimmillaan kesällä, jolloin jatkuva lämmin sää kuivaa biopolttoaineen aumassa. Syyskuuhun mennessä kosteuslukema oli melko samanlainen. Kostumista oli tapahtunut 2.87 prosenttiyksikköä. Marraskuun näyte taas oli jo aivan erilainen. Kostumista oli tapahtunut syyskuuhun verrattuna 15.79 prosenttiyksikköä, jota

voidaan pitää huimana lukuna. Syy tähän huimaan nousuun on kuitenkin selitettävissä syksyn hyvin sateisella säällä. Syksy 2013 oli hyvin sateinen ja vaikutti osaltaan varmasti biopolttoaineen kosteuteen. Tammikuuhun mennessä ilma oli sateiden osalta tauonnut ja aumassa olikin tapahtunut biopolttoaineen kuivumista 4.11 prosenttiyksikköä. Tammikuun kosteuslukema 61.75 % onkin melko korkea luku kosteudelle. Polttoaine sisältää tehtaalle saapuessaan lähes 50 % vettä. Käyttömestari Kari Nyqvistin mukaan polttoaine sisältää suurin piirtein saman verran vettä mennessään polttoon. Tulokset kuitenkin osoittavat, että todellisuudessa polttoaine on määmpää, johon vaikuttaa sää selkeästi vaikuttaa. Ratkaisuna tähän voitaisiin pohtia mahdollisen katoksen rakennuttamista aumavaraston suojaksi, joka suojaisi aumaa säätilojen vaihteluilta. Myös jonkinlaisen biopolttoaineille soveltuvan kuivauslaitteiston asentaminen saattaisi olla eduksi auman kuivauksessa.

LÄHTEET

Alakangas, E., Moilanen, A., Wiik, C. Näytteenotto ja näytteen jakaminen – Kiinteät biopolttoaineet. Viitattu 27.11.2013.

http://p29596.typo3server.info/fileadmin/Files/Documents/05_Workshops_Training_Events/Taining_materials/finnish/D19_3_FI__sampling.pdf

Alpua, J. 2011. Biopolttoaineen kuivaus voimalaitoksessa. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Viitattu 13.1.2014.

<http://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/20875/alpua.pdf?sequence=3>

Finbio ry:n www-sivut. 2010. Viitattu 10.12.2013. www.finbioenergy.fi

Haikonen, T. 2005. Tutkimus biopolttoaineen aumakuivauksesta.

Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Viitattu 13.1.2014.

http://www.motiva.fi/files/7939/Tutkimus_biopolttoaineiden_aumakuivauksesta.pdf

Impola, R., Järvinen, T. Näytteenottostandardin soveltamisohje. Viitattu 27.11.2013.

http://energia.fi/sites/default/files/cen_naytteenotto-ohje_070612.pdf

Järvinen, T. Kiinteiden biopolttoaineiden CEN- näytteenottostandardin soveltaminen Suomen oloihin. Viitattu 27.11.2013.

http://energia.fi/sites/default/files/censov_tutkimusraportti_240412.pdf

Keskitalo, J. 2011. Ihmiskunnan energiakriisi. Helsinki: Gaudeamus

Knuutila, K. 2003. Puuenergia. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy

Lehto, H., Luoma, T. & Virolainen, A-M. 2005. Energia yhteiskunnassa. Helsinki: Tammi.

Nyqvist, K. 2013. Käyttömestari, Pori Energia Oy. Pori. Henkilökohtainen tiedonanto. 17.9.2013.

Operating instructions Moisture Analyzer HB43-S. 2011. Mettler Toledo. Viitattu 3.12.2013.

http://us.mt.com/dam/product_organizations/laboratory_weighing/moisture/products/hb43_s/documentation/en/HB43-S_OI_en_11780961A.pdf

Pori Energia Oy:n toimintakertomus. 2012. Viitattu 27.11.2013

SFS-Käsikirja 35-2 Kiinteät biopolttoaineet osa 2: Terminologia, näytteenotto ja näytteen esikäsittely, fysikaaliset ja mekaaniset testimenetelmät sekä analyysitulosten muuntaminen eri ilmoittamisperusteille. 2012. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Helsinki: SFS.

LIITELUETTELO

LIITE A	Näytteenottosuunnitelman ja näytteenottotodistuksen malli.
LIITE C	Biopolttoaineiden irtotiheydet.

LIITE A

Taulukko A.1 Esimerkki täysmittaisesta näytteenottosuunnitelmasta

Näytteenottosuunnitelman viitenumero		
Näytekohtainen tunnistusnumero	Päivämäärä ja aika	
Näytteenottajan nimi	GSM numero	
Sähköposti	Puhelinnumero	
Osoite	Faksi	
Asiakkaan nimi	GSM numero	
Sähköposti	Puhelinnumero	
Osoite	Faksi	
Erän tai osierän tunnistenumero	Laboratorionäytteen pakkaus	
Tuote	Silmämääräisen tarkastuksen huomautukset:	
Kauppanimike		
Biopolttoaineen toimittaja		
Sovittu erän kokonaistarkkuus		
Osaerän massa tai tilavuus		t tai m ³
Likimääräinen nimellisesti suurin pala/raekoko		mm
Laboratorionäytteen ja astian massa		kg
Sääolosuhteet (esim. pilvistä, voimakas tuuli, arviolta 18 °C)		
Erän tyyppi (siilo, astia, kuorma-auto, proomu jne.)		Sisällä

Näytteenottomenetelmä: (paikallaan/liikkuva, hihnan poikki, kauha jne.)				
Toimittajan nimi ja osoite				
Kuljettajan nimi ja osoite				
Laboratorion nimi ja osoite				
Päivämäärä		Käytetyt näytteenottovälineet		
Näytteenoton tarkoitus				
Ominaisuus	EN standardi	Tarvittava massa (kg)	Näytteenottopisteen kuvaus: (kuvat ovat suositeltavia)	
Kosteus				
Raekokojakauma				
Irtotiheys				
Palatiheys				
Mekaaninen kestävyys				
Tuhka				
Lämpöarvo				
Rikki ja kloori				Erien ja osarien valintamenettely näytteenottoa varten
CHN				
Muut				
Tarvittava kokonaismassa		EN 14778 vaatimukset		
Arvioitu irtotiheys kg/litra		Yksittäisnäytteiden vähimmäislukumäärä (n_{min})		
Määrittämissä tarvittava kokonaistilavuus (V_{req}) litraa		Minimitilavuus, yksi yksittäisnäyte ($Vol_{yksittäisnäyte}$) litraa		
Jos tarvittava kokonaistilavuus (Vol_{tarv}) on suurempi kuin kokoomanäyteelle laskettu tilavuus ($Vol_{kokoomanäyte}$), lisää tällöin yksittäisnäytteiden määrää tai tilavuutta		Kokoomanäytteen tilavuus ($Vol_{kokoomanäyte}$) litraa		
Yksittäisnäytteiden todellinen lukumäärä (n_{tod}), suurempi kuin $Vol_{tarv} / Vol_{yksittäisnäyte}$		Laboratorionäytteen valmistusmenetelmä kokoomanäytteestä:		
Kokoomanäytteen todellinen tilavuus ($n_{tod} \times Vol_{yksittäisnäyte}$) litraa		Laboratorionäytteen tilavuus (Vol_{lab}) litraa		

LIITE C

Tyypilliset biopolttoaineiden irtotiheydet

Biopolttoaine	Irtotiheys kg/m³
Pelletit	550...700
Brikitit	500...650
Polttoainepöly	150...250
Kuiva polttoainepöly	100...150
Kuori	250...400
Sahanpuru	250...380
Lastut	80...170
Puuhake	250...400
Olkipaali	130...180
Olkisilppu	80...120
Ruokohelppi, pyöreät paalit	~165
Ruokohelppi, neliskulmaiset paalit	~125
Ruokohelppi, katkottu	30...80
Elefanttiruoho, katkottu	100...120