



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

BioGrate- arinarasitusparametrien tarkastelu

TEKIJÄ/T: Roman Baranov

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Roman Baranov	
Työn nimi BioGrate- arinarasitusparametrien tarkastelu	
Päiväys 18.5.2013	Sivumäärä/Liitteet 30+4
Ohjaaja(t) Lehtori Anssi Suhonen	
Toimeksiantaja MW Power Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän työn tarkoituksena oli tarkastella nykyisen BGU- arinasarjan arinarasitusta kW/m². Työ tehtiin MW Power Oy:n toimeksiannosta. Pääaiheena työssä oli luoda asiakkaalle työkalu, joka helpottaisi laitostietojen läpikäyntiä sekä arinarasitusparametrien laskentaa.</p> <p>Opinnäytetyön teoriaosiossa on käsitelty Biograte-lämpölaitoksen toimintaperiaatteita sekä selvitetty takuumittausten ja arinarasitusparametrien laskenta- ja mittausperiaatteita. Työn valmisteluvaiheessa kerättiin kaikki laitostiedot kasaan ja lähdettiin työstämään tiedoista taulukkoa. BGU sarjan (3-9) osalta kaikki mittausdatat (takuumittaukset ja muut testit) olivat ulkoisten mittausyritysten toimesta erillisinä tiedostoina ja hankalia vertailla.</p> <p>Työn tuloksena yritys sai selkeän taulukon johon on jo sijoitettu seitsemän laitoksen mittaus tiedot ja laskelmat. Taulukko toimii hyvänä pohjana kaikkien tulevien laitosten tiedoille ja mittausdatoille, jotka voidaan syöttää taulukoon ja ohjelma osaa automaattisesti muodostaa toteutuneet ja takaisin lasketut arinarasitusparametrit, joiden pohjalta mm. nähdään onko tarvetta päivittää nykyisiä arinamitoitussääntöjä. Työn tuloksena yritys sai hyvän työkalun laitostietojen dokumentointiin ja hallintaan.</p> <p>Tästä opinnäytetyöstä on tehty julkinen ja yritykselle luovutettava versio, työn sisältämien tarkkojen laitoskuvauksien takia.</p>	
Avainsanat BioHeat, arinarasitukset, takuumittaukset, biopolttoaineet, hyötysuhde, polttoaineteho	
Julkinen	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Roman Baranov			
Title of Thesis BioGrate- Grate load Parameters			
Date	18.5.2013	Pages/Appendices	30+4
Supervisor(s) Mr. Anssi Suhonen, Lecturer			
Client Organisation /Partners MW Power			
<p>Abstract</p> <p>The main goal of this thesis was to examine grate load parameters of the BioHeat heating plants. This thesis was commissioned by MW Power. The main goal was to create a tool for the customer that would help to compare guaranty measurements of Bioheat plants and it would calculate grate load parameters automatically.</p> <p>The thesis was started by going through the basic functions of heating plants and getting familiar with guarantee measurements and grate load parameter calculation principles. At the preparation stage of this thesis all measurement data was collected from the plants and then working with the graph was started. The BGU-series (3-9) measurements were all made by subcontractor companies and all the data was in separate files and difficult to compare.</p> <p>As a result of this thesis the company got a clear graph which already has measurement data and calculation of seven plants inserted. The graph works as a good basis for all the plants that are going to be built in the future. The measurements of the future plants can be inserted into a graph and the graph then automatically calculates grate load parameters. The parameters are then used to compare and examine is it necessary to update the manufacturing plans of the grates.</p> <p>Two versions of this thesis were made because there are lots of specific information about the heating plants and the information is classified.</p>			
Keywords BioHeat, Grateload parameters, Guarantee measurements, Heating, Biofuel, Efficiency			
Unclassified			

ESIPUHE

Tämä opinnäytetyö on tehty Kiuruvedellä sijaitsevalle Metson omistuksessa olevalle MW Power Oy:lle kevättalven 2013 aikana. Vuodesta 1975 lähtien Kiuruvedellä on toiminut Sermet Oy, jonka Wärtsilä hankki omistukseensa vuonna 2001. Vuodesta 2004 yrityksestä tuli itsenäinen Wärtsilä Finland tytäryhtiö, ja yritys on aloittanut valmistamaan Bioheat- laitoksia pyörivällä arinaratkaisulla. Tällä hetkellä on valmistettu noin 130 laitosta, jotka sijaitsevat ympäri Suomea, Saksaa, Ruotsia ja Venäjää.

Työn valvojana on toiminut Lehtori Anssi Suhonen ja ohjaajana MW Powerilta BioHeat tuotepäällikkö Tarmo Hatunen. Näitä henkilöitä haluaisin kiittää heitä antamastaan tuesta ja opastuksesta.

Kuopiossa 18.5.2013

Savonian opinnäytetyö-osaproseessiryhmä

SANASTOA

Arina

Arinaksi kutsutaan tulipesän alaosa, jonka päällä varsinainen palamisprosessi tapahtuu.

BioHeat- laitos

BioHeat- laitokset ovat biomassan polttoon kehitettyjä laitoksia, joilla tuotetaan kuumaa vettä tai höyryä asiakkaiden tarpeisiin.

Takuumittaukset

Takuumittauksilla pyritään toteamaan, että laitos toimii siltä vaaditulla tavalla. Mittaukset suoritetaan yleensä 2 - 4 kuukautta laitoksen valmistumisen jälkeen.

Biomassa

Biopolttoaine, kuten puunkuori, hake, turve tai raaka puu.

Stoker-ruuvi

Polttoaineensyöttöruuvi joka syöttää polttoaineen polttoarinalle.

Polttoainesiilo

Polttoainevarasto, jossa biomassat on suojassa ulkoilmalta.

BGU-laitos

BioGrate Unit

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	MW POWER JA METSO	8
2.1	MW Power:n historia	8
2.2	MW Power yrityksenä	8
2.3	MW Power:n tuotteet.....	8
3	BIOHEAT- LAITOS	10
3.1	Käyttökohteet	10
3.2	Polttoaineet	11
3.3	Bioheat- laitoksen toimintaperiaate.....	13
3.3.1	Arina	14
3.3.2	Tulipesä.....	15
3.3.3	Polttoainejärjestelmä.....	15
3.3.4	Palamisilmajärjestelmä	16
3.3.5	Tuhkanpoistojärjestelmä.....	17
3.3.6	Kattila.....	17
4	TAKUUMITTAUKSET	19
4.1	Lämpökattiloiden takuumittaukset.....	19
4.2	Takuumittauksien suorittaminen	19
5	MITTAUKSIEN KÄSITTELY	22
6	ARINARASITUSPARAMETRIT	23
6.1	Arinarasitukset KW/m ²	23
6.2	Seuraukset yli- tai alirasituksesta	24
7	TULOKSET	25
8	YHTEENVETO JA JATKOTOIMENPITEET	27

LÄHTEET

LIITTEET

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty MW Power Oy:lle insinööriprojektina. MW Power Oy halusi selvittää, mitkä ovat arinarasitukset yrityksen valmistamissa Bioheat-laitoksissa. Opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella nykyisen BGU- arinasarjan arinarasituksia kW/m^2 . Arinarasituksella tarkoitetaan asiakkaalle annettua takuuarvoa, jonka mittayksikkönä on kW/m^2 [REDACTED]

Opinnäytetyön tavoitteen saavuttamiseksi on kerättävä BGU- sarjojen 3 - 9 osalta kaikki mittausdatat, kuten takuumittaukset, ja taulukoitava ne. Taulukkoon on myös lisättävä laskentakaavat arinarasitusparametrien laskemiseksi.

Teoriaosuudessa käsitellään lyhyesti BGU-laitoksien toimintaperiaatteita sekä pohditaan erilaisten mittausten tavoitteita ja tarkoituksia.

2 MW POWER JA METSO

2.1 MW Power:n historia

MW Power on perustettu vuonna 1975, jolloin yritys tunnettiin nimellä Sermet Oy. Vuonna 2001 Wärtsilä hankki Sermet Oy:n omistukseensa ja se sai nimeksi Wärtsilä Biopower Oy. Vuodesta 2009 lähtien yritys on ollut osa Metso-konsernia. Vuoden 2012 keväällä Metso osti loput 40 %:n osuudesta Wärtsilältä.

2.2 MW Power yrityksenä

MW Powerin päämääränä on paikallisten polttoaineiden hyödyntäminen ja puhtaan energian tuotanto. MW Power on yksi Euroopan johtavista pienten ja keskisuurten voima- ja lämpölaitosten toimittajista, ja se tarjoaa asiakkaille uudistuviin polttoaineisiin perustuvat ratkaisut. Yritys tarjoaa työpaikan yli 250:lle energia-alan ammattilaiselle Euroopassa ja Venäjällä.

MW Powerin tärkeimpiä asiakkaita ovat kunnat ja kaupungit sekä teollisuus ja energiayhtiöt. Yhtiö kehittää jatkuvasti ratkaisuja asiakkaiden tarpeiden mukaan.

(http://www.mwpower.fi/mwpower/fi/mwpower_pages_fi.nsf/WebWID/WTB-090424-22575-B6A41?OpenDocument; 5.5.2013)

2.3 MW Power:n tuotteet

Tässä työssä käsitellään Bioheat-laitosten toimintaa. Bioheat-laitokset ovat biomassan polttoon kehitettyjä laitoksia, joilla tuotetaan kuumaa vettä tai höyryä asiakkaiden tarpeisiin. Polttotekniikkana laitoissa on Biograte-arinapolttotekniikka tai pölypolttotekniikka. MW Powerilla on monta muutakin tuotetta, kuten esimerkiksi Biopower ja Multipower- laitosratkaisut, sekä MW Power tarjoaa asiakkailleen laitojen huolto- ja kunnossapitotoimintaa. (MW Power Oy)

Standardisoituja Biopower-voimalaitoksia on kahta eri kokoa. Asiakas voi valita Biopower 5 -voimalaitoksen, jossa sähkötehon tarve on maksimissaan 5,6 MW, tai Biopower 8 -voimalaitoksen, kun sähkötehon tarve on maksimissaan 9,6 MW. Erilaisia biomassoja hyödyntävä, ympäristöystävällinen ja luotettava polttoteknologia takaa alhaiset päästöt.

Multipower-laitokset ovat räätälöityjä kattilalaitoksia, joissa voi hyödyntää useita erilaisia polttoaineita. Tämän laitosratkaisun avulla on mahdollista hyödyntää paikallisia uusiutuvia polttoaineita joustavasti. Yhdistetty lämmön ja sähkön (CHP) tuotanto biomassasta ja kierrätyspolttoaineista on 10–60 MW_{th}.

Pellettilaitosratkaisut eli RampUp-laitokset ovat osa Bioheat-laitoksia ja ne ovat niin sanottuja uuden sukupolven ratkaisuja. Pellettilämpölaitoksilla pystytään nyt vastaamaan tehokkaasti huippukuorma- ja prosessihöyrytarpeisiin uusiutuvalla polttoaineella. Pellettilämpölaitos tuottaa joko kuumaa vettä

tai höyryä 5 - 100 MW_{th} asiakkaan tarpeen mukaan. Polttoaineena käytetään puupellettiä. Pellettipolttaine jauhetaan pölyksi erillisillä jauhinmyllyillä, minkä jälkeen pöly käsitellään ja poltetaan kattilassa pölypolttimella.

Kaikki energiantuotantoyksiköt toimivat parhaiten, kun niitä käytetään ja huolletaan asianmukaisesti. MW Powerin oma huolto-organisaatio takaa laadukkaan palvelun varaosatoimituksista laitosten huoltotoimintoihin koko elinkaaren ajaksi. Asiakkaat jotka haluavat keskittyä ydinliiketoimintaansa, antavat MW Powerille täyden vastuun laitoksen ylläpidosta.

(http://www.mwpower.fi/mwpower/fi/mwpower_pages_fi.nsf/WebWID/WTB-090422-22575-61A78?OpenDocument ; 5.5.2013)

3 BIOHEAT- LAITOS

3.1 Käyttökohteet

Tässä opinnäytetyössä käsiteltävät Biobeat-laitokset ovat MW Power Oy:n suunnitteleimia ja valmistamia tuotteita. Ne ovat tapauskohtaisesti lämpötehoiltaan 4 - 18 MW räätälöityjä lämmön- tuottoon erikoistuneita laitoksia, joissa käytetään tehdasesivalmisteisia komponentteja. Bioheat- laitosten tuottoteho ei ole niin suuri verrattuna muiden voimalaitosratkaisujen sähkötehoon (taulukko 1), mutta niitä ei ole tarkoitettukaan sähkötehon tuottoon. Bioheat-ratkaisun tapainen laitos (kuva 1) on suunniteltu sijoitettavaksi erillisten prosessien yhteyteen, kuten esimerkiksi sahalaitokset, joissa syntyy biopolttoaineeksi soveltuvaa tuotetta prosessin sivutuotteena. Bioheat-laitos kannattaa sijoittaa kohteisiin, joissa voi hyödyntää paikallista polttoainetta.

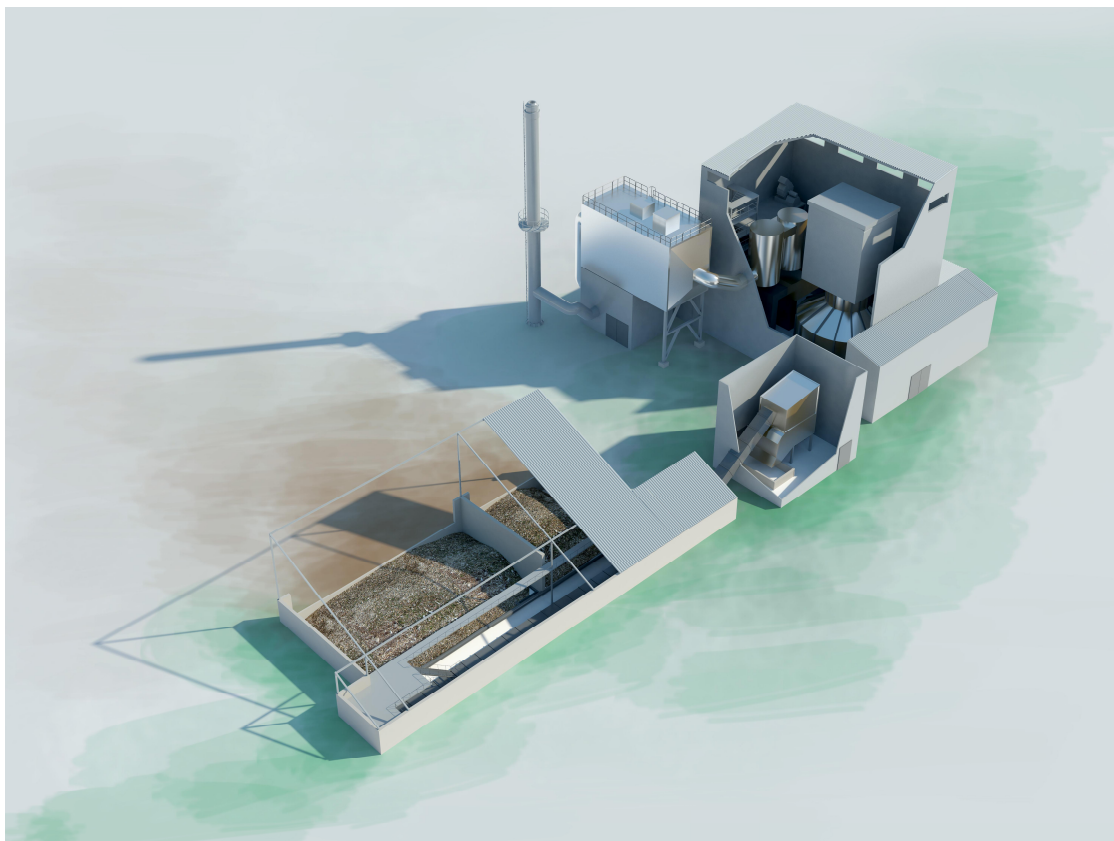
Bioheat-laitokset varastoivat polttoaineen polttoprosessin kautta syntyvää lämpöenergiaa veteen, jonka voi hyödyntää sen mukaan, mihin laitos on rakennettu. Lämmintä vettä voi siirtää nestemäisessä muodossa kaukolämpöverkoston tai kuljettaa matalapaineisena höyrynä. Erilaisia käyttökohteita ovat esimerkiksi puutavarateollisuuden kuivaamohuoneet sekä prosessit, jotka vaativat kuumaa vettä tai höyryä, kuten esimerkiksi maitotuoteteollisuus. Bioheat-laitoksia on toimitettu noin 120 yksikköä ja suurin osa sijaitsee Skandinaviassa ja Venäjällä.

Taulukko 1. Bioheat-laitoksen tuottoteho verrattuna muihin voimalaitosratkaisuihin. (International Atomic Energy agency 2000, Oulun Energia, MW Power 2012)

Voimalaitos	Toimintatapa	Tuottoteho
Loviisa-1	Ydinvoimala	488 MW _e
Toppila	Turve	315 MW _e
Petäjäkoski	Vesivoimala	172 MW _e
Nebolchi	Biomassat	8 MW _{th}

MW_{th} on laitoksen tuottama lämpöteho megawatteina, kun taas MW_e on laitoksen tuottama sähköteho, joka voidaan suhteuttaa lämpötehoon jakamalla se sähköntuoton hyötysuhteella η_{laitos} kaavan 1 mukaisesti.

$$MW_e = MW_{th} \times \eta_{\text{laitos}} \quad (1)$$



kuva 1. Esimerkki MW Power laitoksesta (MW Power 2013)

3.2 Polttoaineet

Bioheat-laitos käyttää polttoaineena biomassoja (kuva 2). Erilaisia puuteollisuuden sivutuotteita voidaan käyttää polttoaineena, kuten esimerkiksi sahanpurua, kuorta tai haketta. Näiden lisäksi polttoaineena voi käyttää turvetta sekä metsähaketta ja muita biomassoja. Yleensä pyritään sekoittamaan biomassoja keskenään, jotta lopputuloksena olisi mahdollisimman tasalaatuinen polttoaine. Erilaiset polttoaineet luokitellaan niiden lämpöarvon mukaan. Tämä arvo kuvastaa polttoaineesta täydellisessä palamisessa vapautuvaa energiamäärää polttoaineen massayksikköä kohti (http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/biopolttoaineiden_lampoarvoja: 7.5.2013)



kuva 2. Polttoaine-esimerkkejä (MW Power, 2013)

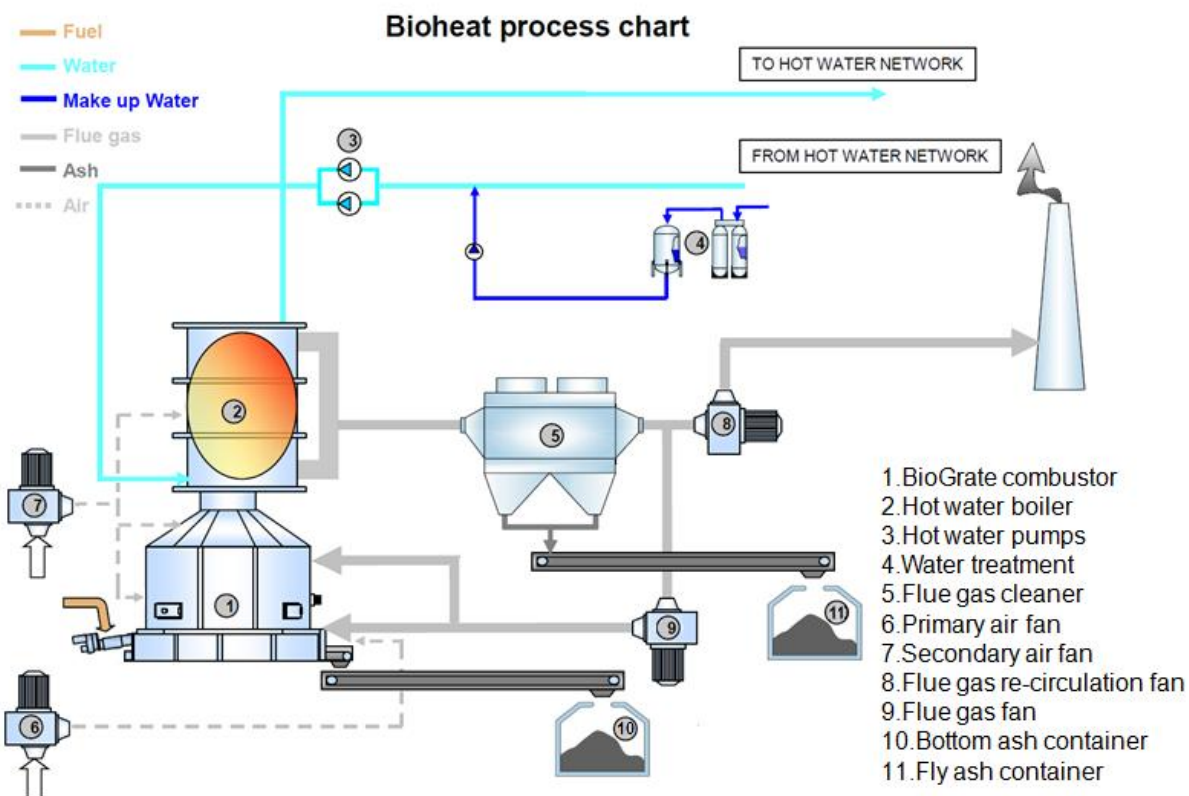
Kuivan 2 polttoaineen lämpöarvo tulisi asettua 18,5 MJ/kg ja 22 MJ/kg välille. Lisäksi polttoaineen kosteusprosentti tulisi olla 30 – 60 %. Polttoaineen kosteus vaikuttaa koko palamisprosessiin. Kosteampi polttoaine vapauttaa palamisprosessissa paljon vähemmän energiaa kuin kuiva polttoaine, joten sen kulutus on paljon suurempi. Tämä lisää savukaasujen määrää sekä nostaa kuljetuskustannuksia. Märkä polttoaine synnyttää myös paljon suuremman määrän tuhkaa, ja koko prosessi joutuu toimimaan paljon suuremmalla rasituksella, kuin kuivalla polttoaineella. Tästä seuraa että kuivempaa polttoainetta on kannattavampi käyttää, mutta silläkin on omat huonot puolensa. Kuivempi polttoaineen palamislämpötila on paljon suurempi, jolloin lämpötilaa joudutaan rajoittamaan kierrättämällä savukaasuja takaisin palotilaan. Lämpötilaa rajoitetaan palotilavaurioiden estämiseksi. Nämä asiat on otettu kuitenkin huomioon bioheat-laitoksen suunnitteluvaiheessa, ja ne eivät tuota ongelmia, kun laitosta käsitellään oikein. (Kärkkäinen, 2012)

Muita rajoituksia ovat esimerkiksi polttoaineen kappalekoko, joka tulee suhteuttaa polttoaineen syöttövaatimuksiin. Liian iso kappale voi aiheuttaa tukkeumia stoker-ruuvissa ja syöttösuppilossa. Vääränlaisen polttoaineen käyttö aiheuttaa myös ylimääräisiä huoltotoimenpiteitä. Liian pieni polttoaineen partikkelin koko, kuten esimerkiksi sahanpuru, voi aiheuttaa ylimääräistä pölyä tulipesässä ja hankaloittaa arinan puhtaana pysymistä. Tämä aiheuttaa ylimääräisiä puhdistustoimenpiteitä. Suuret polttoainepartikkelit voidaan pienentää hakkurilla ja sekoittaa muun polttoaineen sekaan.

Myös polttoaineen epäpuhtaudet on rajoite, koska biomassassa ei saa sisältää kiviä, metalleja, liimoja tai hiekkaa, koska ne aiheuttavat pesän ylimääräistä kulumista.

3.3 Bioheat- laitoksen toimintaperiaate

Bioheat-laitoksen toimintaperiaate on esitetty kuvassa 3. Kuvan Bioheat-laitos on kytketty kauko-
lämpöverkkoon. Kytkeäntä asiakkaan verkkoon voi olla joko suora tai epäsuora lämmönvaihtimen
kautta ja niin kuin kaikissa nykylaitoksissa siinä on veden esikäsitteily. Esikäsitteily estää putkistojen
kulumista ja pidentää toiminta-aikaa.



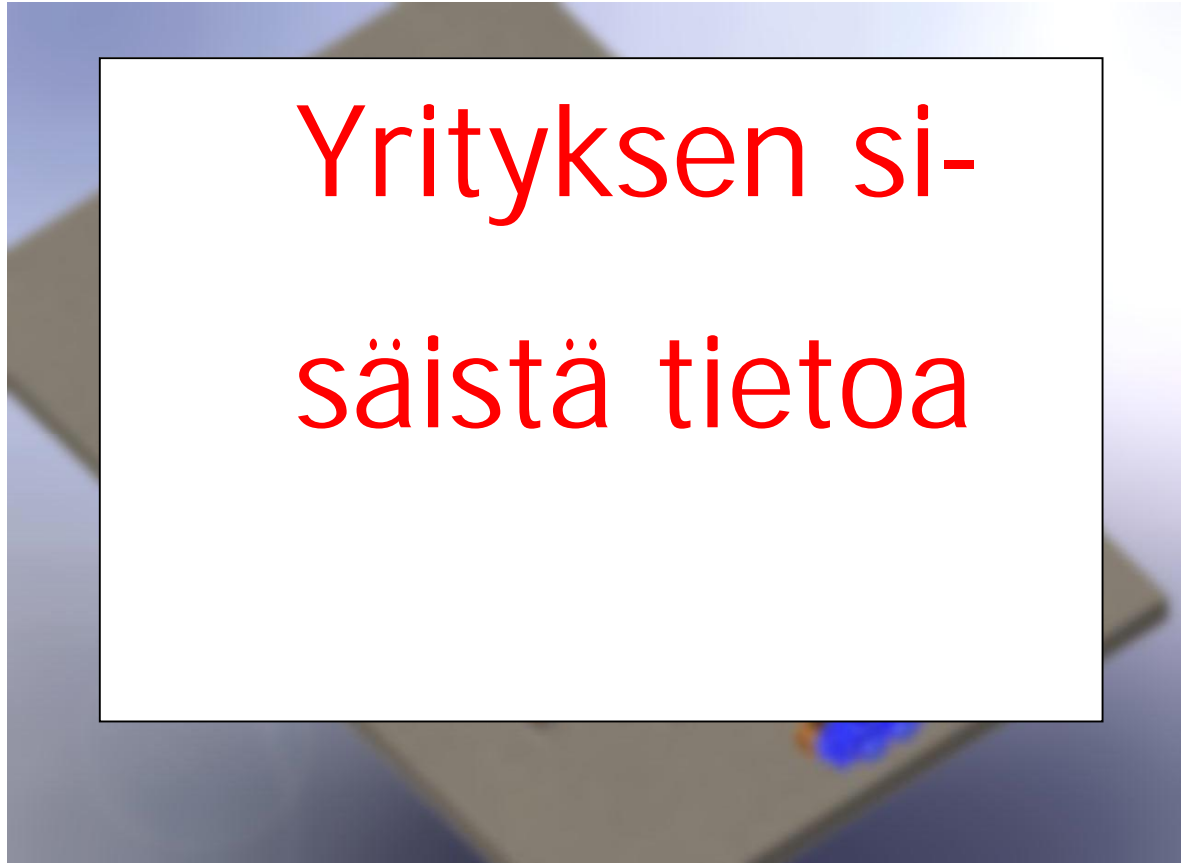
Kuva 3. Prosessikaavio (MW Power 2013)

Järjestelmän eri osien tarkempi toiminta on esitelty luvuissa 3.3.1–3.3.6, mutta yksinkertaisesti se
voidaan selittää kuvan 3 avulla.

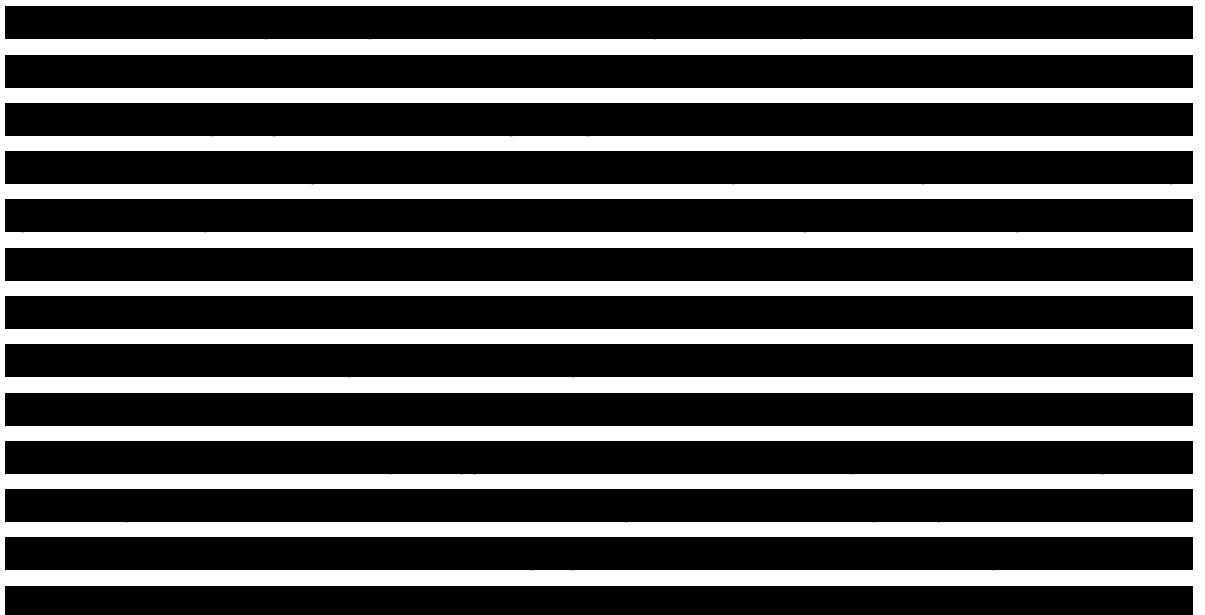
Polttoaine poimitaan varastosta ja kuljetetaan polttoainekuljettimen avulla syöttöruuville (Stoker
ruuvi). Tämä automaattinen syöttöjärjestelmä syöttää polttoaineen tulipesän arinalle (1), jossa ta-
pahtuu tasainen jakautuminen, kuivaus ja palaminen. Tulipesän palamisilmoja ohjataan palamisil-
mapuhaltimen (6) kautta, jonka tuottama virtaus jaetaan primääri- ja sekundäärinilmoihin. Kierto-
pumput (3) siirtävät veteen varastoituneen lämpöenergian haluttuun käyttökohteeseen. Tarvittaessa
paluuvesi voidaan ohjata vedenkäsittelylaitaestoon (4). Palamisesta syntyneet savukaasut ohjataan
puhdistusjärjestelmään (5), joka on kuvassa esitelty sähkösuodattimena, mutta se voi olla myös syk-
loni. Puhdistettu savukaasu voidaan ohjata takaisin tulipesään kiertokaasupuhaltimella (7), mikäli
palamislämpötila on liian korkea. Ilmakehään meneviä savukaasuja ohjataan savukaasupuhaltimen
avulla (8). Palamisen tuotteena syntyvä tuhka kerätään arinan alla sijaitsevasta vesitilasta kaapijan
avulla tuhkakuljettimelle, joka kuljettaa sen tuhkakonttiin (9). Lentotuhka ja savukaasuista syntynyt
tuhka erotetaan ja varastoidaan sille tarkoitettuun erilliseen konttiin (10).

3.3.1 Arina

Arinaksi kutsutaan tulipesän alapuolella sijaitsevaa tasoa (kuva 4), jonka päällä polttoaineen palaminen tapahtuu. MW Powerin arinaratkaisu on patentoitu. Arinaratkaisu mahdollistaa hyvin kostean polttoaineen (jopa 65 %) hyödyntämisen. Nämä arinat ovat pyöreitä ja kekomaisia.



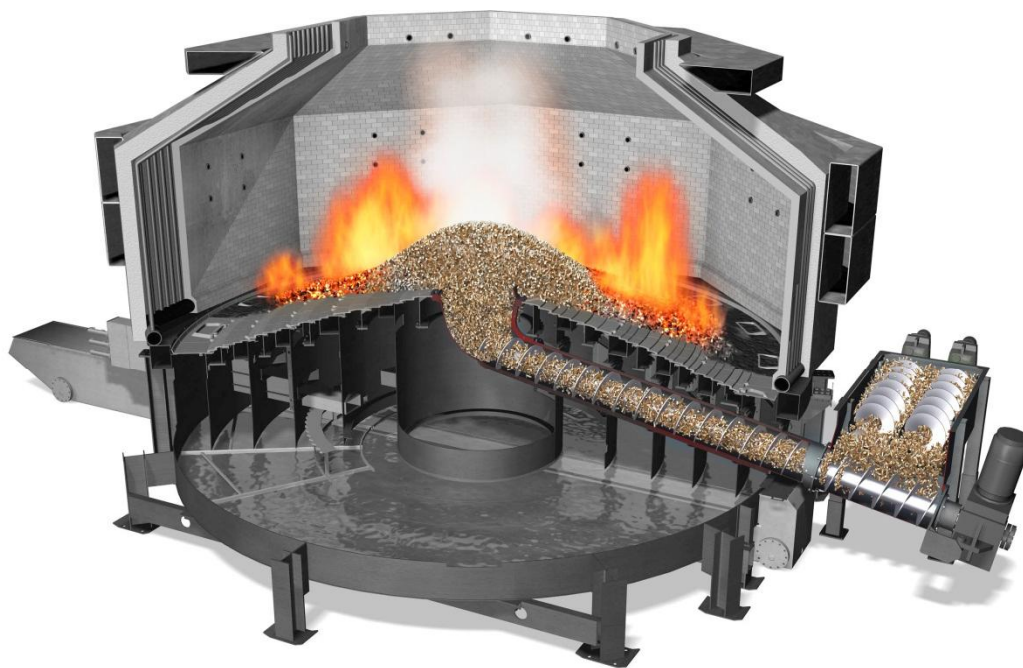
Kuva 4. Arina-ratkaisu (MW Power,2013)





3.3.2 Tulipesä

Tulipesäksi kutsutaan kammiota, joka sijaitsee arinan yläpuolella (kuva 5), jossa varsinainen palamisprosessi tapahtuu. Tulipesässä muodostetaan sellaiset olosuhteet että polttoaine palaa mahdollisimman täydellisesti. Palamisolosuhteet pyritään muodostamaan mahdollisimman tasaiseksi. Tulipesän muoto on suunniteltu niin, että se suuntaa palamisenergian säteilyn suoraan arinan keskelle ja näin edistää polttoaineen kuivumista. Tämä muoto ohjaa myös kuumat savukaasut kohti kattilajärjestelmää. Tulipesän ja arinan tekniset ratkaisut suojaavat myös itse laitteistoa. Tulipesän seinämät eivät ole suorassa kosketuksessa polttoaineen, tuhkan tai palamisliekkien kanssa, vaan palamisprosessi loppuu ennen sitä. Arinan päällä oleva polttoaine suojaa arinan pintaa kuumilta savukaasuilta ja tulipesän seinämistä heijastuvalta lämpöenergialta. (Kiuruvesi 2012)



Kuva 5. Arina ja tulipesä

3.3.3 Polttoainejärjestelmä

Bioheat-polttoainejärjestelmän tarkoitus on varastoida ja sekoittaa eri polttoaineet keskenään, sekä toimittaa massat varsinaiseen polttoprosessiin. Polttoainejärjestelmä koostuu kuudesta erilaisesta komponentista ja jokaisella on oma tarkoituksensa.

- Siilo
- Tankopurkaimet

- Polttoainekuljetin
- Stoker – ruuvi (joko yksi tai kaksi kappaletta riippuen polttoaineen partikkelikoosta)
- Polttoainesuppilo
- Pääsyöttöruuvi

Siilon eli polttoainevaraston tarkoitus on varastoida polttoaine. Siilojen määrä ja koko riippuu asiakkaan tarpeista. Yleensä polttoainevarastot mitoitetaan siten, että polttoaineen määrä riittää viikonlopun yli täyden tehon ajossa. Myös erilaiset polttoaineet tarvitsevat erikokoiset siilot niiden erilaisten tiheyksien takia.

Tankopurkaimen avulla polttoaine siirtyy siloista kohti polttoainekuljetinta ja samalla tankopurkaimet sekoittavat eri polttoaineet keskenään.

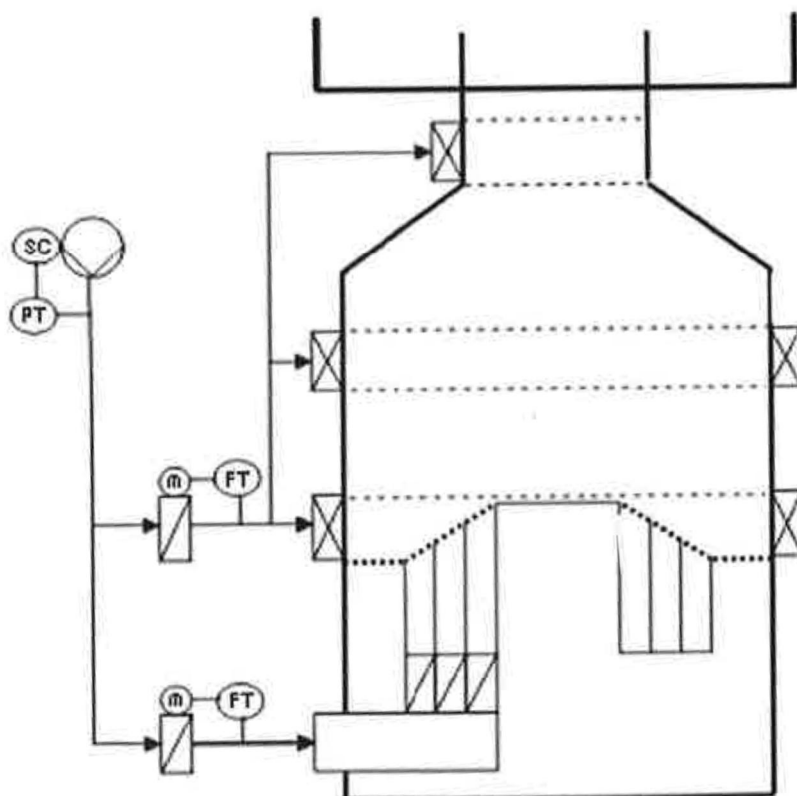
Polttoainekuljetin kuljettaa polttoaineen varastosta polttoaineensyöttösuppiloon, jonka pohjalta stoker-ruuvi alkaa kuljettaa polttoainetta tulipesään. Tarvittaessa kuljettimet jaetaan kahteen eri osaan, joiden välissä kiekko-seulan avulla polttoaineesta poistetaan ylisuuria kappaleita, kiviä ja metalliosia

Polttaineruuvi eli Stoker siirtää polttoaineen arinan keskellä olevasta aukosta varsinaiseen palotilaan. Syöttöruuvia ohjataan sähkömoottorin avulla, joka on kiinnitetty ruuvin toiseen päähän, eli syöttöruuvi on kelluvarakenteinen. Tämä mahdollistaa tasaisen polttoaineen syötön arinalle.

3.3.4 Palamisilmajärjestelmä

Palamisilmajärjestelmä (kuva 6) koostuu primääri- ja sekundääri-ilmoista. Ilmamääriä säätelemällä pyritään prosessista saamaan mahdollisimman tehokas ja mahdollisimman vähäpäästöinen.

Primääri-ilma syötetään arinan alapuolelta tasaisesti koko palotilaan. Sekundääri ilma taas syötetään palotilan kolmesta eritasoista. Alin syöttö huolehtii että polttoaine palaa loppuun asti eikä ylimääräistä hävikkiä pääse syntymään. Kaksi ylempää syöttöä huolehtivat savukaasujen sekoittumisesta. Samalla sekundääri-ilma huolehtii matalasta NO palamisesta ja savukaasun tavoitellusta O₂-pitoisuudesta. Lisäksi sekundääri-ilma huolehtii hyvästä palamisprosessista, jotta CO (häkä) kaasuja syntyisi mahdollisimman vähän.



Kuva 6. Palamisilmajärjestelmä

3.3.5 Tuhkanpoistojärjestelmä

Tuhkan poistaminen Bioheat-laitoksesta tapahtuu kahden eri vaiheen kautta. Lentotuhka, eli tuhka joka kulkee savukaasujen mukana, poistetaan savukaasujen suodatusjärjestelmän kautta. Suodattimena voi toimia joko sähkösuodatin tai multisyklonijärjestelmä. Tämän jälkeen tuhka kuljetetaan silille varattuun tuhkakonttiin. Tulipesässä palamisprosessin sivutuotteena syntyvä tuhka kulkeutuu liikkuvien arinarautojen ansiosta tulipesän reunalle ja tippuu aukoista arinan alapuolella sijaitsevaan vesitilaan, jossa tuhka jäähtyy. Vesitilasta tuhka kerätään kaapijoiden avulla märkätuhkakonttiin.

3.3.6 Kattila

Bioheat-kattilat ovat joko kuumavesi- tai hörykattiloita. Tulipesässä syntyvät kuumat savukaasut kulkeutuvat alipaineella tulipesän yläpuolella sijaitsevaan kattilajärjestelmään. Kuumat savukaasut lämmittävät putkistoissa kiertävän veden, jonka jälkeen vesi siirretään pumppujen avulla haluttuun kohteeseen, joko suoralla kytkennällä tai vaihtimen avulla. Veden lämpötila vaihtelee 140 °C ja 150 °C välillä riippuen asiakkaiden tarpeista. Kaukolämpöverkon menoveden lämpötila on normaalisti 110- 120 °C ja paluueden lämpötila on 45–60 °C. Hörykattilassa höyry erotetaan talteen lieriö-osassa. Taltteenotettu höyry voidaan hyödyntää erilaisissa käyttökohteissa.

Kuvassa 7 on esitelty viisivetonen tulitorvi-tuliputkikattila. Tässä esitelty malli on vanhentumassa mutta kuva toimii hyvänä esimerkkinä toimintaperiaateesta. Kattilan vedolla tarkoitetaan putkikoko-

naisuuksia kattilan sisällä jossa kuumat savukaasut kiertävät ja luovuttavat lämpöenergiansa kattilan vaipassa kiertävään veteen. [REDACTED]

Optimaalisena tulo- ja menoveden lämpötila erona pidetään 30 °C, tämä onnistuu kiertopumppujen avulla jotka siirtävät halutun määrän kuumaa vettä paluuvetenä tulopuolelle.

Bioheat- laitoksissa voidaan käyttää vesiputki-tuliputkikattilaa. Tässä tapauksessa vesi kiertää putkissa, joita tulipesän palamiskaasut lämmittävät. Tätä kattilaratkaisua käytetään ainoastaan isommissa laitoksissa (12- 18 MW_{th}). Vesiputkikattila on suunniteltu paljon suurempiin tuotantokapasiteetteihin, mutta tämä ratkaisu on hieman kalliimpi kuin tuliputkikattilat.



Yrityksen sisäistä
tietoa

Kuva 7. Viisivetonen tulitorvi-tuliputkikattila

4 TAKUUMITTAUKSET

Takuumittaukset suoritetaan aina uuden laitoksen valmistettua. Mittausten tarkoituksena on todentaa, että energialaitos toimii laitelle laitoksen valmistajien asettamien takuuarvojen sisällä. MW Power antaa tiettyä takuuarvoja esimerkiksi teholle, hyötysuhteelle ja päästöille tietyissä takuuolosuhteissa. Tämä tarkoittaa sitä että kun laitosta käytetään takuuehtojen mukaisesti, laitoksen suorituskyky pitäisi olla annettujen arvojen mukaisena. Lisäksi päästöjä on seurattava tietyin väliajoin. Tämä määräys tulee viranomaisten puolesta mutta siitä on hyötyä myös laitoksen omistajalle, koska sen avulla pystytään toteamaan, toimivatko laitteet kunnolla vai tarvitseeko laitteistoon tehdä säätöjä tai korjauksia. Näin voidaan pidentää laitoksen elinikää ja säästää kustannuksissa.

4.1 Lämpökattiloiden takuumittaukset

Takuumittauksilla pyritään todentamaan, että kattila toimii vaatimuksien mukaisesti. Mittauksilla pyritään selvittämään kattilan hyötysuhde ja häviöt. Tuliputki ja vesiputki kattiloilla on hieman erilaiset mittaukset mutta pääperiaatteeltaan ne ovat samoja. Näille kattilatyypeille on laadittu EU-tasolla standardit ja ne on omaksuttu myös suomalaisiksi SFS-standardiksi. Kun menetelmä on standardoitu, voidaan eri laitoksien tuloksia verrata paremmin keskenään. Takuunalaisien parametrien selvittämiseksi joutuu joskus tekemään muitakin mittauksia joita ei ole säädetty standardissa. Testauksen aikana on pyrittävä pitämään olosuhdemuuttujat mahdollisimman tasaisena koko mittauksen ajan. Jos huomataan että olosuhteet muuttuvat radikaalisti, mittaukset on lopetettava, koska mittaukset eivät esimerkiksi polttoaineen koostumuksen muutoksen takia ole luotettavia. Kaiken tämän lisäksi mittausmenetelmät ja välineet ovat hyvin tarkasti määriteltyjä standardissa.

4.2 Takuumittauksien suorittaminen

Takuumittaukset suorittaa yleensä niihin erikoistunut yritys. Tämän ansiosta Mw Powerin ei tarvitse käyttää omia resursseja takuumittauksien suorittamiseen ja sillä varmistetaan tuloksen riippumattomuus. Mittauksen suorittavalla yrityksellä on oltava viranomaisten hyväksymät pätevyudet sekä standardien vaatima laitteisto. Mittaukset suoritetaan mahdollisimman pian käyttöönoton jälkeen, joka on noin 2-4 kuukautta laitoksen valmistumisesta. Mittauksilla pyritään huomaamaan mahdolliset viat tai häiriöt joita voi olla päässyt rakennusvaiheessa syntymään. Mittaukset suoritetaan kattilan täydellä sekä puoli teholla. Tällä varmistetaan mittaustuloksien pysyminen annettujen raja arvojen puitteissa kattilan eri kuormitustilanteissa. Mittauksissa tarkastellaan yleensä seuraavia arvoja:

- kattilan teho
- päästöt ilmakehään
- polttoaineen ominaisuudet
- tuhkien palamattomien osuus
- hyötysuhde (lasketaan edellisistä).

Kattilan teho asetetaan täydelle kuormitukselle ja tarkistetaan saavuttaako kattilan teho asetettua maksimiarvoa. Kun teho saavutetaan, suoritetaan muut mittaukset. Kattilan laskennallinen teho saadaan kaavasta 2:

$$\Phi = q_m \times C \times \Delta T \quad (2)$$

Jossa:

Φ = teho

ΔT = tulo ja paluuveden lämpötilaero °C

C = veden ominaislämpökapasiteetti 4.18

q_m = massavirtaus m³/s

(tekniikan kaavasto s. 111, 2010)

Päästössä ilmakehään mitataan kaasun tilavuus virtoja sekä erilaisia alkuaineiden ja yhdisteiden pitoisuuksia, kuten happi, häkä, hiilidioksidi ja muut. Takuumittauksissa käytetään esimerkiksi seuraavia menetelmiä:

- O₂: Sidor, paramagneettinen mittausperiaate, jatkuvatoiminen mittaus kuivasta kaasusta. Mittauksissa noudatetaan standardeja SFS 3869 "Kaasumaisten päästöjen määrittäminen" ja SFS 5642 "Savukaasun tilan määrittäminen".
- CO: Sidor, infrapuna-absorptioon perustuva mittaus, jatkuvatoiminen mittaus kuivasta kaasusta. Mittauksissa noudatetaan standardeja SFS 3869 "Kaasumaisten päästöjen määrittäminen", SFS 5642 "Savukaasun tilan määrittäminen" ja SFS 5412 "CO-pitoisuuden määrittäminen".
- CO₂, IR 702 (infrapuna-absorptioon perustuva mittaus) jatkuvatoiminen mittaus kuivasta kaasusta. Mittauksissa noudatetaan standardeja SFS 3869 "Kaasumaisten päästöjen määrittäminen" ja SFS 5642 "Savukaasun tilan määrittäminen".
- SO₂, Monitor Europe 9850 B ja EPM-laimennussondijärjestelmä (UV-fluoresenssiin perustuva mittaus) jatkuvatoiminen mittaus kuivasta kaasusta. Mittauksissa noudatetaan standardia SFS 3869 "Kaasumaisten päästöjen määrittäminen".
- NO_x, Monitorlabs 8840 ja EPM-laimennussondijärjestelmä (kemiluminesenssiin perustuva mittaus) jatkuvatoiminen mittaus kuivasta kaasusta. Mittauksissa noudatettiin standardiin SFS-5425 "Tyypin oksidien määrittäminen kemiluminesenssimenetelmällä" perustuvaa sisäistä ohjetta.

Analysaattoreiden kalibroinneissa käytettiin seuraavia kalibroitikaasuja:

- O₂, 4,0 % ja ympäristöilma (20,9 %)
- CO, 301 ppm
- CO₂ 12,0 %
- SO₂, 103 ppm
- NO_x, 139 ppm NO / 139 ppm NO_x
- 0-pistekalibroinnit, N₂ / instrumentti-ilma / synteettinen ilma.

KPA-kattilan kiintoainemittauksissa ennen sähkösuodatinta käytetään STL-Mininäytteenottolaitteistoa ja näytteenotossa käytettiin in-stack nollapainesondia.

Suodatinmateriaalina käytettiin kvartsikuitua (Munktel MK 360). Mittauksissa noudatetaan standardia SFS 3866 "Kiintoaineen määrittäminen manuaalisella menetelmällä".

- KPA-kattilan kiintoainemittauksissa* sähkösuodattimen jälkeen ja POR-kattilan kiintoainemittauksissa* käytettiin Sick Gravimat-laitteistoa ja suodatinmateriaalina käytetään kvartsikuitua (Munktel MK 360). Mittauksissa noudatettiin standardia SFS-EN 13284-1

Pienten hiukkaspitoisuuksien mittauksissa käytetään seuraavat menetelmät:

- Savukaasumäärät oli määritetään Sick Gravimat-laitteistolla, sekä S-tyypin pitot-putkella ja Alnor MP6KAV-mikromanometrillä mitattujen virtausnopeuksien perusteella.
- Savukaasujen kosteudet määritetään näytteenottojen yhteydessä kertyneiden kondenssivesimäärien perusteella.
- Lämpötilamittauksissa käytetään K-tyyppisiä termoelementtejä.
- Mittaustiedon keruu tapahtuu Yokogawa TR130 -tiedonkeruulaitteistolla, tallennus minuutin välein. Jaksottaisten näytteenottojen mittaustiedot kirjataan muistiin käsin.
- Melumittaukset tehdään Rion NA 23 -äänitasoanalysointilaitteella noudattaen standardia SFS-EN 1996 "Ympäristömelun mittaaminen".

(Symo Oy; Takuumittaus raportointi)

Polttoaineen analysointi suoritetaan laboratorioissa. Lämpölaitoksen polttoaineesta otetaan näytteet ja niistä tutkitaan kosteusprosentti, tuhkanpitoisuus, lämpöarvo sekä mitataan alkuaineita, kuten hiili, typpi, vety ja rikki.

Kattilan hyötysuhteella tarkoitetaan kattilasta hyödyksi saatuun lämpövirran suhdetta kattilaan tuotuun energiavirtaan. Sitä lasketaan epäsuorasti standardin DIN 1942 mukaan. Hyötysuhteenlaskennassa (palamishyötysuhde) otetaan huomioon savukaasu-, tuhka-, säteily- ja johtumishäviöt. Laskenta tehdään kahdella tavalla. A tavalla laskettaessa kattilan taserajana, käytetään kattilahuoneen seiniä DIN 1942 mukaan, ja tavalla B lasketan taserajana on käytetty kattilahuoneen seiniä ja säteilyhäviöksi on lasketaan 30 % itse kattilan säteily- ja johtumishäviöistä. Esimerkki raportoinnista näkyy liitteessä 1 ja 2

5 MITTAUKSIEN KÄSITTELY

Takuumittauksien suorittamisen jälkeen mittaukset suorittanut taho toimittaa mittaustulokset yritykselle pdf-dokumenttina. Pdf-dokumenttien arkistointi ja hallinnointi on hankalaa, minkä vuoksi myös tämän opinnäytetyön aihe on saatu. Aikaisemmin mittaustuloksista tarkistettiin vain että arvot vastaavat luvattuja.

Työn tuloksena saatua taulukkoa (kuva 8) voidaan nyt hyödyntää mittaustuloksien arkistoinnissa ja käyttää myös laitosten kehitystyössä. Taulukon luomisen yhteydessä taulukkoon syötettiin 8 laitoksen tiedot ja takuumittausraporttien kootut arvot. Taulukon pohjaa on myös laajennettu siten, että siihen on helppo syöttää tulevien laitosten tiedot. Taulukko otetaan käyttöön yrityksen sisäiselle verkkolevylle, että se on helposti kaikkien laitostietoja tarvitsevien henkilöiden käytössä.



Yrityksen sisäistä tietoa

kuva 8. Taulukon osa

6 ARINARASITUSPARAMETRIT

Arinarasitusparametri on arinoiden polttotehoon liittyvä suure, jonka avulla erikokoiset arinamallit, BGU3, BGU5, BGU7 ja BGU9, on alun perin mitoitettu. Arinarasitus kuvaa polttotehon suuruutta arinapinta-alaa kohti [REDACTED]. Arinarasituksia ei lasketa tavallisissa takuumittauksissa. Tämän takia MW Power halusi selvittää mitä laitosten arinarasitusarvot todellisuudessa ovat. Mittaustaulukkoon on lisätty oma erillinen kenttä joka automaattisesti laskee arinarasituksia laitoskohtaisesti.

6.1 Arinarasitukset KW/m²

Tehollinen arinarasitus ilmaisee tulipesän aikayksikössä tuodun ja sieltä kehitetyn lämpötehon jakautumisen polttoarinan pinta-alayksikköä kohti. Sen voi laskea kaavalla:

$$q = 0,278 * \frac{B * Hu}{Fe} \quad (3)$$

Jossa

q= arinarasitus kW/m²

B= kattilan tuotu polttoainemäärä kg/h

Hu= polttoaineen tehollinen lämpöarvo MJ/kg

Fe= polttoarinan pinta-ala m².

(Höyry kattilalaitosten pullokaulat, insinöörijärjestöjen koulutuskeskus 1977)

Kuitenkin tässä työssä jouduttiin arinarasituksia laskemaan eri menetelmällä. Ensin selvitettiin kattilan polttoteho jakamalla kattilan mittaushetkellä oleva teho hyötysuhteella, joka oli mitoitettu takuumittauksien aikana. Jos hyötysuhdetta ei ollut mitoitettu, se jouduttiin arvioimaan. Yleisimmät hyötysuhteet ovat noin 88 % - 90 % (MW power 2013). Kun kattilan polttoteho saatiin selville, se muutettiin kilowateiksi ja jaettiin polttoarinan pinta-alalla. Näin saatiin tuloksesi arinarasitus KW/m².

Koska muutamassa laitoksissa mittaukset täydellä teholla ei olleet onnistuneet, saadun arinarasituksen arvon perusteella laskettiin arinarasitus laitoksen täydellä teholla käyttäen kaavaa 4:

$$X = \frac{\text{Kattilan täysiteho}}{\text{tehomittaushetkellä}} * \text{laskettu arinarasitus} \quad (4)$$

x= laskennallinen arinarasitus täydellä teholla kW/m².

(MW Power 2013)

Molemmat saadut arvot syötettiin samaan taulukkoon muiden mittauservojen kanssa. Näin pystyttiin vertailemaan eri laitoksien arinarasituksia. Samalla taulukkoon sijoitettiin valmiit kaavat, niin että

jatkossa ei tarvitse manuaalisesti laskea arvoja vaan tulokset saadaan automaattisesti kun takuumittauksien arvot on sijoitettu taulukkoon.

6.2 Seuraukset yli- tai alirasituksesta

Ylikuormituksesta seuraa yleensä mm. seuraavanlaisia vakavia vaurioita tulipesälle ja arinalle:

- tulipesä likaantuu, koska palamisen käytettävissä oleva aika jää liian lyhyeksi.
- tulipesän seinät kuonantuvat, mikäli tulipesän lämpötila nousee lentotuhkan sulamislämpötilaan.
- polttoarinan pintaan saattaa tulla vaurioita koska lämpötila nousee liian suureksi.
- jäähdytysjärjestelmään saattaa syntyä häiriöitä.

Näiden asioiden estämiseksi on pyrittävä välttämään polttoarinan ylikuormitusta, muuten syntyy tarpeettomia vaurioita jotka vaativat korjaustoimpiteita. Laitostietoja vertailtaessa huomattiin kuitenkin, että missään laitoksessa arinat eivät olleet ylikuormitettuja mittaushetkellä ja näin ollen yllämainittuja vaurioita ei todennäköisesti synny.

Alirasitus ei taas ole niin haitallista kuin yllirasitus. Alirasituksen seurauksena voi esiintyä seuraavanlaisia ongelmatilanteita:

- Tulipesä likaantuu, koska tulipesän lämpötila voi polttoaineen täydellisen loppuun palamisen kannalta olla liian alhainen.
- Savukaasut saattavat sisältää normaalia suuremman O₂- pitoisuuden.
- Alipainekattilassa saattaa ilmavuotojen seurauksena esiintyä matalalämpötilakorroosiota liekkisäteilyn varjoalueilla.

Vaikka alirasitus ei ole niin vakava ongelma, on sitä pyrittävä välttämään korjauskulujen ja päästöjen vähentämiseksi.

7 TULOKSET

Insinööriyön tuloksena saatiin taulukko, jossa näkyy selkeästi BGU laitoksien takuumittaukset ja johon on lisätty arinarasituslaskelmat. Samalla tehtiin valmis pohja tulevia mittauksia varten. Taulukoon (liite 5) on helppo sijoittaa mittausarvot ja se laskee automaattisesti arinarasitukset. Taulukosta voi helposti vertailla eri laitoksien arvoja ja huomata poikkeuksia. Taulukosta tuli erittäin hyvä työkalu MW Powerille, koska se nopeuttaa datan käsittelyä sekä helpottaa mittaustuloksien vertailua. Taulukosta voi helposti huomata, miten mittaukset ovat onnistuneet kunkin laitoksen kohdalla ja tehdä siitä johtopäätökset ovatko mittaukset todenmukaiset ja tarvitseeko tehdä säätöjä tai päivityksiä.

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

8 YHTEENVETO JA JATKOTOIMENPITEET

Tämän insinööryön aikana tuli opittua paljon BioHeat-laitoksen toimintaperiaatteista ja takuumittauksista sekä pohdittua ja arvioitua arinaparametreja ja rasituksia. Bioheat-laitoksissa, joita tämä työ käsittelee, huomattiin pieniä poikkeuksia mittauksissa ja jatkotoimenpiteitä, kuten esimerkiksi rorttien tarkastaminen kannattaisi suorittaa.

Työn tulokset vastaisivat yrityksen toiveita, ja alkuperäisen ongelmaan saatiin keksittyä yksinkertainen ratkaisu. Luotu työkalu menee yrityksen sisäiseen käyttöön, ja todennäköisesti yritys jatkaa tämän työkalun kehittämistä tulevaisuudessa. Tämä työkalu kannattaisi liittää yrityksen laadunhallinta-järjestelmään ja ottaa käyttöön myös suunnittelupuolella uusien laitoksien suunnitteluprojektien yhteydessä.

Jatkossa takuumittauksia kannattaisi kehittää esimerkiksi luomalla pohja, jolla takuumittauksien tulokset on palautettava. Tällöin saadaan mittauksista yhdenmukaiset ja paikkansapitävät. Tämä helpottaisi myös MW Power Oy:n laitosvertailua ja mittaustietojen käsittelyä.

LÄHTEET

MW Power Oy

http://www.mwpower.fi/mwpower/fi/mwpower_pages_fi.nsf/WebWID/WTB-090422-22575-61A78?OpenDocument: 5.5.2013

Motiva Oy

http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/biopolttoaineiden_lampoarvoja;
7.5.2013

Höyry kattilalaitosten pullokaulat, insinöörijärjestöjen koulutuskeskus 1977

SFS-EN 12952-15 2003. Vesiputkikattilat ja niihin liittyvät laitteistot. Osa 15: vastaanottokokeet. Teknologiateollisuus ry. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

International Atomic Energy agency 2000

Hatunen Tarmo Product Manager Bioheat, MW Power

Perttu Kärkkäinen MW Power 2013

Niko Vettenranta Diplomityö; Lämpölaitosten omakäyttösähkötehon optimointi 2011

Symo Oy; Raportointi pohja

The background image is a blurred document. On the left side, there is a logo consisting of a green arrow pointing right. Below the logo, there is some illegible text. On the right side, there is a table with several rows and columns. The text in the table is also illegible due to the blur.

Yrityksen sisäistä tietoa

The image shows a blurred screenshot of a spreadsheet. A white rectangular box with a black border is centered over the spreadsheet, containing the text "Yrityksen sisäistä tietoa" in red. The spreadsheet background has several rows with different background colors: a purple header row, an orange data row, a green data row, a grey data row, a white data row, a yellow data row, and a dark yellow data row. The text in the spreadsheet is illegible due to blurring.

Yrityksen sisäistä tietoa