

Jussi Mäkelä

Biopoltin

Biopolttimen arinan sekä tuhkanpoiston suunnittelu

Opinnäytetyö

Kevät 2016

SeAMK Tekniikka

Kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma

SeAMK 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Seinäjoen ammattikorkeakoulu

Tutkinto-ohjelma: Konetekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä: Jussi Mäkelä

Työn nimi: Biopolttin: Biopolttimen arinan sekä tuhkanpoiston suunnittelu

Ohjaaja: Kimmo Kitinoja

Vuosi: 2016

Sivumäärä: 32

Liitteiden lukumäärä: 0

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana on Konepaja Apparatus Oy, joka sijaitsee Seinäjoella Etelä-Pohjanmaalla. Yrityksen päätuotteita ovat erikokoiset siilot, sekä erilaiset kantavat teräsrakenteet. Pääasiassa yrityksen tuotteet valmistetaan asiakastilausten mukaan. Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella kaasutustekniikalla toimivaan biopolttimeen arinakoneisto sekä tuhkanpoisto. Biopolttimen on tarkoitus olla yritykselle uusi tuote, jota yritys valmistaisi omana tuotteena.

Työssä käytiin läpi, kuinka polttoaineen kaasutusperiaatteella toimiva polttin kokonaisuudessaan toimii. Työssä selvitettiin myös, mitä polttoaineelle tapahtuu kaasuuntumisen eri vaiheissa ja mitä eroavaisuuksia on vastavirtakaasutus- ja myötävirtakaasutus-periaatteella toimivissa polttimissa. Suunnittelutyön tuloksena saatiin kehitettyä itse arina ja sitä pyörittävä mekanismi. Myös tuhkanpoistoon saatiin kehitettyä toimivat ratkaisut. Suunnitelmien lopullinen toimivuus ja hienosäätö saadaan suoritettua sen jälkeen, kun polttimesta rakennetaan ensimmäinen prototyyppi. Tämän työn aikana tehtyjä suunnitelmia ei kuitenkaan esitellä yksityiskohtaisesti, jotta toimeksiantajayrityksen yrityssalaisuus säilyisi.

Avainsanat: Biopolttin, bioenergia, biopolttoaineet, kaasutus, vastavirtakaasutin.

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical Engineering

Specialisation: Mechanical and Production Engineering

Author: Jussi Mäkelä

Title of thesis: Bio burner

Supervisor: Kimmo Kitinoja

Year: 2016

Number of pages: 32

Number of appendices: 0

The thesis was assigned by Konepaja Apparatus Oy, which is located in Seinäjoki, South Ostrobothnia. The company's main products are various sizes of silos and different types of supporting steel structures. Almost every product is made to customer order. The purpose of the thesis was to design a grate mechanism and ash remover for a bio burner using gassing technology. The bio burner was made to be the company's own product.

The thesis studied how a bio burner using gassing technology worked and what happened to the fuel in the different sections of the gassing process. The thesis also clarified differences between an upstream gas burner and a downstream gas burner. The result of the design was the model of a grate and the mechanism which would rotate the grate. Also the ash removing system was designed successfully and a working model was made. How successful the design is will be seen when the first prototype of burner will be completed. The last fine adjustments for the burner will be made when the first prototype will be completed. The designs made in the thesis were not introduced in detail because of the company's business secrets.

Keywords: Bio burner, bioenergy, biofuels, gassing, upstream gassing.

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract.....	2
SISÄLTÖ.....	3
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo.....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	6
1 JOHDANTO.....	7
1.1 Työn tausta ja tavoitteet.....	7
1.2 Yritysesittely.....	7
2 KIIINTEIDEN POLTTOAINEIDEN KAASUTUS.....	9
2.1 Polttoaineiden kaasutusprosessi.....	9
2.2 Myötävirtakaasutin.....	10
2.3 Vastavirtakaasutin.....	13
3 BIOPOLTTOAINEET.....	17
3.1 Metsähake.....	17
3.2 Puupelletti.....	18
3.3 Turve.....	19
3.4 Lämpöarvot.....	20
4 BIOPOLTIN.....	22
4.1 Polttimen tyypin valinta.....	22
4.2 Palotilan olosuhteet.....	22
4.3 Polttimen lopulliseen rakenteeseen päätyminen.....	23
4.4 Käyttökohteet.....	24
5 MATERIAALIEN VALINTA.....	25
5.1 Arinakoneisto.....	25
5.2 Tuhkaruuvi.....	26
6 ARINA SEKÄ ARINAKONEISTON RAKENNE.....	27
6.1 Arinan keskiö.....	27
6.2 Tuhkasekoittajat.....	27
6.3 Arinan pyörityskoneisto.....	28

7 TUHKARUUVIN SUUNNITTELU	29
7.1 Ruuviosa	29
7.2 Kiinnitys ja muut toiminnalliset seikat	29
8 YHTEENVETO	31
LÄHTEET	32

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Myötävirtakaasuttimen toimintaperiaate..... 13

Kuvio 2. Vastavirtakaasuttimen toimintaperiaate. 16

Taulukko 2. Lämpöarvotaulukko. 20

Käytetyt termit ja lyhenteet

Biopoltin	Biopoltin on lämmitin, jossa polttoaineena käytetään eloperäistä polttoaineita eli biopolttoaineita.
Reaktori	Reaktori on kaasutustekniikalla toimivan biopolttimen osio, jossa kaasuuntumisreaktiot tapahtuvat.

1 JOHDANTO

Tässä työssä esitellään polttoaineen kaasutusperiaatteella toimivan biopolttimen toimintaperiaatetta, sekä tarkastellaan lähemmin polttoaineiden kaasutusta prosessina. Työn teoriaosiossa käydään lävitse kaksi erityyppistä polttoaineen kaasutusmenetelmällä toimivaa poltinta, sekä esitellään ja vertaillaan tämän tyyppisiin polttimiin soveltuvia polttoainevaihtoehtoja. Lisäksi työssä kerrotaan, kuinka suunniteltu arinakoneisto ja tuhkanpoisto saivat lopullisen rakenteen. Lopullisista rakenteista ei kuitenkaan kerrota kovin yksityiskohtaisesti, jotta yrityksen yrityssalaisuus säilyisi.

1.1 Työn tausta ja tavoitteet

Yrityksellä on ollut ajatuksena valmistaa polttoaineen kaasutusperiaatteella toimivaa biopoltinta omana tuotteenaan. Kuitenkaan yrittäjän aika ei ole riittänyt aloittaa tätä suunnitteluprosessia, joten osa suunnittelusta toteutettiin opinnäytetyön muodossa. Tämän työn aiheeksi oli rajattu biopolttimeen sisältyvän arinan ja tuhkanpoiston suunnittelu. Tavoitteena on saada toimiva ratkaisu arinakoinestoon sillä tavalla, että se pitää kaasuuntumisen prosessia yllä ja mahdollistaa samanaikaisen tuhkanpoiston polttimesta. Tuhkanpoiston tavoitteena oli saada järjestelmästä siten toimiva, että tuhka saadaan automaattisesti poistettua järjestelmästä samanaikaisesti, kun poltin on käytössä. Tuhkanpoiston ei kuitenkaan saa aiheuttaa kaasuuntumisen prosessille mahdollisia häiriöitä.

1.2 Yritysesittely

Konepaja Apparatus Oy on monipuolinen, keskiraskas konepaja Seinäjoella. Yritys on aloittanut toimintansa vuonna 2003. Apparatus on erikoistunut asiakaslähtöisesti tuotettavien säiliöiden ja erilaisten kantavien teräs rakenteiden valmistukseen. Hitsattuja säiliöitä ja silloja valmistetaan kokoluokassa 0-100m³. Yrityksen tuotteisiin kuuluvat myös erilaiset biolämmitysratkaisut ja niiden oheistuotteet, jotka valmistetaan yhteistyössä alan eri toimijoiden kanssa.

Toimitilat ovat Peräseinäjoen kaupunginosassa Seinäjoella. Yrityksen toimitilat ovat kokoluokaltaan yhteensä $1200m^2$, joka kattaa tuotantotilat sekä toimistotilat. Tällä hetkellä yrityksen henkilöstöön kuuluu yrittäjän lisäksi kuusi tuotannollisissa tehtävissä olevaa työntekijää. Kaikilta yrityksen työntekijöiltä löytyy asianmukaiset työturvallisuus-, tulityö- ja hygieniapassit.

2 KIINTEIDEN POLTTOAINEIDEN KAASUTUS

Kiinteiden polttoaineiden kaasutuksella tarkoitetaan kiinteän polttoaineen muuntamista kaasutustekniikan avulla kaasumaiseen muotoon. Etuja kaasuksella perinteiseen polttomenetelmään on mm. korkeampi polton hyötysuhde ja ympäristöystävällisyys. Tuotekaasun polttamisessa ilman ja kaasus seos on helpommin suhteutettavissa, jolloin palamisen prosessia voidaan hallita kontrolloidummin. Tämän seurauksena polttoaineiden kaasutuksessa saadaan useimmin parempi hyötysuhde polttoaineesta, kuin kiinteiden polttoaineiden suorapoltossa. Polttotapahtumasta on mahdollista tehdä ympäristöystävällisempää puhdistamalla kaasu ennen polttoa erilaisilla puhdistuslaitteilla, sekä vaikuttamalla tuotekaasun palamisolosuhteisiin. (Leppälahti & Kurkela 1985, 7-8.)

2.1 Polttoaineiden kaasutusprosessi

Prosessina polttoaineiden kaasutus ei ole pelkästään osittain polttoa, vaan prosessissa tapahtuu sarja erilaisia hapettumisen- ja pelkistymisenreaktioita yhdistettynä pyrolyysiin. Kaasutusaineena voidaan käyttää pelkästään ilmaa tai ilman ja vesihöyryn seosta, joiden avulla polttoaineesta saadaan tuotekaasuksi kutsuttua matalalämpöistä kaasua. Käyttämällä happea tai erillistä lämmitystä saadaan tuotekaasun lämpötilaa tarvittaessa nostettua. (Leppälahti & Kurkela 1985, 8.)

Menetelmästä, sekä käytetyistä polttoaineista riippuen tuotteeksi saadaan eripuhtauksisia kaasuja. Täysin puhdistamatonta tuotekaasua kutsutaan yleisesti raakakaasuksi. Ennen varsinaista polttoa on mahdollista raakakaasu puhdistaa ja suodattaa, joka alentaa huomattavasti kaasussa olevia epäpuhtauksia, tehden kaasun polttamisesta ympäristöystävällisempää. Raakakaasun karkea puhdistus tapahtuu käyttämällä siihen tarkoitettua kaasupesuria tai sykklonia. Syklonissa kaasu ohjataan laitteeseen, joka muodostaa kaasuun sykklonimaisen pyörteen. Pyörteessä kaasusta irtoaa tuhkahiukkasia ja jonkin verran muita epäpuhtauksia. Jos kaasu olisi tarpeellista saada lähes kokonaan puhtaaksi epäpuhtauksista,

voidaan ensimmäisen puhdistus vaiheen jälkeen käyttää vielä sähkösuodatusta tai hienosuodatusta. Suodatusmenetelmissä kaasu johdetaan suodattavan aineen lävitse, joka poistaa kaasusta epäpuhtauksia. Tämän prosessin yhteydessä epäpuhtauksilla tarkoitetaan nestemäisiä hiili-vety-yhdistelmiä, vesihöyryä, sekä kiintoainehiukkasia. Epäpuhtauksien määrään vaikuttavat myös prosessissa käytetyn kaasuttimen tyyppi, sekä kaasutuksessa käytetyt parametrit. Kaasujen epäpuhtaudet rajoittavat eniten kyseisen prosessin käyttökäytännöä. (Leppälahti & Kurkela 1985, 9-10.)

Kaasutusprosessissa saatavan pienlämpöarvoisen kaasun palamistekniset ominaisuuden poikkeavat huomattavasti esimerkiksi polttoöljyn ja maakaasun ominaisuuksista. Kaasun teoreettinen palamislämpötila riippuu kaasun ominaislämpöarvosta, joten se on vaihtelevaa eri menetelmiä käytettäessä. Pienlämpöarvoinen kaasu tarvitsee palamisprosessissa vähemmän ilmaa ja happea kuin polttoöljy tai maakaasu, mutta savukaasu määrät ovat suurempia. (Leppälahti & Kurkela 1985, 15.)

2.2 Myötävirtakaasutin

Myötävirtakaasuttimella tarkoitetaan sellaista kaasutinta, jossa prosessiin tarvittavan polttoaineen syöttö tapahtuu reaktorin yläosasta. Reaktorin yläosassa tapahtuu myös polttoaineen kuivumista. Myötävirtakaasuttimessa palamisreaktioon tarvittava happi puhalletaan reaktorin keskiosasta. Puhallettavan ilman tarkoitus on pitää tasaista palamisreaktiota yllä ja samanaikaisesti säätää tuhkapedin lämpötila siten, että se on kaasuuntumisen reaktiolle otollinen. Tästä johtuen usein puhtaan ilman sijasta kaasuttimeen puhalletaan lämmintä vesihöyryä (Filén, Jantunen & Salo 1984, 8.)

Kuivumisvyöhykkeellä tarvittava lämpö tulee pääasiassa reaktorin alaosassa olevista vyöhykkeistä johtamalla polttoainekerroksien lävitse, joten tästä syystä kuivumisvyöhyke on hyvin suuri. Kuivumisvyöhykkeellä haihtunut vesi voidaan johtaa pois reaktorista kahdella eri menetelmällä. Ensimmäisessä menetelmässä reaktorissa on erillinen säiliö, johon reaktorin kylmiin osiin tiivistynyt vesihöyry johdetaan. Toisessa menetelmässä vesihöyry annetaan olla järjestelmässä, jolloin

se reagoi hehkuvan hiilen kanssa. Se osa, mikä ei reagoi hehkuvan hiilen kanssa poistuu järjestelmästä tuotekaasun mukana. Tästä johtuen kovin kostean materiaalin kaasuttaminen ei onnistu vastavirtakaasuttimella, sillä liika vesihöyry aiheuttaa ongelmia prosessissa, koska se reagoi hehkuvan hiilen kanssa alentaen toimintalämpötilaa. (Filén ym. 1984, 9.)

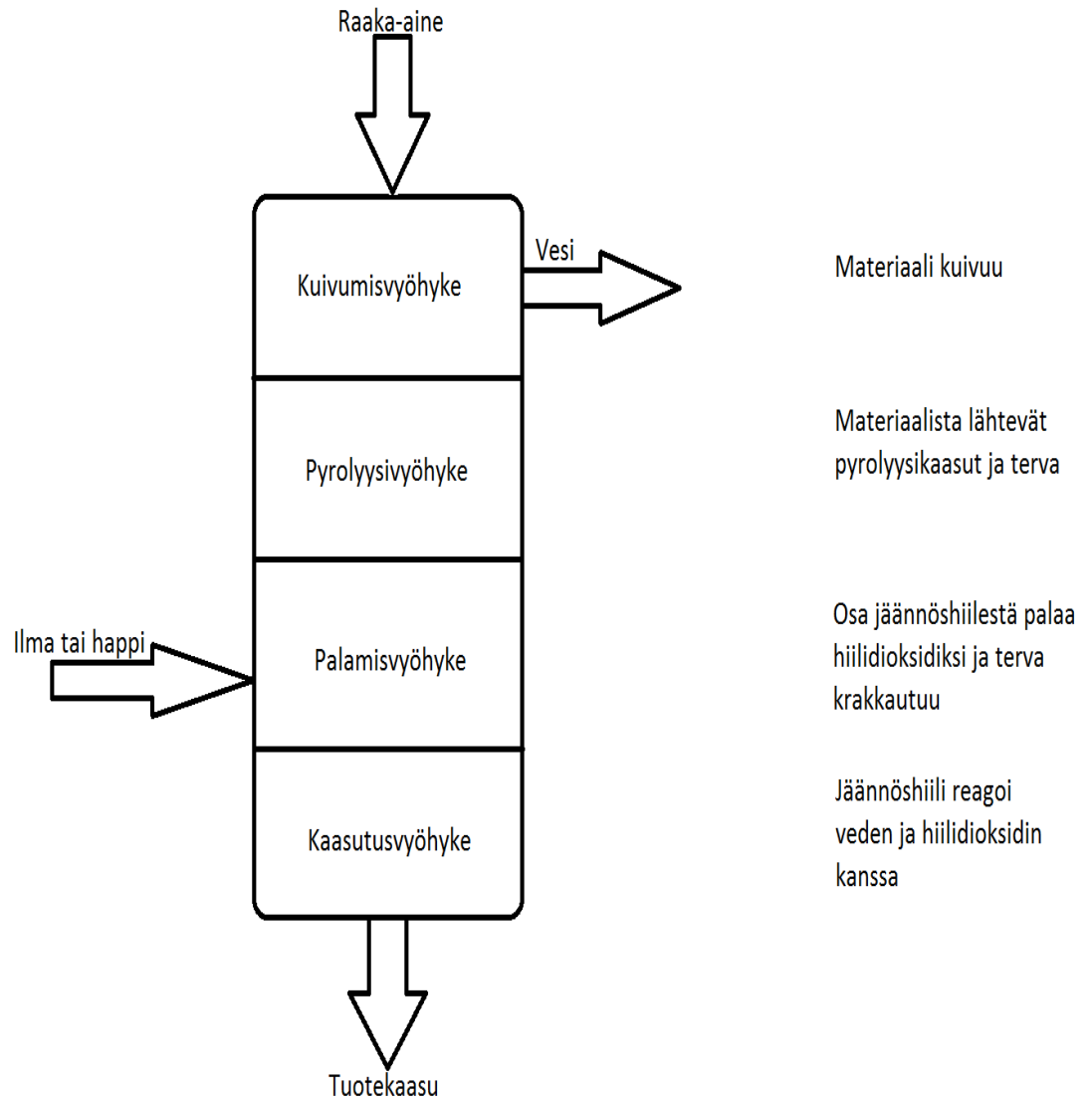
Seuraava vaihe on pyrolyysivaihe. Pyrolyysivaiheella tarkoitetaan sitä lämpötilaa prosessissa, jolloin polttoaine alkaa hiiltymään. Polttoaineen hiiltyminen alkaa, kun lämpötila ylittää n. 150 °C. Korkean lämpötilan vuoksi pyrolysoituminen on paljon lämpöenergiaa vaativa prosessi. Myötävirtakaasuttimessa pyrolyysivyöhyke saa tarvittavan energian samalla tavalla kuin kuivumisvyöhyke eli kaasuttimen polttovyöhykkeellä olevan polttoaineen kautta johtamalla. (Filén ym. 1984, 9.)

Myötävirtakaasuttimen palamisvyöhykkeelle polttoaine kulkeutuu pyrolyysialueelta sellaisenaan, mikä on kaasuttimen merkittävä tekijä. Puhaltamalla ilmaa tai ilman ja vesihöyryn seosta polttovyöhykkeelle saadaan prosessin lämpötilaa nostettua, mikä hajottaa tuotekaasun mukana olevan tervan pienimmiksi molekyyleiksi. Useimmin tämä toimenpide on hyödyllinen, sillä terva on yksi haitallisimmista puunkaasutuksessa syntyvistä aineista. Se aiheuttaa putkistoissa ja kaasuttimessa tukkeutumisia halvautumalla reaktorin seinämiin. Tervasta on kuitenkin siinä tapauksessa hyötyä, jos kaasupoltinta käytetään öljykäyttöisen kattilan lämmitykseen, koska silloin tervakaasut nostavat tuotekaasun lämpöarvoa. Palamisvyöhykkeellä tapahtuu kaasutusreaktiota ruokkivan ilman puhallus. Reaktioon puhallettavan ilman ja pyrolyysissä syntyneiden aineiden reaktio saa aikaan korkean lämpötilan nousun. Palamisvyöhykkeellä polttoaineen lämpötila nousee jopa yli 1000 °C:een. Ilman puhallus pyritään säätämään siten, että ainoastaan osa siellä olevasta materiaalista palaa kokonaisuudessaan. Polttovyöhykkeellä palamattomaksi jäänyttä materiaalia tarvitaan varsinaisessa kaasutusreaktiossa. Ilman puhallus reaktoriin tapahtuu useasta eri reaktorin kohdasta, jotta reaktorin lämpötila saadaan pysymään mahdollisimman tasaisena koko reaktorin poikkipinnalta. Tämä edesauttaa tervan hajoamista kaasuiksi ja estää tervan kulkeutumista palamisvyöhykkeen lävitse. (Filén ym. 1984, 9.)

Kaasuttimen viimeisessä vaiheessa, eli kaasutusvyöhykkeellä polttovyöhykkeellä palamattomaksi jäänyt materiaali eli jäännöshiili reagoi hiilidioksidin ja veden

kanssa käynnistäen kaasuuntumisen reaktioita. Myötävirtakaasuttimessa pääosa tuotekaasussa olevasta metaanista syntyy jo palamisvyöhykkeellä, koska myötävirtakaasuttimissa reaktion paineena käytetään normaalipainetta. Kaasutusvyöhykkeellä tapahtuvien kemiallisista reaktioista syntyy pieni määrä metaania sekä hiilimonoksidia ja vetyä. Lämpötilan säätelyllä on merkittävä vaikutus eri tuotekaasujen syntymisessä. Matalissa lämpötiloissa syntyy paljon metaania sisältävää tuotekaasua, kun taas korkeassa lämpötilassa syntyy tuotekaasua, joka sisältää enemmän vetyä ja hiilimonoksidia. Lopullinen tuotekaasu koostuu pääosin vedystä, hiilimonoksidista, hiilidioksidista, vesihöyrystä sekä metaanista. (Filén ym. 1984, 13-14.)

Seuraavassa kaaviossa (kuvio 1) on esitetty myötävirtakaasuttimen eri vyöhykkeet ja niiden järjestykset reaktorin sisäpuolella: (Filén 1984, 10.)



Kuvio 1. Myötävirtakaasuttimen toimintaperiaate.

2.3 Vastavirtakaasutin

Vastavirtakaasutin on toimintatavaltaan kuilu-uunin tapainen. Sen yläosasta syötetään polttoainetta ja alaosasta puhalletaan ilmaa tai ilman ja vesihöyryn seosta. Vastavirtakaasuttimissa käytetään yleisimmin ilman ja vesihöyryn seosta, kun taas myötävirtakaasuttimessa käytetään yleisimmin pelkkää ilmaa. Vastavirtakaasuttimessa tuotekaasun poisto kaasuttimesta tapahtuu sen yläosasta. Vastavirtakaasutuksessa syntynyt tuotekaasu on myötävirtakaasutuksessa syntyneeseen tuotekaasuun verrattaessa hyvin tervapitoista. Vastavirtakaasutin ei kuitenkaan vaadi yhtä pientä kosteusprosenttia

polttoaineelta, vaan sitä voidaan käyttää huomattavasti kosteammalla polttoaineella. Kosteamman polttoaineen käytön vastavirtakaasuttimessa mahdollistaa tuotekaasun poiston kaasuttimen yläosasta, koska polttoaineessa oleva kosteus kulkeutuu tuotekaasun mukana pois kaasuttimesta, jolloin se ei pääse kaasuttimen alempiin osiin. (Filén ym. 1984,15.)

Kun vastavirtakaasuttimen yläosasta syötetään palamaista polttoainetta, ensimmäiseksi se kohtaa kuumaa tuotekaasun, joka kuivattaa polttoainetta. Polttoaineesta haihtunut kosteus johtuu suoraan sellaisenaan tuotekaasuun nostaten tuotekaasun kosteuspitoisuutta. Tämä heikentää hieman tuotekaasun lämpöarvoa, mutta toisaalta myös huomattavasti edesauttaa prosessia, sillä nyt kosteus ei pääse reaktorin alempiin osiin, missä itse kaasuuntumisen reaktiot tapahtuvat. Tuotekaasussa olevasta kosteudesta ei kuitenkaan ole juurikaan haittaa, jos kaasua käytetään vain suoranaiseen polttamiseen. (Filén ym. 1984, 15,17.)

Kun polttoaine on kuivunut riittävästi ja kulkeutunut kaasuttimessa kohti alaosaa, alkaa pyrolyysivyöhyke. Pyrolyysivyöhykkeellä lämpötilat nousevat huomattavasti korkeammiksi kuin kuivumisvyöhykkeellä. Pyrolyysivyöhykkeellä polttoaineessa alkaa tapahtumaan hiiltymistä, joka alkaa varsin nopeasti verrattuna esimerkiksi myötävirtakaasuttimeen, koska polttoaineen lomitse virtaava tuotekaasu tuo reaktioon jatkuvasti lisää lämpöä. Pyrolyysivyöhykkeellä polttoaineesta haihtuu tervaa ja kaasuja, jotka kulkeutuvat tuotekaasun mukana reaktorin yläosaan. Osa haihtuneesta tervasta suodattuu reaktorin yläosassa kuivumisvyöhykkeellä olevaan tuoreeseen polttoaineeseen. Kaasuttimessa kohti sen alaosaa mentäessä pyrolyysialueen lämpötila kohoaa jatkuvan tasaisesti yli 500 °C:een jolloin pyrolyysi vaiheen jälkeen polttoaineesta on jäljellä vain pyrolyysivaiheessa palamattomaksi jäänyt materiaali eli jäännöshiili. (Filén ym. 1984,17.)

Seuraavaksi polttoaineesta jäljelle jäänyt jäännöshiili kulkeutuu kaasutusvyöhykkeelle, jossa korkean lämpötilan ansiosta jäännöshiili alkaa reagoida vesihöyryn ja hiilidioksidin kanssa. Kaasutusvyöhyke on lämpötilaltaan vastavirtakaasuttimen korkein, koska reaktiossa tarvittava ilma puhalletaan vastavirtakaasutuksessa kaasuttimen pohjasta. Vastavirtakaasuttimen puhallusilma on kosteusprosentilta huomattavasti korkeampaa, kuin

myötävirtakaasuttimeen puhallettava ilma, koska vastavirtakaasuttimessa kaasuuntumisreaktioon tarvittavaa vesihöyryä ei kulkeudu polttoaineen mukana, kun taas myötävirtakaasuttimessa polttoaine sisältää itsessään enemmän kosteutta. Pohjasta puhallettavan ilma reagoi jäännöshiilen kanssa, aiheuttaen hyvin korkean lämpötilan kaasutusvyöhykkeelle, jopa yli 1000 °C. Korkean lämpötilan seurauksena hehkuva jäännöshiili alkaa reagoida kaasuttimeen puhallettavan vesihöyrypitoisen ilman kanssa synnyttäen tuotekaasua. Tuotekaasun koostumus vaihtelee hyvin paljon kaasutusvyöhykkeen lämpötilan mukaan. Mitä korkeampi lämpötila kaasuttimessa, on sitä enemmän syntyy hiilimonoksidia. Vesihöyryn ja jäännöshiilen synnyttämässä reaktiossa syntyy tuotekaasuun vetyä ja hiilimonoksidia. Tämä reaktio kuluttaa paljon lämpöä, minkä takia vastavirtakaasuttimen kaasutusvyöhykkeellä pitää olla korkea lämpötila, jotta prosessi olisi toimiva. (Filén ym. 1984, 18–19.)

Toisin kuin myötävirtakaasuttimessa, vastavirtakaasuttimessa palamisvyöhyke sijaitsee kaasuuntumisvyöhykkeen alapuolella. Palamisvyöhykkeellä lämpötila on jo huomattavan korkea, mikä mahdollistaa polttoaineen lopullisen palamisen. Palamisvyöhykkeellä jäännöshiili reagoi vesihöyryn sisältämän hapen kanssa, joka polttaa jäännöshiilen hiilidioksidiksi. Lopullinen tuotekaasu on lähes samanlaista, kuin myötävirtakaasuttimessa. Suurin ja merkittävin eroavaisuus tuotekaasuissa on se, että vastavirtakaasuttimessa syntyvä tuotekaasu sisältää huomattavasti suurempia määriä tervaa. Tämä aiheuttaa sen, että vastavirtakaasuttimen tuotekaasua ei voida juurikaan käyttää muuhun tarkoitukseen kuin sen suorapolttamiseen. (Filén ym. 1984, 20.)

Seuraavassa kaaviossa (kuvio 2) on eriteltyä vastavirtakaasuttimen eri vaiheet ja niiden järjestykset: (Filén ym. 1984, 16.)



Kuvio 2. Vastavirtakaasuttimen toimintaperiaate.

3 BIOPOLTTOAINEET

Biopolttoaineiksi kutsutaan polttoaineita, jotka ovat valmistettu eloperäisistä aineksista. Biopolttoaineet ovat uusiutuvia eloperäisiä polttoaineita ja niitä tuotetaan metsäbiomassasta, peltobiomassasta sekä jätteestä. Teollisuusmaista eniten biopolttoaineita käytetään Suomessa ja erityisesti puuperäisten polttoaineiden käyttö Suomessa on hyvin runsasta. (Bioenergian käyttö.)

3.1 Metsähake

Hake, eli yleisemmin käytetty metsähake, on hake- tai murskemuotoon hienonnettua metsästä saatua raaka-ainetta. Hienontaminen tapahtuu hakkurilla, joita on kahta erilaista tyyppiä riippuen hakkurissa käytettävistä teristä. Raaka-aineen hienontava hakkuri käyttää teräviä teriä, kun taas vaihtoehtoinen hakkuri murskaa raaka-aineen käyttäen tylppiä teriä. Metsähaketta valmistetaan yleensä niistä puun osista, jotka eivät kelpaa varsinaiseksi ainespuuksi muuhun käyttöön. Tällaisia puun osia ovat mm. kannot, latvat, lahot puut ja oksat. (Knuutila 2003, 37.)

Runkopuuhakkeella tarkoitetaan sellaista haketta, joka on valmistettu sellaisesta raaka-aineesta, joka kelpaisi yleisesti myös polttopuuksi eli puun runko-osasta. Runkopuuhake jaotellaan kahteen eri ryhmään. Mikäli puun runko on karsittu ennen hakettamista, kutsutaan valmista haketta rankahakkeeksi. Mikäli puun runkoa ei ole karsittu ennen sen hakettamista, kutsutaan valmista haketta kokopuuhakkeeksi. (Knuutila 2003, 37.)

Kantohakkeella tarkoitetaan sellaista haketta, joka valmistetaan pääasiassa puiden kannoista. Kantohakkeen raaka-aineeksi kelpaavat myös juuret, mikäli niiden paksuus on yli 5 cm. Kantohakkeen huono puoli on se, että kantohaketta ei voida valmistaa muuta kuin uudistushakkuualoilla sekä kohteilla, jotka hakkuun jälkeen muutetaan toisenlaiseen käyttöön. Kantohaketta voidaan myös valmistaa turve- ja kivennäismaista saaduista kannoista ja juurista. (Knuutila 2003, 40.)

3.2 Puupelletti

Pelletti on pientä tiiviiksi puristettua palamaista polttoainetta. Pelletti valmistetaan yleisimmin saha- ja puuseppäteollisuudesta syntyvästä sahanpurusta. Pelletin valmistuksessa sahanpuru puristetaan tiiviiseen pötkylämäiseen muotoon. Vuonna 2013 Suomessa oli toiminnassa noin 27 pellettitehdasta. (Pelletin tuotanto.)

Pellettien raaka-aineena käytetty sahanpuru kuljetetaan sitä tuottavasta paikasta pellettitehtaalle yleensä rekka-autoilla. On myös olemassa pellettitehtaita, jotka ovat perustettu suoraan raaka-ainetta tuottavan tehtaan läheisyyteen, jolloin materiaalin kuljettaminen voidaan suorittaa erilaisilla kuljettimilla säästämällä kuljetuskustannuksissa. Mikäli raaka-aineen kosteus ylittää 10–15 % kosteuden, joudutaan raaka-ainetta kuivattamaan oikeaan kosteuteen ennen kuin se on valmis pelletoitavaksi. Ennen tuotannon aloittamista raaka-aineista poistetaan myös mahdolliset epäpuhtaudet ja sinne kuulumattomat materiaalit. Näiden toimenpiteiden jälkeen, kun raaka-aineella on oikea kosteusprosentti, se johdetaan vasaramyllyyn. Vasaramyllyn tehtävänä on jauhaa sahanpurusta vieläkin hienojakoisempaa pölyä. Jauhamisen jälkeen raaka-aine on valmis puristettavaksi eli pelletöitäväksi. (Pelletin tuotanto.)

Seuraava vaihe on raaka-aineen syöttäminen pelletointikoneeseen. Pelletointikoneita on erilaisia ja ne eroavat toisistaan puristusmekanismiltaan ja matriisityypeiltään. Koneen tyypistä riippuen raaka-aine syötetään aluksi sekoituskammioon, jossa jauheeseen lisätään mahdolliset sideaineet. Sideaineina pelletin tuotannossa käytetään usein tärkkelystä tai höyryä. Sekoituskammion jälkeen puristinrullat puristavat raaka-aineen matriisissa olevien reikien läpi. Puristettaessa raaka-aineen lämpötila nousee mikä aiheuttaa puun sideaineiden ja hartsien pahenemisen. Jäähdyessään nämä aineet muodostavat pelletin pinnalle kovan kerroksen, joka pitää pelletin pötkylämäisen muodon yllä. Puristusvaiheen jälkeen leikkuuterät leikkaavat pelletin oikeaan kokoon eli tavallisemmin n.10-30 mm paloiksi. Leikkauksen jälkeen pelletille suoritetaan jäädytys ja seulonta, jossa valmiiden pellettien seasta poistetaan hienoaines ja mahdollinen kokoon puristumaton raaka-aine. Seulonnan ja jäähdytymisen jälkeen pelletti on valmis varastoitavaksi ja myytäväksi. (Pelletin tuotanto.)

3.3 Turve

Turve on epätäydellisesti hajonnutta eloperäistä suistojen maa-ainesta. Orgaanisten aineiden osuus on turpeesta vähintään 75 prosenttia. Turvetta nostetaan turvemailta, jonka turvekerrostuman paksuus on vähintään 30 senttimetriä. Energiaturve jaotellaan kahteen eri tyyppiin, jyrsin- ja palaturpeeseen. (Turve ja turvemaa.)

Jyrsinturpeen osuus Suomen turpeen tuotannosta on yli 90 prosenttia. Jyrsinturpeen työvaiheet jaotellaan neljään eri vaiheeseen, jotka ovat jyrsintä, kääntäminen, karheaminen ja kokoaminen. Jyrsinturpeen tuotantomenetelmissä voi olla eroavaisuuksia. Eri menetelmien eroavaisuudet tulevat kokoamisen vaiheessa käytetyn menetelmän mukaan. Kokoamisvaihe voidaan toteuttaa monellakin eri tavalla. Käytettyjä menetelmiä ovat kuormaus sekä karheensiirto-, mekaaninen kokoojavaunu- ja imuvaunumenetelmät. Suomessa yleisin menetelmä on hakumenetelmä, joka perustuu erillisen kuormaajan käyttöön turpeen kokoamisessa. (Alakangas, Hölttä, Juntunen & Vesisenaho 2011, 28.)

Palaturve valmistettaessa turpeen raaka-aine nostetaan turvemalta käyttäen joko nostokiekkoja tai nostoruuvilla. Tämän jälkeen nostettu turvemassa tiivistetään ja puristetaan suuttimen lävitse palamaiseen muotoon. Palamuotoja on kahta erilaista muotoa ja ne ovat lainepala ja lieriöpala. Kun turve on saatu puristettua palamaiseen muotoon, turvepalat palautetaan takaisin turvekentälle kuivumaan. Tuotantomenetelmästä riippuen turvepalojen kuivumisen nopeuttamiseksi niitä voidaan kääntää siihen tarkoitetulla työvälineellä. Jos kyseisessä tuotantomenetelmässä turvepaloja ei käännettä kuivauksen parantamiseksi, yleensä kuivumista nopeutetaan karheamalla. Turvepalojen kääntäminen ja karheaminen kestää niin kauan, jotta turvepalat saadaan tavoiteltuun kosteuspitoisuuteen. Palaturpeen kuivattamisella tavoitellaan noin 35 prosentin kosteutta, jonka jälkeen palaturpeet kootaan yhdeksi kasaksi, jota kutsutaan aumaksi. Kokoamisen jälkeen aumat peitellään. (Alakangas ym. 2011, 43.)

3.4 Lämpöarvot

Lämpöarvo ilmoitetaan sitä määrettä, joka kertoo, kuinka paljon tietyn polttoaineen palamisreaktiossa vapautuu lämpöä polttoaineen massaa kohden. Kiinteiden polttoaineiden lämpöarvon mittayksikkönä käytetään useimmiten megajoulea, joka ilmoitetaan mittauksessa käytettyä massaa kohden, jolloin lopulliseksi käytettäväksi yksiköksi saadaan MJ/kg. Kaasumaisten polttoaineiden lämpöarvoa ilmoittaessa käytetään yksikössä massan tilalta käytetyn polttoaineen tilavuutta, jolloin lopulliseksi yksiköksi saadaan kg/m^3 . (Biopolttoaineiden lämpöarvoja.)

Lämpöarvo ilmoitetaan tavallisimmin kuiva-aineen tehollisena lämpöarvona. Tällöin lämpöarvon mittauksessa ei oteta huomioon sitä kosteutta, jonka polttoaine saattaa sisältää ennen polttamista. Polttoaineen sisältämän kosteuden vuoksi osa palamisreaktion synnyttämästä lämpöenergiasta kuluu sen haihuttamiseen polttoaineesta. Kun ilmoitetaan polttoaineen tehollinen lämpöarvo, on sen mittaamisessa otettu huomioon polttoaineen sisältämä kosteus ja siitä johtuva lämpötehon väheneminen. Tehollinen lämpöarvo on pienempi mitä enemmän kosteutta käytetty polttoaine sisältää. (Biopolttoaineiden lämpöarvoja.)

Seuraavassa taulukossa on yleisimpiä biopolttimissa käytettyjä polttoaineita:

Taulukko 1. Lämpöarvotaulukko. (Biopolttoaineiden lämpöarvoja.)

	Tehollinen lämpöarvo kuiva-aineessa MJ/kg	Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa MJ/kg
Metsätähdehake	18,5-20	6-9
Kokopuuhake	18.5-20	7-10
Rankahake	18.5-20	7-11
Kantohake	18.5-20	8-13
Puupelletti	19.0-19.2	16.8

Palaturve	21.3	11.9
Jyrsinturve	20.9	9.7

4 BIOPOLTIN

4.1 Polttimen tyypin valinta

Suunniteltu biopoltin on tyypiltään vastavirtakaasutusreaktori. Polttoaine syötetään reaktoriin yläosan kautta ja tuotekaasut kulkeutuvat pois myös reaktorin yläosasta. Polttimeen on varattu tarpeeksi polttoaine tilavuutta, joka mahdollistaa kaasuuntumisen reaktion vaatimien eri vyöhykkeiden syntymisen. Ilman ja vesihöyryn puhaltaminen vastavirtakaasutusreaktoriin tapahtuu reaktorin alaosassa sijaitsevan arinan kautta. Vastavirtakaasutus polttimeen päädyttiin sen takia, koska nähtiin sen rakenne helpommaksi toteuttaa, sekä valmistettaessa suhteellisen pienessä koossa sen toimivuus varmemmaksi kuin myötävirtakaasuttimessa. Vastavirtakaasuttimen haittapuolta, eli suuri tervan määrä tuotekaasussa, ei nähty haitalliseksi siinä tarkoituksessa, mihin poltinta on aikomuksena käyttää. Koska kyseessä on vastavirtakaasutusperiaatteella toimiva poltin, antoi tämä jo jonkinlaisia rajoitteita ja vaatimuksia rakenteen suunnitteluun

4.2 Palotilan olosuhteet

Yritysvierailu Jalasjärven Lämpö Oy:n tiloissa antoi paljon hyödyllistä tietoa vastavirtakaasutusreaktorin palotilan olosuhteista. Reaktorin kuumimmat osuudet eivät sijaitse välittämästi arinan tai tuhkanpoiston pinnalla, koska reaktoriin puhallettava vesihöyryn ja ilman seos jäädyttää arinan ja tuhkanpoiston materiaalia sen verran tehokkaasti, jotta niillä ei ole vaikutusta arinan tai tuhkanpoiston suunnitteluun. Reaktorin alaosassa sijaitseva tuhkapeti jäädytetään arinan lävitse syötettävällä vesihöyryllä, jonka lämpötila on n. 50-55 °C. Jäädytystä säädellään siten, että arinan ja tuhkapedin lämpötilaksi saadaan n. 90-120 °C. Jäähdytyksellä estetään tuhkan laavaantuminen, joka vaikeuttaisi tuhkan poistamista reaktorista. Jäähdytyksen avulla reaktoriin saadaan myös palamisreaktion syntymiseen vaadittavaa happea. (Jalasjärven Lämpö Oy, 2015.)

4.3 Polttimen lopulliseen rakenteeseen päätyminen

Polttimen rakenteen suunnittelu lähti siitä liikkeelle, että perehdyttiin aluksi vastavirtakaasutuspolttimen toimintaan ja periaatteeseen. Polttimen tyyppin oli yritys jo päättänyt ennen toimeksiannon antoa, joten tehtäväksi jäi suunnitella toimiva konstruktio ja ottaa selvää minkälainen rakenne polttimelle täytyisi tehdä, jotta siitä saataisiin toimiva. Yritykseltä sain hyvin tietoa, minkäkokoinen kokonaisuudeltaan tämän teholuokan polttimen tulisi olla, sillä yrityksessä oli jo tehty jonkinasteisia kokeita puun kaasutuksesta.

Suurin suunnittelun kysymysmerkki oli se, millainen arinan tulisi olla ja kuinka siitä saataisiin mekaniikaltaan vaatimusten mukainen. Heti aluksi oli selvää, että tämän tyyppisen biopolttimen arinaksi ei käy normaali kiinteästi paikallaan oleva arina, vaan sen tulisi olla tyypiltään liikkuva arina. Aluksi arinaan mietittiin suorapolttoisen biopolttimen arinakoneiston tyyppistä porrasarinaa, mutta se jouduttiin hylkäämään hyvin nopeasti, koska sen avulla ei olisi saatu kaasuumisreaktion vaatimia eri vyöhykkeitä aikaiseksi, jolloin polttoaine ei olisi kaasuuntunut ja poltin olisi ollut toimimaton. Arinan lopullista rakenneratkaisua lähdettiin toteuttamaan polttimen reaktorin muodon kautta. Valmistamalla polttimen reaktorista lieriönmallinen oli selvää, että arinan rakenne tulisi olla myös malliltaan pyöreä. Rakentamalla arinasta pyöreä saatiin ratkaistua monta ongelmakohtaa polttimen toiminnasta. Nyt polttoaine pääsee kasaantumaan arinan yläpuolelle muodostaen kaasuumiseen tarvittavia vyöhykkeitä arinan liikkeen tätä prosessia häiritsemättä.

Arinan muodon jälkeen suunniteltiin, kuinka arina saataisiin liikkuvaksi, jotta tuhkanpoisto ja tuhkapedin jäähtytys sekä höyryn syöttö olisi mahdollisimman tasainen koko polttimessa, mikä on kaasuumisreaktion toimivuuden kannalta tärkeä ominaisuus. Heti alusta alkaen oli selvää, että arinan liike tulitisiin toteuttamaan sähkömoottorin avulla. Koska arinan muodossa päädyttiin pyöreään muotoon, voitiin sähkömoottorilta liike välittää vaihteen kautta suoravedolla akselille, joka on kiinnitetty suoraan arinan pohjaan. Tämä mahdollistaa arinan tasaisen pyörimisliikkeen polttimen pohjalla.

Tuhkanpoiston toteutusta lähdettiin suunnittelemaan sen jälkeen kun tiedettiin, minkälainen rakenne arinalle toteutettaisiin. Aluksi mietittiin tuhkanpoistolle erikseen omaa laitteistoa kaasuttimen sisälle, mutta todettiin sen olevan suhteellisen hankalaa, sekä ylimääräisten osien kaasuttimen sisällä häiritsevän kaasuuntumisreaktion syntyä. Tuhkan poiston lopullisen rakenteen hahmottuminen sai alkunsa yritysvierailulta Jalasjärven Lämpö Oy:hyn. Vierailun jälkeen päätettiin yhdistää arina yhdeksi tekijäksi tuhkan poistossa. Arinan alaosaan lisättiin tuhkalavat, jotka arinan pyöriessä siirtävät tuhkaa arinan pohjalla. Polttimen pohjaan suunniteltiin tuhkan poistoa varten aukko, johon arina pyörimisliikkeellään siirtäisi tuhkaa. Tuhkan lopulliseen poistoon reaktorista oli helppo valita ruuvikuljetin, sillä yrityksellä on paljon kokemusta ruuvikuljettimista sekä niiden valmistuksesta.

4.4 Käyttökohteet

Suunnitellun biopolttimen nimellisteho on n. 250-500 kw riippuen hyvin pitkälti siitä, kuinka polttimen käyttö parametrit ovat säädettyinä. Tämän polttimen tarkoitus on toimia erikokoisten tuotantolaitosten, kuten esimerkiksi navetoiden ja viljankuivaamoiden, lämmönlähteenä. Tehonsa puolesta polttin soveltuu myös suurempiin omakotitaloihin ja koulurakennuksiin. Polttin on myös hyvä vaihtoehto öljylämmittäjille, koska kaasun polttamisesta ei synny suuria määriä tuhkaa, kuten perinteisellä polttomenetelmällä toimivissa biopolttimissa. Lisäksi vastavirtakaasuttimen tuotekaasun tervapitoisuudessa on tässä tilanteessa hyötyä, koska suuri tervapitoisuus nostaa tuotekaasun polttamisessa syntyvää lämpöarvoa.

5 MATERIAALIEN VALINTA

Käytettävien materiaalien valintaan suurin vaikuttava tekijä oli tulipesän olosuhteet, joten polttimen rakenteessa käytettävien materiaalien valinta suoritettiin pääosin sen ehdoilla. Yritysvierailu Jalasjärven Lämpö Oy:lle antoi todella paljon hyödyllistä tietoa samantyyppisen vastavirtakaasuttimen toiminnasta ja reaktorissa vallitsevista olosuhteista. Vierailulla selvisi arinan ympäröivän tuhkapedin tavoitelämpötila, joten tarkemman lämpötilan avulla on helpompi suorittaa materiaalin valinta arinakoneistolle ja tuhkanpoiston osille. Tässä osiossa kaikkia tietoja ei ole kerrottu yksityiskohtaisesti, jotta yrityksen yrityssalaisuus säilyisi.

5.1 Arinakoneisto

Koska arina on tyypiltään pyörivä, se joutuu kovalle hankausrasitukselle. Arinan tarkoitus on siirtää palanut materiaali tuhkanpoistoon samalla kohentaen reaktorissa olevaa tuhkapetiä. Vesihöyryn ja ilman puhaltaminen reaktoriin tapahtuu arinan kautta, joten sen pintojen lämpötila ei pääse nousemaan kovin korkeaksi. Arinaan puhallettavan ilman ja vesihöyryn seosta säädellään sellaiseksi, jotta tuhkapedin lämpötila saadaan toivotunlaiseksi. Tarvittava lämpötila ja sen aiheuttama lämpö arinan materiaaleille ei aiheuta materiaalin valinnalle suurempia vaatimuksia, joten suurin tekijä materiaalia valittaessa oli hankaus polttoainetta vasten arinan pyöriessä.

Arinakoneiston materiaaliksi valittiin kulutusteräs, jonka kulutuksen vastustusominaisuudet ovat keskiluokkaiset. Arinaan kohdistuvat hankausvoimat eivät ole suuria, mutta kuitenkin pidemmällä aikavälillä ne ovat hyvin terästä kuluttavia. Tämän seurauksena teräslaatua ei tarvitse valita siitä luokasta, jossa on suurin kulumisenkestävyys vaan pienemmänkin kestonluokan teräs on toimiva. Myös sen takia arinan rakenteen materiaaliksi ei valittu korkean kulumiskestävyysluokan omaavaa teräslaatua, koska silloin niiden hitsattavuus ja muovattavuus on heikompi. Tämä aiheuttaisi sen, että arinan rakennetta olisi hankalampi valmistaa halutulla menetelmällä.

5.2 Tuhkaruuvi

Tuhkaruuvien tarkoituksena on poistaa palanut materiaali reaktorista. Siinä vaiheessa, kun palanut polttoaine saavuttaa tuhkaruuvien, on sen lämpötila jo pudonnut hyvin alhaiseksi. Tuhkan alhaisen lämpötilan seurauksena se ei vaadi materiaalin valinnan kannalta suurempaa huomiota, vaan suurin huomio kiinnittyy itse tuhkan siirtoon pois polttimesta. Koska kyseessä on puuperäinen tuhka, on se ominaisuuksiltaan hienojakoista ja pehmoista.

Koska tuhkaruuviin ei kohdistu merkittävää suuria rasituksia tai lämpötiloja, voidaan se valmistaa käyttäen hyväksi niitä teräslaatuja, joita yritys käyttää nykyisten tuhkaruuvien valmistuksessa. Tämä mahdollistaa tuhkaruuvien kustannustehokkaan valmistuksen, koska materiaali on edullista ja helposti saatavilla.

6 ARINA SEKÄ ARINAKONEISTON RAKENNE

Arinan lopulliseksi rakenteeksi päätettiin valita pyöreä arina, jonka liike on pyörivä. Vastavirtakaasuttimissa on hyvin usein käytetty tämäntyyppistä ratkaisua, joka on mielestämme tässäkin tapauksessa hyvin toimiva ratkaisu. Tässä osiossa ei paljasteta suunnittelun ja arinan rakenteen tarkempia yksityiskohtia, jotta yrityssalaisuus säilyisi.

6.1 Arinan keskiö

Arinan keskiosan rakenne on muodoltaan pyöreä levyosista koottu rakenne, joka muodostuu erikokoisista kerroksista. Keskiön kerrosten koko pienenee reaktorissa ylöspäin mentäessä, joka mahdollistaa polttoaineen tasaisen virtaamisen ja valumisen reaktorissa alaspäin kohti tuhkanpoistoa. Arinan keskiö valmistetaan siten sisältä ontoksi, että sen kautta on mahdollista puhaltaa kaasuuntumisreaktion tarvitsema ilma ja vesihöyry. Ilman ja vesihöyryn kulkeminen arinan keskiöstä polttoaineeseen valmistetaan mahdollisimman tasaiseksi. Tasainen vesihöyryn ja ilman puhallus varmistetaan sillä, että arinan keskiosassa on tarpeeksi aukkoja, joista ilmaa ja vesihöyryä voidaan puhaltaa. Keskiöön valmistetaan myös sellainen rakenne, joka estää ilma-aukkojen mahdollisen tukkeutumisen tuhkasta ja polttoaineesta.

6.2 Tuhkansekoittajat

Arinan keskiöön liitetään kahdenlaisia tuhkansekoittajia, jotka edesauttavat tuhkanpoistoa sekä kaasuuntumisreaktiota polttimessa. Arinan alaosassa olevien tuhkansekoittajien pääasiallinen tehtävä on kuljettaa palamisjäännöksenä syntyvä tuhka reaktorin pohjassa olevaan poistoaukkoon samalla jäähdyttäen tuhkaa, josta tuhka kulkeutuu tuhkanpoistoruuville. Yläosaan tulevien tuhkan sekoittajien tarkoitus on sekoittaa tuhkakerrosta, jossa kaasutusreaktiota tapahtuu jäähdyttäen ja ruokkien samalla palamisreaktiota hapella.

Alemmat tuhkansekoittajat sijoitetaan arinan keskiöön siten, että ne pystyvät kuljettamaan palaneesta polttoaineesta syntyneen tuhkan sille tarkoitetulle poistoaukolle. Alempia tuhkansekoittajia tulee arinan keskiöön riittävä määrä siten, että tuhka saadaan tasaisena virtana kulkeutumaan pois reaktorista vaarantamatta kaasuuntumisreaktion syntyä. Mikäli tuhkaa poistetaan liian nopeasti reaktorista, on vaarana, että polttoaine ei ehdi kaasuuntumaan kokonaisuudessaan, mikä pienentää polttimen hyötysuhdetta. Ylemmät tuhkansekoittajat sijoitetaan arinan keskiön yläosaan, siten että arinan pyöriessä ne sekoittavat tuhkapetiä antaen sille ilmaa sekä vesihöyryä. Tämä toimenpide parantaa kaasuuntumisreaktiota, koska tuhkapedin sekoittaminen sekä siihen vesihöyryn ja ilman puhaltaminen ovat kaasuuntumisreaktiota parantavia toimenpiteitä.

6.3 Arinan pyörityskoneisto

Arinan pyörintäliike toteutetaan sähkömoottorilla, josta pyörintäliike välitetään arinalle. Arinan pyörimisliikkeen mahdollistamiseksi arina laakeroidaan siten, että arina on tukevasti kiinni reaktorissa, eikä se pääse liikkumaan pysty- tai vaakasuunnassa reaktoriin nähden. Akseli valmistetaan siten, että ilman ja vesihöyryn puhallus reaktoriin on mahdollista toteuttaa suoraan arinan keskiöstä. Arinan pyörintänopeus säädetään sen mukaan, minkälaisella teholla poltinta halutaan käyttää. Kuitenkin kaasuuntumisreaktion syntyminen asettaa tietynlaiset vaatimukset pyörintänopeudelle, jotta reaktio olisi mahdollista tapahtua. Pyöritys toteutetaan sähkömoottorilla, joka on varustettu momenttituella.

7 TUHKARUUVIN SUUNNITTELU

Tuhkanpoisto reaktorista toteutetaan kuljetinruuvien avulla, joka sijoitetaan polttimen alaosaan reaktorin ulkopuolelle. Tuhkanpoiston nopeus pitää säätää polttimen käyttötehon mukaan siten, että tuhka kulkeutuu pois reaktorista tasaisesti. Tuhkanpoiston täytyy olla tasainen, jotta polttoaine ehtii käymään kaikki kaasuumuutoksen vaihteet lävitse. Mikäli tuhkaruuvien nopeutta ei säädetä prosessin vaatimalle nopeudelle, vaarana on, että arinan tuhkan siirtäjät eivät ehdi siirtämään tarpeeksi tuhkaa ruuville. Tämän seurauksena palamatonta materiaalia vajoaisi liian nopeasti reaktorin alaosiin sekoittaen reaktorin eri vyöhykkeet keskenään tai pahimmassa tapauksessa osa vyöhykkeistä jäisi kokonaan syntymättä. Tässä osiossa ei paljasteta tarkempia yksityiskohtia tuhkan poiston rakenteesta, jotta yrityssalaisuus säilyisi.

7.1 Ruuviosa

Tuhkaruuvien ruuviosa koostuu itse akselista, joka välittää pyörintävoiman ja lehdestä, jonka tehtävä on siirtää tuhkaa pois päin polttimesta. Akselin pää on valmistettu siten, että siihen saadaan helposti liitettyä sähkömoottori. Ruuvien lehti valmistetaan siten, että se ei kuljeta tuhkaa liian nopeasti liian suurilla määrillä. Kokonaisuudessaan ruuvi mitoitetaan ja valmistetaan polttimessa syntyneen tuhkan määrän mukaan, jotta ruuvikuljettimelle saadaan paras mahdollinen hyötysuhde. Ruuviosa valmistetaan myös siinä kokoluokassa, mitä yrityksen tuotteista jo löytyy valmiiksi, jonka vuoksi ei tarvitse valmistaa kokonaan uutta kokoluokkaa.

7.2 Kiinnitys ja muut toiminnalliset seikat

Tuhkaruuvia kiinnitetään polttimen pohjaan siten, että tuhkan kulkeutuminen on reaktorista ruuville mahdollisimman sujuvaa ja tasaista. Tämän lisäksi ruuville tulee toinen tukipiste, jotta reaktorin pohjaan tulevan kiinnityskohdan ei tarvitse kannatella ruuvista syntyvää kuormaa kokonaan. Ruuvien suojarakenne on

valmistettu pyöreästä putkesta, jolloin tuhka pakkautuu tasaisesti ruuville. Tuhkaruuvien laakerointi tapahtuu vastakkaisesta päästä, missä moottori on. Laakeri kiinnitetään ruuvien ulkokuoren rakenteeseen, jolloin ruuvien pyöriminen rakenteen sisällä on mahdollista. Laakerin avulla saadaan myös ruuvi kohdennettua keskelle sen suojusta. Tämä edesauttaa ruuvien esteetöntä pyörimistä. Tuhkaruuvien loppupäässä on liitos, johon on mahdollista kiinnittää sähkömoottori. Liitoksen suunnittelussa on myös otettu huomioon, että polttimen käyttökohteessa halutaan mahdollisesti tuhka kuljettaa pitkiäkin etäisyyksiä itse polttimesta. Tämä asia huomioon ottaen tuhkanpoiston ruuvien rakenne suunniteltiin sellaiseksi, jotta sitä on mahdollista tarvittaessa jatkaa pidemmäksi.

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella Konepaja Apparatus Oy:lle kaasutustekniikalla toimivan biopolttimen arinakoneisto sekä tuhkanpoisto. Työn ajatuksena oli, että yritys alkaisi valmistamaan kaasutustekniikalla toimivia polttimia yrityksen omana tuotteena.

Uuden tuotteen suunnittelussa haastavimmat ja eniten työtä aiheuttaneet kohdat olivat arinakoneiston ja tuhkanpoiston suunnittelut kokonaisuudessaan. Haastetta lisäsi myös se, että tämän tyyppinen biopoltin poikkeaa rakenteeltaan huomattavasti yleisimmin käytössä olevista suorapolttoisista biopolttimista. Oman haasteensa toi myös se, että kaasutustekniikalla toimivista biopolttimista löytyi hyvin vähän kirjallisuutta tai muita julkaisuja. Lisäksi kaasutustekniikalla olevia biopolttimia on hyvin vähän käytössä, jonka seurauksena ei ollut mahdollista nähdä jonkun toisen yrityksen valmistamaa tuotetta. Ainoastaan joistakin lämpölaitoksista löytyi kaasutustekniikalla olevia biopolttimia huomattavasti isommassa kokoluokassa kuin tämä kyseinen suunniteltu poltin.

Kokonaisuudessaan suunnittelutyö sujui hyvin. Alun haasteiden ja tiedon etsinnän jälkeen yrityksen edustajan kanssa saimme päätettyä, minkälaista rakennetta arinakoneistolle ja tuhkanpoistolle suunnitellaan. Itse suunnitteluvaiheessa polttimeen tehtiin vielä pieniä muutoksia, mutta alkuperäisen suunnitelman mukainen runkorakenne pysyi kuitenkin lähestulkoon hyvin samanlaisena.

Työn lopputulokseen ollaan tyytyväisiä ja yrityksen edustaja antoikin suunnitelmille hyväksyvän palautteen. Lopullinen suunnitelmien toimivuus ja tehokkuus voidaan todeta sitten, kun polttimen loput osa-alueet on saatu suunniteltua sekä ensimmäinen prototyyppi polttimesta valmistettua. Biopolttimen lopullinen toimivuus on hyvin paljon kiinni polttoparametrien säätämisestä ja niiden oikealle kohdalle saamisesta.

LÄHTEET

- Alakangas, E., Hölttä, P., Juntunen, M. & Vesisenaho, T. 2011. Energiaturpeen tuotantotekniikka. Tampere: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.
- Bioenergian käyttö. Ei päiväystä. [verkkosivu]. Motiva. [Viitattu 10.5.2016].
Saatavana: http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/bioenergian_kaytto
- Biopolttoaineiden lämpöarvoja. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Motiva. [Viitattu 10.5.2016]. Saatavana: http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/tietolahteita/biopolttoaineiden_lampoarvoja
- Filén, H., Jantunen, M. & Salo, K. 1984. Kotimaisten polttoaineiden kaasutus osa 1. Vastavirtakaasutus. Espoo: VTT
- Hakkila, P. & Fredriksson, T. 1996. Metsämme bioenergian lähteenä. Vantaa: Metsäntutkimuslaitos
- Jalasjärven Lämpö Oy. 2015. Yrityskäynti 10.11.2015.
- Knuutila, K. (toim.) 2003. Puuenergia. Jyväskylä: Jyväskylän Teknologiateollisuus Oy.
- Leppälahti, J & Kurkela, E. 1985. Kotimaisten polttoaineiden kaasutus osa 4. Pienlämpöarvoisen kaasun poltettavuus. Espoo: VTT
- Pelletin tuotanto. Ei päiväystä. [verkkosivu]. Bioenergia ry. [Viitattu 10.5.2016].
Saatavana: <http://www.pellettienergia.fi/Pelletin%20tuotanto>
- Turve ja turvemaa. Ei päiväystä. [verkkosivu]. Bioenergia ry. [Viitattu 10.5.2016].
Saatavana: <http://www.turveinfo.fi/turve/turve-ja-turvemaa>