

Lappeenrannan teknillinen yliopisto

School of Energy Systems

Energiatekniikan koulutusohjelma

BH10A0201 Energiatekniikan kandidaatintyö ja seminaari

Jätteenpolttotekniikat Suomessa
Waste incineration technologies in Finland

Työn tarkastaja: Esa Vakkilainen

Työn ohjaaja: Esa Vakkilainen

Lappeenranta 21.08.2017

Jouni Salovaara

TIIVISTELMÄ

Jätteenpolttotekniikat Suomessa

Waste incineration technologies in Finland

Jouni Salovaara

School of Energy Systems

Energiatekniikan koulutusohjelma

Esa Vakkilainen

Kandidaatintyö 2017

34 sivua, 11 kuvaa

Hakusanat: jätteenpoltto, arinapoltto, kaasutus, kiertoleijupoltto

Tämä kandidaatintyö on kirjallisuustyö Suomen energiahyödyntämiseen tarkoitetun jätteen poltosta ja tekniikoista. Työ käsittelee Suomessa käytettäviä kolmea eri jätteenpolttotekniikkaa ja jätteenpolton historiaa Suomessa. Jätteenpoltto alkoi Suomessa keskitetysti 1960- luvulla yhden laitoksen voimin ja 2000-luvulla jätteenpolttodirektiivin myötä Suomeen alettiin jätteenpolttolaitoksia. Jätteenpoltoilla on tehokkaasti pystytty vähentämään kaatopaikalle sijoitettavaa jätettä.

Tavoitteena on lisäksi selvittää lukijalle tämänhetkistä tilannetta jätteenpoltoista Suomessa sekä avata käytettäviä tekniikoita. Suurin osa Suomeen rakennetuista laitoksista käyttää polttotekniikkanaan arinapoltoa, mutta 2010- luvulla rakennettiin myös kaasutus- ja kiertoleijupolttolaitoksia.

Lisäksi työssä käsitellään jätteen ominaisuuksia polttoaineena. Jätettä käytetään polttoaineena sellaisenaan sekajätteenä sekä jätteistä voidaan tehdä myös kierrätyspolttoaineita. Työssä vertaillaan myös eri laitosten haasteita ja hyötysuhteita, sillä laitosten erilaiset tekniikat vaikuttavat selkeästi hyötysuhteisiin ja laitosten toimintavarmuuteen.

SISÄLLYSLUETTELO

Tiivistelmä	2
Sisällysluettelo	3
SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO	4
1 JOHDANTO	5
2 JÄTTEENPOLTON HISTORIA	7
3 JÄTE POLTTOAINEENA	9
3.1 Kierrätyspolttoaineet	9
3.2 Yhdyskuntajäte.....	10
3.3 Liette.....	10
4 KAASUTUSLAITOS	12
4.1 Polttoaineen käsittely	12
4.2 Kaasutus	13
4.3 Puhdistus ja poltto	14
4.4 Savukaasujen puhdistus.....	15
5 ARINAPOLTTO	16
5.1 Arinan toimintaperiaate.....	16
5.2 Poltto	17
5.3 Tuhkan käsittely ja savukaasujen puhdistus.....	19
6 KIERTOLEIJUTEKNIikka	22
6.1 Polttoaineen käsittely	22
6.2 Poltto	23
7 VERTAILU	26
7.1 Hyötysuhteet.....	26
7.2 Jätteen laadun vaikutus laitostyyppiin.....	26
7.3 Haasteita.....	27
8 YHTEENVETO	29
Lähdeluettelo	30

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

Roomalaiset aakkoset

q	lämpöarvo	[J/kg, J/nm ³]
m	massa	[kg]
p	paine	[bar]
P	Teho	[W]
T	lämpötila	[°C]
v	nopeus	[m/s]
q	lämpöarvo	[J/kg, J/nm ³]

Dimensiottomat luvut

massaprosentti	m-%	[-]
----------------	-----	-----

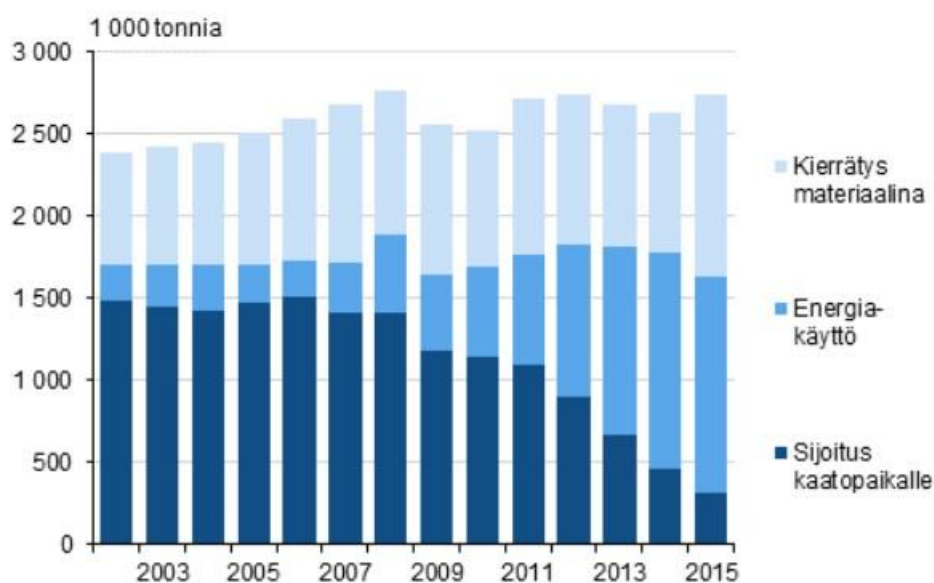
Lyhenteet

CHP	Combined heat and power, sähkön ja lämmön yhteistuotanto
REF	Recovered fuel, kierrätyspolttoaine
SCR	Selektiivinen katalyyttinen pelkistäminen

1 JOHDANTO

Suomessa pyritään eroon kaatopaikoille sijoitettavasta jätteestä, sillä kaatopaikoilla jäte mädäntyessään muodostaa ilmastolle haitallista metaania, ja lisäksi kaatopaikat alkavat olla täynnä. Seurauksena kiinnostus jätteen energiahyödyntämiseen on lisääntynyt ja jätteen käyttämistä polttoaineena energiantuotantoon on lisätty. Suomeen on viimeisen kymmenen vuoden aikana rakennettu yhteensä kahdeksan energiahyödyntämiseen tarkoitettua jätteenpolttolaitosta, sekä yksi laitos on suunnitteilla Saloon. Kaikissa näissä laitoksissa tuotetaan yhteistuotantona lämpöä ja sähköä. (Jätelaitosyhdistys 2017)

Tällä hetkellä, vuonna 2017, kaikesta yhdyskuntajätteestä noin puolet, joka vastaa noin 1,4 miljoonaa tonnia, menee energiakäyttöön. Vuonna 2005 vastaava luku oli vajaa 10 prosenttia, jätteenä vain noin 250 tuhatta tonnia. Kaikkea yhdyskuntajätettä ei tulla käyttämään energiantuotantoon, sillä osa jätteestä on tarkoitus kierrättää ja uusiokäyttää. Jätteenpoltolla pyritään nimenomaan vähentämään kaatopaikalle päätyvää jätettä. Alla olevasta kuvaajasta nähdään, että kaatopaikalle menevän jätteen määrä on vähentynyt noin 80 prosenttiyksikköä vuodesta 2005. (Tilastokeskus 2016)



Kuva 1: yhdyskuntajätteen määrä ja käsittelytavat (Tilastokeskus 2016)

Tämän työn tavoitteena on esittää lukijalle yleisesti jätteenpolttoa, sen asemaa Suomessa, jätteenpolton historiaa Suomessa sekä selvittää erilaisia Suomessa käytettäviä jätteenpolttotekniikoita ja niiden eroja. Lisäksi käsitellään jätteen ominaisuuksia polttoaineena sekä lopuksi vertaillaan eri tekniikoita. Työssä käsiteltävät jätteenpolttotekniikat ja -laitokset rajataan jätteen energianhyödyntämiseen tarkoitettuihin tekniikoihin ja laitoksiin. Suomessa käytössä olevia tekniikoita ovat arinapoltto, kaasutus ja kierto-leijupoltto. Työssä käytetään esimerkkinä jokaisesta tekniikasta yhtä laitosta.

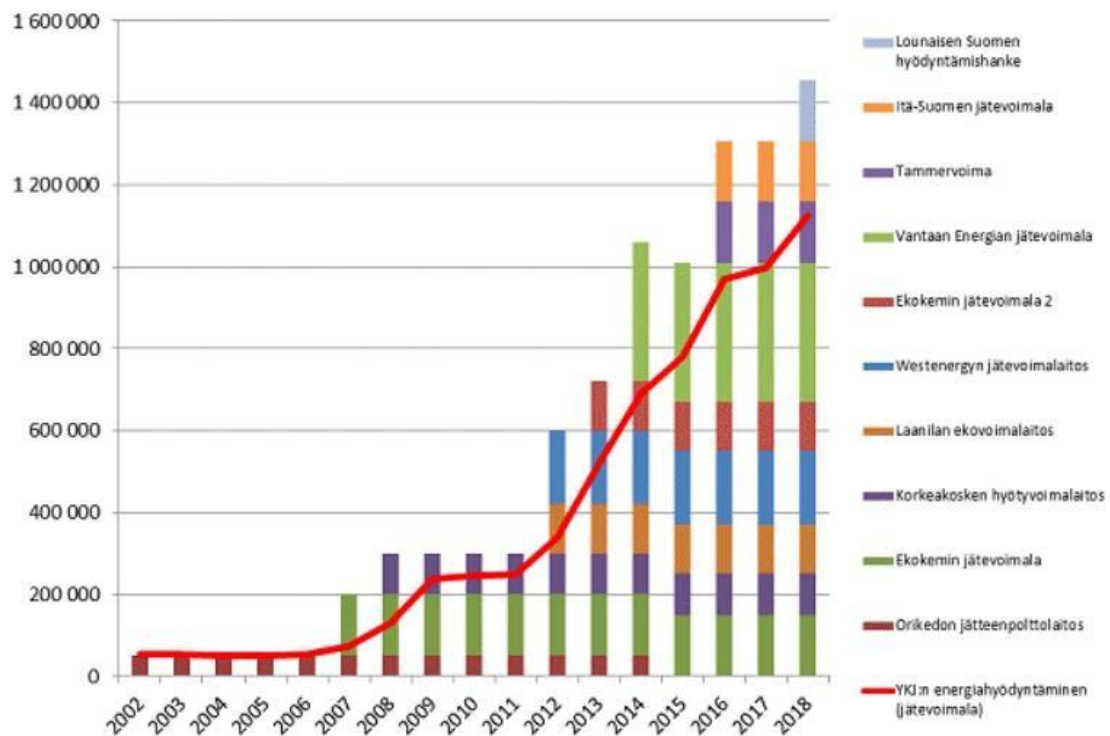
2 JÄTTEENPOLTON HISTORIA

Alun perin ennen keskitettyä jätteenpolttolaitoksissa polttamista jätteet kerättiin kaatopaikoille tai poltettiin taloyhtiökohtaisesti, jolloin palaminen ei ollut kovin täydellistä ja päästöt olivat huomattavat. Helsingissä jätteenpoltto haluttiin keskittää ja ilmanlaatua parantamaan rakennettiin Kyläsaaren jätteenpolttolaitos vuonna 1961, joka oli toiminnassa 1980-luvun alkuun asti. Tällöin tarkoituksena jätteenpoltossa oli vain hankkiutua eroon jätteestä (Ojala 2013). 1970-luvulle siirryttäessä muun muassa öljyn hinnan nousu lisäsi kiinnostusta jätteen energiahyödyntämiseen, ja tällöin rakennettiin myös Turkuun Orikedon jätteenpolttolaitos vuonna 1975, joka toimi pitkään ja välillä ainoana laitoksena vuoteen 2014 saakka. 1980-luvulla kuitenkin tutkimukset jätteenpoltton savukaasupäästöistä ja edullinen jätteen kaatopaikkasijoittaminen käytännössä lopetti yhdyskuntajätteenpoltton Suomessa, Turun laitos jäi kuitenkin toimimaan. Myös isojen voimalaitosten yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto kasvoi, jolloin jätteen hyödyntämistä lämmöntuotantoon ei myöskään tarvittu. (Vesanto 2006)

80-luvun loppupuolella jätteenpolttotekniikat ja savukaasujen puhdistus kehittyivät huomattavasti ja polttotekniikoiden kehityksen myötä biopolttoaineiden käyttö ja niiden rinnalla puuperäisen ja vastaavan jätteen poltto yleistyi. Suomessa tämä kehitys johti siihen, että vuosituhanen vaihteessa pääasiallisesti polttoon sopivaa hyvälaatuista jätettä poltettiin valmistamalla yhdyskuntajätteestä kierrätyspolttoaineita ja polttamalla niitä rinnakkain pääpolttoaineiden kanssa. Tällöin 2000-luvun alussa myös luotiin kierrätyspolttoaineille standardi. (Ibid.)

Suomen liityttyä Euroopan Unioniin jätelainsäädäntöä alettiin muokata, ja erinäisten muutosten myötä vuonna 2000 voimaan tullut jätteenpolttodirektiivi alkoi ohjata jätteen polttamista. Direktiivissä määriteltiin vaatimukset jätteenpoltolle ja päästöraja-arvot, jotka otettiin käyttöön vaiheittain siten, että vuoden 2003 alusta uusien jätteenpolttolaitosten ja vuoden 2006 alusta muiden jätettä polttavien voimalaitosten tuli toteuttaa direktiiviä. Tämä johti rinnakkaispoltton vähenemiseen, kun esimerkiksi pienet laitokset lopettivat rinnakkaispoltton. Direktiivin myötä vuonna 2006 jätteen

energiahyödyntäminen sai paljon nostetta, joten jätteen energiahyödyntämishankkeita käynnistettiin jätteen massapolton muodossa, ja ensimmäisiä uusia laitoksia alettiin rakentaa Kotkaan ja Riihimäelle. Samoihin aikoihin useita muita laitoksia suunniteltiin, ja vuosikymmen myöhemmin jätteenpolttolaitoksia oli rakennettu jo yhteensä kahdeksan. Alla olevasta kuvasta nähdään hankkeiden valmistuminen ja polttokapasiteetin muutos. (Jätelaitosyhdistys 2017; Ojala 2013)



Kuva 2: Jätteenpolton kapasiteetin kehitys Suomessa 2000-luvulla (Jätelaitosyhdistys 2017)

3 JÄTE POLTTOAINEENA

Suomessa käytetään useita erilaisia jätteitä tai niistä jalostettavia tuotteita energiakäyttöön. Tässä kappaleessa käsitellään energiakäyttöön soveltuvia jätteitä, joita ovat tyypillisesti kierrätyskelvotonta yhdyskuntajätettä (sekajäte), kierrätyspolttoaineita, puujätteitä sekä jätevesilietteitä. (Jätelaitosyhdistys 2017).

3.1 Kierrätyspolttoaineet

Kierrätyspolttoaineiden käytön suosio on noussut 2000-luvun alussa voimaan tulleen EU:n jätteenpolttodirektiivin ja sen myötä tehdyn jätteenpolttoasetuksen vaikutuksesta. Kierrätyspolttoaineita voidaan kaasuttaa, polttaa jätteenpolttolaitosten lisäksi rinnakkain esimerkiksi puun ja turpeen kanssa, ja niiden valmistuksesta on kehittynyt oma kaupallinen teollinen tuotantonsa. Kierrätyspolttoaineista on julkaistu vuonna 2000 niitä koskeva Suomessa käytettävä standardi SFS 5875, jossa määritellään kolme eri laatuluokkaa: REF I, II ja III, joista REF II on vakiintunut yleisimmäksi laatuluokaksi. Kyseinen laatuluokitus luokittelee polttoaineet ainoastaan alkuainepitoisuuksien mukaan. Alla olevassa kuvassa kierrätyspolttoaineiden ominaisuuksia. (Hiltunen et al. 2007)

Ominaisuus	Vaihteluväli, kaikki	REF I (syntypistelajiteltu pakkauksia ja puujätettä sisältävä seos), keskiarvo eri analyyseistä	REF III (syntypistelajiteltu kotitalouden jäte), keskiarvo eri analyyseistä
Kosteus, %	5–30	9,1 irtotavara 3,2 pelletit	28,5 irtotavara 3,2 pelletit
Irtotiheys saapumistilassa, kg/m ³		180 irtotavara 300 pelletit	210 irtotavara 300 pelletit
Tuhka, % kuiva-aineesta	1–16	5,9	9,5
Haihtuvat aineet kuiva-aineesta, %	70–86		
Kalorimetrisen lämpöarvo, MJ/kg	20–40	24,7	22,9
Tehollinen lämpöarvo kuiva-aineesta, MJ/kg	17–37	23,1	21,5
Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa, MJ/kg		20,8	14,6
Alkuainekoostumus, p-%			
Hiili	48–75	56,0	52,9
Vety	5–9	7,4	7,3
Typpi	0,2–0,9	0,63	0,71
Happi	10–45		
Rikki	0,05–0,20	0,16	0,13
Kloori	0,03–0,7	0,19	0,71
Tuhkan sulamiskäyttäytyminen	Hapettavat/pelkistävät olosuhteet		
Muodonmuutoslämpötila	1150–1220/1100–1200 °C		
Puolipallopiste	1200–1260/1200–1250 °C		
juoksevuuslämpötila	1210–1265/1220–1270 °C		

Kuva 3: REF- luokkien ominaisuuksia (Alakangas 2000, 113)

REF I ja II – luokkien kierrätyspolttoaineita tuotetaan enimmäkseen teollisuuden ja kaupan alan erikseen kerätyistä energiajätteistä, joita ovat pakkausjätteet ja puujätteet, jotka ovat tasalaatuisia. Luokan III lähtömateriaali on sekalaista ja heikkolaatuisempaa, yleensä sekajätettä. Lisäksi jätteenpolttoasetus tiukentui vuonna 2005, joka johti siihen, että luokan III polttoaineita ei juurikaan tehdä, vaan sekajäte poltetaan sellaisenaan jätteenpolttolaitoksissa. (Jätelaitosyhdistys 2017)

3.2 Yhdyskuntajäte

Yhdyskuntajäte on enimmäkseen kotitalouksissa sekä kaupan ja teollisuuden aloilla syntyvää jätettä, josta käytetään myös nimitystä sekajäte. Sekajäte on yleensä syntypaikkalajiteltua jätettä, josta on kierrätetty uusiokäyttöön esimerkiksi kotitalouksissa enimmäkseen polttamiseen soveltumattomat jakeet, kuten lasi tai metalli.

Sekajätettä ei siis erikseen lajitella jätteen keräämisen jälkeen, joten seassa saattaa olla haitallista jätettä. (Anttila 2011) Sekajäte soveltuu sellaisenaan ilman esikäsitteilyä arinapolttoon, sillä arinakattilat kestävät hyvin polttoaineen ominaisuuksien vaihtelua, jotka vaihtelevat suuresti, sillä ilman esikäsitteilyä muun muassa partikkelikoko, koostumus ja kosteus muuttuvat jätteen materiaalin mukaan. Kuvasta 4 nähdään, että huonoimman luokan kierrätyspolttoaineen (REF III) keskiarvokosteus on 28,5 prosenttia ja keskiarvo tehollisesta lämpöarvosta saapumistilassa 14,6 MJ/kg. Kyseisen luokan lähtömateriaalina on kotitalousjäte, joten sekajätteen ominaisuudet ovat samankaltaisia. (Alakangas et al. 2016, 151)

3.3 Liete

Lietettä syntyy jätevesien puhdistuksen seurauksena. Liete on muun jätteen ohella varteenotettava polttoaine, sillä lietettä syntyy Suomessa noin 600 – 700 tuhatta tonnia kuiva-ainetta vuosittain metsäteollisuudessa ja jätevedenpuhdistamoilla. Vuonna 2014 metsäteollisuudessa syntyi 537 tuhatta tonnia kuiva-ainetta, joista 332 tuhatta tonnia otettiin energiakäyttöön. Yleensä metsäteollisuudessa syntynyttä lietettä on käytetty energiantuotantoon polttamalla niitä metsäteollisuuden leijukerroskattiloissa rinnakkain muiden polttoaineiden kanssa. (Alakangas et al. 2016, 165)

Metsäteollisuudessa syntyy muutamia erilaisia lietteitä riippuen siitä, että mistä prosessista liete on. Alla olevassa kuvassa 4 on erilaisten metsäteollisuuden lietteiden ominaisuuksia.

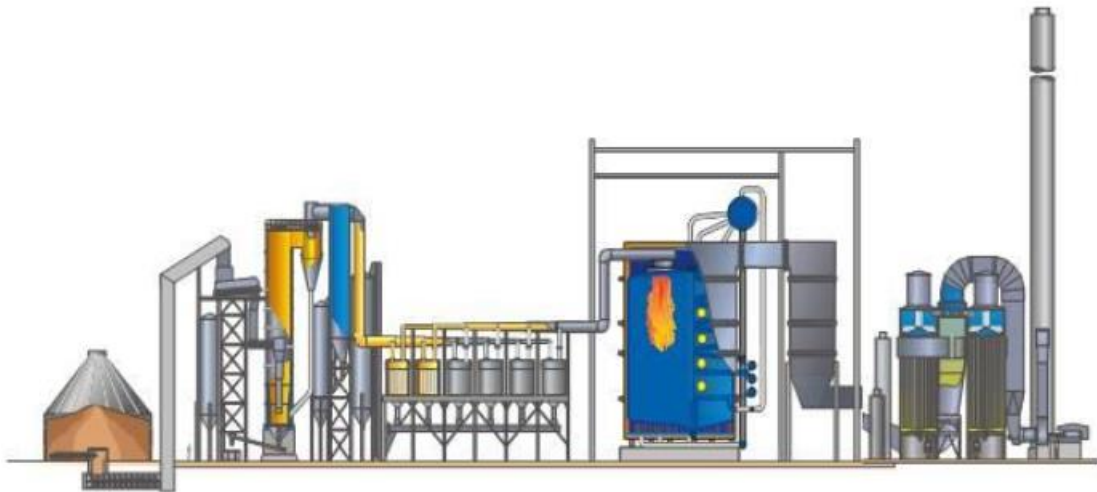
Ominaisuus	Yks.	Primääri- liete	Bioliete	Paperi- tehtaan sekaliete	Sellu- tehtaan sekaliete	Siistaus- liete	Kuorimo- liete
Hiili	m-%	44	47	44–46	40–42	25–45	50
Vety	m-%	6	5,2	5,5–6,0	4,5–5,0	4–5,5	6
Rikki	m-%	0,1	1,2	0,05–0,1	0,4–1,3	0,1–0,3	0,02
Typpi	m-%	0,4	1,6	0,5–0,7	1,3–2,9	0,1–0,3	0,8
Happi	m-%	25	30		25–29	22	34
Tuhka	m-%	25–60	16	12–20	13–21	30–60	2,5
Kloori	m-%		0,04–1,5	0–0,1	0,1–0,8	0,2–0,6	
Teholl. lämpö- arvo kuiva- aineessa	MJ/kg		17,4		14–18	8–13	
Teholl. lämpö- arvo saapumis- tilassa	MJ/kg	2,3			0,9–2,4	2,9	3,0
Kosteus	m-%	70	85		75–80	60	70
Cd	mg/kg	0–2,5	0,6–0,9			0,03–0,1	
Cr	mg/kg		16–22		38,4	17–116	
Cu	mg/kg	3,4–31	25–43		22,9	38–253	
Hg	mg/kg	0–0,2	0,6		0,09	<1,0	
Pb	mg/kg	0–15,5	0,3–4,3		13,5	1,2–5,5	
Ni	mg/kg	7–26,7	6–11			10–231	

Kuva 4: metsäteollisuuden lietteiden ominaisuuksia (Lohiniva et al, 2001, 26)

Jätevedenpuhdistamoilta saatavaa yhdyskuntalietettä on hyötykäytetty ensisijaisesti maataloudessa ja viherrakentamisessa. Yhdyskuntalietteen sisältämät raskasmetallipitoisuudet ovat kuitenkin moninkertaisia verrattuna metsäteollisuuden lietteisiin, joka käytännössä rajaa pois yhdyskuntalietteen polttamisen tavallisissa voimalaitoksissa ilman metalleista puhdistamista. Jätteenpolttolaitoksissa yhdyskuntalietettä voi polttaa muun jätteen mukana, sillä päästöt eivät juuri lisäänty. Myös lietteen tuhkapitoisuus on polton määrää rajoittava tekijä. Yhdyskuntalietteen kaasuttaminen onnistuu myös, mikäli raskasmetallit puhdistetaan. (Lohiniva et al. 2001)

4 KAASUTUSLAITOS

Suomessa kaasutintekniikkaan perustuvia jätteenpolttolaitoksia on yksi, Lahti Energia Oy:n Kymijärvi II. Kymijärvi II- laitos on CHP-laitos, joten siellä tuotetaan sähkön lisäksi myös kaukolämpöä. Laitoksen polttoaineteho on noin 160 MW. Sähkötelo on 45 MW ja kaukolämpöteho 90 MW. Laitoksen pääpolttoaine on kierrätyspolttoaineesta sekä kierrätyspuusta tehty tuotekaasu, ja käynnistys-, alasajo- ja apupolttoaineena maakaasu. Kierrätyspolttoainetta ja kierrätyspuuta käytetään maksimissaan 250 tuhatta tonnia vuosittain. (Lahti Energia Oy 2016a)



Kuva 5: periaatekuva kaasutusvoimalaitoksesta (Savelainen 2013, 5)

4.1 Polttoaineen käsittely

Kaasutukseen käytettävä kierrätyspolttoaine ei ole tavallista sekajätettä, vaan se käsitellään ennen kaasuttamista. Käytettävä polttoaine tuodaan rekoilla muualta esikäsiteltynä, ja se puretaan purkumonttuun hihnalle polttoaineen vastaanottoyksikössä. Tämän jälkeen polttoaine käsitellään siten, että siitä otetaan näyte, jonka jälkeen polttoaine kulkee magneetin läpi. Magneetissa erotetaan polttoaineen sekaan jäänyt pienmetalli. Magneetista polttoaine kulkee eteenpäin seulaan, jossa erotellaan liian isot kappaleet pienennettäväksi. Seulan jälkeen polttoaine ohjataan varastosiiioihin odottamaan käyttöä. Ennen kaasuttimelle kulkua polttoaine käytetään vielä pyörrevirtaerottimien läpi, jolla erotetaan ei-magneettiset metallit. Tämän jälkeen polttoaine syötetään kaasuttimelle. (Lahti Energia Oy, 2016a)

4.2 Kaasutus

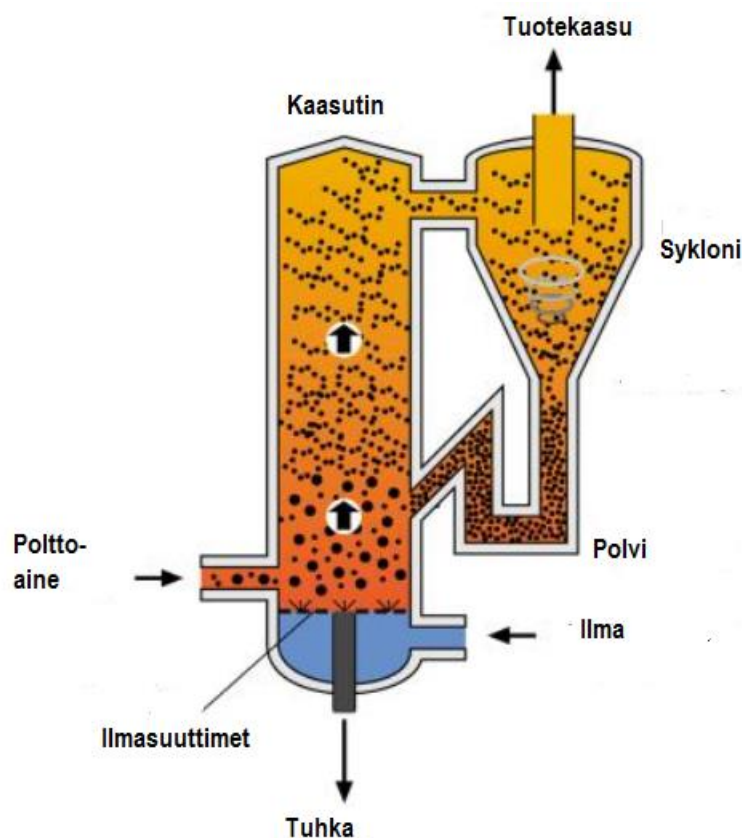
Kymijärven kaasutuslaitoksella on käytössä kaksi teholtaan 80 MW Valmetin toimittamaa ilmakehän paineessa toimivaa kiertoileijukaasutusta käyttävää kaasutinta. Kaasuttimien petimateriaalina on kalkki ja hiekka ja kaasuttimena toimii ilma. Reaktorissa polttoaine kaasutetaan noin 850-900 celsiusasteen lämpötilassa. Tuotekaasun alempi tehollinen lämpöarvo on 3-7 MJ/nm³. (Isaksson 2013)

Kaasutus tapahtuu siten, että polttoaine syötetään kaasuttimeen hieman kaasuttimen alaosan yläpuolelta kuuman petimateriaalin sekaan, jolloin se sekoittuu kaasuttimen alaosasta puhallettavan kuumaa ilmavirtauksen myötä välittömästi, ja alkaa reagoida ilman kanssa. Ilmavirtaus saa myös seoksen kiertämään kattilassa. Riittävä määrä petimateriaalia takaa lämmön säilymisen prosessissa sekä tasaiset lämpötilat. Kuuma ilma aluksi kuivattaa polttoainetta ja lämmittää polttoaineen kuivumislämpötilaan. Tämän jälkeen, kun kuivumisen seurauksena kosteus on haihtunut, polttoaineen lämpötila alkaa kasvaa. Polttoaineen lämpötilan kasvaessa noin 300-600 celsiusasteeseen polttoaineessa olevat isommat hiilivedyt hajoavat lämmön vaikutuksesta pienimmiksi molekyyleiksi, jolloin polttoaineeseen muodostuu puuhiiltä, vettä ja erilaisia kaasuja. Tässä vaiheessa on tarkoituksena erottaa polttoaineesta muodostuva puuhiili. Kaasuuntuvaa osaa polttoaineesta kutsutaan haihtuviksi. Tätä osaa prosessista kutsutaan pyrolyysiksi. Kierrätyspuu ja jätepolttoaineet ovat erinomaisia polttoaineita kaasuttamiseen, koska ne sisältävät paljon haihtuvia. Puulla jopa 80% massasta haihtuu. (Raiko et al. 2002, 186190)

Lämpötila jatkaa nousuaan ja pyrolyysin jälkeen lämpötila on noin 850 astetta. Tällöin polttoaineessa tapahtuu kaasuttavan aineen, tässä tapauksessa kuuman ilman, ansiosta reaktioita, joissa polttoaineen puuhiilen, hiilivetyjen ja syntyneiden kaasujen kemialliset sidokset hajoavat ja järjestäytyvät uudelleen niin, että syntyy tuotekaasuja, kuten vetyä, hiilimonoksidia ja -dioksidia sekä metaania. Kaasutusprosessin edellytyksenä on siis riittävä lämpö, ja kaasuttava aine. Lämmöstä osa tulee kuuman ilman mukana ja osa syntyy kaasutuksen reaktioissa, kuten puuhiilen palamisessa, jolloin puuhiili reagoi hapen kanssa ja syntyy hiilidioksidia. Tämän prosessin kaltaisessa ilmakaasutuksessa on

tärkeää, ettei kaasutukseen syötetä liikaa ilmaa, sillä jos ilman määrä saavuttaa stökiometrisen määrän prosessi muuttuu kaasuuntumisen sijaan palamiseksi. Tavoitteena on siis pitää ilmakertoimen arvo alle yhden. Yleensä ilmakerroin on ilmakaasutuksessa luokkaa 0,3-0,5. (Basu 2010)

Kaasuuntumisen jälkeen syntyneet kaasut ja petimateriaali jatkavat virtauksen mukana kaasuttimen yläosasta syklonin yläosaan, jossa tuotekaasu erottuu ja jatkaa puhdistettavaksi, ja jäljelle jäävä tuhka ja muu jäännösaine sekä kaasuuntumaton polttoaine kiertää syklonin alaosaan, josta petimateriaalia kiertää takaisin kaasuttimen alaosaan sekä tuhkaa, jäännösaineet ja osa petimateriaalia poistuu pohjatuhkaruuville. (Lahti Energia 2016a)



Kuva 6: kiertoleijukaasuttimen periaatekuva (Krigmont 2002)

4.3 Puhdistus ja poltto

Kaasuttimelta tullessaan tuotekaasu on raakakaasua. Se täytyy puhdistaa ja ennen puhdistamista 900-asteinen kaasu jäädytetään vaiheittain 400-450 asteeseen, jotta

kaasuttimeen päässeet raskasmetallit sekä korroosiota aiheuttavat aineet härmistyvät kiinteään muotoon. Elohopea jää vielä kaasumaiseen muotoon, mutta lämpötilan alentamisella terva muodostuisi ongelmaksi. Jäähdytetty kaasu johdetaan puhdistussammioihin, joita on tässä laitoksessa kuusi kappaletta molemmissa kaasunpuhdistuslinjoissa. Yhdessä puhdistinsammiossa on yli 300 keraamista suodatinta, jotka erottavat pienhiukkaset, tuhkan ja pölyn tuotekaasusta. Vasta tämän puhdistusprosessin jälkeen tuotekaasu on tarpeeksi puhdasta poltettavaksi ilman korrosio-ongelmia. (Lahti Energia 2016a)

Tuotekaasu poltetaan samankaltaisessa kaasukattilassa, kuin maakaasu. Tuotekaasun polttolämpötila on 1100-1300 astetta. Polttimet on suunniteltu erikseen matalan lämpöarvon omaavalle tuotekaasulle. Itse kattila on suunniteltu korkeille höyrynarvoille, jotta sähköntuotannon hyötysuhde saadaan mahdollisimman korkeaksi, joka on noin 31 prosenttia Lahden laitoksessa. (Isaksson, 2013)

4.4 Savukaasujen puhdistus

Palamisen jälkeen savukaasujen puhdistamiseen käytetään SCR-menetelmää typenoksidipäästöjen vähentämiseen ja kuivaa, injektio menetelmää rikkidioksidin ja elohopean poistamiseen. (Isaksson 2013) SCR-menetelmässä typenoksidipäästöjä vähennetään syöttämällä ammoniakivettä savukaasukanavaan, jolloin typenoksidit muuttuvat typeksi ja samalla syntyy myös vettä, joka muuttuu savukaasuvirran lämmön vaikutuksesta vesihöyryksi. Injektio menetelmässä savukaasuun syötetään SCR:n jälkeen natriumbikarbonaattia ja aktiivihiiltä. Natriumbikarbonaatin tarkoituksena on sitoa kaasun hapan aines, kuten rikkidioksidi ja suolahappo. Reaktiotuotteina syntyy vettä, hiilidioksidia, suolaa, natriumsulfaattia ja -sulfiittia. Aktiivihiilen tarkoituksena puolestaan on sitoa elohopeaa, dioksiineja ja furaaneja. Injektoiden jälkeen savukaasu johdetaan letkusuodattimien läpi. Letkusuodattimissa tuhka ja reaktiotuotteet suodatetaan ja johdetaan kuljettimella tuhkasiilolle, jonka jälkeen savukaasu johdetaan piipun kautta ulkoilmaan. (Lahti Energia 2016a)

5 ARINAPOLTTO

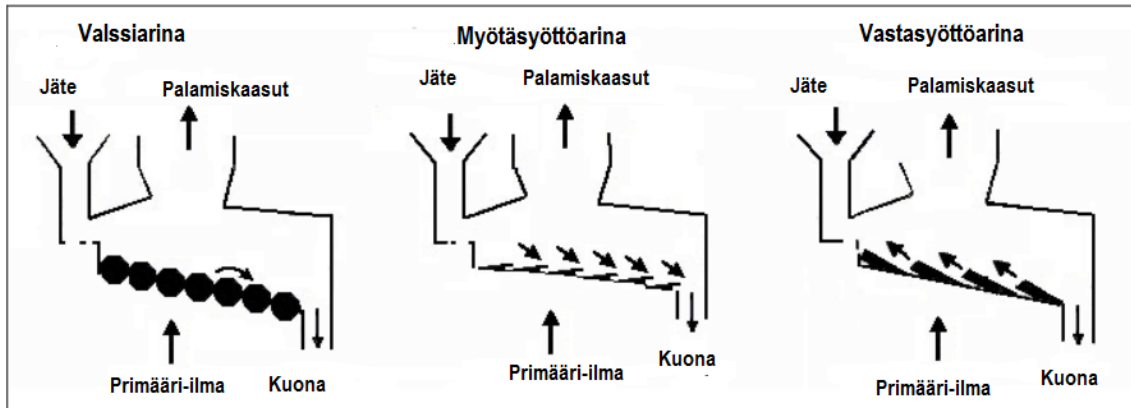
Yksi yleisimmistä jätteenpolttotavoista maailmalla ja myös Suomessa on arinapoltto. Suomessa vuonna 2017 yhdeksästä toimivasta jätteenpolttolaitoksesta seitsemän käyttää polttotekniikkanaan arinapolttua. Näiden kattiloiden polttoaineteho on 50-60 MW. Jätettä vuosittain tämän kokoluokan laitoksissa poltetaan 140-180 tuhatta tonnia. (Jätelaitosyhdistys 2017). Kun käytetään arinapolttua jätettä varten, jäte on yleensä sekajätettä eikä sitä lajitella muuten kuin syntypaikalla. Laitokselle tuotaessa jäte kipataan laitokseen sisälle isoihin betonisiin jättemonttuihin odottamaan polttamista. Monttuihin mahtuu yleensä muutaman päivän polttoainevarasto. Montuissa olevaa jätettä voidaan sekoittaa kahmarilla, jolla jäte myös syötetään arinaan poltettavaksi. Kahmarilla voidaan myös erotella montusta poltettavaksi liian isot kappaleet, jotka voidaan siirtää murskattavaksi, nostaa kokonaan pois tai ne voidaan murskata itse kahmarilla. Monttutila yleensä alipaineistetaan, jotta jätteestä lähtevä haju ei leviä ympäristöön. (Raiko et al. 2002, 483).

5.1 Arinan toimintaperiaate

Yleisesti jätteenpolttolaitoksissa, joissa on arinakattila, käytetään viistoarinaa, joka helpottaa jätteen siirtämistä eteenpäin. Arina sijaitsee tulipesän pohjalla ja sen tehtävänä on siirtää jäte kattilan läpi ja sekoittaa arinan läpi tuleva palamisilma arinalla olevaan jätteeseen. (Raiko et al. 2002 , 484) Jäte syötetään kattilaan ottamalla jätettä kahmarilla jättemontusta, ja tiputtamalla se syöttösuppilon. Syöttösuppilo on rakennettu siten, että se on lähes pystysuora, jolloin jäte kulkee hyvin alaspäin eikä synny tukoksia. Suppilon alaosassa jäte työnnetään arinan yläosaan työntimellä.

Jätteenpolttoarinoita on kolme päätyyppiä, valssi- , myötä – ja vastasyöttöarina. Valssiarinassa polttoaine kulkee alaviistoon peräkkäin sijoitettujen sylinterinmuotoisten valssien päällä. Valssien välissä on rauta, joka estää jätettä putoamasta valssien väliin. Valssiarinassa primääri-ilma tuodaan valssin sisään, jonka reikien kautta ilma siirretään polttoaineeseen. Myötä- ja vastasyöttöarinat ovat mekaanisia viistoarinoita. Ne koostuvat peräkkäin olevaista arinarautoista, joista joka toinen liikkuu edestakaisin työntäen jätettä eteenpäin sekoittaen sitä samalla. Joka toinen rauta on puolestaan kiinteä. Primääri-ilma tuodaan arinarautojen läpi raudoissa olevista rei'istä tai kanavista. Mekaaniset viistoarinat

rakennetaan yleensä loivaan kulmaan, sillä niissä painovoima ei ole jätettä liikuttava tekijä. (Huhtinen 2000. 151).



Kuva 7: vasemmalla valssi-arina, keskellä myötäsytö- ja vastasyötötarina oikealla (European Commission BREF 2006, 37)

Eri arinamalleissa on omat puolensa. Valssi-arinassa on paras polttoaineen sekoittuminen, siirtymänopeuden säädettävyys ja valssien mekaaninen kestävyys on hyvä, mutta ongelmana on primääri-ilman syöttö, sillä valssien välissä olevat raudat kuluvat, jonka myötä arinan alla olevan ilmapuolen painehäviö pienenee ja primääri-ilma menee valssien sijasta valssien väliin. Viistoarinoilla saadaan puolestaan parempi primääri-ilman sekoitus polttoaineeseen. Vastasyötötarinalla siirtymänopeus määräytyy arinan kulman mukaan, joten siirtymänopeuteen ei voi vaikuttaa. Myötäsytötarinassa siirtymänopeuteen voi vaikuttaa muuttamalla liikkuvien arinarautojen työntöpituutta tai tahdistamalla niitä (Raiko et al. 2002, 484).

5.2 Poltto

Arina on jaettu useampaan lohkoon, ja jokaisella loholla on eri tehtävä polton kannalta. Ensimmäisellä loholla tarkoituksena on kuivata polttoaine. Polttoainetta kuivataan esilämmitetyllä primääri-ilmalla, joka on noin 60 prosenttia koko palamisilmasta, sekä tulipesän seinän muurauksista säteilevällä lämmöllä. Tosin primääri-ilma yleensä jaetaan lohkojen kesken eri tavalla, ja kuivumisosassa ilmamäärä on pieni, noin 10 prosenttia koko ilmamäärästä, joten seinänä säteilyllä on suurempi vaikutus kuivaukseen (Ibid, 487).

Tämän jälkeen toisella lohkolla on tavoitteena saada aikaan pyrolyysi. Pyrolyysin aikana kaasuuntuvat kaasut palavat arinan yläpuolella palotilassa, johon tuodaan myös sekundääri-ilma kattilan seinämästä puhaltamalla. Pyrolyysin jälkeen viimeisellä lohkolla palaa jäännöshiili ja tässä vaiheessa lämpötila arinalla on yli tuhat astetta. Viimeisen lohkon jälkeen tuhka ja tuhkan seassa oleva palamaton aines tippuu arinan perältä pohjatuhkan käsittelysystemiin. Palotilan yläosasta savukaasut johdetaan kattilan lämmöntalteenotto-osaan, jossa vettä höyrystetään kattilan seinämäputkissa, ja tulistinosassa höyry tulistetaan sähköntuottoa varten. (Huhtinen, 2000. 148-149)

Sekajätettä poltettaessa epätäydellisen palamisen seurauksena syntyy haitallisia aineita, kuten furaaneja ja dioksiineja. Näiden yhdisteiden syntyä voidaan ehkäistä mahdollisimman täydellisellä palamisella. Näin ollen kattilan geometrian suunnittelussa on otettava erityisen tarkasti huomioon palamisilman sekoittuminen kaasuihin, joka vaikuttaa suuresti palamisen täydellisyyteen. Erityisen tärkeää on sekundääri-ilman syöttö palotilassa. Sekoittumisen lisäksi kaasujen viipymäajalla on suuri merkitys. Hyvällä suunnittelulla saadaan aikaan riittävä viipymäaika, joka toteuttaa myös päästöasetusten mukaisen kaasujen vähintään kahden sekunnin viipymisen yli 850 asteessa. Viipymäaika edesauttaa täydellistä palamista, ja sen tärkeys vain kasvaa, jos palamisilma ei sekoitu riittävän hyvin palamiskaasuihin. (Raiko et al. 2002. 485)

Polton optimoinnin lisäksi haasteita arinapoltossa aiheuttavat sekajätteen korroosiota aiheuttavat yhdisteet, joita tulee prosessiin enemmän kuin perinteisissä voimalaitoksissa. Poltossa syntyvissä savukaasuissa on hääkää, suolahappoa, erilaisia metallisuoloja, rikkiä ja sulfaatteja, jotka aiheuttavat kattilan tulistinputkilla nopeaa korroosiota, kun putken lämpötila nousee yli 400 asteeseen. Tästä johtuen on todettu helpommaksi ehkäistä korroosiota pitämällä höyryn arvot matalina (noin 400 °C ja 40 bar). Korroosiota on mahdollista ehkäistä erilaisilla materiaaleilla ja käyttötekniikoilla, jotka kuitenkin maksavat enemmän (Ibid, 2002. 489). Suomessa on käytössä esimerkiksi Laanilan ja Vantaan jätevoimalaitoksissa jälkitulistuskattilat, joissa arinakattilasta saatavaa höyryä tulistetaan lisää, jolloin höyryn lämpötilaa ja painetta saadaan nostettua korkeammalle, esimerkiksi Laanilassa 515 asteeseen ja 88 baariin. (Oulun Energia Oy 2016) Lämpötilaa nostamalla sähköntuotantohyötysuhde paranee. Jälkitulistinkattiloiden polttoaineena toimii Laanilassa Taminco Finland Oy:n tehtaan ylijäämäprosessikaasu ja Vantaalla maakaasu. (Oulun Energia Oy 2016; Vantaan energia Oy 2015)



- | | | | |
|---------------------|--------------------|------------------|------------------------|
| 1. Vastaanottohalli | 3. Kahmarinosturit | 5. Höryturbiini | 7. Savukaasunpuhdistus |
| 2. Jätebunkkeri | 4. Arinakattila | 6. Kuonabunkkeri | |

kuva 8: Tampereen hyötyvoimalaitoksen periaatekuva (Tammervoima 2017)

5.3 Tuhkan käsittely ja savukaasujen puhdistus

Arinakattilan omaavissa laitoksissa tuhkan käsittelyyn on oltava erilainen järjestelmä kuin voimalaitoksissa yleensä, sillä näissä laitoksissa syntyy kolme erilaista tuhkalaatua, joista osa on ongelmajätettä ja siten käsiteltävä erikseen. Pohjatuhka on arinan päädyistä poistuva, palamaton osuus, jota muodostuu noin 20-30 prosenttia jätteen painosta (Laine, Ylijoki et al. 2005, 23). Tämän aineksen joukossa on palamatonta jätettä, kuten lasia, metalleja, keramiikkaa, palamatonta orgaanista ainesta ja tuhkaa. Lentotuhkaa siirtyy tulipesästä savukaasujen mukana kattilan lämmöntalteenotto-osaan, ja osa siitä otetaan talteen suppiloilla, johon tuhkaa tippuu savukaasujen virtauksesta. Lentotuhkaa on noin kaksi prosenttia jätteen määrästä. Loput lentotuhkasta otetaan savukaasujen puhdistuksen yhteydessä talteen, jolloin se sisältää myös savukaasunpuhdistuskemikaaleja. Tätä osaa lentotuhkasta sanotaan kaasunkäsittelyjätteeksi ja sitä syntyy myös noin kaksi prosenttia jätteen painosta.



Kuva 9: Metallia pohjatuhkan seassa (Oulun Energia Oy 2013).

Pohjatuhka on arinalta tullessaan erittäin kuumaa, sillä palamisen loppuvaiheessa lämpötila on yli tuhat astetta. Ennen käsittelyyn menoa pohjatuhka pitää jäädyttää. Arinalta tuleva pohjatuhka jäähdytetään yleensä veden avulla. Pohjatuhka tippuu arinan päädystä tuhakuiluun, josta se johdetaan vesialtaaseen jäähtymään. Jäähtymisen jälkeen pohjatuhkasta erotetaan magneetin avulla metallit, jotka ohjataan tarvittaessa hyötykäyttöön. Jäljelle jäävän pohjatuhkan yleisimmät käsittelytavat ovat vanhentaminen, murskaus ja seulonta. Vanhentaminen tapahtuu siten, että tuhka kosteutetaan ja sekoitetaan 6-20 viikon ajanjaksolla ja odotetaan, että tuhkan alkalisuus vähenee ja sen sisältämä alumiini stabiloituu. Murskauksessa ja seulonnassa tuhkasta erotetaan hyötykäyttöön sopiva osa. Vanhentamisesta syntyy jätevettä, joka on erikseen puhdistettava. (Vesanto, 2007. 70)

Savukaasujen puhdistuksessa käytetään arinalaitoksissa pitkälti samaa tekniikkaa kuin kaasutuslaitoksessa, jossa ensin syötetään savukaasuvirtaan esimerkiksi ammoniakkivettä vähentämään typenoksidipäästöjä (SCR-menetelmä), jonka jälkeen syötetään emäksistä kemikaalia sitomaan happamat ja rikkiyhdisteet sekä aktiivihiiltä sitomaan raskasmetalleja ja orgaanisia yhdisteitä, kuten dioksiinia. Syötettyjen kemikaalien vaikutuksesta syntyvät reaktiotuotteet sekoittuvat savukaasuvirtaan pölynä, ja ne voidaan

poistaa johtamalla savukaasut kangassuodattimien läpi, jossa voi olla vielä tarvittaessa puhdistavaa kemikaalia (Westenergy Oy Ab 2008). Savukaasujen puhdistuksessa syntyvää kaasunpuhdistusjätettä kohdellaan yleensä ongelmajätteenä, sillä se sisältää useita haitallisia yhdisteitä ja metalleja. Se sijoitetaan asianmukaisesti luvat omaavalle loppusijoituspaikalle. (Kaartinen et al, 2007. 17)

6 KIERTOLEIJUTEKNIikka

Suomessa on tällä hetkellä ainoastaan yksi jätteenpolttolaitos, joka käyttää polttotekniikkana kiertoleijua. Tämä Riikinvoima Oy:n laitos sijaitsee Riikinnevalle Leppävirralla. Laitoksen rakennustyöt aloitettiin 2014 lokakuussa ja huhtikuussa 2017 laitos luovutettiin Riikinvoima Oy:lle kaupalliseen käyttöön. Polttoainetehto laitoksessa on 54 MW, ja vuosittain laitos ottaa vastaan noin 145 tuhatta tonnia sekajätettä (Riikinvoima Oy 2017).

6.1 Polttoaineen käsittely

Sekajäte tuodaan voimalaitokselle rekoille, joista jäte puretaan esikäsittelylaitoksen varastoon. Varastosta jäte jatkaa esikäsittelyasemalle, jossa olevalla laitteistolla jätevirrasta poistetaan metallit magneetilla sekä pyörrevirtaerottimella ja murskaamaton aines poistetaan seulalla. Tämän jälkeen jäte murskataan sopivaan palakokoon ja samalla sekoitetaan. Esikäsittelyn jälkeen jäte varastoidaan uudelleen ennen syöttämistä kattilaan. Kattilaan syötettävän polttoaineen tulisi olla metallitonta sekä kohtuullisen tasalaatuista ja palakooltaan tasaista. Käsittelyssä on kuitenkin parantamisen varaa, sillä Ruotsissa olevassa samantyyllisessä vuonna 2011 valmistuneessa kiertoleijulaitoksessa, Norrköpingissä, on havaittu, että useammankin magneetin ohi pääsee metallia ja seulojen ohi pääsee kiviä ja muuta polttoon kuulumatonta tavaraa, kuten alla olevasta kuvasta nähdään.



Kuva 10: Kattilasta siivottua materiaalia (Moren 2015)

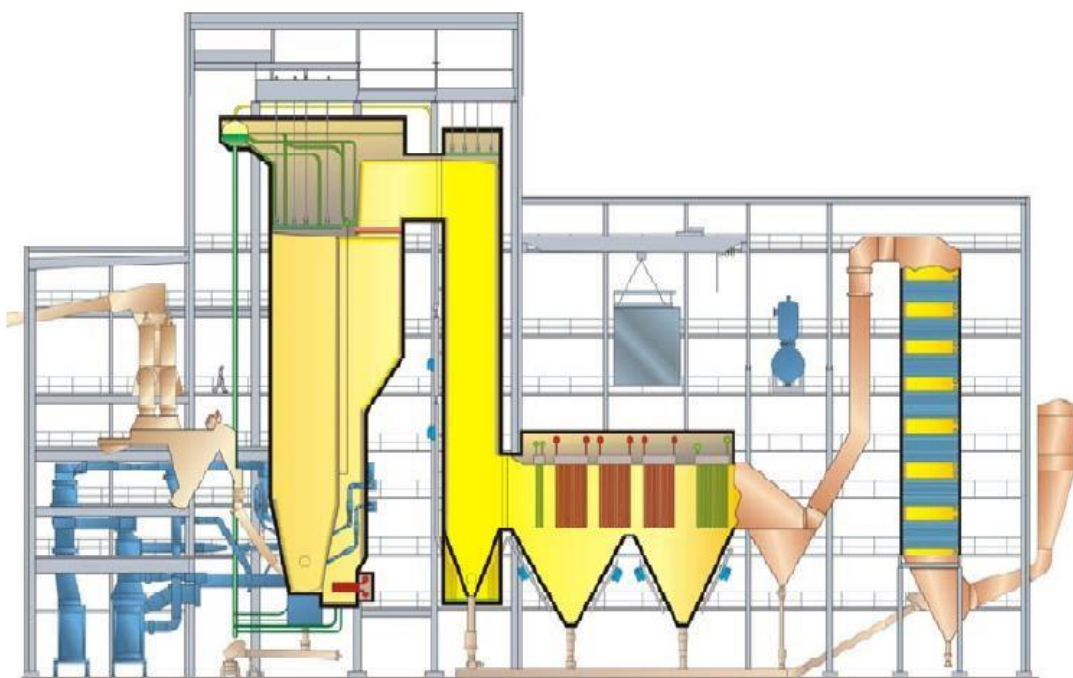
6.2 Poltto

Kiertoleijukattilan toimintaperiaate on samankaltainen kuin kiertoleijukaasutuksessa. Suurimpana erona on se, että tarkoituksena on polttaa polttoaine kattilassa, jolloin ilmaa tuodaan kattilaan palamiseen riittävä määrä (ilmakerroin yksi tai enemmän, yleensä 1,11,3) ja vaiheistetusti, primääri- ja sekundääri-ilmana. Polttoaine syötetään tulipesän alaosan, arinan, yläpuolelle petihiekan sekaan. Arinan läpi puhalletaan suuttimilla primääri-ilmaa riittävällä leijutusnopeudella (yleensä 3-10 m/s), jolloin saadaan aikaan pedin leijuminen kattilassa ja polttoaineen hyvä sekoittuminen petihiekan kanssa. Kiertoleijukattilassa primääri-ilman määrä on yleensä noin 40-60% koko kattilaan tuotavasta ilmamäärästä. Sekundääri-ilma tuodaan kattilaan eri tasoilla muutaman metrin arinan pohjan yläpuolelle (Huhtinen et al, 2000. 159-162).

Tulipesään syötettäessä polttoaine alkaa sekoittua kuuman petimateriaalin kanssa, ja alkaa välittömästi kuivua. Kuivumisessa vesi haihtuu polttoaineesta, jonka jälkeen alkaa polttoaineen pyrolyysi, jossa polttoaineen kaasuuntuvat osat haihtuvat. Tässä vaiheessa lämpötila polttoaineen lämpötila on noin 300-600 astetta (Raiko et al. 2002, 513).

Pyrolyysin jälkeen haihtuvat kaasut syttyvät palamaan, ja tästä palamisesta syntyvä lämpö lämmittää polttoaineesta jäljelle jääviä jäännöshiilipartikkeleita ja sytyttää ne palamaan. Jäännöshiilen palaessa lämpötila kohoaa pedin lämpötilaa korkeammaksi, noin 800-1000- asteeseen, jolloin se luovuttaa lämpöä ympärilleen (Huhtinen et al. 2000, 83).

Tulipesässä palamisen jälkeen savukaasut, tuhka, petimateriaali ja sen mukana palamaton polttoaine siirtyvät kattilan yläosasta sykloniin. Savukaasun virratessa sykloniin on virtausnopeus oltava riittävän korkea, jotta syklonin erotuskyky on tarpeeksi hyvä. 20 m/s nopeudella saavutetaan riittävän hyvä erotuskyky. Syklonin tarkoituksena on erottaa petihiekka, tuhka ja palamaton polttoaine savukaasuvirrasta ja palauttaa takaisin kierto. Savukaasu jatkaa syklonista tulistinkanavaan ja sieltä eteenpäin puhdistukseen, ja muut ainekset lähtevät syklonissa alaspäin kohti syklonin polvea. Polven tarkoitus on estää savukaasu virtaamasta tulipesästä sykloniin väärää reittiä sekä poistaa kierrosta kelpaamatonta petimateriaalia kuten lentotuhkaa. Syklonin yläosassa erotettu petimateriaali puhalletaan polven kautta laskuputkea pitkin takaisin tulipesään, jotta saadaan hiekkakierto aikaan. (Ibid., 160)



kuva 11: periaatekuva kiertoleijutekniikkaa käyttävästä voimalaitoksesta (Navitas Kehitys 2012)

Kiertoleijutekniikka sopii hyvin jätteenpolttoon, sillä kiertoleijutekniikka kestäää suuriakin vaihteluja polttoaineen kosteudessa ja lämpöarvossa. Kiertoleijutekniikalla

saadaan lisäksi parempia höyryn arvoja, kuin pelkällä arinapoltolla, sillä kiertoileijussa syklonin polveen on mahdollista sijoittaa erillinen tulistin, jonka avulla erityisesti höyryn lämpötilaa voidaan nostaa, mikä johtaa suoraan parempaan sähköntuotanto-hyötysuhteeseen. Tyypillisesti jätettä polttavissa kiertoileijukattiloissa höyryn arvot ovat noin 470 °C ja 65 bar. Jätteenpoltossa syklonin polvessa olosuhteet eivät ole niin korrosoivat kuin kattilan takavedossa, jolloin polveen sijoitetun tulistimen putkien lämpötilaa on mahdollista nostaa. Kiertoileijutekniikalla saavutetaan hyvän sekoittumisen ja ilmansyötön ansiosta tasainen ja sopivan alhainen lämpötila koko kattilaan. Tämä johtaa alhaisiin typenoksidi- ja häkäpäästöihin, sekä hyvään palamishyötysuhteeseen. Aikaan saadaan myös riittävän pitkä palamisaika, joka osaltaan vähentää päästöjä (Andersson et al. 2002, 214-216)

Jätteenpolttoon sovellettavassa kiertoileijukattilassa on huomioitava muutama asia verrattuna normaaliin kiertoileijukattilaan. Kuvassa x nähtiin, että tulipesään voi jätteen mukana tulla paljon sinne sopimatonta tavaraa, jolloin tulipesän pohjan suunnittelussa pitää ottaa huomioon näiden tavaroiden poisto. Kattila täytyy suunnitella siten, että pedin lämpötila viimeisen ilmansyötön jälkeen on 850 astetta vähintään kahden sekunnin ajan täyttääkseen määräykset. Tämä huomioidaan kattilan korkeutta suunnitellessa. Kattilassa pitää myös olla apupolttoainetta polttava poltin, joka käynnistyy automaattisesti, mikäli pedin lämpötila ei täytä vaatimuksia. Lisäksi jätteenpoltosta syntyvällä savukaasulla on enemmän korroosiota ja eroosiota aiheuttavia ominaisuuksia, jolloin takavedon lämpöpintoja suunnitellessa savukaasun nopeuksia joudutaan laskemaan sekä lämpötilaeroja pienentämään lämpöpinnoissa. Tämä johtaa lämpöpintojen kokojen kasvuun (ibid., 216-219).

7 VERTAILU

Tässä kappaleessa vertaillaan eri tekniikoiden sähköntuotantohyötysuhteita. Lisäksi käsitellään hieman laitoksissa käytön aikana havaittuja haasteita ja jätteen kosteuden ja laadun vaikutusta laitosvalintaan.

7.1 Hyötysuhteet

Suurimmat erot eri tekniikoiden välillä tulee sähköntuotantohyötysuhteessa. Lahden kaasutuslaitoksen Sähköteho on 50 MW ja polttoaineteho 160 MW, jolloin sähköntuotantohyötysuhde on noin 31 prosenttia. (Isaksson 2013). Kaasutuksen hyötysuhde johtuu tuotekaasun korkeasta polttolämpötilasta, jolla saadaan aikaan korkeat, perinteisen höyrykattilavoimalaitoksen höyryn arvot. Kiertoleijukattilassa höyryn arvot ovat hiukan matalammat, jolloin sähköntuotantohyötysuhde jää hiukan matalammaksi. Riikinnevan laitoksella sähköteho on 15,2 MW ja polttoaineteho 54 MW, jolloin karkeasti sähköntuotantohyötysuhde on 28 prosenttia (Venäläinen 2015).

Arinalaitoksilla on heikoin sähköntuotantohyötysuhde. Ilman jälkitulistusta höyryn arvot jäävät mataliksi, jolloin sähköntuotantohyötysuhde kärsii. Esimerkiksi Vaasassa, jossa polttoaineteho on 61 MW, sähköteho jää 13 MW: iin, jolloin sähköntuotantohyötysuhde on noin 21 prosenttiin (Westenergy Oy Ab 2017). Jälkitulistuksella hyötysuhdetta parannettua selvästi. Esimerkiksi Vantaalla jälkitulistuksella sähköntuotantohyötysuhde saadaan nostettua noin 29 prosenttiin (Vantaan energia Oy 2017).

7.2 Jätteen laadun vaikutus laitostyyppiin

Jätteen laatu vaikuttaa hyvin pitkälti laitostyyppin valintaan. Yleinen lajittelematon sekajäte on hyvin epätasalaatuista, jolloin polttotapa ei voi olla kovin herkkä esimerkiksi kosteuden ja lämpöarvon vaihtelulle. Arinapoltto soveltuu parhaiten sekajätteen polttoon, sillä arinassa palaminen jakaantuu selkeästi useaan vaiheeseen, ja suurin osa tulipesästä varataan kosteuden haihuttamiseen, jolloin polttoaineen laadun ja sitä kautta kosteuden suurikin vaihtelu ei haittaa prosessia merkittävästi. (Raiko et al. 2002, 467)

Myös kiertoleijupoltto soveltuu sekajätteen polttoon, mutta syntypaikkalajittelun lisäksi se vaatii jätteen jatkokäsittelyä. Kiertoleijupoltto on herkempi kosteuden ja lämpöarvon vaihtelulle, sillä tulipesään mennessään epätasalaatuinen polttoaine palaa epätasaisesti, jolloin petiin syntyy lämpötilaeroja ja poltonhallinta vaikeutuu. Liian kostea polttoaine synnyttää petiin alueita, joissa polttoaineen kuivuminen viilentää petiä. Lisäksi palamattomat materiaalit kerääntyvät kattilan pohjalle, josta niitä ei välttämättä saada pohjatuhkajärjestelmään. Kiertoleijupoltossa käytetäänkin useimmin puuperäisiä kierrätyspolttoaineita ja esikäsiteltyä sekajätettä, josta pyritään poistamaan palamattomat materiaalit ja biojäte. (Raiko et al. 2002, 505)

Kaasutuksessa polttoaineen on tärkeää olla mahdollisimman tasalaatuista, sillä ominaisuuksiltaan erilaiset polttoaineet kaasuuntuvat eri tavalla, ja kaasutettavan polttoaineen kosteus vaikuttavaa suoraan tuotekaasun lämpöarvoon ja tilavuusvirtaan. Polttoaineen tasalaatuisuus mahdollistaa mahdollisimman tasalaatuisen tuotekaasun tuotannon, ja sitä kautta helpottaa prosessin hallintaa. Kaasutuksessa käytetäänkin lähinnä vain kierrätyspolttoaineita, joita ovat esimerkiksi teollisuudesta kerättävä jätepuu. Kaasutuksessa kosteus pyritään pitämään alhaisena, esimerkiksi Kymijärven laitoksessa kaasutettavan polttoaineen kosteus pyritään pitämään alle 30 prosentin. (Savelainen 2013, 6)

Vaarallisten jätteiden polttoon käytetään erikseen yleensä rumpu-uunია. Rumpu-uunilla on vain tarkoitus päästä jätteestä eroon, ei niinkään tuottaa energiaa. Rumpu-uunit soveltuvat yleensä kaikenlaiselle jätteelle, ja niissä käytetään tukipolttoaineita poltonhallinnassa. (Jätelaitosyhdistys 2017)

7.3 Haasteita

Suurimpia ongelmia tuottavat jätteen mukana tulevat metallit ja polttoon sopimattomat kappaleet sekä polttoaineen epätasalaatuisuus. Esimerkiksi Laanilan ja Vantaan jätevoimalaitosten vuosiraporteista näkee, että suurin osa arinakattiloiden suunnittelemmattomista alasajoista johtuu kuonanpoiston tukoksista. Kuonakuljettimet

menevät yleensä tukkoon, kun sinne joutuu liian isoja metallinpalasia. Myös polttoainesuppilon tukkeutuminen aiheuttaa alasajoja, kun polttoaineen syöttökatkeaa. Kehityksen kohteena on selvästi jätteen parempi lajittelu, sekä varmempi polttoaineen syöttöjärjestelmä. Muita häiriöitä aiheuttavat savukaasujen päästömittausjärjestelmän viat (Oulun Energia Oy 2016; Vantaan Energia Oy 2015). Lahden kaasutuslaitoksessa kierrätyspolttoaineen epätasalaatuisuus on aiheuttanut katkoksia tuotantoon. Käytettävyyttä on saatu parannettua nostamalla kierrätyspuun osuutta, jolloin tasalaatuisuus on noussut ja käytettävyys parantunut. (Lahti Energia Oy 2016b; Lassila & Tikanoja 2017).

8 YHTEENVETO

Jätteenpolton asema Suomessa on vahvistunut selvästi 2000-luvun puolivälin jälkeen jätteenpolttodirektiivin myötä syntyneiden laitosten avulla ja vakiintunut nykyiselle tasolle yhdeksän käynnissä olevan jätteenpolttolaitoksen voimin. Melkein kaikissa suurimmissa kaupungeissa Suomessa on jätteenpolttolaitoksia, ja näiden avulla kaatopaikalle sijoitettavan jätteen määrää on saatu pienennettyä huomattavasti. Lisäksi jätteenpoltolla saadaan korvattua fossiilisten polttoaineiden käyttöä sähkön ja kaukolämmöntuotannossa, arvioiden mukaan vuonna 2020 jopa 4,2 terawattituntia vuodessa (Energiateollisuus 2015)

Arinapoltto on selkeästi suosituin tekniikka jätteenpoltoon toimintavarmuutensa ja käytettävyytensä vuoksi. Kaasutus- ja kiertoleijulaitoksilla päästään kuitenkin parempiin hyötysuhteisiin etenkin sähköntuotannossa, koska näillä laitoksilla saadaan paremmat tuorehöyryn arvot ilman jälkitulistusta. Jätteenpoltossa kuitenkin peruseriaate on ensisijaisesti vähentää kaatopaikalle sijoitettavan jätteen määrää, jolloin sinne ennen sijoitettua sekajäte siirretään poltettavaksi. Yleistyäkseen kaasutus- ja kiertoleijulaitokset vaativat kierrätyksen ja jätteenkäsittelyn tehostumista, sillä ne vaativat laadukkaampaa polttoainetta kuin arinapolttolaitokset.

Päästöjenhallinta on tarkkaan säädelty jätteenpolttoasetuksessa, ja jätteenpolttolaitoksissa on yleensä oltava järjestelmä savukaasujen puhdistusta varten. Päästörajat ovat tiukemmat jätteenpolttolaitoksille kuin perinteisille voimalaitoksille. Erilaisilla pelkistämisen ja suodatinmenetelmillä päästään kuitenkin hyviin lopputuloksiin, ja pääsääntöisesti jätteenpolttolaitokset pysyvät päästöiltään niille annetuissa rajoissa. Päästörajojen ylitykset liittyvätkin yleensä häiriötilanteisiin.

Tulevaisuuden haasteet jätteenpolton osalta liittyvät suurimmaksi osin polttoaineen laadun parantamiseen, jonka avulla voidaan parantaa myös laitosten hyötysuhteita. Lisäksi laitosten polttoaineen syötön ja tuhkanpoistojärjestelmän kehittäminen häiriöttömämmäksi nostaa toimintavarmuutta entisestään, sillä suurin osa laitosten häiriötilanteista johtuu näihin järjestelmiin tulevista häiriöistä.

LÄHDELUETTELO

Alakangas et al. 2016. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. s. 151, 165. VTT. ISBN 978-951-38-8418-5

Alakangas, Eija. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. s.113. VTT. ISBN 951-38-5699-2.

Andersson et al. 2002. Norrköping 75 MW CFB plant and biomass DRF combustion in fluidized-bed boilers. 214-219. VTT. [www-dokumentti] [viitattu 10.4.2017] saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/symposiums/2002/s222.pdf>

Anttila, Lauri. Sekajätettä ja energiajätettä polttavien jätteenpolttolaitosten energiantuotannon hyötysuhteet [www-dokumentti]. Lappeenranta: ympäristötekniikan tiedekunta, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, 2011 [viitattu 6.4.2017]. Kandidaatintyö ympäristötekniikasta. Saatavissa: http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/74579/kandi_lauri_anttila.pdf

Basu Prabir. 2010. Biomass Gasification and Pyrolysis: Practical Design and Theory. s.365 Elsevier. ISBN 978-0-12-374988-8. [web- dokumentti] [viitattu 8.4.2017] saatavissa: <http://197.14.51.10:81/pmb/ENERGETIQUE/energie%20renouvelables/Biomass%20Gasification%20and%20Pyrolysis%20Practical%20Design%20and%20Theory.pdf>

Energiateollisuus Ry. 2015. Jätteiden energiahyödyntäminen Suomessa. s.10 [www-dokumentti] [viitattu 21.5.2017] saatavissa: https://energia.fi/files/405/ET_Jatteiden_energiakaytto_Loppuraportti_161015.pdf

European commission. 2006 reference Document on the best Available Techniques for Waste incineration. s.37 [www-dokumentti] [viitattu 9.4.2017] saatavissa: http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/wi_bref_0806.pdf

Finlex. 2017. Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta. [www-dokumentti] [viitattu 16.4.2017] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/sdliite/liite/6182.pdf>

Hiltunen, et al., 2007 Kierrätyspolttoaineiden laatuominaisuudet ja käyttö. VTT. s. 3,15. ISBN 978-951-38-6973-1 [www-dokumentti]. [viitattu 6.4.2017] Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2416.pdf>

Huhtinen et al. 2000. Höyrykattilatekniikka. Oy Edita Ab. ISBN 951-37-3360-2

Isaksson, Juhani. 2013. Metso Waste Gasificaton. [www-dokumentti] [viitattu 8.4.2017] Saatavissa:

http://www.lut.fi/documents/10633/314255/5_Isaksson_Juhani_J%C3%A4tteenhy%C3%B6tyk%C3%A4ytt%C3%B6p%C3%A4iv%C3%A4t191113_final.pdf/f9f01355-5c94-4279-b3d1-168da88f79ee

Jätelaitosyhdistys, 2017. Energiahyödyntäminen [yhdistyksen www-sivuilla]. [viitattu 1.4.2017] Saatavissa: <http://vanha.jly.fi/energia1.php?treeviewid=tree3&nodeid=1>

Kaartinen et al. 2007. Jätteen termisen käsittelyn tuhkien ja kuonien käsittely- ja sijoitusmahdollisuudet. s. 17. VTT. [www-dokumentti] [viitattu 10.4.2017] saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2411.pdf>

Kivelä, Matti. 2007. Advanced intergrated waste management and WtE demonstration. Seminaaridokumentti. Saatu ohjaajalta.

Krigmont, Henry V. 2002. Integrated Biomass Gasification Combined Cycle Power Generation Concept: The Gateway To A Cleaner Future. [web- dokumentti] [viitattu 8.4.2017] saatavissa:

http://www.alentecinc.com/papers/IGCC/ADV_GASIFICATIONWhite_Paper.htm

Lahti Energia. 2016a. Kymijärvi II Kaasutusvoimalaitos- vuosiraportti. [wwwdokumentti] [viitattu 8.4.2017] saatavissa:

www.ymparisto.fi/download/Lahti_Energia_Oy_Kymijarvi_II/9f182665-6e26-4644-9f84-5f348025b00a/117835

Lahti Energia. 2016b. Vuosikertomus. [Lahti Energian www-sivuilla] [viitattu 8.4.2017] saatavissa <https://www.lahtienergia.fi/lahti-energia/julkaisut/vuosikertomus-2015>

Laine-Ylijoki et al. 2005. Yhdyskuntajätteiden termisen käsittelyn kuonista ja tuhkista hyötykäytettäviä ja loppusijoitettavia tuotteita. s. 23. VTT [www-dokumentti] [viitattu 9.4.2017]. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2005/T2291.pdf>

Lassila & Tikanoja. 2017. Lahti energia optimoi kierrätyspolttoaineen laatua. [Lassila & Tikanojan www-sivuilla] [viitattu 17.4.2017] saatavissa: <http://blogit.lassilatikanoja.fi/kiertotalous/lahti-energia-optimoi-kierrätyspolttoaineen-laatua-yhdessa-ltbiowatin-kanssa>

Lohiniva et al. 2001. Lietteiden käsittely. s.26. VTT. ISBN 951-38-5796-4. [www-dokumentti] [viitattu 7.4.2017] saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2001/T2081.pdf>

Moren, Peter. 2015. P-15 Project Handelö. s. 166 [www-dokumentti][viitattu 17.4.2017] saatavissa: http://www.vtt.fi/files/download/lahti_stream/D54_Proceedings_of_the_seminar.pdf

Navitas Kehitys. 2012. Riikinnevan ekovoimalaitoksen ympäristövaikutusten arviointiselostus. [www-dokumentti] [viitattu 10.4.2017] Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Ymparistovaikutusten_arviointi/YVAhankkeet/Riikinnevan_ekovoimalaitos_Leppavirta_Varkaus_ja_Joroinen

Ojala, Erkki-Jussi. Kamppailu arinapolton soveltuvuudesta jätealan rakennemuutokseen [www-dokumentti] Turku: Ympäristö- ja aluepolitiikan koulutusohjelma, Turun yliopisto, 2013. s. 5-8 [viitattu 17.4.2017] Pro gradu-tutkielma. saatavissa: <https://tampub.uta.fi/bitstream/handle/10024/85133/gradu07156.pdf?sequence=1>

Oulun Energia Oy. 2013. Yrityksen työntekijältä saatu kuva.

Oulun Energia . 2016. Ympäristöraportti [www-dokumentti] [viitattu 17.4.2017] saatavissa: https://www.ouluenergia.fi/sites/default/files/attachments/oe_ekovoimalaitos_vuosiraportti_2015_nv.pdf

Raiko, Risto et al. 2002. Poltto ja Palaminen. 186-190, 467, 483-484, 505. Gummerus. ISBN 951666-604-3

Savelainen Janne, Isaksson Juhani. 2013. Kymijärvi II plant High-efficiency use of SRF in power production through gasification. 5-6 [www-dokumentti] [viitattu 20.5.2017] saatavissa: <http://pennwell.sds06.websds.net/2013/vienna/pge/papers/T4S7O2-paper.pdf>

Tammervoima, 2017. [www-dokumentti] [viitattu 9.4.2017] Saatavissa:

http://www.tammervoima.fi/uploads/images/Havainnekuvat%20voimalaitoksesta%202014/Pituuspoikkileikkaus3d_teksteilla.jpg

Tilastokeskus. 2016. Yhdyskuntajätteen määrä käsittelytavoittain vuosina 2002–2015. [www-sivu] [viitattu 17.4.2017] saatavissa:

http://www.stat.fi/til/jate/2015/jate_2015_2016-12-20_tie_001_fi.html

Vantaan Energia Oy. 2017. Tehokas yhteistuotanto [Vantaan energia www-sivuilla] [viitattu 17.4.2017] saatavissa: <https://www.vantaanenergia.fi/ykv/ykv-2015/tehokasyhteistuotanto>

Vantaan Energia Oy. 2015. Vuosiraportti [Vantaan energia www-sivuilla] [viitattu 17.4.2017] saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BF2CB2931-8189-455F-B8C9-CC7EC52F6B45%7D/120845>

Venäläinen Petri, Andritz Oy. 2015. Voimakattiloiden kehitysnäkymät ja paikalliset tarpeet. [www-dokumentti] [viitattu 16.4.2017] Saatavissa:

https://www.pohjoissavo.fi/media/seminarit-ja-tapahtumat/2015/takeoff3/venalainen_voimakattilanakymat.pdf

Vesanto, Petri. 2006. Jätteenpolton parhaan käytävissä olevan tekniikan vertailuasiakirjan käyttö suomalaisessa toimintaympäristössä. s.13, 70. Suomen ympäristökeskus. [www-dokumentti] [viitattu 10.4.2017] saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38712/SY_27_2006.pdf?sequence=3

Westenergy Oy Ab. 2017. Jätteenpolttolaitos [Westenergyn www-sivuilla] [viitattu 17.4.2017] saatavissa: <http://westenergy.fi/?l=fi&p=2&text=Laitos>

Westenergy Oy Ab. 2008. Jätteen energiakäytön ympäristövaikutusten arviointiselostus. [www-dokumentti] [viitattu 10.4.2017] Saatavissa: http://westenergy.fi/docs/westenergy_yvaselostus.pdf