

Tampereen ammattikorkeakoulu
Metsätalouden koulutusohjelma

Opinnäytetyö

ÖLJYN KÄYTÖN MINIMOINTI KAUKOLÄMPÖLAITOKSESSA

Matti Alakoskela

Työn ohjaaja Osaamiskeskuksen päällikkö, metsänhoitaja Timo Parkkinen
Työn tilaaja Vapo Oy Paikalliset polttoaineet, aluejohtaja Markku Pyykkönen
Tampere 5/2010

Tampereen ammattikorkeakoulu
Metsätalouden koulutusohjelma, aikuiskoulutus

Alakoskela Matti
Öljyn käytön minimointi kaukolämpölaitoksessa
50 sivua + 2 liitesivua
Toukokuu 2010
Työn ohjaaja Timo Parkkinen
Työn tilaaja Vapo Oy Paikalliset polttoaineet

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tavoitteena on edistää pelletin käyttöä kaukolämmöntuotannossa, lisätä kustannustietoutta Vapo Oy:n organisaatiossa sekä selvittää teemahaastattelujen avulla kolmen erilaisen kattilalaitoksen mahdollisuutta korvata öljyä kaukolämmöntuotannossa polttoaineen priimauksen avulla.

Opinnäytetyön kirjallisuuskatsauksessa perehdytään aluksi pelletin tuotantoon, mistä edetään polttoaineiden ominaisuuksiin. Tämän jälkeen tarkastellaan kolmea erilaista kattilatekniikkaa ja siitä edetään aiempiin tutkimuksiin, joiden pohjalta lähestytään opinnäytetyön tutkimusongelmaa. Tutkimusmenetelmänä käytetyn teemahaastattelun välityksellä saadun tiedon mukaan kaasugeneraattorissa ja arinakattilassa on teknis-taloudellisessa mielessä mahdollista korvata raskasta polttoöljyä polttoaineen priimauksen avulla.

Kaikissa kattilatekniikoissa on tärkeää, että pelletti saadaan menemään tasaisena seok-sena pääpolttoaineen sekaan, jotta kattilalaitos toimii moitteitta. Opinnäytetyön tekijä on pyrkinyt pitämään koko opinnäytetyön prosessin ajan esillä palamisen näkökulmaa ja toivottavasti se myös välittyy lukijalle.

Avainsanat: Polttoaineen priimaus, pelletti, energiantuotanto, kaukolämpö

Tampere University of Applied Sciences
Degree Program in Forestry, adult education

Alakoskela Matti

Minimising the use of oil in a district heating plant

50 pages + 2 pages of annexes

May 2010

Project tutor: Timo Parkkinen

Commissioner: Vapo Oy Local fuels

ABSTRACT

The objective of the thesis is to promote the use of pellets in district heat generation, to increase cost awareness in the Vapo Oy organisation as well as to find out through themed interviews if it is possible to, with the help of fuel priming, replace oil in three different types of boiler stations in district heat production.

The literature survey of the thesis first looks at pellet production and then proceeds to view the qualities of various fuels. Next, three different types of boiler techniques are examined. After this there is an overview of previous research based on which the research problem of this thesis is then approached. According to the information gained through the research method, themed interviews, in a technical and economical sense it is possible to replace some of the heavy fuel oil in gas generators as well as in grate boilers through the means of fuel priming.

In all boiler techniques it is important that the pellet is introduced to the main fuel as an even mix in order for the boiler station to operate smoothly. The writer has aimed at carrying the point of view of burning throughout the entire thesis process which is something hopefully communicated to the reader, also.

Key words: Fuel priming, pellet, power production, district heating

Sisällys

1 Johdanto	6
1.1 Pelletin tuotanto Suomessa	7
1.2 Pelletin valmistusprosessi	7
2 Poltto	10
2.1 Polttoöljyt	10
2.2 Kiinteät polttoaineet	11
2.3 Kiinteän polttoaineen käyttötekniset ominaisuudet	11
2.4 Tuhkan sulamiskäyttäytyminen	12
2.5 Kemiallinen rakenne	13
2.6 Ympäristötekniset ominaisuudet	13
2.7 Poltettavuus- ja kaasutusominaisuudet	13
3 Kaukolämpölaitoksissa öljyn käytön nykytila	14
4 Turve- ja puupelletin ominaisuudet	16
5 Kattilalaitosten tekniikka	17
5.1 Arinapoltto	17
5.2 Leijupoltto	18
5.3 Kiinteäkerroskaasutus	20
6 Aikaisemmat tutkimukset pelletin käytöstä polttoaineen primauksesta kaukolämpölaitoksissa	23
6.1 Pelletin käyttö arinakattilassa	24
6.2 Pelletin käyttö leijukerroskattiloissa	26
6.3 Pelletin käyttö vastavirtakaasuttimessa	27
7 Polttoaineiden hintavertailu	29

8 Tutkimusongelma	30
8.1 Tutkimuksen suorittaminen	30
8.2 Kohderyhmä	30
8.3 Tutkimusmenetelmä	31
8.4 Tutkimuksen validius ja reliaabelius	31
9 Tutkimustulokset	32
9.1 Kurikan kaukolämpö	32
9.2 Kauhajoen lämpöhuolto	35
9.3 Lapuan Energia	40
10 Johtopäätöksiä	45
Lähteet	49
Liitteet	51
Liite 1: Haastattelulomake	51

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, voidaanko öljyn käyttöä korvata polttoaineen priimauksen avulla olemassa olevilla kiinteän polttoaineen kattiloilla aluelämpölaitoskokoluokassa. Aiheen antoi minulle Vapo Oy:n aluejohtaja Markku Pyykkönen keväällä 2009 pohtiessamme opinnäytetyölle sellaista aihetta, joka edistäisi Vapo Oy:n liiketoimintaa ja samalla tukisi minun ammatillista kehittymistäni sekä lisäisi kustannustietoutta Vapo Oy:n organisaatiossa. Työskentelen Vapo Oy:llä paikallisten polttoaineitten parissa ja työnkuvaani sisältyy mm. hake-, turve- ja pellettipolttoaineiden toimitaminen energia-asiakkaille.

Opinnäytetyön rajausta pohtiessamme halusimme ottaa tutkittavaksi kolme erilaista aluelämpölaitoskokoluokassa olevaa kattilatekniikka, ja selvittää niissä pelletin käytön soveltuvuus polttoaineen priimaukseen. Opinnäytetyöni tutkimuskohteiksi valitut kattilat edustavat hyvin aluelämpölaitoskokoluokassa olevaa kattilatekniikka, joten tämän opinnäytetyön laadullisessa tutkimuksessa saadut tulokset on hyödynnettävissä laajemminkin, kun kyseessä on samalla kattilatekniikalla varustettu kattilalaitos.

Opinnäytetyöni kirjallisuuskatsaus on laaja, koska polttoaineiden ominaisuudet ja käytettävä kattilatekniikka ovat sidoksissa toisiinsa. Koska opinnäytetyössä tavoitellaan öljyn käytön korvaamista pelletin avulla, on kirjallisuuskatsauksessa perehdytty myös pelletintuotantoon sekä öljyn käytön nykytilaan kaukolämpösektorilla. Erityisesti lämmön erillistuotannossa on pelletin käytölle lisämahdollisuuksia.

Kaukolämmöntuotannossa olevat kiinteän polttoaineen kattilat ovat aluelämpölaitoskokoluokassa pääosin monipolttoainekattiloita, joilla tarvittaessa pystytään polttamaan erilaisia polttoaineita. Ensisijaisesti aluelämpölaitokset valitsevat käytettävät polttoaineet taloudellisin perustein, joten taloudellista kannattavuutta kunkin tutkimuskohteen osalta tarkastelen johtopäätökset-luvussa.

Pelletti kilpailee kaukolämmöntuotannossa lähinnä kevyen ja raskaan polttoöljyn kanssa, ja erityisesti turvepelletti on hinnaltaan kilpailukykyinen polttoaine myös raskaaseen polttoöljyyn nähden. Olen pyrkinyt tekemään opinnäytetyön palamisen näkökulmasta, mikä toivottavasti välittyy myös lukijalle.

1.1 Pelletin tuotanto Suomessa

Pellettiä tuotettiin v. 2008 Suomessa 25 tehtaassa, joiden yhteenlaskettu kapasiteetti on 720 000 tonnia (Tuohiniitty), joten pellettituotannon kapasiteetti on tällöin n. 3 420 GWh. Tällöin oletetaan, että tehtaiden raaka-aineen saanti ei rajoita tuotantoa. Suomen pellettitehtaista Haapaveden, Ilomantsin ja Peräseinäjoen tehtailla on pellettituotannossa mahdollista käyttää puupohjaisen raaka-aineen lisäksi myös jyrshinturvetta aina pelletin markkinatilanteen mukaisesti (Huhtanen 2009).

Suomessa tuotettiin vuonna 2007 puupellettiä 326 000 tonnia, josta vientiin meni 186 000 tonnia. Kotimainen pienkulutus oli tällöin 61 000 tonnia. Vastaavasti keskisuurten ja suurkuluttajien käyttö oli 56 000 t. Tämän lisäksi pellettituottajien varastonmuutos oli 24 000 tonnia. Tilastoinnissa keskisuureksi ja suurkäyttäjäksi luokiteltiin käyttäjät, joiden kattilateho oli yli 25 KW. Kotimaisen pelletinkäytön jako pienkulutukseen sekä keskisuureen ja suurkulutukseen perustuu osin arvioon. (Metsätilastollinen vuosikirja 2008, 297.)

Tässä opinnäytetyössä pelletillä tavoitellaan öljyn käytön korvaamista lämmön erillistuotannossa ja yhteistuotannossa, jossa öljyn käyttö on tilastokeskuksen luokituksen mukaisesti v. 2007 2 290 GWh (Tilastokeskus). Puupelletin käyttö energiaksi muutettuna keskisuurilla ja suurkuluttajilla Suomessa v. 2007 on n. 266 GWh, joten tällainen tarkastelu jo sinällään osoittaa, että pelletille on olemassa markkinoita kotimaan kaukolämmöntuotannossa nykyistä enemmän.

1.2 Pelletin valmistusprosessi

Pelletin tuotannossa käytettävien raaka-aineiden tulee olla epäpuhtauksista vapaita, jotta ne kyetään pelletöimään hallitusti ja niiden ominaisuudet soveltuvat energiakäyttöön. Pelletin valmistuksessa käytettävien raaka-aineiden optimikosteus on tavallisesti noin 10–15 %, jolloin niitä ei tarvitse kuivata ennen pelletöintiä (Suomen pellettienergiayhdistys 2009).

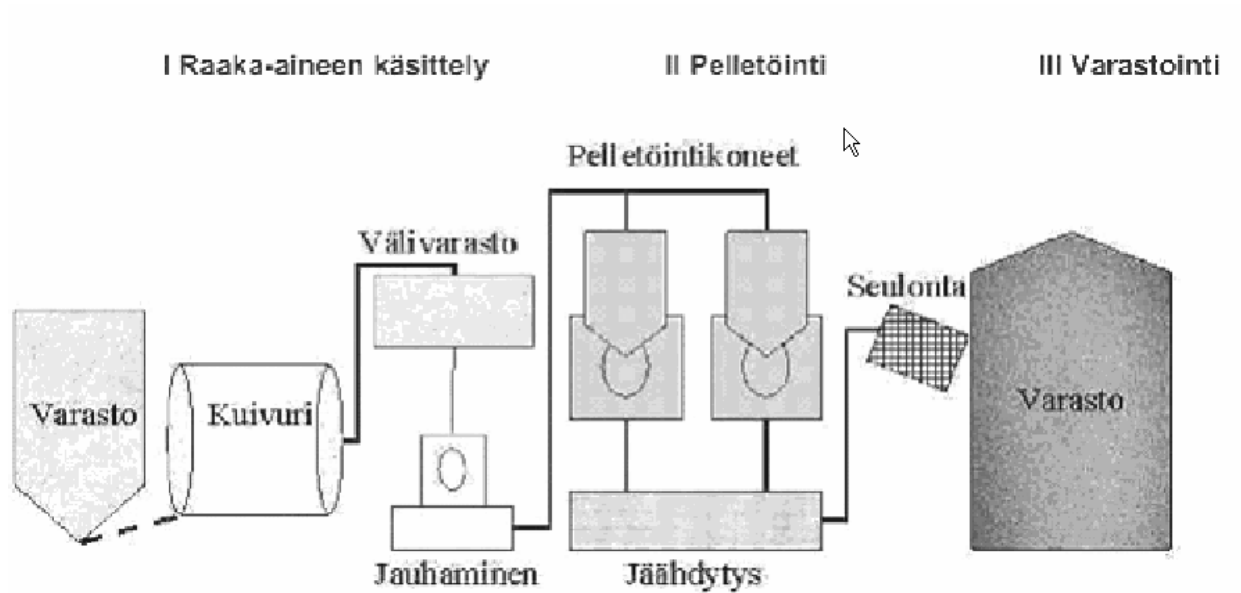
Jos raaka-aine on itsessään jo riittävän kuivaa ja palakooltaan sopivaa, se voidaan johtaa ilman kuivausprosessia jauhattavaksi vasaramyllyyn. Raaka-aineen käsittelyvaiheiden

jälkeen raaka-aine voidaan syöttää pelletöintikoneelle. Pelletöintilaitteistoja on olemassa erilaisia, ja ne eroavat toisistaan matriisityyppien ja puristusmekanismien suhteen. Raaka-aine syötetään pelletöintikoneen sekoituskammioon, jos laitteessa sellainen on. Sekoituskammiossa raaka-aineeseen on mahdollista lisätä sideaineita, kuten tärkkelystä, tai parantaa puristustapahtumaa esimerkiksi höyryä lisäämällä. Käytettävien sideaineiden määrä on tavallisesti vähäinen: noin 1 % painosta, joten se ei vaikuta polttoominaisuuksiin. Vesihöyryn ja sideaineiden käytöllä voidaan vaikuttaa energian kulu- tukseen ja laitteiston käytettävyyteen. Käytettävillä lisäaineilla voi olla voitelevaa, kos- teuttavaa tai suojaavia ominaisuuksia. (Suomen pellettienergiayhdistys 2009.)

Pelletöintikoneessa pelletöitävä materiaali puristetaan pakottamalla se matriisin reikien läpi, jonka jälkeen leikkuuterät katkaisevat puristeet oikean mittaisiksi, eli noin 10–30 mm:n pituisiksi. Pelletöinti prosessi nostaa pelletöitävän materiaalin lämpöä ja aiheuttaa luonnollisten hartsien ja sideaineiden hetkellisen pehmenemisen. Pellettien yhteensito- vina voimina ovat partikkelien kuitumaiset osat, sisäpintojen koheesio sekä ligniinin aiheuttama adheesio. Puristuvaiheessa sulanut ligniini muodostaa jäähtyttyään pelletin pinnalle kiiltävän ja koossa pitävän kerroksen ja toimii niin sanotusti luonnollisena lii- ma-aineena. (Suomen pellettienergiayhdistys 2009.)

Puristusprosessin jälkeen kuumat pelletit jäähdytetään ja ne saavuttavat lopullisen lujuu- tensa. Jäähdytyksen jälkeen pelletit kulkevat tavallisesti seulan kautta, jolloin pelletistä erotetaan pois hienoaines. Seulottu materiaali palautetaan tavallisesti takaisin tuotanto- prosessiin. (Suomen pellettienergiayhdistys 2009.)

Tehtaalla pelletit varastoidaan siloihin, irtovarastoihin tai tarvittaessa säkitetään pien- tai suursäkkeihin odottamaan jatkokuljetusta. Tarkemmin pelletöintiprosessin vaiheet on eritelty kuviossa 1.



Kuvio1: Pelletin valmistusprosessi. (Suomen pellettienergiayhdistys)

2 Poltto

Polttoprosessien avulla tuotetaan valtaosa maailman energiasta kokonaisenergiasta. Suomessa n. 40 % sähköstä ja 60 % energiasta tuotetaan polttoprosessin avulla. Nykyaikaiselle polttoprosessille asetetaan tavoitteita; korkean hyötysuhteen ja laitoksen käytövarmuuden lisäksi on prosessin päästöjen minimointi mahdollisimman pienin kustannuksin yksi tärkeimmistä tavoitteista. (Raiko, Saastamoinen, Hupa & Kurki-Suonio 2002, 60.)

Palaminen voidaan jakaa periaatteellisesti neljään eri vaiheeseen. Palamisvaiheet ovat kuivuminen, pyrolyysi eli haihtuvien kaasujen vapautuminen, haihtuvien kaasujen sytyminen ja palaminen sekä koksijäännöksen hapettuminen. (Raiko ym. 2002, 61.)

2.1 Polttoöljyt

Käyttöominaisuuksiensa perusteella polttoöljyt voidaan jakaa kevyihin ja raskaisiin öljyihin, joita on useita laatuja. Kevyiden ja raskaiden polttoöljyjen ominaisuudet vaihtelevat valmistusprosessin mukaan. Huoneenlämpötilassa raskaat polttoöljyt ovat jäykkiä nesteitä. Öljyjen luokittelu perustuukin viskositeettiin, koska jäykkyys on raskaiden polttoöljyjen tärkein käyttöominaisuus. (Raiko ym. 2002, 117 - 118.)

Polttoöljy koostuu kemialliselta rakenteeltaan suuresta määrästä erilaisia hiilivetyjä, joita luokitellaan mm. niiden tislautuvuuden, tiheyden, asfalteenipitoisuuden sekä hiiltojäännöksen mukaan. Tislausalue määrää kevyiden polttoöljyjen laadun. (Raiko ym. 2002, 118.)

Koksin muodostumisominaisuutta kuvaa öljyn hiiltojäännös. Raskas polttoöljy sisältää hiilivetyjen lisäksi rikkiä, typpeä, happea, pieniä määriä orgaanisesti sitoutuneita metalleja sekä liukenemattomia epäorgaanisia suoloja. Pääasiassa öljyn tuhka koostuu metallioksidoista, jotka saattavat aiheuttaa polttoprosessissa pintojen likaantumista ja kuonaantumista. (Raiko ym. 2002, 118.)

2.2 Kiinteät polttoaineet

Kiinteät polttoaineet jaetaan fossiilisiin ja uusiutuviin polttoaineisiin. Fossiilisia polttoaineita ovat kivihiili ja öljy, kun taas uusiutuvia polttoaineita ovat biomassapohjaiset polttoaineet, kuten puu, peltoenergia jne. Kivihiihliltä, joka on hiiltynyttä turvetta geologisessa prosessissa, kuvaa hiilymisaste ja petrografinen koostumus. Turve on sitä vastoin maatunutta kasviainesta, jota kuvaa maatumisaste ja kasvilajikoostumus. (Raiko ym. 2002, 118 - 119.)

Kierrätyspolttoaineiksi lukeutuvat yhdyskuntien ja yritysten polttokelpoiset, kuivat, kiinteät sekä syntypaikoilla lajitelluista jätteistä valmistetut polttoaineet. Polttoaineet ovat fysikaaliselta ja kemialliselta rakenteeltaan erittäin epähomogeenisia ja monimutkaisia, eikä niiden rakenteesta ole täysin yksiselitteistä tietoa. Tästä johtuen polttoaineiden ominaisuudet määritetään ennalta sovituin, standardoiduin menetelmin, joiden avulla tähdätään polttoaineen käytettävyyteen, kuten esim. polttoon ja koksaukseen. (Raiko ym. 2002, 119.)

2.3 Kiinteän polttoaineen käyttötekniset ominaisuudet

Käyttötekniisiä ominaisuuksia ovat ne ominaisuudet, joiden avulla arvioidaan polttoaineen teknistä käytettävyyttä. Tällaisiin ominaisuuksiin lukeutuvat mm. kosteus, tuhkapitoisuus, tehollinen ja kalorimetrinen lämpöarvo sekä haihtuvien aineiden ja kiinteän hiilen pitoisuudet. Kosteus on kiinteillä polttoaineilla yksi merkittävimmistä ominaisuuksista, ja sillä on suora vaikutus poltossa vapautuvaan lämpöenergiaan. (Raiko ym. 2002, 121.)

Kiinteän polttoaineen tuhaksi lukeutuu se epäorgaanisen aineen massa, joka jää jäljelle, kun polttoaine poltetaan täydellisesti hapettuvassa kaasukehässä. Tuhkan määrä ilmoitetaan yleensä painoprosenteina kuivan aineen painosta. (Raiko ym. 2002, 122.)

Haihtuvilla aineilla polttoaineessa tarkoitetaan sitä osaa, joka kaasuuntuu, kun polttoainenäytettä kuumennetaan nopeasti korkeaan lämpötilaan ilmalta suojattuna. Haihtuvien aineiden määrällä on vaikutusta polttoaineen palaessa muodostuvan liekin käyttäytymiseen. (Raiko ym. 2002, 122.)

Lämpöarvo ilmoittaa polttoaineen täydellisessä palamisessa vapautuvan lämpöenergian, ja se on merkitykseltään tärkein polttoaineominaisuus. Lämpöarvo ilmoitetaan tavallisesti kiinteille polttoaineille energiana massayksikköä kohti eli MJ/kg. Lämpöarvo ilmoitetaan joko ylempänä lämpöarvona (kalorimetrinen lämpöarvo) tai alempana lämpöarvona (tehollinen lämpöarvo). Kun lämpöarvo ilmoitetaan ylempänä lämpöarvona, palamistuotteena syntyvä ja polttoaineen sisältämä vesi oletetaan palamisen jälkeen nesteeksi. Jos lämpöarvo ilmoitetaan alempana lämpöarvona, kaiken veden oletetaan höyrystyneeksi palamisen yhteydessä. Ylempi lämpöarvo on siis veden höyrystymiseksi vaadittavan energian verran suurempi kuin alempi lämpöarvo. (Raiko ym. 2002, 122 - 123.)

Kiinteän polttoaineen koostumus jakaantuu karkeasti seuraavaan kolmeen osaan: palava aines, tuhkaa muodostava (epäorgaaninen) aines ja vesi. Näistä polttoaineen laatua heikentäviksi tekijöiksi lukeutuvat tuhkaa muodostava aines sekä vesi. Polttoainemielessä ajateltuna tärkeimmäksi osaksi muodostuu palava aines, jonka pääkomponentit ovat hiili (C), vety (H), typpi (N), rikki (S) sekä happi (O). (Raiko ym. 2002, 124.)

Palamisessa vapautuvan energiamäärän kannalta tärkeimmät alkuaineet ovat hiili ja vety, kun taas typpi ja rikki ovat merkittäviä haitallisten happamien palamistuotteiden lähtöalkuaineita. Polttoaineen sisältämää happea voidaan karkeasti verrata tuhkaa muodostavaan ainekseen, sillä se voidaan polttoteknisesti rinnastaa lähinnä polttoaineen sisältämään palamattomaan aineeseen. (Raiko ym. 2002, 124.)

2.4 Tuhkan sulamiskäyttäytyminen

Polttotekniikoissa, joissa tuhkaa poistetaan sulana tai tuhkan sulaminen voi estää polttoilman kulkeutumista, on merkitystä tuhkan sulamiskäyttäytymisellä. Tuhkan alkuainekoostumuksen avulla pyritään arvioimaan tuhkan sulamis- tai kuonaantumisoimaisuuksia, joskaan yksikäsitteistä korrelaatiota näiden mahdollisten haitallisten taipumusten välille ei kuitenkaan voida esittää. Jos tuhkassa on suuri määrä alkalimetalleja ja klooripitoisuus on korkea, haittoja yleensä esiintyy. Tuhkan koostumuksen ohella on tunnettava tapauskohtaisesti käytettävät polttotekniset ratkaisut, jotta voidaan tehdä

mahdollisia johtopäätöksiä erilaisten polttoaineiden sulamis- tai kuonaantumistaipumuksista. (Raiko ym. 2002, 125 - 126.)

2.5 Kemiallinen rakenne

Kiinteiden polttoaineiden kemiallinen rakenne tunnetaan vain pääpiirteittäin, koska niiden rakenne on erittäin monimutkainen. Biopolttoaineiden kemiallinen rakenne on kasvilajista riippuvainen. Myös turpeen kemiallinen rakenne muuntuu alkuperäisestä kasviaineksen rakenteesta maatumisprosessin myötä. (Raiko ym. 2002, 128.)

2.6 Ympäristötekniset ominaisuudet

Polttoaineiden ympäristötekniisiä ominaisuuksia ovat ne ominaisuudet, jotka aikaansaavat ympäristön saastumisen. Ympäristön saastumisen kannalta merkittävimmät ominaisuudet ovat rikki-, typpi-, kloori- ja muut haitalliset hivenalkuainepitoisuudet. Hivenalkuaineiksi lukeutuvat ne alkuaineet, joita esiintyy pieninä määrinä polttoaineissa (alle 1000 ppm). Hivenalkuaineista raskasmetallit muodostavat merkittävän ryhmän. (Raiko ym. 2002, 128.)

2.7 Poltettavuus- ja kaasutusominaisuudet

Polttoaineen poltettavuus- ja kaasutusominaisuuksilla tarkoitetaan sitä, miten polttoaine on poltettavissa tai kaasutettavissa eri prosesseissa. Tällöin kyseessä on lähinnä polttoaineen koksen hapettumisen nopeus. Koksen hapettumisnopeuteen vaikuttavat monet tekijät, kuten polttoaineominaisuudet, prosessiparametrit (lämpötila, paine, hapenkantaja) sekä prosessityypit. Polttoaineen tullessa kuumaan reaktoriin se pyrolysoituu, jolloin siitä vapautuu haihtuvat aineet. Jäljelle jää koksijäännös, jonka hapettumisominaisuuksiin vaikuttavat koksen ominaisuudet ja prosessiolosuhteet. (Raiko ym. 2002, 130.)

3 Kaukolämpölaitoksissa öljyn käytön nykytila

Kaukolämmityksellä tarkoitetaan rakennusten ja käyttöveden lämmittämiseen tarvittavan lämmön keskitettyä tuotantoa ja julkista jakelua asiakkaina oleville kiinteistöille. Kaukolämmitykselle on myös ominaista, että se toteutetaan organisoidun liiketoiminnan muodossa. Kaukolämmityksen siirtoaineena on vesi tai höyry, joka verkoston välityksellä jaetaan asiakkaalle. (Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, 25.)

Lämmitysjärjestelmänä kaukolämpö kilpailee kiinteistökohtaisten lämmitysjärjestelmien kanssa. Talokohtaisella ja keskitetyllä lämmityskattilalla ei ole kovin suurta eroa hyötysuhteissa ja tuotantokustannuksissa, mikäli molempiin käytetään samaa polttoainetta. Keskitetyssä lämmityksessä päästöjen vähentäminen on kuitenkin toteutettavissa tehokkaammin. Kaukolämmön kilpailukyky riippuu myös mahdollisuudesta käyttää sähkön ja lämmön yhteistuotantoa, jolloin tuotantokustannukset ja päästöjen vähentämisestä aiheutuvat kustannukset jakaantuvat sähkön- ja lämmöntuotannolle. (Koskelainen ym. 2006, 25 – 26.)

Yhteistuotannolla tarkoitetaan sähkön- ja lämmön yhdistettyä tuotantoa samassa prosessissa, kun taas lämmön erillistuotannolla tarkoitetaan pelkästään lämmöntuotantoa (Tilastokeskus, käsitteet ja määritelmät).

Vuonna 2007 kaukolämmön nettotuotanto oli kaukolämmön erillistuotannossa 9 251 GWh ja yhteistuotannossa 24 327 GWh. Yhteensä kaukolämmön tuotanto oli siis 33 578 GWh. Vastaavasti v. 2007 kulutus jakaantui seuraavasti: verkosto ja mittaushäviöt 2907 GWh (9 %), asuintalot 17 274 GWh (51 %), teollisuusrakennukset 3 008 GWh (9 %) ja muut kuluttajat 10 389 GWh (31 %). (Timonen, Niininen, Aalto & Grönfors 2008, 75).

Lämmön erillistuotannossa öljyä käytettiin 2 048 GWh ja yhteistuotannossa 242 GWh. Kaiken kaikkiaan v. 2007 öljyä käytettiin tilastokeskuksen luokittelun mukaisesti (Tilastokeskus.fi) kaukolämmöntuotannossa yhteensä 2 290 GWh, minkä lisäksi öljyä käytettiin tilastokeskuksen luokittelussa teollisuuslämpönä 3 801 GWh.

Polttoaineenkäyttö v. 2007 osalta lämmön erillistuotannossa ja yhteistuotannossa oli seuraavanlainen: hiili 8 369 GWh, öljy 2 290 GWh, maakaasu 9 827 GWh, muut fossiiliset polttoaineet (muovit ym.) 265 GWh, turve 6 986 GWh, metsäteollisuuden jäteliemet 206 GWh, muut puupolttoaineet 4 026 GWh, muut uusiutuvat polttoaineet 505 GWh sekä muut energialähteet 1 056 GWh. Näistä muodostui kokonaispolttoaineenkäytöksi yhteensä 33 531 GWh. (Tilastokeskus.fi)

Kaukolämmön hinta

Kaukolämmön hinta vaihtelee eri kuluttajatyypeittäin ja kaukolämpöyhtiöittäin. Kullakin yhtiöllä on omat laskutushintansa. Tilastokeskus seuraa kaukolämmön kokonaishintaa eri kuluttajatyypeittäin, hinnat sisältävät perus-, energia- ja muut mahdolliset maksut. Kuviossa 2. esitetyt hinnat ovat Energiateollisuus ry:n kaukolämpö jäsenlaitosten kuluttajien lukumäärällä painotettuja keskihintoja ko. kuluttajatyypille.

Kuluttajatyyppe	Rakennustilavuus m³	Energiankulutus MWh/a	Hinta, €/MWh sis. Alv:n 22 %
Pientalo	500	20	69,25
Rivitalo	2 000	100	63,45
Pienkerrostalo	5 000	225	62,85
Kerrostalo	10 000	450	60,77
Suuri kerrostalo	25 000	1 125	58,47

Kuvio 2: Kaukolämmön hinta kuluttajatyypeittäin (Tilastokeskus, taulukko 9)

4 Turve- ja puupelletin ominaisuudet

Turve ja puupelleille ei ole olemassa yhtenäistä laatuluokitusta. Isoimmilla pelletinvalmistajilla on olemassa omat laatuluokitukset. Kuviossa 3. on esitetty Suomen suurimman pellettituottajan Vapo Oy:n keskeiset vaatimukset turve ja puupelleille.

Pelletiltä vaadittava ominaisuus	Turvepelletti (Tyypillinen arvo)	Puupelletti
Raaka-aine	Jyrsinpolttoturve	Kemiall. käsittelemätön kuoreton puu
Pelletin mitat	D12	D08
Halkaisija (D)	$\leq 12 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$	$\leq 8 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$
Pituus (L)	$\leq 5 \times D$	$\leq 4 \times D$
Halkaisija (D)	D15	D06
Halkaisija (D)	$\leq 15 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$	$\leq 6 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$
Pituus (L)	$\leq 5 \times D$	$\leq 5 \times D$
Kosteus	15 %	< 10 %
Käsittelykestävyys	$\geq 95 \%$	> 97,5 %
Irtotiheys	700 kg/i-m ³	> 625 kg/i-m ³
Energiatiheys	$\geq 3,3 \text{ MWh/m}^3$	$\geq 3 \text{ MWh/m}^3$
Tehollinen lämpöarvo, Q _{p,net,ar}	4,7 KWh/kg $\geq 16,9 \text{ MJ/kg}$	> 4,75 KWh/kg > 17,1 MJ/kg
Tuhkaa, 550 °C, kuiva-aineessa	3 %	< 0,5 %

Kuvio 3: Pelletin laatuvaatimukset (Vapo)

5 Kattilaitosten tekniikka

Seuraavissa luvuissa esitän kolme erilaista kiinteän polttoaineen polttotekniikkaa, jotka ovat yleisesti käytössä kaukolämmön tuotannossa. Kustakin tekniikasta on olemassa useita erilaisia variaatioita, joten yksityiskohtaiseen teknologiseen tarkasteluun ei näissä luvuissa syvennytä, vaan näkökulmana on kunkin tekniikan osalta polttoaineen käytön näkökulma.

5.1 Arinapoltto

Arinapoltto on hyvin yleinen polttotekniikka, jolla pystytään polttamaan hyvin erilaisia materiaaleja. Pienissä kattiloissa, kuten esim. omakotitalojen kattiloissa, arinat ovat kiinteitä, kun taas isommissa kattiloissa käytetään mekaanisia arinoita. Arinapoltto on ollut teollistumiskauden alusta lähtien yleisin pienten ja keskisuurten yksiköiden kiinteiden polttoaineiden polttomenetelmä (Koskelainen ym. 2006, 285).

Kiinteät polttoaineet (esim. hiili-, turve-, puu-, jätepolttoaineet) ovat ominaisuuksiltaan keskenään hyvin erilaisia, ja niiden polttamiseen kehitetyt arinakonstruktiot sekä niihin liittyvät tulipesät poikkeavat toisistaan (Raiko ym. 2002, 466). Polttoaine syötetään arinalle koko sen leveydeltä tasaisena kerroksena. Tämä on tärkeää, koska polttoaineen sekoitettavuus arinalla on huono, vaikka arinaraudat olisivat liikkuvia. Mikäli polttoaine ei ole levittänyt arinalle tasaisesti, on seurauksena primääri-ilman hallitsematonta karkeamista sieltä, missä arinan ja polttoainekerroksen vastus on pienin. (Koskelainen ym. 2006, 286.)

Kiinteän polttoaineen palaminen arinalla noudattaa samoja pääsääntöjä kuin muillakin polttomenetelmillä. Polton päävaiheet ovat kosteuden poistuminen, pyrolyysi ja haihtuvien aineiden palaminen sekä jäännöshiilen palaminen. Kaikki palamisen vaiheet tapahtuvat yksittäisessä polttoainekappaleessa pääasiassa peräkkäin, mutta arinalla on samanaikaisesti eri palamisvaiheessa olevia kappaleita. (Raiko ym. 2002, 466 – 467.)

Polttoaineen kosteudella on suuri vaikutus polttoaineen teholliseen lämpöarvoon ja näin ollen polttoainevirtaan ja sitä kautta polttoaineiden käsittelylaitteiden mitoittamiseen.

Kosteus on pääosin haihdutettava ennen kuin varsinainen palamisprosessi käynnistyy, mikä on huomioitava arinapinnan ja tulipesän mitoituksessa. (Raiko ym. 2002, 469.)

Korkea kosteuspitoisuus alentaa polttoaineen tehollista lämpöarvoa, laskee palamislämpötilaa ja heikentää palamistulosta. Tästä johtuen voidaan nyrkkisääntönä sanoa, että kosteuden ylittäessä 60–62 % joudutaan kehittyneissäkin arinakonstruktioissa palamista tukemaan polttoaineella, jolla on parempi lämpöarvo. (Raiko ym. 2002, 469.)

Polttoaineen reaktiopinta on kääntäen verrannollinen palakokoon, ja näin ollen pienempi palakoko nopeuttaa ja tehostaa palamista. Arinapolttoaineiden palakoon osalta ääripäitä edustavat esim. puuhalot ja hienojakoinen jyrshinturpe tai palaturpeen mukana tuleva hienoaines. (Raiko ym. 2002, 469.)

Haihtuvien komponenttien määrä polttoaineissa vaikuttaa lähinnä tulipesän ja toisioilmajärjestelmien mitoitukseen. Pieni haihtuvien komponenttien osuus polttoaineessa merkitsee suurta jäännöshiilen osuutta ja päinvastoin, joten tätä kautta haihtuvien komponenttien osuus vaikuttaa arinan pinta-alaan ja erityisesti eri vaiheille varattavien pinta-alaosuuksien mitoitukseen. (Raiko ym. 2002, 470.)

Puupolttoaineen tuhkan sulamislämpötila on suhteellisen korkea (taso yli 1400 °C), mistä aiheutuu ongelmia harvoin arinapoltossa. Turpeen tuhkan sulaminen alkaa alemmalla tasolla kuin puun (alle 1050...1150 °C), mistä aiheutuvia ongelmia on esiintynyt erityisesti kuivan palaturpeen arinapoltossa. Ongelmia voidaan pyrkiä pienentämään esim. valitsemalla mekaaninen vesijähdytetty arina ja käyttämällä esilämmittämätöntä palamisilmaa loppuun palamisvyöhykkeellä. (Raiko ym. 2002, 471.)

5.2 Leijupoltto

Leijupoltossa polttoaineen palaminen tapahtuu pedissä (kerroksessa), jota leijutetaan sen alapuolelta puhallettavan ilman avulla. Leijupeti muodostuu kiinteästä petimateriaalista, joka on yleensä hiekkaa, siihen syötettävästä polttoaineesta, ilmasta sekä palamisesta syntyvistä savukaasuista. (Koskelainen ym. 2006, 289.)

Leijukerroskattilat jaetaan kerrosleijukattiloihin ja kiertoleijukattiloihin leijupedin käyttämisen perusteella. Kiertoleijukattilassa hiukkaset ja petimateriaali kulkevat leijutuskaasun mukana pois leijukattilasta, ja ne on jatkuvuustilan aikaansaamiseksi palautettava takaisin erillisillä erotus- ja kierrätyslaitteilla, syklonilla ja palautusputkilla. Kerrosleijukattilassa hiukkaset ja petimateriaali pysyvät leijukerroksessa. (Koskelainen ym. 2006, 290 - 291.)

Kerrosleijukattilassa polttoaine syötetään tavallisesti sulkusyöttimen ja syöttösuppilon kautta tulipesän leijupedin yläpuolelle. Myös tunkijaruuvia voidaan käyttää polttoaineen syötössä. Kiertoleijukattiloissa polttoaineen syöttö tapahtuu tavallisesti sulkusyöttimen kautta sykloneiden palautuskanavaan tai tunkijaruuvilla tulipesän etuseinälle. (Koskelainen ym. 2006, 291.)

Leijukerroskattiloissa primääri-ilma puhalletaan ilmakaapin ja arinasuuttimien läpi tulipesään. Polttoaineen kosteus lisää primääri-ilman osuutta, mikä vaihtelee polttoaineesta riippuen 45-80 %. Sekundääri- ja tertiääri-ilmat johdetaan tulipesään n. 1,5 – 4,0 m arinapinnan yläpuolelle. (Koskelainen ym. 2006, 291.)

Kerros- ja kiertoleijukattilalla on sama palamishyötysuhde, mutta kiertoleijukattilalla on matalammat typenoksidi- ja rikkidioksidipäästöt. Myös kivihiilen käyttäminen pääpolttoaineena on mahdollista kiertoleijukattilassa. Kerrosleijukattilan etuna kiertoleijukattilaan nähden voidaan pitää sen parempaa soveltuvuutta myös hyvin märille ja matalalämpöarvoisille polttoaineille. Kerrosleijukattilan yksinkertaisemmasta rakenteesta johtuen sen hinta on halvempi kuin kiertoleijukattilan (ei syklonia eikä palautusputkea), mikä korostuu erityisesti pieniä polttolaitoksia hankittaessa. (Koskelainen ym. 2006, 292.)

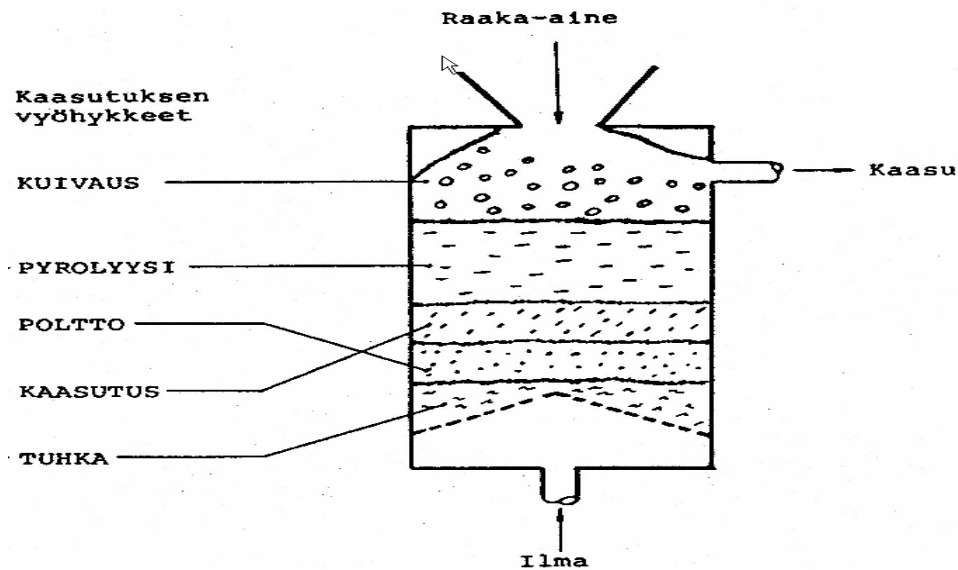
5.3 Kiinteäkerroskaasutus

Polttoaineen kaasutuksella tarkoitetaan kiinteän hiilipitoisen materiaalin muuttamista kaasumaisiksi yhdisteiksi. Kaasutettava materiaali voi olla hiiltä, turvetta, puuta, yhdyskuntajätettä tai muuta hiilipitoista materiaalia. Kaasutettavan materiaalin lisäksi prosessissa tarvitaan ilmaa, happea, vesihöyryä tai näiden seoksia. Kaasutusmenetelmästä ja raaka-aineesta riippuen saadaan lopputuotteeksi kaasuseos, jossa on palavina komponentteina vaihtelevia määriä hiilimonoksidia, vetyä ja metaania. (Filen, Jantunen & Salo 1984, 8.)

Kiinteäkerroskaasutus jaotellaan perinteisesti myötä- ja vastavirtakaasutukseen. Menetelmät eroavat toisistaan siinä, kulkevatko kiintoaines ja kaasuvirrat reaktorissa toisiinsa nähden myötä- vai vastavirtaan. Käytettävän kaasutusmenetelmän valinta riippuu ensisijaisesti kaasun käyttötarkoituksesta, tarvittavasta kapasiteetista ja saatavilla olevasta polttoaineesta. (Filen ym. 1984, 8.)

Myötävirtakaasutuksessa syntyvässä tuotekaasussa on pieni tervapitoisuus. Tällöin se on käyttökelpoista esimerkiksi putkikuljetuksiin, joissa suuri tervamäärä aiheuttaisi tuntevia vaikeuksia kondensoitumalla putkien seinämille. Samoin moottoripolttoaineeksi se on käyttökelpoista puhdistuksen jälkeen. Ajoneuvoissa käytetyt puukaasuttimet ovat perinteisesti olleet myötävirtatyypisiä kaasuttumia. (Filen ym. 1984, 14.)

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan kaasutusta ainoastaan vastavirtakaasutuksen näkökulmasta, koska kunnallisilla lämpölaitoksilla on käytössään tätä tekniikkaa. Näiden laitosten pääpolttoaine on palaturve, mutta myös haketta käytetään polttoaineena näissä lämpölaitoksissa erityisesti kesäaikana, jolloin tehontarve kaukolämmöntuotannossa on pienimmillään.



Kuvio 4: Perusmalli vastavirtakaasutusreaktorista. (Filen ym. 1984, 9)

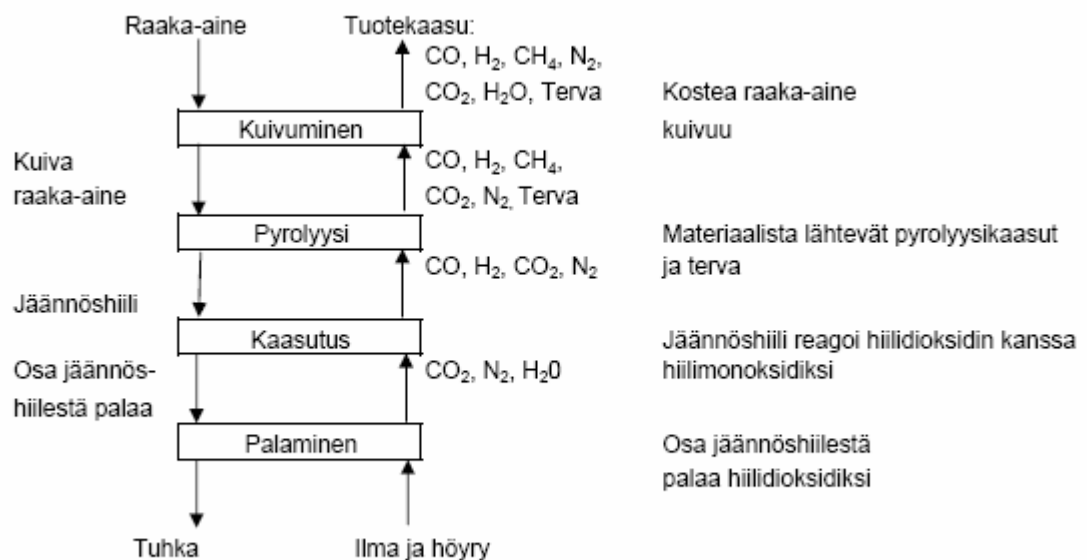
Vastavirtakaasutusreaktori on toimintaperiaatteeltaan kuilu-uuni, johon palamainen polttoaine syötetään ylhäältä ja ilma- (tai happi-) höyryseos alhaalta. Menetelmän lopputuotteena on kostea tervapitoinen tuotekaasu, joka poistuu reaktorin yläosasta. Vastavirtareaktorissa on mahdollista käyttää kosteampaa polttoainetta kuin myötävirtareaktorissa, koska haihtunut kosteus poistuu reaktorista tuotekaasun mukana häiritsemättä reaktorin poltto- ja kaasutusvyöhykkeiden toimintaa. (Filen ym. 1984, 15.)

Vastavirtakaasutuksessa polttoaine syötetään reaktorin yläosaan. Kaasutettava materiaali kohtaa ensimmäiseksi reaktorista poistuvan kuumen tuotekaasun, jolloin se kuivuu ja polttoaineesta haihtunut kosteus joutuu sellaisenaan tuotekaasuun. Tästä on seurauksena kaasun lämpöarvon heikkeneminen. Toisaalta tätä kompensoi se, että nyt polttoaineen kosteus ei joudu reaktorin alempiin kerroksiin, jossa tapahtuvat varsinaiset reaktiot. Tuotekaasun sisältämästä vesihöyrystä ei ole haittaa, jos kaasu käytetään polttoon, kuten pienten vastavirtakaasuttimien tuotekaasu enimmäkseen käytetään. (Filen ym. 1984, 15 – 17.)

Reaktorissa alaspäin kulkiessaan kuivunut polttoaine kohtaa seuraavaksi kuivumisvyöhykettä kuumemman pyrolyysivyöhykkeen, jossa tapahtuu hiiltyminen. Polttoaine pyrolysoituu nopeasti, koska kaasuvirta tuo uutta lämpöä reaktorin alaosaan. Pyrolyysivyöhykkeen lämpötila kohoaa alaspäin mentäessä, ja lämpötilan noustua yli 500 °C:n polttoaineesta on jäljellä enää jäännöshiili. Vastavirtakaasutusreaktorissa ilma pu-

halletaan reaktorin alaosaan, mihin muodostuu kaasuttimen kuumin vyöhyke, jossa tapahtuu polttoaineen palaminen. (Filen ym. 1988, 17.)

Vastavirtakaasuttimen tuotekaasu on tervapitoista ja siinä on polttoaineesta ja olosuhteista riippuen 40–50 G tervaa kaasukuutiota kohden. Tämä aiheuttaa sen, että kaasun käyttö muuhun kuin polttoon on vaikeaa. Tervapitoisen kaasun poltto onnistuu kuitenkin öljykattilassa hyvin, ja tässä yhteydessä kaasun sisältämästä tervasumusta on pelkästään hyötyä. Terva saattaa lisätä kaasun kokonaislämpöarvoa jopa 30 %. (Filen ym. 1984, 20.)



Kuvio 5: Vastavirtakaasutuksen periaate (Filen ym. 1984, 16)

6 Aikaisemmat tutkimukset pelletin käytöstä polttoaineen priimauksessa kaukolämpölaitoksessa

Opinnäytetyössäni tutkimuskohteenani on kolme erityyppistä asiakasta, joilla kaikilla on eri tekniikkaan perustuvat kiinteän polttoaineen kattilat. Kauhajoen lämpöhuolto Oy:lla on käytössä kolme vastavirtakaasutin-periaatteella toimivaa kattilalaitosta. Kurikan kaukolämmöllä on sekä arina- että leijukerrosperiaatteella toimivat kattilalaitokset, joita tässä opinnäytetyössä tarkastellaan vain arinakattilalaitoksen näkökulmasta. Lapuan energialla on pääkattilana leijukerroskattila sekä ja vara- ja huippukattilana toimiva arinakattila. Lapuan energian osalta keskitytään siihen, miten leijukattilassa pystyttäisiin lisäämään pelletin käyttöä öljyn korvaajana.

Tutkimuskohteena olevista Vapo Oy:n asiakkaista Kauhajoen lämpöhuolto Oy:lla ja Kurikan kaukolämpö Oy:lla on käyttökokemusta turvepelletin käyttämisestä kattilalaitoksissaan. Turvepelletti on edullisemman hintansa vuoksi ollut heille puupellettiä sopivampi vaihtoehto.

Lukuisissa käyttökohteissa on pellettiä ainakin koekäytetty kattilalaitoksen polttoaineena, ja näin eri toimijat ovat muodostaneet omat käsityksensä pelletin sopivuudesta juuri heidän kattilalaitokseensa. Vapo Oy:lla itsellään on käytössään lukuisia turve- tai puupelletille varta vasten suunniteltuja kattilalaitoksia. Nämä kattilalaitokset toimivat arinatekniikalla, ja kattilalaitosten kokoluokka on 300 KW - 10 MW (Leppälä 2009).

Seuraavissa luvuissa käsitellään kolmen eri raportin valossa pelletin sopivuutta kolmeen erilaiseen kattilalaitokseen. Ennen kuin yleistetään yksittäistä käyttökoetta laajemmalle, on kuitenkin muistettava, että kukin laitos on oma yksikkönsä omine vahvuuksineen ja heikkouksineen. Myös polttoaineen saatavuus ja hinta vaihtelevat alueittain. Kukin asiakas joutuu siis aina valitsemaan itselleen omista lähtökohdistaan parhaiten sopivan toimintatavan.

6.1 Pelletin käyttö arinakattilassa

Tässä luvussa tarkastelen opinnäytetyötä, jossa Kyyjärven lämpölaitoksen arinakattiloissa käytettiin turvepellettiä laadun tasaajana. Tutkimuksen tavoitteena oli tutkia, miten turvepelletti soveltuu ongelmatilanteissa kostean tai muuten huonolaatuisen pääpolttoaineena olevan hakkeen seosaineeksi Kyyjärven lämpölaitoksella (Korte 2005, 8).

Kyyjärven lämpölaitoksella on kaksi arinakattilaa, joissa on kiinteät tasaporrasarinat. Kattiloiden tehot ovat 990 KW ja 1500 KW, ja kattilat on otettu käyttöön vuosina 1999 ja 2001. Kattiloiden pääpolttoaine on hake, ja lämmöntuotanto vuodessa 6000 MWh. (Korte 2005, 47.)

Perinteinen polttojakso lämpölaitoksella tehtiin 15.–29.11.2004, jolloin haketta käytettiin laitoksella yhteensä 644 i-m³. Hakkeen ja turvepelletin seospolttajakso alkoi 26.1.2005 ja päättyi 9.2.2005. Seospolttokokeessa haketta käytettiin 435 i-m³ ja turvepellettiä 5416 kg. (Korte 2005, 9 – 12.)

Kokeessa turvepelletti syötettiin erillisestä säiliöstä suoraan hakkeen siirtoruuvien päähän, jolloin pelletti sekoittui hyvin hakkeen sekaan, kun tankopurkaimet siirsivät haketta siirtoruuville (Korte 2005, 12). Siirtoruuvit siirsivät seospolttoaineen ensin 990 kilowatin kattilan välivarastoon, josta se siirtyi edelleen 1500 kilowatin kattilan siirtoruuveille (Korte 2005, 23). Haketta raskaampana turvepelletti putosi 990 kilowatin kattilan välivarastoon, mistä johtuen 990 kilowatin kattila sai enemmän turvepellettiä palamiseen kuin isompi kattila (Korte 2005, 23). Turvepellettikoejaksoa varten ei tehty muutoksia kattilan säätöihin, ja kattilaa ajettiin samoilla säädöillä, kuin pelkkää haketta käytettäessä (Korte 2005, 12).

Kokeen tuloksissa on huomioitava, että 990 kilowatin kattilalla tuotettu teho oli yksi kolmasosa kattilan tuottamasta vakiotehosta, ja kattilan tehontuottoa vaihdeltiin perinteisen ja seospolttajakson aikana. 1500 kilowatin kattila tuotti lämpöenergiaa molempien koejaksojen aikana vakioteholla. (Korte 2005, 23.)

Perinteisen koejakson hakkeen energiasisältö oli 537,22 MWh ja keskikosteus 42 %. Seospolttoainejakson hakkeen energiasisältö oli 454,7 MWh ja keskikosteus 38 %. Turvepelletin energiasisältö oli 24 MWh. (Korte 2005, 24–25.)

Hakkeella suoritettussa koejaksossa märkä ja kostea polttoaine synnytti palamisessa kikutpolttua, mikä aiheutti huonoa palamista, jonka seurauksena syntyi enemmän tuhkaa. Pelkällä hakkeella suoritettussa koejaksossa tuhkan palamaton aine oli 4,4 % kuiva-aineen painosta, ja tämä oli hävikkiä polttoaineen energiasisällöstä. (Korte 2005, 25.)

Kun turvepellettiä lisättiin hakkeen sekaan, havaittiin palamisessa iso muutos. Turvepelletin lisäyksen ansiosta palaminen oli kuumempaa ja hakkeen hiiltymistä tapahtui vähemmän. Turvepelletin lisäyksen ansiosta kattilan hyötysuhde parani. Tosin tähän vaikutti myös se, että käytetty hake oli tasalaatuista ja kosteuden vaihtelu pieni. (Korte 2005, 25.)

Seospolttoainejakson aikana myös tuhkaa tuli vähemmän kuin pelkällä hakekoejaksolla. Seospolttoainejaksolla saatujen tulosten mukaan tuhkan palamaton aine oli 4,0 % kuiva-aineen painosta. Tuloksesta havaitaan se, että turvepelletin lisäyksellä saatiin vähemmän palamatonta tuhkaa, mitä kautta syntyi vähemmän hävikkiä. (Korte 2005, 25- 26.)

Seospolttoainejaksolla saatiin aikaan hyvä palaminen, tulipesä pysyi riittävän kuumana ja tehokas toisioilman sekoitus auttoi kaasujen palamisessa vielä lämmönsiirto-osassa. Hyvän palamisen seurauksena savukaasujen lämpötila pysyi tasaisena. (Korte 2005, 35.)

Kyyjärven lämpölaitoksessa tehdyn tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että turvepelletin polttokoe onnistui hyvin hakkeen seospolttoaineena. Myös hake- ja turvepellettiseoksen syöttö ja sekoittuminen onnistui hyvin siirtoruuvien osalta, mutta sen sijaan 990 kilowatin kattilan välivarasto osoittautui ongelmaksi. Polttoaineseoksessa raskaampi turvepelletti jäi suurimmaksi osaksi 990 kilowatin välivarastoon, ja näin 1500 kilowatin kattila sai vähemmän turvepellettiä. (Korte 2005, 45.)

Seospolttoainejaksolla kattilan hyötysuhde oli kahdeksan prosenttiyksikköä parempi kuin pelkällä hakkeella suoritettulla koejaksolla. Hyötysuhteen eroon vaikuttaa myös se, että seospolttoainejakson aikana käytössä on ollut kosteudeltaan tasalaatuinen hake. (Korte 2005, 45.)

6.2 Pelletin käyttö leijukerroskattiloissa

Saarijärven kaukolämmön 4,5 MW:n leijupetikattilassa selvitettiin turvepelletin käyttömahdollisuuksia kosteiden polttoaineiden (mm. kuoren ja purun) seassa nostamassa palamislämpötilaa, vähentämässä tehon vaihtelua ja näin nostamassa kattilan tehokkuutta ja polton vakautta leijupetikattilassa. (Siivola 2004, 3.)

Saarijärven kaukolämmöllä tehdyssä käyttökokeessa tavoitteena oli selvittää turvepelletin käytön mahdollisuus tukipolttoaineena kuplivassa leijukerroskattilassa. Käyttökokeessa tavoitteena oli seurata polton aikana seuraavia parametrejä: kattilan lämpötila, kattilan teho, savukaasujen lämpötila, O₂-pitoisuus ja muut huomioitavat seikat. (Siivola 2004, 3.)

Käyttökoe toteutettiin siten, että pääpolttoaine kokeen aikana oli puru, jonka kosteus oli 54 % ja energiasisältö 3,045 MWh/t. Kokeessa käytettiin kahta erilaista turvepellettimäärää, jotka lisättiin pääpolttoaineen mukaan käsin sulkusyöttimeltä. Syötetyt turvepellettimäärät olivat 1 kg/min ja 0,75 kg/min. Turvepelletin kosteus oli keskimäärin 11,7 % ja energiasisältö 5-5,2 MWh/t. Kummallakin pellettimäärällä koejakso kesti yhden tunnin. (Siivola 2004, 4.)

Ensimmäisessä kokeessa 1 kg/min pelletin syöttömäärällä pedin lämpötilan nousu alkoi heti pelletin syötön aloitettua ja oli korkeimmillaan 65 minuutin kuluttua syötön aloituksesta, jolloin lämpötila oli noussut 63 °C lähtötilanteesta. Keskimäärin pedin lämpötila oli ensimmäisessä kokeessa 717 °C. Syöttämällä pellettiä 0,75 kg minuutissa kattilaan, lähti pedin lämpötila nousuun vaikkakin huomattavasti hitaammin. Lähtölämpötilan ja huippulämpötilan välinen ero oli ainoastaan 26 °C, ja pedin keskilämpötila oli 699 °C. (Siivola 2004, 5.)

Käyttökokeen yhteenvedossa todetaan, että turvepelletti ei aiheuttanut suuria muutoksia seurattuihin arvoihin, mikä selittynee pelletin vähäisillä syöttömäärillä. Syöttömäärät olivat 60 kg/h ja 45 kg/h. Mitatuista parametreista selvintä muutosta oli havaittavissa vain pedin lämpötilassa, jossa havaittiin selvää nousua lähtö- ja välitilanteisiin. Myös muissa kattilan lämpötiloissa havaittiin eroja pelletin syötön seurauksena, mutta niiden vaihtelut olivat huomattavasti pienempiä ja selittyivät osittain normaalilla vaihtelulla. Pelletin syöttömäärää ei kuitenkaan voitu nostaa, sillä syöttölaitteiden hertsiluku laskisi liian alas ja lopulta pääpolttoaineen syöttö pysähtyisi. (Siivola 2004, 11.)

Polttoaineiden priimauksessa turvepelletin käytön hyöty perustuu sen öljyä vähentävään vaikutukseen, mikä näkyy laitoksen kannattavuudessa. Mikäli käytettävä puru on hyvälaatuista, on öljyntarve vähäinen. Turvepelletin tarve määräytyy pitkälti pääpolttoaineen energiasisällön mukaan. (Siivola 2004, 11.)

6.3 Pelletin käyttö vastavirtakaasuttimessa

VTT on suorittanut vastavirtakaasutuskokeet pilot-kaasuttimella, jonka maksimiteho oli 1,5 MW. Kokeissa käytettiin erilaisia polttoaineita, palaturvetta, turvepellettiä ja haketta. Käytettyjen polttoaineiden kosteus vaihteli 15 ja 52 %:n välissä. Kokeissa määritettiin tuotekaasun koostumus ja tervapitoisuus, reaktoriin syötetty materiaalmäärä sekä reaktorin lämpötila. Kuivan tuotekaasun lämpöarvo oli 4,5 – 6,2 MJ/m³, joka riippui lähinnä kaasutettavan polttoaineen kosteudesta. Raakakaasun lämpöarvo oli 3,5 – 5 MJ/m³ (mukana vesihöyry ja terva), ja se oli voimakkaasti riippuvainen polttoaineen lähtökosteudesta. Kokeessa käytettyjen polttoaineiden kaasuttaminen onnistui hyvin. (Filen ym. 1984, 3.)

Kaasutuskokeissa käytettiin halkaisijaltaan sekä 25 mm että 10 mm pellettiä, joiden kosteudet olivat 15 % ja 17 %. Erot näiden pellettien välillä olivat siis lähinnä palakoossa. Pelletit ovat kovapintaisia ja melko kuivia, ja niiden lämpöarvo on alhaisen kosteuden ansiota melko korkea verrattuna esim. palaturpeeseen. Koeajojen aikana käytettiin 0,6 MW kaasutustehoa, ja se pidettiin vakiona koko ajan. (Filen ym. 1984, 54.)

Turvepelletistä valmistettu kaasu oli hyvin samankaltaista kuin palaturpeesta valmistettu kaasu. Pienehköt erot hiilimonoksidi- ja vetypitoisuudessa johtuivat polttoaineen eri-

laisesta lähtökosteudesta. Turvepelletistä, joka on palaturvetta kuivempi materiaali, saadaan tuotekaasuun enemmän hiilimonoksidia, mutta vastaavasti vähemmän vetyä, kuin palaturpeella tuotetusta tuotekaasusta. Molemmilla turvepellettilaaduilla tuotetun kaasun lämpöarvo oli n. 6 MJ/m^3 laskettuna kuivakaasukuutiota kohden. Raakakaasun lämpöarvo oli n. 4.9 MJ/m^3 . (Filen ym. 1984, 55.)

Reaktorista mitattiin myös painehäviö koko materiaalikerroksen ylitse. Tämä tarkoittaa sitä, että tutkimustulokset sisältävät tuhkerakroksen aiheuttaman virtausvastuksen. Painehäviö isommalla pelletillä oli koko patjan ajan yli 450 mm vesipatsasta ja pienemmällä pelletillä 570 mm vesipatsasta, joka kuitenkin oli jonkin verran pienempi kuin palaturpeella mitatut koetulokset. Polttoaineen kappalekoon pienentyessä virtausvastus tavallisesti suurenee, mikäli muut olosuhteet pysyvät ennallaan. Palaturvetta ja pellettiä keskenään verrattaessa tulee kappalekoko ratkaisevammaksi tekijäksi materiaalin sisältämä hienoainemäärä. Pelletti sisältää hienoainesta hyvin vähän, ja jos se pysyy ehjänä reaktiokuilussa, jää virtausvastus pienemmäksi kuin palaturpeella. (Filen ym. 1984, 56.)

Molempien pellettilaatuksen kaasutukselle laskettiin hyötysuhde ulos tulevien ja sisään menevien materiaalivirtojen alemmien lämpöarvojen suhteena. Nämä hyötysuhteet ovat kuitenkin hetkellisiä hyötysuhteita, eivätkä missään nimessä varsinaisia vuosihyötysuhteita. Käytetyllä kaasutusteholla saatiin kummallekin pellettilaadulle sama hyötysuhde, 95,5 %. Pelletin ja palaturpeen kaasutus tämän tyyppisellä reaktorilla onnistui odotusten mukaisesti. Näiden materiaalien kaasutus ei poikennut olennaisilta osin toisistaan, eikä turpeen olomuodolla tutkituissa olosuhteissa nähtyä olevan vaikutusta kaasutustulokseen. (Filen ym. 1984, 56.)

7 Polttoaineiden hintavertailu

Turve- ja puupelletin hintatiedot perustuvat Vapo Oy:n operaatiopäällikön Timo Huhtasen antamiin hintoihin. Hinnat ovat suurasiakashintoja, eli käyttö perustuu irtopellettiin ja pelletit toimitetaan yhdistelmäkuormina asiakkaalle saakka. Kuljetusmatkat ja asiakkaiden käyttömäärät vaihtelevat, joten hinnat asiakkaittain vaihtelevat. Puupelletin osalta suurkäyttäjien arvonlisäverollinen hinta vaihtelee välillä 40 – 50 €/MWh sis. alv:n ja turvepelletin osalta suurkäyttäjän arvonlisäverollinen hinta on 30 – 40 €/MWh.

Tässä opinnäytetyössä pelletin käyttöpaikkakohtaisina hintoina käytetään seuraavia hintoja: puupelletti 170 €/t alv 0 % ja energiasisältö 4,8 MWh/t = 35,42 €/MWh alv 0% (43,21 €/MWh sis. alv:n)

Turvepelletti 120 €/t alv 0 % ja energiasisältö on 4,8 MWh/t = 25 €/MWh alv 0 % (30,5 €/MWh sis. alv:n).

Opinnäytetyöntöön hintavertailulaskelmissa raskaan ja kevyen polttoöljyn hintoina käytetään tilastokeskuksen 6/2009 ilmoittamia kuluttajahintoja: raskaan polttoöljyn kuluttajahinta on 42,4 €/MWh sis. alv:n ja kevyen polttoöljyn hinta on 62,80 €/MWh sis. alv:n.

Öljytuotteiden hintavaihtelut ovat olleet voimakkaita 2000 luvulla; korkeimmillaan raskaan polttoöljyn hinta oli kesäkuussa 2008, jolloin hinta oli 57,20 €/MWh sisältäen arvonlisäveron, ja edullisimmillaan raskaspolttoöljy oli joulukuussa 2001, jolloin hinta oli 21,80 €/MWh sisältäen arvonlisäveron. Kevyen polttoöljyn arvonlisäverollinen hinta oli edullisimmillaan joulukuussa 2001 32,40 €/MWh ja kalleimmillaan kesäkuussa 2008 102,3 €/MWh. (Tilastokeskus, Taulukko 5, Polttonesteiden kuluttajahinnat).

Turvepelletin suurkäytön osalta ei löydy luotettavaa tilastointia, jolla voitaisiin arvioida turvepelletin hintavaihteluja pitkällä aikavälillä. Samoin on asian laita myös puupelletin suurkäytön osalta. Puupelletin kotitalouskäytön hinnoista löytyy tilastokeskuksen ylläpitämä hintatilasto, joka alkaa joulukuusta 2008, jolloin pelletin arvonlisäverollinen hinta 5 tonnin toimituserässä asiakkaalle oli 48,1 €/MWh, ja kesäkuussa 2009 52,50 €/MWh sisältäen arvonlisäveron (Tilastokeskus, Taulukko 6, Kivihiilen, maakaasun ja kotimaisten polttoaineiden kuluttajahinnat lämmöntuotannossa).

8 Tutkimusongelma

Tutkimusongelmana on selvittää, voidaanko öljyn käyttöä korvata polttoaineen priimauksen avulla olemassa olevilla kiinteän polttoaineen kattiloilla aluelämpölaitoskokoluokassa. Lähestyn kyseistä tutkimusongelmaa kvalitatiivisen tutkimuksen avulla.

Tutkimuksessa öljyn käytön korvaamista tutkitaan kolmen erilaisen tekniikan omaavan kattilalaitoksen näkökulmasta ja selvitetään pelletin soveltuvuutta kunkin kattilalaitoksen priimauspolttoaineeksi. Tutkimuksella selvitetään parempilämpöarvoisen polttoaineen soveltuvuus polttoaineen priimaukseen, ja tämän avulla öljyn käyttöä pyritään minimoimaan aluelämpölaitoksella.

8.1 Tutkimuksen suorittaminen

Opinnäytetyöni varsinaisen tutkimuksen tekemisen aloitin joulukuussa 2009 ja sain haastattelut tehtyä helmikuun alussa 2010. Opinnäytetyöni haastattelut (3 kpl) olivat sinällään nopeasti tehty ja haastattelutilanne kesti kunkin haastateltavan osalta noin neljä tuntia. Opinnäytetyön kirjallisuusosion laatimisen aloitin jo toukokuussa 2009 ja ennen teemahaastattelujen aloittamista joulukuussa 2009 sain kirjallisuusosion pääpiirteittäin valmiiksi. Kirjallisuusosion tekemisen aikana perehdyin syvällisesti opinnäytetyöni tutkimusongelmaan, mikä osaltaan mahdollisti minulle haastattelututkimuksen tekemisen ja tutkimusongelman syvällisen ymmärtämisen.

8.2 Kohderyhmä

Tutkimukseni kohderyhmä on kolme Etelä-Pohjanmaalla sijaitsevaa aluelämpölaitosta, joissa kullakin on käytössään erilainen kattilatekniikka. Tutkimuksen kohteena olevat aluelämpölaitokset edustavat kattilatekniikan osalta päätekniikoita, jotka ovat käytössä aluelämpölaitoskokoluokassa.

Tutkimuksen kohderyhmä on valittu siten, että se edustaa hyvin aluelämpölaitoskokoluokan kattiloita ja vastaavanlaisia kattilalaitoksia on käytössä eri puolella Suomea.

8.3 Tutkimusmenetelmä

Valitsin tutkimukseni suorittamistavaksi teemahaastattelun, koska tutkimukseni kohdejoukko on pieni ja haastateltavilla henkilöillä on syvällistä osaamista omasta toimialastaan ja erityisesti oman kattilalaitoksensa osalta. Teemahaastatteluja varten olen laatinut haastattelulomakkeen, joka oli pohjana haastattelutilanteissa (Liite 1).

Teemahaastattelua varten laatimieni kysymysten toimivuutta testasin etukäteen työkave-reideni kanssa. Kohderyhmälleni tehdyt haastattelut nauhoitin haastateltavien suostumuksella, jotta pystyin purkamaan ne kirjalliseen muotoon. Tämän tein heti haastattelujen jälkeisenä päivänä, jotta haastattelutilanne ja haastattelussa esiin tulleet asiat olisivat itselläni hyvin muistissa. Haastatteluissa pyrin saamaan haastateltavien henkilöiden kokemusperäisen tiedon tutkimukseni käyttöön, jotta opinnäytetyöni tuloksia voisivat hyödyntää muutkin energiatuotannon parissa toimivat henkilöt ja verrata omia kokemuksiaan opinnäytetyössäni saatuihin tuloksiin.

8.4 Tutkimuksen validius ja reliaabelius

Tutkimukseni validiutta lisää mm. se, että suorittamissani teemahaastatteluissa haastateltaja ja haastateltava voivat tarkentaa haastattelussa esiin tulleita asioita lisäkysymyksillä. Tällöin asiat tulevat oikein ymmärretyiksi toisin kuin suljetussa lomakehaastattelussa, jossa asiat voidaan ymmärtää väärin.

Mielestäni haastattelutilanteet olivat luontevia, ja tutkimusongelmaa käsiteltiin monipuolisesti haastateltavan henkilön kanssa. Tutkimustulosten kirjalliseen muotoon saattamista auttoi se, että haastattelut nauhoitettiin ja ne pystyi kuuntelemaan nauhoitettuna uudelleen. Teemahaastattelun avulla tehty tutkimukseni on mielestäni luotettava, koska saadut tutkimustulokset perustuvat käytäntöön ja haastateltavat henkilöt ovat oman alansa parhaita osaajia. Heillä on myös laaja ja pitkäaikainen osaaminen kiinteällä polttoaineella tapahtuvasta energiantuotannosta. Teemahaastattelun avulla saatiin myös vastauksia tutkimusongelmaan, joten valitsemani tutkimusmenetelmä oli oikea tähän tutkimukseen.

9 Tutkimustulokset

Tutkimusongelmana on selvittää, voidaanko öljyn käyttöä korvata polttoaineen priimauksen avulla olemassa olevilla kiinteän polttoaineen kattiloilla aluelämpölaitoskokoluokassa. Tähän ongelmaan on haettu vastausta teemahaastattelun avulla, ja syntyneet tutkimustulokset ovat nähtävissä alla olevissa luvuissa.

9.1 Kurikan kaukolämpö

Ensimmäinen teemahaastattelu pidettiin 30.12.2009 Kurikan kaukolämmön toimistolla, jossa haastattelin toimitusjohtaja Pekka Haapalaista. Kurikan kaukolämmöllä on Ilmajoen taajamassa 5 MW Thermopoint Oy:n toimittama viistoarinakattila, jonka nimellisteho saavutetaan 45 % palaturpeella. Arinoista joka toinen rivi on kiinteä ja joka toinen rivi liikkuu.

Ilmajoella on yksi 4 MW ja yksi 2 MW raskasöljykattila. Varatehoa on näiden lisäksi vielä kolmessa pisteessä kevyellä öljyllä. Kiinteän polttoaineen vastaanottoasema on kaksilohkoinen kolapohja-asema, jonka leveys on 4 m ja pituus 23 m. Yhteensä näihin asemiin mahtuu kaksi ajoneuvoyhdistelmäkuormaa.

Kaukolämpöverkon huippukuorma on n. 14 MW $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ pakkasilla, joita ei ole esiintynyt liiemmin viime vuosina. Kiinteän polttoaineen kattilan teho riittää tuottamaan tarvittavan energian $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpötilaan saakka riippuen polttoaineen kosteudesta. Energian tuotanto on $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ pakkasilla yli kymmenen MWh.

Pekka Haapalaisen mukaan kuivalla polttoaineella ja pelletillä voidaan korvata öljyä sen mukaan, millaista seossuhdetta käytetään. Kun polttoaine on minimikosteudessa, voi tuhkan sulaminen tulla ongelmaksi. Ilmajoen kattilassa on eristemuurauskerros ja tulipesän lämpötila on korkea. Tämä saattaa rajoittaa pelletin osuutta, kun sillä priimataan alempilämpöarvoisia polttoaineita.

Hyvällä palaturpeella on kattilalla päästy 6,5 MW, mutta harvoin niin hyvää polttoainetta on tarjolla, että em. tasoon yllettäisiin. Pellettipriimauksen avulla voitaisiin kattilalla

saavuttaa 7-7,5 MW taso, mutta siitä ylöspäin tehon lisäys polttoainetta parantamalla on vaikeata.

Raskaan polttoöljyn käyttö Ilmajoen lämpökeskuksessa v. 2008 on ollut 4470 MWh. Tässä Ilmajoen kattilassa pelletillä korvattaisiin siten raskasta polttoöljyä.

Kiinteän polttoaineen kattilan hyötysuhde on 90 %. Ilmajoella on savukaasujen lämmöntalteenottojärjestelmä, jolla tuotannon hyötysuhde saadaan 96 prosenttiin. Kokonaishyötysuhde joka on 68 % jää alhaiseksi, koska verkkoa on lähes 30 km ja kiinteistöjä on vielä liittämättä verkkoon. Ajan myötä kokonaishyötysuhde kuitenkin paranee.

Vuosi 2008 on ollut poikkeava vuosi hakkeen käytön osalta. Silloin haketta käytettiin enemmän, koska kyseisen vuoden palaturpeen tuotanto ei onnistunut sääolosuhteista johtuen normaalilla tavalla.

Ilmajoen kiinteän polttoaineen kattilassa on v. 2004 poltettu turvepellettiä 493 t ja seuraavana vuonna 453 t, joten käyttökokemusta on kertynyt turvepelletin käytöstä. Ainoa ongelma oli siinä, että pellettiä meni epätasaisesti kattilaan, mikä aiheutti paineenmuutoksia kattilassa. Jos pelletti saadaan menemään tasaisena seoksena kattilaan, voi sen osuus olla suurikin.

Kun arinalle meni liikaa pellettiä muuttui tulipesä ylipaineiseksi. Jolloin polttoaineen kaasuuntumisen johdosta kattilalaitos huojahteli. Thermopointin kattilassa on savukaasun palautusjärjestelmä, jonka avulla palamiseen annetaan vähemmän happea. Em. järjestelmä auttaa ajamista ja rauhoittaa palamisvyöhykettä, kun palamislämpötila laskee, mikä taas ehkäisee tuhkan sulamista. Aiemman käyttökokemuksen valossa pelletin tuhkan sulaminen ei ollut ongelma. Automatiikka hoiti palamisen hallinnan ja arinat kestivät, vaikka pelletin käyttö varmasti kuormittaakin arinoja enemmän.

Kolapohja-aseman hydraulikkakoneiston työntö ja taukoajoja säädettiin, mutta niitä ei saatu sopiviksi. Neljä metriä leveä kuljetin vei kerralla liian paljon pellettiä nousukuljettimelle ja samoin polttoainehuolto vaikeutui, kun toisessa taskussa oli pelletti ja toisessa palaturve. Tämän seurauksena kattilaan meni pelkkää pellettiä. Ajotavaksi muodostui sellainen käytäntö, että toisessa taskussa oli pellettiä ja toisessa palaturvetta.

Paras vaihtoehto olisi erillinen vastaanottoasema, josta pelletti syötettäisiin ruuvilla kattilaan menevälle nousukuljettimelle, jolloin polttoaine menisi tasaisesti kattilaan. Mikäli pelletin käyttöä lisätään, täytyisi rakentaa erillinen pelletin vastaanottoasema.

Kurikan kaukolämmöllä on jo olemassa käytetyt asemapohjat, jotka on ostettu romuraudan hinnalla. Käytetyn kolapohja-aseman mitat ovat $4 \text{ m} * 17 \text{ m} = 68 \text{ m}^2$. Lisäksi tarvittaisiin muu tarvittava tekniikka ja rakennus. Haapalainen arvioi tämän investoinnin kustannusarvion olevan 100 000 €. Toinen vaihtoehtoinen tapa olisi toteuttaa pelletin varasto siiloratkaisulla, joka todennäköisesti on edullisempi ratkaisu varsinkin jos käytettyjä asemapohjia ei ole saatavilla.

Pelletin syöttö pääpolttoaineen sekaan tapahtuisi nousukuljettimen käynnin mukaan. Tällöin nousukuljettimen käynnistettyä pellettiä syötettäisiin ruuvikuljettimella nousukuljettimelle, jolloin saataisiin aikaiseksi tasalaatuinen polttoaineseos. Tekniikka tähän tarkoitukseen saa olla yksinkertaista. Kiinteän polttoaineen kattilan käydessä täydellä teholla haetaan sopiva seossuhde. Vastaanottoaseman kannattavuuden voi laskea 4 % korolla ja 10 vuoden kuoletusajalla, vaikka aseman käyttöikä on 20 vuotta.

Puupelletin käytöstä ei Kurikan kaukolämmöllä ole kokemusta. Ilmajoen kattila ei ole myöskään päästökaupan piirissä. Jos pelletin hinta on lähellä öljyn hintatasoa, ei sen käyttämisessä ole järkeä, koska energiantuotannossa on ajateltava tuotantokustannusta.

Kaukolämmöntuottajan näkökulmasta puupelletillä voi olla turvepellettiä korkeampi hankintahinta, koska puuta poltettaessa savukaasunpesurin nestekierrossa olevaa vettä ei tarvitse neutraloida. Turvetta poltettaessa nestekierron vesi neutraloidaan lipeällä, koska turpeessa on rikkiä ja kloridia. Rikin ja kloridin reagoidessa veden kanssa syntyy rikkihappoa ja suolahappoa. Lipeän käytön kustannus, joka on 0,25 €/MWh, on marginaalinen.

Myös tuhkakustannus on puupelletillä turvepellettiä pienempi, koska tuhkaa tulee vähemmän. Tuhkakustannus riippuu siitä, mihin käyttöön tuhka menee. Toimitettaessa polttoaineen tuhka hyötykäyttöön on siitä aiheutuva kustannus kuljetuskustannusten suuruinen eli n. 10 €/t ja kaatopaikalle toimitettaessa n. 100 €/t.

Savukaasupesurin hyötysuhteen näkökulmasta kuivempi polttoaine heikentää talteenoton hyötysuhdetta, koska polttoaineen kosteudesta otetaan teho lämmöntalteenotolla talteen. Runsas pelletinkäyttö voi puolittaa lämmöntalteenoton tehon. Ilmajoen tapauksessa pellettipriimauksella on n. 3 % heikennys hyötysuhteeseen, joten laskennassa käytetään 93 % hyötysuhdetta. Öljykattilan hyötysuhde on 90 %.

Tekninen käytettävyys paranee pellettipriimauksella, kun polttoaine, jossa ei ole lunta, jäätä ja kantoja, on tasalaatuista ja se on teollisesti tuotettu. 25 % palaturve toimii hyvin Ilmajoen kattilassa ja sillä saadaan 6,5 MW. Pellettipriimauksen avulla voidaan Ilmajoen kattilassa saavuttaa Haapalaisen arvion mukaan jopa 25 % tehonlisäys, ainakin 1,5 MW lisäys on mahdollista pellettipriimauksen ansiosta. Ilmajoen kattilassa teho laskee alas kostealla polttoaineella. 55 % polttoaineella saadaan kattilasta enää n. 50 % teho.

Kesäaikana parhaiten pystytään ajamaan kattilaa minimitheoilla polttoaineella, joka on kosteusrajan yläpäässä, joten kesäaikainen käyttö ei puolla kalliimpaa polttoainetta kiinteän polttoaineen kattilassa.

Kesäaikainen huoltoseisokki on parin päivän mittainen ja se ajoitetaan siihen ajankohtaan, kun remontit tulevat ajankohtaiseksi. Kesällä Ilmajoen kaukolämpöverkon minimikuorma 1,5 MW.

9.2 Kauhajoen lämpöhuolto

Haastattelin Kauhajoen lämpöhuolto Oy:n toimitusjohtajaa, yli-insinööri Heikki Vesalaa 14.1.2009 Kauhajoella, haastattelun aiheena oli kaasutintekniikkaan perustuvan kaukolämpölaitoksen mahdollisuus korvata öljyä polttoaineen priimauksen avulla. Kauhajoella on kolme kiinteäpatjaista kaasugeneraattoria, jotka toimivat vastavirtaperiaatteella. Kaasuttimen jälkeen on aina tulitorvi-tuliputkikattila, jossa kunkin kaasuttimen tuottama tuotekaasu poltetaan.

Kauhajoen keskustassa sijaitsevassa Lellavan päälämpökeskuksessa on kaksi kaasugeneraattoria, joista pitempään käytössä olleen nimellisteho on 6 MW ja v. 2008 loka-kuussa käyttöön otetun generaattorin teho on 7,5 MW. Tämän lisäksi Lellavalla on vielä

4 MW:n raskasöljykattila. Lisäksi verkoston varrella on vielä seuraavanlainen kattilakapasiteetti; ammattikoululla on 5 ja 3 MW raskasöljykattilat, Koivisto-kokolla 2 MW:n raskasöljykattila ja 1,2 MW:n kevytöljykattila, Aronkylässä 3,5 MW:n kaasugeneraattori ja 5 MW:n raskasöljykattila. Lisäksi on vielä höyryä tarvitseva asiakas, jota varten on 4 ja 2 MW:n höyrykattilat, joiden polttoaineena on raskasöljy. Höyrykattiloista on mahdollisuus syöttää reduktion kautta myös verkkoon 4 MW:n teholla, jos höyrynkäyttäjällä ei ole tarvetta höyrylle.

Lellavan päälämpökeskuksessa on kaksilohkoinen kolapohja-asema, jonka vastaanotto-tilavuus on 250 m³ ja neljä kappaletta 150 m³ tankopurkainasemia, joten kiinteänpolttoaineen vastaanottoasemien yhteistilavuus on 850 m³. Kaasugeneraattoreilla saavutetaan nimellisteho 38 prosenttisella palaturpeella. Tämä vastaa aiempaa palaturpeen P13-laatuokkaa eli polttoaineesta saatava teho toimitustilassa on 13 Mj/kg.

Toimitusjohtajan mielestä polttoaineen priimausajatus on toimiva, koska kuivalla polttoaineella saadaan enemmän tehoa kuin kostealla polttoaineella. V. 2009 Kauhajoen lämpöhuolto Oy:n raskaan polttoöljyn käyttö oli 12 000 MWh. Lellavan päälämpökeskuksessa öljyä käytettiin 6,6 GWh, joten lähtökohtana tässä Kauhajoen lämpöhuollon tapauksessa on raskaan polttoöljyn korvaaminen pelletillä. Sinällään ei ole väliä, missä kiinteän polttoaineen kattilassa priimauksa tarkastelee, koska Kauhajoella verkko on yhtenäinen. Jos priimauksen avulla saadaan lisää tehoa aikaiseksi talvikaudella, niin se vähentää öljynkäyttöä.

Haastattelussa Vesalan kanssa päädyimme ottamaan tarkastelukohteeksi Lellavan päälämpökeskuksella pelletin käytön näkökulman, koska siellä pellettiä on jo aiemmin käytetty. Lellavalla on kaksi kattilaa ja mikäli siellä priimataan polttoaineita, pitää tällöin priimata molempien kattiloiden polttoainetta, koska kattiloille menee yksi yhteinen nousukuljetin.

Aronkylän kattilaa voisi toimitusjohtajan mukaan ajaa tarvittaessa vaikka pelkästään pelletillä, koska se on Kauhajoen lämpöhuollon kiinteän polttoaineen kattiloista pienin ja siten siellä polttoaineen käyttö ja kustannus jää Kauhajoen lämpöhuollon kokonaistaloutta ajatellen melko pieneksi. Lellavan kattiloiden osalta ei tosin ole haittaa, vaikka molempien kattiloiden polttoainetta priimataan, jos polttoaine on kostea.

Kiinteänpolttoaineen kattilalaitoksista saatava teho riippuu kattilalaitoksen mitoituksista ja yleensä savukaasupuhallin on rajoittava tekijä. Toki muutkin tekijät voivat rajoittaa tehoa, mutta Kauhajoen kattilassa savukaasupuhallin on yksi rajoittavista tekijöistä. Kun polttoaineesta höyrystyy vettä, menee se savukaasujen mukana pihalle, joten se vie määrätyn tilan savukaasupuhaltimen kapasiteetista. Vesala on tosin huomannut, että kattilan lämmönsiirtokyky paranee kostealla polttoaineella verrattuna kuiviin savukaasuihin.

Kiinteän polttoaineen ollessa huonoa (kosteaa, paljon hienoainesta sisältävää) ei kattiloilla päästä täyteen tehoon ja joudutaan käyttämään raskasta öljyä. Viimeksi keväällä 2009 täytyi käyttää raskasta öljyä, kun palaturpeet olivat kosteita. V. 2009 Kauhajoen lämpöhuollon polttoaineiden käyttö oli seuraavanlainen: palaturvetta 51,6 GWh, haketta 3,5 GWh, pellettiä 4,1 GWh ja raskasta öljyä 12 GWh.

Turvepellettiä on käytetty Lellavan kattilassa lämmityskaudella 2004-2005 468 tonnia ja lämmityskaudella 2008-2009 858 tonnia, joten kaikkiaan pellettiä on käytetty 1326 tonnia, mikä on energiana n. 6,3 GWh. Pellettiä on käytetty Kauhajoella polttoaineen priimauksessa silloin, kun on ollut sateisia kesiä palaturpeen ja hakkeen tuotannossa. Pellettiä on käytetty juuri siksi, että kattilasta saataisiin enemmän tehoa.

Kolapohja-asemalla pelletin tasainen syöttäminen polttoainevirtaan oli vaikeaa, koska polttoaine ei mennyt tasaisena seoksena kattilaan, vaan kolapohja-asemalta tulee kerrallaan isoja eriä pellettiä. Mikä aiheuttaa kattilassa suuria tehoheittoja. Ajotapa oli aikaisemmin sellainen, että toisessa asemassa oli palaturve ja toisesta asemasta sekaan syötettiin pellettiä.

Kauhajoella on käytetty kaasugeneraattorissa myös pelkkää pellettiä, eikä sen poltossa ole ilmennyt ongelmia. Samoin pelkän pelletin syöttöön silloinen kolopohja-asema ja nousukuljetin toimivat moitteitta. Pelkällä pelletillä saatiin 6,0 MW nimellistehoista kattilasta tehoa 7,5 MW eli tehoja saatiin saman verran kuin hyvälaatuisella palaturpeella. Vastaavasti kostealla polttoaineella kattilasta saatiin 5 MW eli 2,5 MW tehonlisäys aikaansaatiin pelkkää pellettiä käytettäessä. Pelkkien pellettijaksojen käyttökokemukset jäivät lyhytaikaisiksi, koska polttoaineiden hintasuhteiden takia pyrittiin seospolttoon.

Pääpolttoaineena käytettävä palaturve on siis edullisempi polttoaine Kauhajoen lämpöhuollolle kuin pelletti.

Nykyisellä vastaanottolaitteistolla onnistuu pelletin seostaminen pääpolttoaineen sekaan tasaisesti. Tällä hetkellä Lellavan lämpökeskukselle ei tarvitse investoida mitään seoskäyttöä ajatellen ja nyt saadaan myös polttoaineensuhde annosteltua sopivaksi. Yksistään pellettiä käytettäessä Lellavan lämpökeskuksen kuljetin vaatisi tällä hetkellä parantamista eli nousukuljettimen kolia pitäisi tiivistää ja korottaa, jotta se kuljettaisi hyvin pellettejä. Seoskäytössä nousukuljetin kyllä toimii hyvin. Nykyisellä nousukuljettimella ja uusilla tankopurkainasemilla ei ole testattu pellettiä, mutta käyttökokemuksia on jo viljan polttamisesta ja silläkin seospoltto onnistui.

Lellavan lämpökeskuksen kaasugeneraattoreilla päästään hyvälaatuisilla polttoaineilla 7,5 MW ja 9,5 MW tehoon eli hyvälaatuisilla polttoaineella kattiloista voidaan saada 17 MW. Kun ulkolämpötila on ≥ 5 °C, saadaan Lellavan kiinteän polttoaineen kattiloista 13,5 MW mitoitustehon mukaisella polttoaineella, mikä oli tilanne myös haastatteluhetkellä.

6 MW kattilasta saadaan 36 % turpeella 7,5 MW, ja jos palaturve 45 %, saadaan generaattorista enää 5 MW teho eli polttoaineen kosteuden nousun johdosta kattilasta saatava teho vähenee 2,5 MW. Uudemmassakin kattilassa tehot häviävät samassa suhteessa, jos polttoaineen kosteus muuttuu vastaavalla tavalla.

Kauhajoella verkon huipputeho 27 MW -29 °C:n pakkasilla ja vastaavasti verkon minimiteho on kesällä 2,3 MW. Kiinteän polttoaineen kattilalla kyetään ajamaan 1 MW minimitehoa, joten verkon minimiteho on kesäaikana rajoittava tekijä kattilan kannalta.

Kaasutintekniikassa voidaan toimitusjohtajan mukaan käyttää pellettiä. Pellettiä käytettäessä kaasugeneraattori käy kuumempana. Pelletti pysyy hyvin kasassa ja siinä ei ole hienoaainesta, jolloin ilmat kulkevat hyvin läpi. Peruskysymys lämpölaitoksen näkökulmasta on: Miksi käytettäisiin kalliimpaa polttoainetta, jos edullisempääkin polttoainetta on saatavilla? Lämpölaitoksen täytyy optimoida oma tuloksensa ja tämä huomioidaan käytettävässä polttoainevalikoimassa. Kauhajoen lämpöhuollon lämmön ulosmyyntihinna on asetettu sellaiseksi, että raskasta polttoöljyä käytettäessä yhtiö ei tee tappiota.

Toimitusjohtajan kantaa kysyttäessä siihen, käyttäisikö hän enemmän turve- vai puupellettiä, vastasi hän ensin seuraavasti: ”Jos pelleteillä on sama hinta, ei ole väliä kumpaa pellettilajia käyttää”. Asiaa hieman pohdiskeltuaan totesi hän, että käyttäisi samalla pelletin hinnalla mieluummin puupellettiä. Sillä on korkeampi tuhkansulamislämpötila kuin turvepelletillä, mikä on kaasutuksen näkökulmasta hyvä ominaisuus.

Puupellettiä käytettäessä lipeää ei tarvita pesurissa. Jos yksistään puuta kaasutetaan, on pH-arvo lähes 10 pesurissa mikä ei ole hyvä ominaisuus. Tällöin pitää käyttää muura-haishappoa, joten tästä ei aiheudu kustannusvaikutusta. Puupelletistä tulee vähemmän tuhkaa kuin turvepelletistä, mikä on kuitenkin marginaalikustannus. Tuhkakustannus lämpölaitoksella on 150 €/viikko palaturvetta käytettäessä, ja kerran viikossa tuhkalava tyhjäätään.

Toimitusjohtajan mukaan kattilalaitoksen hyötysuhde on 88 %. Palamisilman kostutuksen avulla päästään 98 % hyötysuhteeseen ja pesurikäytössä 108 % kokonaishyötysuhteeseen. Laskennassa voidaan Vesalan mukaan käyttää 100 %:n hyötysuhdetta kiinteän polttoaineen kattilalaitoksen osalta, ja öljykattilan osalta hyötysuhde on 86-87 %. Verkko-häviö Kauhajoella 6-7 %.

Palamisilman kostutuksessa laitetaan savukaasuista lauhdutettua ja höyrystettyä energiaan kattiaan. Savukaasut menevät 37 °C:ssa piippuun savukaasupesurista, kun normaalisti savukaasujen lämpötila on 120-130 °C.

Kauhajoen lämpöhuollon ei tarvitse investoida nykyiseen laitteistoonsa mitään, jos yritys haluaa priimata käytettävää pääpolttoainetta. Tekninen käytettävyyden paranee, koska pienemmällä puhalluksella saadaan aikaan kaasua, jolloin myös sähkön käyttö vähenee. Jos generaattorista yritetään ylitehoa, lisääntyvät rasitukset. Kun kaasutusilmaa annetaan liikaa, lähtevät tuhkat liikkeelle minkä seurauksena kaasutimesta tulee ”leijupeti”. Laitteisto on siis mitoitettu tietylle polttoaineelle, minkä mukaan täytyy toimia.

Lämpöhuollon kattiloilla ajotapa on sellainen, että kiinteän polttoaineen kattilat ovat päällä aina, kun on mahdollista ja öljykattilat kytketään päälle vasta sen jälkeen. Kuvalla polttoaineella kaasugeneraattorin lämpötila nousee, mutta se ei ollut ongelma. Pel-

letin pitkäaikaista käyttöä pitäisi testata kaasuttimessa usean kuukauden mittaisella koejaksolla, jotta voitaisiin luotettavasti sanoa, kuinka kaasutin toimii pitkäaikaisessa pellettikäytössä.

Kauhajoella on lokakuussa 2008 otettu käyttöön 7,5 MW kaasutin ja tankopurkainvas-taanottoasema on otettu käyttöön keväällä 2009. Uudella tankopurkainasemalla ei vielä ole testattu pellettiä materiaalina, mutta kokemuksen mukaan viljan seostaminen pää-polttoaineen sekaan onnistui.

Toimitusjohtaja sanoi, että jos kuivaa polttoainetta on tarjolla, niin pelletin avulla kaa-sugeneraattorista ei saa enempää tehoa. Kosteudeltaan 35 % palaturpeella generaattoris-ta saadaan maksimiteho, jolloin päästään jo nimellistehoa suurempaan tehoon. Sähköä voisi tosin vähän säästyä pelkkää pellettiä käyttämällä, mikä ei kuitenkaan korvaa polt-toaineen hintaeroa.

Toimitusjohtajan mielestä pelletin käytön tilanne on tarkisteltava vuosittain, kun tiede-tään, millaisia polttoaineita laitokselle on saatavissa. Turvepellettiä on lämpölaitoksella käytetty sateisten palaturvevuosien jälkeen. Yksittäinen kostea polttoainekuorma voi pilata yhden tai kahden vuorokauden lämmöntuotannon ja kattila voi käydä jopa 4 MW:n teholla

9.3 Lapuan Energia

Haastattelin toimitusjohtaja Ilkka Järvistä 26.1.2010 Lapuan Energialla ja tavoitteena oli selvittää, voidaanko Lapuan Energian leijukerroskattilassa pellettipriimauksen avulla korvata öljyä lämmöntuotannossa.

Lapuan voimalaitoskattilan teho on 21,3 MW ja kattilalla tuotetaan 14 MW kaukoläm-pöä ja 4 MW sähköä. Lisäksi savukaasupesurista saa 2,5 MW, mutta siitä ei saa tehoa silloin, kun on huippukuorma. Kaukolämmön paluueden lämpötilan noustessa pesuris-ta ei saa enää tehoa. Leijukerroskattilan minimiteho on 4,5 MW ja silloin se on vielä säädettävissä. Kaukolämpöteho siirretään verkkoon lämmönvaihtimen välityksellä.

Lisäksi Lapuan Energialla on 7 MW arinakattila, jonka minimikuorma on 2,5 MW ja jolla tuotetaan tarvittava energia verkkoon kesäaikana. Leijukerroskattilan käyttöaika on syyskuusta toukokuuhun, koska kattilalla ei pystytä ajamaan niin pientä tehoa, mitä kesäaikana tarvitaan. Kaukolämpöverkon huipputeho on 27 MW.

Järvisen mukaan leijukerroskattilan lämmönvaihdin saisi olla isompi, koska kattilateho riittäisi isommallekin vaihtimelle. Nimellisteho leijukattilalla saavutetaan usealla eri polttoainevariaatiolla esim. turvetta ½ ja puuta ½ polttoaineseoksen kosteuden ollessa 50 %. Pelkällä jyrshinturpeella ajattaessa täysteho saadaan maksimissaan 53 %:n turpeella ja puulla ajattaessa kosteus on maksimissaan 50 %, jotta kattilasta saadaan täysteho.

Raskasöljykattiloita on kolme kappaletta; kolmen, kahdeksan ja neljän MW:n. Haastatteluhetkellä Lapualla oli pakkasta $-9,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja tällöin öljyä käytettiin lämmöntuotantoon raskasöljykattiloissa. Lapualla hyötysuhde ilman verkkoa on 87,3 % ja verkostohäviö on 16 %. Kaukolämpöverkkoa Lapualla on yli 50 km.

Lapuan Energian polttoainekäyttö v. 2009 oli seuraavanlainen:

Jyrshinturpe	66,6 GWh
Metsähake	23,6 GWh
Sahanpuru	1,0 GWh
Raskasta polttoöljyä	3,2 GWh
Kevyttä polttoöljyä	0,1 GWh
Yhteensä	94,5 GWh

Leijukerroskattilan polttoaineenvastaanottoasema on nelilohkoinen kolapohja-asema ja kuhunkin asemaan mahtuu polttoainetta 135 m^3 . Arinakattilalla on oma vastaanottoasema ja sen tilavuus on 250 m^3 .

Öljyn käyttö oli vähäistä v. 2009, koska silloin ei ollut kovia pakkasjaksoja. V. 2010 tammikuussa on ollut kovia pakkasjaksoja, joten v. 2010 öljynkäyttö tulee olemaan suurempaa kuin edellisenä vuonna. Lapuan Energialla öljyä käytettiin v. 2009 huippukulutuksen aikana, jolloin käyttö ajoittui alkuvuoteen ja joulukuuhun. Tämän lisäksi syksyllä käytettiin öljyä muutamana päivänä, koska hihnakuuljetin rikkoutui. Leijukerroskattilan teho riittää tuottamaan kaukolämmön $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpötilaan saakka.

Pelletinpolttamisesta ei Lapuan Energiolla ole kokemusta. Laitokselle on tärkeää, että kattiloilla pystytään tuottamaan aina verkoston vaatima teho. Huippukuorman aikana voimalaitoskattilasta pitää saada maksimiteho. Voimalaitoskattilalle voidaan syöttää erilaisia polttoainesuhteita, ja jos esim. hake on kosteaa, voidaan kattilalle syöttää kuivempaa jyrshinturvetta.

Leijukattilassa on 5 MW:n tukiöljypoltin, jota käytetään hiekkamassan lämmittämiseen kattilan ylös- ja alasajoissa. Kevytöljyä Lapualla on käytetty ainoastaan edellä mainittuun tarkoitukseen. Leijukattilan sytytys voi tapahtua 600 °C:ssa ja normaali petilämpötila on 895 °C.

Kun leijukerroskattilassa poltetaan erilaisia polttoaineita, huomaa kattilassa polttoaineen vaihtumisen, koska pedissä oleva polttoainemäärä on pieni. Jos polttoaine on huonoa, laskevat petilämpötilat ja paineet voivat karata. Lapuan kattilassa polttoaineen syötössä ei ole ollut ongelmia eli kattilaan pystytään syöttämään riittävästi polttoainetta ja samoin myös petilämpötilat pysyvät hyvin hallinnassa käytössä olleilla polttoaineilla.

Jyrshinturpeen hyvä puoli polttoaineena on se, että sitä käytettäessä kattila pysyy hyvin puhtaana ja sen laatu on hyvin tiedossa etukäteen. Laitoksen käyttöönoton alkuvaiheessa voimalaitosta on kokeiltu ajaa myös 100 % puuseoksella.

Voimalaitoskattilan nelilohkoisesta kolapohja-asemasta kunkin lohkon syöttöä pystyy säätämään n. 5 %:n tarkkuudella. Polttoaineen priimaus laitoksella onnistuisi, jos pellettiä laitettaisiin yhden kolapohja-aseman pohjalle ja sen päälle laitettaisiin vielä muuta polttoainetta. Jos asema varattaisiin pelkästään pelletin käytölle, voisi siitä pellettiä syöttää sellaisenaankin kattilalle, mutta käytännössä täytyisi kokeilla, saadaanko asemasta syötettyä riittävän pientä pellettimäärää polttoainevirtaan. Haastatteluhetkellä kattilaan meni seuraavanlainen polttoaineseos: haketta 30 % ja turvetta kahdelta eri toimittajalta 40 % ja 30 %.

Lapuan höyrykattilan tulistinpinnat ovat kuumat, joten polttoainemateriaaleja, jotka sisältävät alkaleja esim. peltobiomassat, ei voi laittaa kattilaan kuin pieninä seoksina.

Syy em. on se, että alkalit tarttuvat tulistinpintoihin ja kattilaan voi tulla vuotoja, joten ainakaan viljanpoltto ei Lapuan kattilassa tule kyseeseen.

Pelletin käytössä ei Järvisen mielestä ole muuten järkeä, ellei pääpolttoaine ole niin huonoa, että kattilasta ei saada tehoa. Tällaista tilannetta ei vielä ole tullut vastaan, että polttoaine on niin heikkolaatuista, että sillä ei pärjätä. Pelletti on hinnaltaan kalliimpaa kuin hake tai turve, joten tästäkin syystä Lapuan Energiassa käytetään hinnaltaan edullisempia polttoaineita.

Järvinen arvioi, että turve- ja puupelletti soveltuisivat molemmat polttoaineena kattilalle polttoaineen priimaustarkoitukseen, joten sinällään teknistä estettä pellettipriimaukselle ei ole. Lapuan Energia on päästökaupan piirissä, joten turpeen sisältämästä hiilidioksidista pitää maksaa päästömaksu. Puupohjaisesta materiaalista ei tarvitse maksaa päästömaksua. Haastatteluhetkellä turpeen päästöoikeuden hintataso oli 13 €/CO₂, mikä nostaa turvepohjaisen polttoaineen hintaa voimalaitoksella.

Kaukolämpöverkon menovesi ajetaan verkkoon 75-115 asteisena ja lämpötila pyritään pitämään matalana lämpöhäviöiden välttämiseksi. Kaukolämmönpaluuvesi kierrätetään pesurilla ja vesi menee sieltä kattilakiertoon normaalisti. Pesurille johdetaan kuumat savukaasut ja niillä lämmitetään kaukolämmön paluuvesi, joka tulee pesuriin +55 °C ja lähtee pesurista muutaman asteen lämmentyneenä. Savukaasut johdetaan pesuriin 140 asteisina ja ne menevät piippuun 50-60 asteisina.

Lapualla on mahdollista pitää molempia kiinteän polttoaineen kattiloita päällä huippukuorman aikana. Se vaatisi kuitenkin jatkuvan kolmivuoromiehityksen, koska automaatiota näiden kahden kattilan välillä ei ole, jotta toinen kattila olisi säätävä. Ajotapa Lapuan Energian kattiloilla on sellainen, että talviaikana ajetaan leijukattilalla ja kesäaikana energia tuotetaan vanhalla arinakattilalla.

Savukaasunkierrätyksellä myös leijukattilassa hillitään palamista ja sitä käytetään, kun pesä menee ylikuumaksi tai pesässä on hyvät polttoaineet. Ensioilmalla leijutetaan hieta ja polttoaine. Toisioilmalla mahdollistetaan hyvä palaminen. Leijukattilassa palamista hallitaan polttoaineen syötöllä ja savukaasupuhaltimella, joka pitää paineen pesä-

sä. Myös savukaasun takaisinkierrolla sekä ensio-, toisio- ja sekundääri-ilmoilla hallitaan palamista.

Leijukattilan minimitehon ajamisen kannalta on hyvä, ettei polttaine ole aivan huippuluokkaa, koska syöttöjä voi olla vaikea saada riittävän pienelle. Leijukattilalla ei voida ajaa alle 4,5 MW:n tehoa, koska kattilassa pitää olla riittävä höyryvirtaus. Kesäaikana Lapualla ei mene yhtään öljyä, koska vanhalla arinakattilalla tuotetaan energia verkkoon.

Toimitusjohtaja Järvinen vertaili leijukattilaa ja arinakattilaa keskenään ja mainitsi leijukattilalla olevan seuraavia hyviä ominaisuuksia; sillä on parempi säädettävyys, se ei ole niin herkkä polttoainemuutoksille, palaminen on siinä parempaa ja sitä kautta myös päästöt pienemmät.

10 Johtopäätöksiä

Kurikan Kaukolämpö Oy, Ilmajoen arinakattila

Ilmajoella olevalla arinakattilalla voidaan saavuttaa Haapalaisen mukaan ainakin 1,5 MW:n tehonlisäys pellettipriimauksen ansiosta. Tutkijana oletan, että kun kaukolämpöverkon kulutus on yli arinakattilan nimellistehon eli $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, korvataan pellettipriimauksen avulla tällöin 1,5 MW:n teho.

Polttoainekustannus on raskaalla polttoöljyllä 34,75 €/MWh alv 0 %, turvepelletillä 25 €/MWh alv 0 % €/MWh ja puupelletillä 35,42 €/MWh alv 0 %. Öljykattilan hyötysuhteen ollessa 90 % on Ilmajoen lämpökeskuksella tuotetun raskaanpolttoöljyn kustannus siten 38,61 €/MWh alv 0 % ja arinakattilan hyötysuhde 93 %, joten turvepelletillä tuotetun energian hinta on 26,88 €/MWh alv 0 % ja puupelletillä tuotettuna 38,08 €/MWh alv 0 %.

Turvepelletin hintaero hyötysuhteella korjattuna raskaaseen polttoöljyyn nähden on 11,73 €/MWh alv 0 % ja puupelletin hintaero raskaaseen polttoöljyyn nähden 0,67 €/MWh alv 0 %. Ilmatieteen laitoksen Seinäjoen mittausasemalla v. 2008 pakkasta oli $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ tai enemmän 488 h ja vastaavasti näitä tunteja v. 2009 oli 1274 h (Niinimäki 2009).

Polttoainepriimauksen avulla raskasta polttoöljyä oltaisiin siis voitu korvata pelletillä v. 2008 732 MWh ja v. 2009 1911 MWh. Polttoainehankintahinnassa turve- ja puupelletillä olisi öljyyn nähden saavutettu seuraavanlaiset säästöt, kun huomioidaan hyötysuhde: v. 2008 turvepelletillä 8586,36 € ja v. 2009 14944,02 €. Puupelletillä polttoaineen hankintahinta olisi v. 2008 tullut edullisemmaksi 490,44 € ja v. 2009 1280,37 € kun huomioidaan hyötysuhde.

Teemahaastattelussa tuli esille, että jos pelletin käyttöä aiotaan lisätä, vaatii tämä erillisen vastaanottoaseman rakentamisen pelletille. Haastattelin Kari Pajusta (2010) Vapo Oy:sta ja hänellä oli kokemusta ja hintatietoa priimassiilon rakentamisen kustannuksista. 60 m³ priimaussiilo maksaa asennuksineen ja perustuksineen 40 000 € alv 0 %. Tämä hintatieto perustuu v. 2008 toteutettuun hankkeeseen.

Kurikan Kaukolämmön toimitusjohtaja Haapalainen asetti haastattelussa polttoaineen priimaukseen soveltuvalle siiloinvestoinnille 10 vuoden kuoletusajan ja 4 % korkokannan. Siiloinvestoinnille edellä mainituilla lukuarvoilla laskettuna vuosittainen annuiteetti on 4931 € Turvepellettiä käytettäessä investointi on kannattava, kun raskaan polttoöljyn ja pelletin hankintahintaero hyötysuhteella korjattuna v. 2008 tuntimäärällä laskettuna oli 8586,36 € Puupellettiä käytettäessä siiloinvestointia ei saa kannattavaksi, koska puupelletillä tuotettu energia tuli öljyyn nähden vain 490,44 € edullisemmaksi v. 2008 tuntimäärillä.

Kauhajoen lämpöhuolto Oy, kaasugeneraattori

Ilmatieteen laitoksen (Niinimäki 2010) mukaan v. 2009 Kauhajoen mittausasemalla oli pakkasta -5 °C tai enemmän yhteensä 1331 h. Kiinteän polttoaineen kattiloilla pystytään Lellavalla tuottamaan energiaa nimellistehon mukaisilla polttoaineilla 13,5 MW ja nimellistehoa paremmalla palaturpeella ja pelletillä Kauhajoen kattiloilla päästään 17 MW tehoon.

Tutkijana oletan, että Kauhajoella polttoaine on nimellistehon mukaista ja polttoaine priimataan pelletillä maksimitehon saamiseksi kaasugeneraattorista. Tunteja, jolloin verkon kulutus on enemmän, kuin mitä nimellistehon mukaisella polttoaineella saadaan tuotettua, oli v. 2009 1331 h. Laskennallisesti pelletin avulla pystytään siten korvaamaan öljyä $3,5 \text{ MW} * 1331 \text{ h}$ eli yhteensä 4658,5 MWh.

Kauhajoen nykyinen vastaanottolaitteisto ja kattilat soveltuvat sellaisenaan pelletin käyttöön ja kuljetinlaitteistolla saadaan annosteltua sopiva seossuhde kattilaan, kun pääpolttoainetta priimataan pelletillä. Kiinteän polttoaineen kattilan hyötysuhde on 100 % ja öljykattilan osalta hyötysuhde on 87 %.

Polttoaineen hankintahintoina käytetään tässä opinnäytetyössä jo aiemmin ilmoitettuja hintoja eli puupelletti 35,42 €/MWh alv 0 %, turvepelletti 25 €/MWh alv 0 % ja raskas polttoöljy 34,75 €/MWh. Kun polttoaineen hankintahinnassa huomioidaan kattilahyötysuhde, maksaa eri polttoaineilla tuotettu energia hankintahinnaltaan seuraavasti:

puupelletti 35,42 €/MWh alv 0 %, turvepelletti 25 €/MWh alv 0 % ja raskas polttoöljy 39,94 €/MWh alv 0 %.

Hyötysuhteella korjattuna turvepelletti on hankintahinnaltaan 14,94 €/MWh alv 0 % edullisempi polttoaine kuin raskas öljy ja puupelletinkin hintaero hyötysuhde huomioiden raskaaseen polttoöljyyn nähden on 4,52 €/MWh alv 0 %. Kiinteän polttoaineen laitoksen hyötysuhde huomioiden ja v. 2009 sääolosuhteita laskennassa apuna käyttäen voidaan turvepelletillä saada aikaan 69 598 euron säästö polttoaineen hankintahinnoissa ja puupelletilläkin hintaeroa kertyy raskaaseen polttoöljyn nähden 21 056 €

Lapuan Energia Oy, höyrykattila

Lapuan Energian höyrykattilassa ei pelletin avulla saada kattilasta ylitehoa ja lämmön-
tuotannon kannalta rajoittava tekijä on lämmönvaihdin, joten pellettipriimauksen avulla ei normaaliolosuhteissa Lapuan leijukerroskattilalla korvata öljyä lämmöntuotannossa.

Ainoastaan harvinaislaatusissa poikkeustilanteissa pellettipriimauksesta on hyötyä, esimerkiksi silloin, kun ei ole saatavilla kattilan nimellistehon mukaisia polttoaineita eli jysinturvetta, jonka kosteus on maksimissaan 53 % tai puupolttoaineita, joiden kosteus on maksimissaan 50 %.

Lapualla leijukerroskattilan teho riittää tuottamaan energian -8 °C lämpötilaan saakka. Ilmatieteen laitoksen Seinäjoen mittausaseman (Niinimäki 2010) mukaan tunteja, jolloin Lapualla jouduttiin tuottamaan energiaa öljyllä, kun vanhaa arinakattilaa ei laitettu päälle, oli v. 2009 867 h.

Loppupäätelmät

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, voidaanko öljyn käyttöä korvata polttoaineen priimauksen avulla olemassa olevilla kiinteän polttoaineen kattiloilla aluelämpölaitoskokoluokassa. Tätä päämäärää selvitettiin kirjallisuuden ja aiempien tutkimusten avulla sekä tekemällä teemahaastattelu kolmelle aluelämpölaitoksen edustajalle.

Kuten opinnäytetyön tuloksista käy ilmi, voivat tutkimuksen kohteena olevat aluelämpölaitokset käyttää pellettiä polttoaineen priimauksessa ja sitä kautta korvata öljyn käyttöä. Tosin taloudellisesta näkökulmasta tarkasteltuna polttoaineen pellettipriimaus on todellinen vaihtoehto tutkimuskohteena olleelle arinakattilalle sekä kaasugeneraattorille, joissa pellettipriimauksen avulla voidaan aluelämpölaitoksen kiinteänpolttoaineen kattilasta mahdollistaa maksimaalinen energiantuotanto ja sitä kautta korvata öljyä käyttöä lämmöntuotannossa. Tutkimuksen kohteena olleella leijukattilalla ei pelletin käytöllä normaaliolosuhteisissa ole saavutettavissa hyötyä, (mikäli turpeen ja hakkeen laatu on tavanomainen), koska leijukattilan osalta lämmöntuotantoa rajoittava tekijä oli lämmönvaihdin, joten polttoainetta parantamalla ongelmaa ei saada poistettua.

Kirjallisuuskatsauksen ja teemahaastattelun avulla saadut tulokset ovat hyvin samansuuntaisia, joten opinnäytetyöni tutkimusta voidaan pitää luotettavana ja sen antamia tuloksia voidaan hyödyntää laajemminkin. Opinnäytetyön tekeminen on ollut melko työteliäs prosessi, joka kesti kaiken kaikkiaan noin kymmenen kuukautta. Aikuisopiskelijalle tämä on siis merkinnyt vapaa-ajan viettämistä tiiviisti opinnäytetyön parissa.

Itse koen, että opinnäytetyöni onnistui kokonaisuutena hyvin ja vastasi omalta osaltaan itselleni antamiini tavoitteisiin kehittäen samalla ammatillista osaamistani. Uskon myös, että tutkimuskohteena olleet aluelämpölaitokset saivat tutkimuksen ansiosta lisänäkemystä polttoaineen priimaukseen ja toivottavasti tämän kautta aikaansaadaan vielä todellisia tuloksia eli lisääntynyttä pelletin käyttöä öljyn korvaajana kaukolämmöntuotannossa.

Lähteet

- Filen H., Jantunen M., Salo K., 1984. Kotimaisten polttoaineiden kaasutus, Osa 1. Vastavirtakaasutus. Espoo: VTT Ofsetpaino.
- Haapalainen, Pekka, toimitusjohtaja. Haastattelu 30.12.2009. Kurikan Kaukolämpö Oy.
- Huhtanen, Timo, operaatiopäällikkö. Haastattelu 5.10.2009. Vapo Oy.
- Järvinen, Ilkka, toimitusjohtaja. Haastattelu 26.2.2010. Lapuan Energia Oy.
- Korte T, Turvepelletin käyttö puupolttoaineen laadun tasaajana Kyyjärven lämpö-
laitoksessa, Opinnäytetyö, 2005, Bioenergiakeskuksen julkaisusarja nro 14.
- Koskelainen L., Saarela R., Sipilä K., 2006. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki:
Energiateollisuus ry.
- Leppälä, Jussi-Matti, myyntipäällikkö. Haastattelu 2.12.09. Vapo Oy.
- Metsätilastollinen vuosikirja 2008, s. 297. [viitattu 2.10.2009].
www.metla.fi/metinfo/mo
- Niinimäki, Niina. Puhelinhaastattelu 31.12.2009 ja 5.2.1010. Ilmatieteen laitoksen
ilmastopalvelu.
- Pajunen, Kari, projektipäällikkö. Haastattelu 7.1.2010. Vapo Oy.
- Raiko R., Saastamoinen J., Hupa M., Kurki-Suonio I., 2002. Poltto ja palaminen.
Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Siivola J, Vapon turvepelletin käyttökoe Saarijärven Kaukolämpö Oy:lla. Raportti
Toukokuu 2004, Bioenergiakeskuksen julkaisusarja.
- Suomen pellettienergiayhdistys, Pelletin tuotanto, päivitys 23.0.2009. [viitattu
2.10.2009]. [www.pellettienergia.fi/index.php?view=article&id=63%3Apelletin
tuotanto&tm](http://www.pellettienergia.fi/index.php?view=article&id=63%3Apelletin%20tuotanto&tm)
- Tilastokeskus.[15.8.2009].[http://tilastokeskus.fi/til/salatuo/2007/salatuo_2007_2008-09-
26_tau_002.xls](http://tilastokeskus.fi/til/salatuo/2007/salatuo_2007_2008-09-26_tau_002.xls)
- Tilastokeskus, Taulukko 5, Polttonesteiden kuluttajahinnat. [5.10.2009].
http://tilastokeskus.fi/til/ehkh/2009/ehkh_2009_02_2009-09-17_tau_005.xls
- Tilastokeskus, Taulukko 6, Kivihiilen, maakaasun ja kotimaisten polttoaineiden
kuluttajahinnat lämmöntuotannossa. [5.10.2009].
http://tilastokeskus.fi/til/ehkh/2009/ehkh_2009_02_2009-09-17_tau_006.xls
- Tilastokeskus, Taulukko 9, Kaukolämmön hinta kuluttajatyypeittäin. [5.10.2009].
http://tilastokeskus.fi/til/ehkh/2009/ehkh_2009_02_2009-09-17_tau_009.xls

Tilastokeskus, käsitteet ja määritelmät. [9.1.2010].

http://www.stat.fi/meta/kas/sahko_lampo_tuo.html

Timonen L., Niinen M., Aalto K-M., Grönfors K., Energiatilasto, Vuosikirja 2008,
Tilastokeskus, Helsinki: MultiPrint Oy

Tuohiniitty, Hannes. Suomen Pellettienergiayhdistys ry. [viitattu 1.10.2009].

www.pellettienergia.fi/images/stories/tiedostot/pellettilammitys_suomessa.pdf

Vapo Oy, [www-sivu]. [Viitattu 5.10.2009] Saatavissa: www.Vapo.fi

Vesala, Heikki, toimitusjohtaja. Haastattelu 14.1.2010. Kauhajoen Lämpöhuolto Oy.

Liitteet

Liite 1: Haastattelulomake

Tämän teemahaastattelun tarkoituksena on selvittää, voidaanko öljyn käyttöä korvata polttoaineen priimauksen avulla olemassa olevilla kiinteän polttoaineen kattiloilla alue-lämpölaitoskokoluokassa.

1. Nykyinen kattilalaitteisto
 - Kpa-kattila + öljykattilat (kevyt/ raskas)
 - Vastaanottoasema
 - Nimellisteho kpa-kattilalla ja millä kosteudella
2. Polttoainejakauma/ laitoksen polttoainekäyttö
3. Öljyn käyttömäärät (MWh tai tonnia)
 - Koska öljyä käytetään (kuukausijako)
 - Verkon huipputeho vrt. kpa-kattilan teho
4. Haastateltavan kokemukset polttoainepriimauksesta
5. Miten arvioit kattilalaitoksen ja vastaanoton toimivan polttoainepriimauksen näkökulmasta?
6. Turve- vai puupelletti?
 - Puupelletin käytön vaikutus lipeän määrään pesurissa?
7. Käytetäänkö laskennassa energiateollisuus ry:n hintoja vai saanko tiedot haastattelussa?
 - Myyntihinnat
 - Öljynhinnat
8. Kattilalaitoksen hyötysuhde?
 - Vaikuttaako pesuri hyötysuhteeseen?
9. Pitääkö olla erillinen syöttösiilo vai riittääkö nykyinen vastaanottolaitteisto?
 - Erillisen syöttösiilon/ vastaanottoaseman kustannus?
10. Paljonko öljynkäyttöä voitaisiin vähentää polttoaineen priimauksella?
 - Millaista säästöjä saadaan aikaiseksi?
 - Priimauksella saavutettava hyöty?
11. Polttoaineen priimauksen vaikutus tekniseen käytettävyyteen?
 - Savukaasukierrätyksen näkökulma; ensiöilmaan sekoitetaan savukaasua ja sillä hillitään palamista.
12. Rajoittava tekijä, kun poltetaan kosteita polttoaineita.
 - Rajoittaako savukaasut?

13. Ajotapa, jos käytössä on useita kattiloita?
14. Petilämpötilat leijukattilassa?
15. Kpa-kattilan minimiteho?
 - Saadaanko kesäaikana nimellistehoa alaspäin kuivalla polttoaineella?
 - Onko kuivalla polttoaineella parempi säädettävyys?
16. Kesäaikainen öljyn käyttö?
 - Öljyn käyttömäärä kesällä
 - Minimi- ja maksimiteho kesällä