

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Metsätalouden koulutusohjelma

Kimmo Savela

Hakkeen ja pelletin kannattavuusvertailu eri kokoluokissa

Opinnäytetyö
Syyskuu 2014

Tekijä
Kimmo Savela

Nimeke
Hakkeen ja pelletin vertailu eri kokoluokissa

Tiivistelmä

Fossiilisten polttoaineiden väheneminen aiheuttaa muospaineita energian ja lämmön tuottamisessa. Ilmastonmuutoksen estämisessä käytetyt keinot edistävät fossiilisista polttoaineista luopumista. Säädökset nostavat fossiilisten polttoaineiden käyttöhintaa. Kulutuksen väheneminen johtaa ilmansaasteiden vähentymiseen maapallolla.

Lämmön ja energian tuottaminen biopohjaisilla polttoaineilla on yksi monista mahdollisuuksista vähentää ilmansaasteita maapallolla. Suomessa tämä tuotantosuunta on realistinen vaihtoehto, koska maan pinta-alasta suuri osa on metsää. Lisäksi emme käytä läheskään kokonaan sitä metsän kasvukapasiteettia, joka meillä on metsissä.

Työn tarkoituksena oli selvittää, millä hinnoilla mahdollisesti öljyyn verrattuna hake ja pelletihankinnat maksavat itsensä takaisin. Lisäksi pohdin, millä vertailuhinnalla pelletti pystyy kilpailemaan hakelämmityksen kanssa ja mitkä olisivat mahdolliset pelletin hyödyt hakeeseen verrattuna.

Hake ja pelletti eroavat, hinnoiltaan ja laadultaan toisistaan. Lisäksi polttoaineiden varastointitapa ja varaston täyttöaika poikkeavat toisistaan. Pelletti on huoltovapaampi ja tarvitsee vähemmän varastotilaa, kun taas hake tarvitsee tilaa paljon ja polttoaineen laadussa voi olla suurta eroa. Lisäksi hakkeen laatupoikkeamat pienentävät laitoksen hyötysuhdetta, ja mikä nostaa energian hintaa. Pelletti on kilpailukykyinen polttoaine, jos pelletin hinta laskee ja hakkeen hinta nousee. Pelletin edut tulevat silloin esiin varastojen täyttöaikojen vertailussa.

Kieli
suomi

Sivuja 37

Asiasanat
hake, pelletti



THESIS
September 2014
Degree Programme in Forestry

Sirkkalantie 12 A
80100 JOENSUU
FINLAND
013 260 6900

Author
Kimmo Savela

Title
Chips and pellets comparison of different sizes

Abstract

Fossil fuel decrease is causing pressure for change in energy and heat production. The means used to prevent climate change promote the abandonment of fossil fuels. Statutes increase the price of fossil fuels. The drop in consumption leads to a reduction in air pollution on the planet.

Heat and energy production by bio-based fuels is one of many possibilities to reduce air pollution on the planet. In Finland, this type of production is a realistic option because a large part of the country's area is forest. In addition, we do not use anywhere near the whole forest growth capacity that we have in the forests.

The purpose of the study was to find out at what prices, wood chips and pellets pay off compared to oil. In addition, I wonder at what reference price pellet will be able to compete with wood chip heating and what the potential benefits of pellets would be compared to wood chips.

Wood chips and pellets differ from each other in price and quality. In addition, fuel storage method and filling time differ from each other. Pellets are more maintenance-free and require less storage space, while chips need a lot of space and the quality of the fuel can vary very much. In addition, the chip quality deviations reduce the plant's operating efficiency, and raise the price of energy. Pellet fuel is competitive if the pellet price drops and the wood chip price rises. The advantages of pellet will come up in the comparison of storage filling times.

Language
Finnish

Pages

37

Keywords
chip, pellet

Sisältö

1	Johdanto	6
2	Puuenergia.....	7
2.1	Lämpöarvot	8
2.2	Hake.....	9
2.3	Pelletti	11
3	Lämmitysjärjestelmät.....	12
3.1	Hakelämmityslaitteisto.....	12
3.2	Pellettilämmityslaitteisto	15
3.3	Öljy ja lämmityslaitteisto	16
4	Lämpöyrittäjäyys	17
4.1	Miksi lämpöyrittäjäksi	17
4.2	Lämpöyrittäjäyden aloittaminen	18
4.3	Yrittämisen edellytykset.....	19
4.4	Sopimukset	20
5	Työn tarkoitus.....	21
6	Tutkimusaineisto	21
6.1	Menetelmät	21
6.2	Tutkittava aineisto	25
7	Toteutus	25
8	Tulokset	27
9	Pohdinta ja tulosten luotettavuus.....	35

9.1 Tulosten luotettavuus	35
9.2 Pohdinta.....	35
Lähteet	36

1 Johdanto

Ajatus opinnäytetyön tekemisestä bioenergian kannattavuuksien vertailusta syntyi bioenergiakursseja suorittaessa. Asia kiinnosti minua, ja päätin lähteä tekemään opinnäytetyötä kyseisestä aiheesta. Aihe on ajankohtainen, koska öljyn hinta on nousemassa, ja muiden fossiilisten polttoaineiden kulutus pienee vuosi vuodelta. Fossiilisten polttoaineiden käyttö pieneni vuonna 2012 6 prosenttia (%). (Tilastokeskus 2014.) Tästä johtuen puun käyttäminen lämmitykseen tulee olemaan taloudellinen ja ympäristöystävällinen ratkaisu.

Puulla lämmittäminen katsotaan bioenergiaksi ja tällöin päästöjä ei lueta päästödirektiiviin. Tämän ansiosta energian hintaan ei tule päästöistä johtuvia lisäkustannuksia. Suomessa noin joka neljäs pienkerrostalo ja rivitalo käyttää öljyä lämmittämiseen. (Öljyalan palvelukeskus 2010) Lisäksi taajamat laajenevat kaupungeissa yhä kauemmaksi keskustasta ja tällöin kaukolämmön rakentamisen kustannukset nousevat liian korkeiksi. Tämä parantaa mahdollisuuksia rakentaa pienen kokoluokan lämpövoimalaitoksia sellaisiin paikkoihin, joihin kaukolämpöä ei voida rakentaa kustannustehokkaasti. Opinnäytetyön aiheena käsittelem hakkeen ja pelletin kannattavuusvertailuja eri kokoluokissa.

Tarkoituksena on siis selvittää, onko hakkeen- ja pellettipolttoaineiden kannattavuudessa eroja eri kokoluokkien välillä. Kustannuslaskelmat havainnollistavat, löytyykö sellaista aluetta, missä toinen näistä polttoaineista on mahdollisesti kustannustehokkaampi ja käyttäjäystävällisempi tietyssä kokoluokassa. Kokoluokista määritetään sellaiset laitteistot, jotta kokoluokkien tehot riittävät lämmittämään kyseiset kiinteistöt. Kokoluokkina käytetään 60–100 KW. Kyseisen kokoluokan polttimet kykenevät lämmittämään keskimääräisen maatilan kiinteistöt. Tällainen arvio perustuu siihen, että määritin keskimääräisesti energiaa kuluttava maatilan. Kokoluokka 200–250 KW kykenee antamaan lämmön keskimääräiselle pienkerrostalolle. Näiden kummankin kokoluokan lämpö pystytään tuottamaan lähialueelta saatavalla puuenergialla.

2 Puuenergia

Maapallon keskimääräisen ilmaston lämpötilan nousun takia on tullut tarve pienentää kasvihuonekaasuja, ja näitä kasvihuonepäästöjä varten on laadittu Kioton pöytäkirja. Tämä on luotu ohjeeksi niille maille, jotka ovat sitoutuneet pienentämään kasvihuonepäästöjään.

EU:ssa ja Suomessa päätetyt energia- ja ilmastopoliittiset linjaukset edellyttävät vähentämään kasvihuonepäästöjä ja tämä onnistuu vain fossiilien polttoaineiden käytön vähentämisellä. Uusiutuvaa energiaa pyritään lisäämään vuoden 2005 tasosta vuoteen 2020 mennessä. Uusiutuvien energioiden käyttö Suomessa tulisi olla tällöin 38 prosenttia (%) kokonaiskulutuksesta. (Motiva 2014.)

Puun käyttöä puoltaa sekin, että puu päästää palaessaan saman verran hiilidioksidia ilmaan kuin lahotessaan maassa. (Metla 2010.) Tästä johtuen puun käyttö on ympäristöystävällistä. Kehitys on kulkenut eteenpäin puulla lämpiävistä uuneista uudempiin ja yhä tehokkaampiin lämmitysjärjestelmiin. Puu poltetaan ja tätä kautta saadaan tyydytettyä talouksien tarvitsema lämmöntarve.

Palaminen perustuu molekyylien ja atomien liikkeeseen, ja mitä voimakkaampaa liike on, sitä enemmän energiaa aine sisältää. Palaminen alkaa siitä, kun puun lämpötila alkaa nousta ja puun sisältämä kosteus poistuu puusta. Kosteuksen poistumisen jälkeen puusta alkaa vapautua kaasua ja kun lämpötila on sopiva, vapautuneet kaasut syttyvät ja alkaa muodostua hiiltä. Kaasujen palamisen jälkeen alkaa palaa hiili, ja hiilen loppumisen jälkeen jää jäljelle tuhkaa. (Puhakka, Alakangas, Alanen, Airaksinen, Soini, Sipponen & Kainulainen 2001, 39.)

Puuhun perustuvalla lämpöyrittäjyydellä on hyvät mahdollisuudet toimia kestävästi ja luontoa säästäen. Nouseva öljyn hinta ja ympäristöarvot luovat uusia lämpöyrittäjiä tulevaisuudessa lisää. Lisäksi tuleva kuntauudistus saattaa johtaa siihen, että kunnat ja yhteisöt tulevaisuudessa ulkoistavat lämmöntuotannon sellaisissa kohteissa, jotka sijaitsevat kaukana asutuskeskittymistä. Syynä näihin toimiin on se, että kunnat joutuvat säästämään kuluja toiminnoista.

Puulla voi lämmittää eri muodoilla ja puiden eri jalostusasteiden hinta ja käyttötavat ovat erilaiset. Pelkällä klapilla lämmittäminen ei kannata lämpöyrittäjän näkökulmasta, koska klapin palaminen on nopeaa ja automatisointi vaikeaa. Tästä johtuen hake ja pelletti ovat sellaisia tuotteita, joilla automatisoitu lämmittäminen onnistuu kustannustehokkaasti.

2.1 Lämpöarvot

Polttoaineiden lämpöarvojen mittasuurena käytetään yleensä MJ/kg tai kWh/kg tai se voidaan ilmoittaa suhdelukuna raakaöljytonnin lämpöarvoon. Raakaöljytonni (toe) vastaa lämpöarvoltaan 41,9 GJ tai 11,6 MWh. Lisäksi lämpöarvo voidaan esittää kahdella tavalla, joko kalorimetrisellä lämpöarvolla tai tehollisella lämpöarvolla. (Knuutila 2003, 26.) Puupolttoaineiden lämpöarvot ilmoitetaan kuivana tai märkänä tietyssä kosteusprosentissa.

Kalorimetrinen lämpöarvo esittää palamisessa vapautuvan kokonaislämpömäärän, joka ei riipu kosteudesta. Se on energiamäärä, jonka puu sisältää kokonaisuudessaan. Tosin osa puun energiasta joudutaan käyttämään puussa olevan kosteuden poistamiseen puusta. (Knuutila 2003, 27.)

Tehollinen lämpöarvo taas ilmoittaa lämpöenergian, joka on jäljellä, kun höyrystynyt vesi on poistunut puusta. Laskennassa otetaan huomioon siis veden poistamiseen kuluneen energian. Lämpöenergian määrä määritellään niin, että poistuvan veden lämpötila on sama kuin polttoaineen lähtölämpötila. (Knuutila 2003, 27.)

Taulukossa 1. on listattu eri polttoaineiden lämpöarvoja ja kosteuspitoisuuksia:

Taulukko 1. polttoaineiden lämpöarvoja ja kosteuspitoisuuksia. (Motiva 2010, 2).

Polttoaine	Lämpöarvo	Kosteus %
Raskas polttoöljy	11,42 kWh	
Kevyt polttoöljy	10,02 kWh	9
Puupelletti	4,7 kWh/kg	
Polttohake	700 kWh/ irto-m ³	40

2.2 Hake

Hake sisältää energiaa 700kWh/irto-m³ kosteusprosentissa 40. (Motiva 2014.) Hake on puusta tehtyä polttoainetta, joka on määritelty tietyillä standardeilla. Tämä mahdollistaa sen, että lämpölaitoksen valmistajat voivat profiloida hakkeen, joka toimii parhaiten juuri siinä lämpölaitoksessa. Valmistajat voivat määrittellä raja-arvot millä alueella hakkeen laatu saa heitellä, jotta laitos toimii asianmukaisella tavalla. Tämä helpottaa hakkeentuottajia siinä, että heidän on helppo määrittellä, minkälaista haketta he tuottavat ja mahdolliset reklamaatioiden määrät pienenevät. Hakkeen laatu riippuu yleensä siitä, minkälainen hakkuuri ja seula ovat käytössä ja millaisesta puusta tai puun osista hake on valmistettu. Tietenkin lisäksi varastopaikat ja suojaus ovat tärkeässä osassa hakkeen laadunvarmistamisessa.

Tarkka määrittely hakkeelle on ilmoitettu seuraavanlaisesti: haketettu puubio-massa, jonka palat ovat tuotettu mekaanisesti käsittelyllä käyttäen teräviä työkaluja, kuten veitsiä. Hakepalat ovat suorakaiteen muotoisia. Kuvassa 1 näkyy valmista haketta.



Kuva 1. Hake. (Vapo 2014).

Standardin piiriin kuuluvat myös palakoko, kosteus, lämpöarvo Q ja energiatiheys tai, irtotiheys BD, jos kaupankäynti tapahtuu tilavuuden perusteella. (Alakangas 2010, 9.)

Hakkeella käydään kauppaa, ja siksi hakkeelle on määritelty tietyt standardit. Näillä standardeilla määritellään, millaista hakkeen pitää olla ja mihin laatuluokkaan tietynlainen hake kuuluu. Laatuluokka ilmoitetaan A- ja B- luokkina, jossa A-luokat edustavat luonnonpuuta, joka ei sisällä minkäänlaisia epäpuhtauksia ja B-luokat edustavat puuta, joissa on joitain epäpuhtauksia ja kemiallisia aineita.

Haketta myydessä tuoteselosteesta pitää ilmetä, kuka hakkeen toimittaa ja missä hake on tehty. Lisäksi selosteesta pitää löytyä hakkeen ominaisuudet ja mihin laatuluokkaan kyseinen hake-erä kuuluu sekä ilmoitus, jos haketta on käsitelty jollakin aineella. Tuoteselosteessa ilmoitetaan ominaisuuksien kohdalla yleensä palakoko, kosteus, tuhkaprosentti ja tehollinen lämpöarvo. Palakoko (P) ilmoitetaan palakoon arvoina, joka on 75 % kyseisestä toimituserän määrästä. P:n jälkeinen numero ilmoittaa palakoon maksimi-arvon mm² ja perässä oleva kirjain ilmoittaa hakkeen laatuluokan. Kosteus taas ilmoittaa, missä kosteusprosentissa hake on toimitettu ostajalle. Tuhkaprosentti taas ilmoittaa sen, mitä jää jäljelle poltetusta raaka-aineesta.

Tehollinen lämpöarvo (Q) taas ilmoittaa, minkä määrän energiaa kWh/kg toimitettu raaka-aine sisältää. Lopuksi tuoteselosteessa pitää olla toimittajan allekirjoitus, päiväys ja paikka. (Alakangas 2010, 23.)

Taulukossa on esimerkki, miltä tuoteseloste voi näyttää.

Taulukko 2. tuoteseloste. (Alakangas 2010, 24).

SFS EN 14961-4		
Tuottaja	Tuottaja	Metsähake Oy
	Toimituserä	1000kg
	Raaka-aineen alkuperä	Suomi Joensuu
	Kauppanimike	Hake
Ominaisuudet	Palakoko (P)	P45A
	Kosteus (M), p- %	M35
	Tuhka (A), p- %	A1.5
	Tehollinen lämpöarvo (Q), saapumistilassa	Q11

2.3 Pelletti

Pelletti on energiaa, joka tehdään sahateollisuuden sivutuotteista, kuten esimerkiksi kutterinpurusta. Kuvassa 4 on valmista pellettiä.



Kuva 2. Pelletti. (Vapo 2014).

Pelletintuotanto lisää sahateollisuuden kannattavuusastetta, koska sivutuote saadaan jalostettua tuotteeksi. Pelletti valmistetaan puristamalla purua rullaa vasten ja rulla puristaa aineen matriisiin läpi, jolloin se puristuu sylinterimäiseksi valmiiksi pelletiksi. Pelletti sisältää energiaa 4,7 kWh/kg, mikä taas vastaa puolta kevyen polttoöljyn energia-arvosta. (Motiva 2010, 2.)

Pelletin valmistuksessa on etuja, jotka tekevät siitä kilpailukykyisen polttoaineen verrattuna muihin puupohjaisiin polttoaineisiin. Pelletti on tasalaatuista, jolloin se on aina energia-arvoltaan samanlaista. Tämä johtuu siitä, että pelletti valmistetaan teollisesti ja niille tietyille laitteille, joilla sitä poltetaan. Pelletti on muotoiltu niin, että se palaa optimaalisesti ja tuottaa mahdollisimman paljon lämpöä. Hyvä lämpöarvo pelletille tulee taas siitä että pelletti on puristettu kasaan ja tällöin siihen on saatu lisättyä paljon puuainetta pieneen tilaan. Myös muoto ja standardoitu koko auttavat suunnittelemaan sellaisen automaatiojärjestelmän, joka toimii optimaalisesti juuri pelletille. Kyseistä automaatiojärjestelmää on siis tämän takia helpompi säätää tarkemmin, eikä tarvitse aina räätälöidä järjestelmää aina tietyille laitokselle.

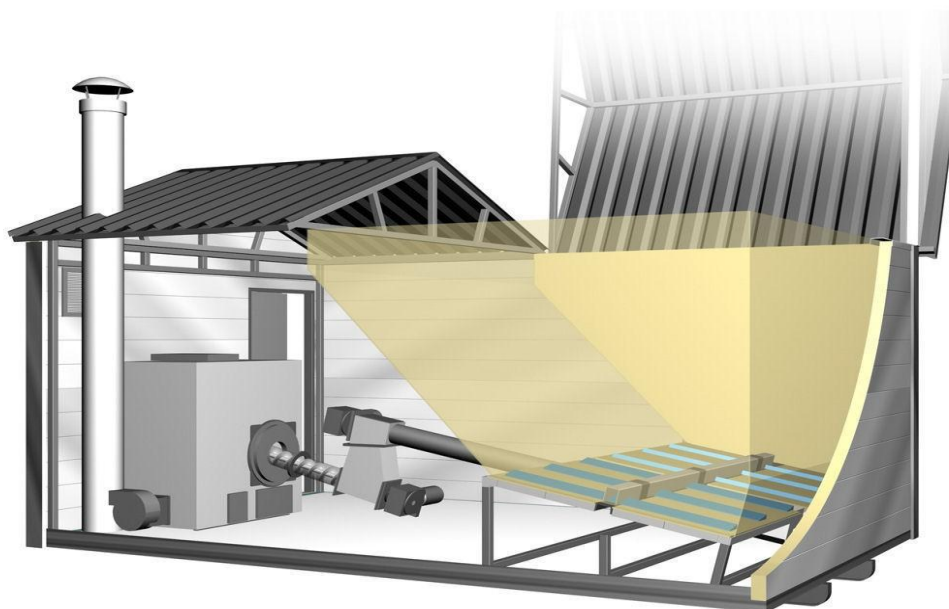
Pellettiä on käytetty lämmitykseen Euroopassa pidemmällä aikavälillä kuin Suomessa, joten laitteistoja on jo saatavissa monilta toimittajilta. Hyvä energiatiheys taas pienentää varastointikuluja, koska sama energia on saatu pakattua pienempään pakettiin. Tämä taas helpottaa tavaran toimittamista ja pakkaamista kuluttajille. Eli pelletti on tavallaan räätälöity tietyille polttimelle tietyillä olosuhteilla. Pelletin kosteus on määritelty niin, että sen pitää olla alle 10 prosenttia (%). Pelletti kuuluu bioenergiaan ja tällöin päästöjä ei huomioida, joten se on ympäristöystävällinen polttoaine. (Knuutila 2003, 84.)

3 Lämmitysjärjestelmät

3.1 Hakelämmityslaitteisto

Lämpökeskukset, jotka käyttävät haketta polttoaineena, sisältävät hakevaraston, kuljettimen, puhaltimen, polttimen sekä usein myös lämminvesivaraajan. Turvallisuussyistä lämpökontti on jaettu kahteen osaan. Kattila ja poltin on sijoitettu omaan huoneeseen.

Viereiseen huoneeseen on sijoitettu hakesiilo, ja näiden kahden huoneen välillä on hakekuljetin, joka on suojattu niin, että palo ei pääse leviämään siiloon kuljettimen kautta. (Metsäkeskus 2008, 12.) Kuvassa 3 näkyy laitteisto pääpiirteittäin.



Kuva 3. Hakelämmityskontti. (Ariterm).

Nämä laitteet voi tietenkin sijoittaa jo olemassa oleviin tiloihin, jos ne täyttävät paloturvallisuusvaatimukset. Nykyään suunnittelussa on huomioitu asiat niin, että tarvittavat laitteet tulevat kontissa, jolloin vaatimukset täyttyvät ja ne ovat helposti sijoitettavissa turvalliseen paikkaan. Lämpökeskus sijoitetaan yleensä mahdollisimman lähelle sitä rakennusta, joka kuluttaa eniten lämpöä. Lämpökeskusta ei kuitenkaan saa sijoittaa liian lähelle rakennuksia, joita lämmitetään. Paloturvallisuusohjeet määrittävät, että lämpökeskuksen välisen etäisyyden pitää olla vähintään 8 metriä lämmitettävästä kohteesta. (Metsäkeskus 2008, 12.)

Maatilan tai omakotitalon kokoisissa talouksissa käytetään polttimena yleensä stokeria, ja isommassa kokoluokassa, kuten kerrostalot, käytetään arinapoltinta.

Voimalaitoskokoluokassa käytetään lämmöntuottamiseen leijupetikattilaa. Nämä vaihtoehdot käyttävät puuainetta polttoaineena ja tarkoituksena on saada lämmitettyä kattilassa kiertävä vesi. Stokeripoltinta käytetään pienissä kokoluokissa ja polttoaineena se käyttää pellettiä ja haketta. Arinapoltinratkaisuja käytetään suuremmissa kokoluokissa ja se käyttää polttoaineena haketta, kuorta ja puunjalostuksen sivutuotteita. (Säteri 200, 72.)

Stokeripoltinlaitteisto vaihdetaan kokonaisuudessaan öljypolttimella toimivan laitteiston tilalle. Toimintaperiaate poikkeaa öljypoltinlaitteistosta niin, että se voi käyttää kiinteää polttoainetta. Se koostuu hakesäiliöstä, puhaltimesta, syöttölaitteesta ja polttimesta. Toimintaperiaate, on yksinkertainen. Polttoaine sijaitsee suljetussa säiliössä ja sieltä poltettava tavara siirretään palamistilaan syöttölaitteella. Palamistilassa polttoaine alkaa palaa ja palamista säädellään puhaltimen voimakkuutta säätämällä. Laite toimii muuten samanlaisella ohjauksella kuin öljylämmitysjärjestelmä. Laitteiston polttoaineen lisäys tapahtuu käsikäyttöisesti. (Metsäkeskus 2008, 18.) Kuvassa 4 on esitelty Säättötulen Stokeripoltin.



Kuva 4. Stoker. (Säättötuli).

Arinapolttimen toimintaperiaate poikkeaa stokeripolttimesta niin, että polttoaine syötetään arinalle, jossa se syttyy ja polttoaine palaessaan liikkuu arinalla eteenpäin. Palamiseen tarvittava ilma johdetaan arinan läpi ja palamisesta syntyvät tuhkat poistuvat arinan läpi. Palamisesta syntyvät kaasut johdetaan erilliseen palotilaan, jossa ne palavat loppuun ja savukaasusta syntyvä lämpö otetaan talteen.

Palamisprosessi on jatkuvaa ja se käyttää polttoaineenaan myös huonompia hakelaatuja. (Knuuttila 2003, 97.) Seuraavassa kuvassa 5 on esitetty arinapolttimen toimintaperiaate.

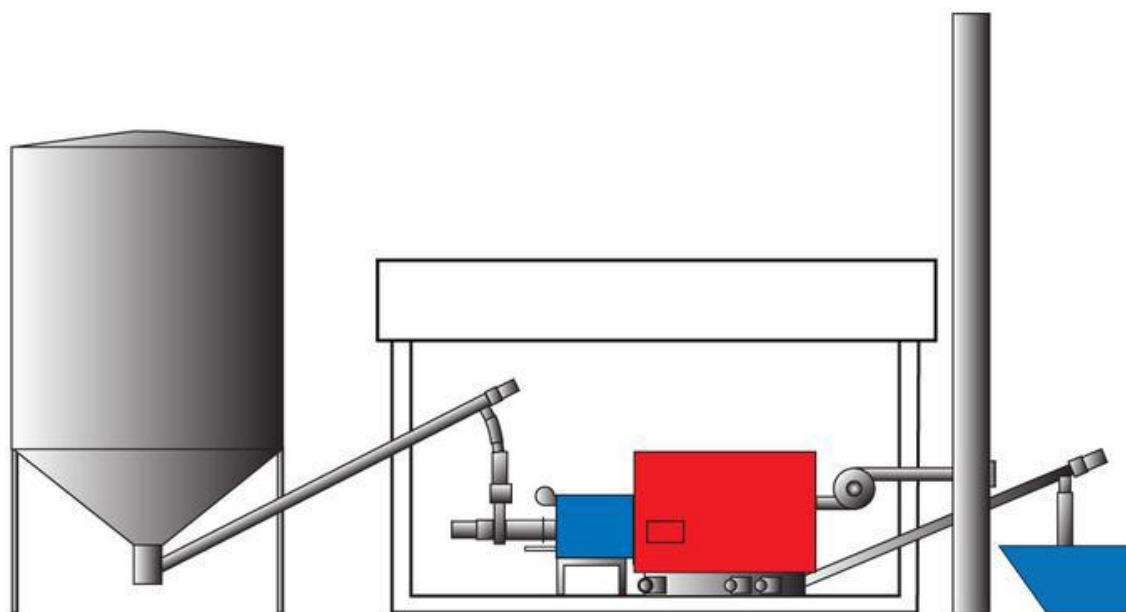


Kuva 5. Arinapoltin. (Ariterm).

3.2 Pellettilämmityslaitteisto

Laitteistot, joita käytetään pelletin polttamiseen, ovat melko samanlaiset kuin hakkeenkin polttoon käytettävät laitteet. Pelletti tarvitsee varastosiilon, kuljettimen, polttimen ja lämminvesivaraajan. Suurimmat erot tulevat hakkeella tapahtuvaan lämmitykseen verrattuna kuljettimen rakenteessa.

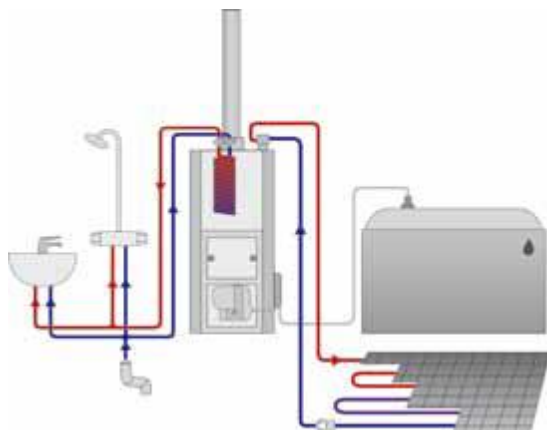
Pellettilämmitysjärjestelmässä toimii kuljettimena ruuvikuljetin, kun taas hake-
lämmitysjärjestelmässä siirto tapahtuu tanko- tai jousipurkaimella. Kuva 5 esit-
tää pellettilämpölaitoksen toimintaperiaatteen.



Kuva 6. Pellettilämpölaitos. (Biofire).

3.3 Öljy ja lämmityslaitteisto

Öljy on fossiilinen polttoaine, jolla on hyvä energiasisältö. Kevyt polttoöljy sisältää energiaa 10,02 kWh/litra. (Motiva 2014). Öljyn varastointi tapahtuu siihen suunnitellulla säiliöllä, mutta energiatihedysten ansiosta varastotilaa ei tarvitse olla paljoa. Öljyllä on kuitenkin pari huonoa puolta. Ensimmäkin se ei ole uusiutuva polttoaine, mikä tarkoittaa sitä että, öljyä on rajallinen määrä maapallolla. Toinen seikka on se, että lämmitettäessä se päästää paljon haitallisia päästöjä. Öljylämmitys vaatii toimiakseen öljysäiliön, öljypolttimen ja kattilan. Kuvassa 7 on esitelty öljyllä toimiva lämmityslaitteisto.



Kuva 7. Öljyllä toimiva lämmityslaitteisto. (Kaukora).

Nykyaikainen öljylämmitys tulee kehittymään poltintekniikan ja mahdollisten palokaasunsuodattimien käytön kehittymisen myötä. Öljyyn voidaan sekoittaa bioöljyä, jolloin lähtökohtaisesti päästöt palaessaan energiaksi ovat jo pienemmät, kuin poltettaessa pelkästään fossiilista polttoainetta. Lisäksi rinnalle voidaan liittää esimerkiksi aurinkoenergiaa, jolloin öljynkäyttö vähenee. Öljystäkin voidaan siis kehittää vähemmän saastuttavaa ja kuluttavaa lämmitysmuotoa. (Öljyalan palvelukeskus 2010.)

4 Lämpöyrittäjäyys

4.1 Miksi lämpöyrittäjäksi

Lämpöenergian hinta on ollut nousussa ja fossiilisten polttoaineiden käyttöä ollaan vähentämässä ympäristöä pilaavien päästöjen vuoksi. Tämä ohjaa lämpöenergian tuotantoa biopohjaisiin polttoaineisiin. Puulla tapahtuvan lämpöenergian tuottaminen myyntiin on yksi vaihtoehto hankkia toimeentuloa nykyään. Lämpöä tarvitsevat taloryhmät eivät ole halukkaita investoimaan kalliisiin laitteisiin ja lämmöntuottamisesta johtuviin töihin, ja yleensä tarvittava tietotaito puuttuu.

Lämpöyrittäjät ovat nykyään päätoimisia yrittäjiä. Varsinkin maataloille ja metsähakkeen tuottajille tapahtuva yrittäminen sopii erinomaisesti, koska heillä on jo valmiiksi laitteet, joilla voi tuottaa polttoainetta lämmöntuotantoon. Tällöin lisäpanostusta tuotantolaitteisiin ei tarvita ja lainaa ei tarvita.

Tätä kautta lämmöntuotanto käynnistyy tehokkaasti jo heti tuotannon alkuvaiheissa. Lisäksi maataloilla on metsäomaisuutta, joita hoitamalla ne saavat myös tarvittavan raaka-aineen hankittua omilta mailtaan. (Solmio, Tuomi, Valkonen 1995, 6.)

Kynnys lämpöyrittämiseen on laskenut nykyään. Syy siihen on tekniikan ja automaation lisääntyminen. Lämpölaitokset tulevat pienimmissä kokoluokissa valmiissa konteissa, jolloin niiden asentaminen lämmöntuottoon on helppoa. Nykyaikainen lämpölaitos on automatisoitu niin, että yrittäjän ei tarvitse muuta kuin lisätä polttoaine ja tehdä muutamia yksinkertaisia huoltotoimenpiteitä. Nämä yksinkertaiset toimenpiteet voidaan ulkoistaa alihankkijalle, jolloin lämpölaitoksen hoito on helppoa. Sopimuksen päättyessä voidaan lämpölaitos siirtää toisalle tai myydä lämpölaitos lämmön tilaajalle. (Kokkonen 2005, 8.)

4.2 Lämpöyrittäjyyden aloittaminen

Ensiksi kannattaa ajatella että yritys ei välttämättä tuo voittoa ensimmäisinä vuosina, jos lainaa on otettu paljon yrityksen perustamista varten. Oman rahan sijoittaminen helpottaa yritystä pääsemään voitolle jo yrityksen alkuvaiheissa. Lämpöyrittäjäksi aikovan kannattaa ensin tutustua kyseiseen energiantuotto-
muotoon ja tutkiskella millä tavalla aikoo energiaa tuottaa.

Lämpöyrittäjyys voidaan toteuttaa monella eri tavoilla. Lämpöyrittäjänä voi toimia joko yksityisyrittäjänä, jolloin vastaa itse kaikista lämmöntuottamiseen liittyvistä vastuista. Tällainen yrittäjä tuottaa polttoainetta lämpölaitoksiin tai vastaa koko lämmöntuotosta jollekin kiinteistöryhmälle. Tällainen toiminta on paikallista ja lämmöntuottolaitteistot ovat sijoitettu rakennuksen viereen tai asiakkaan tiloihin. Lämmityskohteena ovat yleensä yksittäiset rivitalot, maatilat tai koulurakennus. Tämä toimintamalli käy hyvin pienemmille lämmityskohteille, joissa lämmöntarve ei ole suuri ja sopimukset eivät ole pitkäaikaisia. Tämä mahdollistaa lämmöntuottamisen laajemmalla alueella, koska lämmönjakeluun ei tarvita jakeluverkostoa. (Solmio 1995, 10.)

Toisaalta lämpöyrittäminen voi tapahtua osuuskuntana. Tässä mallissa yrittäminen tapahtuu useiden metsänomistajien ryhmänä, jolloin he hoitavat raaka-aineen ja lämmön tuottamisen asiakkaalle. Yleensä he omistavat kyseisellä alueella myös lämmöntuottamiseen tarvittavan laitteiston ja jakeluun vaadittavan verkoston. Lämmöntuottaminen tapahtuu yleensä taajamissa tai alueella joka on asutettu tiheästi. Tällaisessa toiminnassa sopimukset ovat yleensä pitkiä ja ne ovat sidottu siihen paikkaan mihin lämpövoimala ja jakeluverkosto on rakennettu. Osuuskuntien asiakkaina ovat yleensä kunnat, jotka haluavat vakaata ja varmaa lämmöntuottamista lämpöä tarvitseville alueilleen. (Kokkonen 2005, 11.)

4.3 Yrittämisen edellytykset

Yrittäjäksi haluavan kannattaa ensiksi arvioida oman taitopohjan ja kokemuksen riittävyys yritystoiminnan aloittamista varten. Seuraavaksi kannattaa päättää mahdollisimman tarkasti, millaista lämpöliiketoimintaa alkaa harjoittaa. Tämä antaa suunnan yritystoiminnalle ja tarkentaa tarvittavien laitteiden määrää ja laatua. Yritys kannattaa suunnitella siten, että lainan otto jää mahdollisimman vähäiseksi, koska tämä rasittaa yrityksen tuottoja. Lisäksi täytyy tehdä huolellisesti laskelmat joiden pohjalta aloitetaan yritystoiminta. Laskelmia tulee tehdä kustannus- ja kannattavuuslaskelmilla. Kustannuksissa tulee huomioida hintojen muutokset eri kustannuksille. Kannattavuuslaskelmissa rahoituksen muutokset tulee huomioida niin, että mahdollinen velka saadaan maksettua. Tällaisia muutoksia voivat olla yhteiskunnalliset muutokset, jotka vaikuttavat verotukseen ja yritystukiin. Lisäksi kannattaa miettiä yrittäjyyden kannalta onko mahdollista tuottaa polttoaine itse vai onko edullisempaa ostaa alihankkijalta. Polttoaineen hankinnassa tulee ottaa huomioon hankintahinta ja laatu. Hankintahintaa kannattaa kilpailuttaa tietyin väliajoin. Raaka-aineen laatua kannattaa myös testata tietyin väliajoin. Lisäksi kannattaa miettiä, onko yrityksellä toiminnan vakiintuessa edellytyksiä muuttaa toimintamallia sellaiseksi, että on edellytykset toimia isommassa mittakaavassa kustannustehokkaasti. (Solmio 1995, 12.)

Lämpöyrittäjän yrityksen kannattavuuteen vaikuttavat monet asiat ja suurimmat kuluerät ovat pääomakulut ja muuttuvat kulut. Seuraavassa on eritelty seikkoja jotka kannattaa huomioida kun aloittaa yritystoimintaa.

Lämpöenergiasta saatavalla katteella tehdään tulos. Myynnillä katetaan kulut, joten hinta tulisi mitoittaa niin, että kulut jäävät peittoon ja hinta olisi mahdollisimman kilpailukykyinen muihin kilpailijoihin verrattuna. Investoinnit jotka tehdään yritykseen, tulisi tehdä niin että ne palvelisivat mahdollisimman hyvin suuntaa johon yritystä viedään. Tällä tavalla vältetään turhia ostoksia, jotka sitten nostavat lainataakkaa ja rasittavat lisää yritystä. Polttoaineen hankintahinta on yrityksen perustamisen jälkeen suurin kuluerä. Polttoaineen hankintahinnan muutokset siis heijastuvat heti yrityksen tulokseen. On siis tärkeää turvata laadukas polttoaineen saanti kilpailukykyisellä hinnalla. Laitteiston huolto- ja käyttökustannukset ja lisäksi työvoiman tarve lisäävät kuluja. Nämä kulut tulisi olla mahdollisimman pienet, koska yritys on alkuvaiheessa. Näitä kuluja saa suunnitteluvaiheessa vähennettyä kun valitsee oikeanlaiset laitteistot. (Solmio 1995, 12.)

4.4 Sopimukset

Kun lämmöntuottamisesta on päästy ostajan kanssa yhteisymmärrykseen, kannattaa tehdä kirjallinen sopimus. Tämä yksityiskohtainen sopimus suojaa yrittäjää ja lämmön ostajaa mahdollisilta väärinkäsityksiltä. Sopimukset ovat yleensä määräaikaaisia ja ne ovat voimassa 2- 5 vuotta. Mikäli toinen sopimuksen osapuolista ei noudata sopimuksessa olevia ehtoja, voi sopimuksen purkaa ennen määräaika.

Sopimuksen tulisi ainakin sisältää seuraavat seikat. Tuotettavan lämpöenergian määrällä sovitaan kuinka paljon energiaa tuotetaan ostajalle. Sekä minä päivänä lämmöntuotanto alkaa. Lämmöntuotannon alkamispäivänä pitää olla tarvittavat laitteistot asennettuna ja käyttökunnossa. On sovittava paljonko energia maksaa ja mitkä ovat energian hinnan korotusperusteet ja millaisissa tilanteissa. Kuinka kauan lämmöntuottamissopimus on voimassa ja millä perusteilla lämmönkulutusta mitataan. Sopimuksessa tulee olla myös määritelty mitä vastuita kullakin henkilöllä on lämmöntuottamisessa. (Solmio 1995, 15.)

5 Työn tarkoitus

Opinnäytetyö selvittää hakkeen ja pelletin kustannuksia verrattuna öljylämmityksen käyttöön. Lisäksi se vertailee hakkeen ja pelletin kulurakennetta siirryttäessä öljylämmityksestä kyseisiin lämmitysmuotoihin. Työ auttaa ymmärtämään millä aikavälillä uusi lämmitysjärjestelmä maksaa itsensä takaisin verrattuna vanhaan öljylämmitykseen.

Tavoitteena on saada mitoitettua sellaiset lämmitysjärjestelmät joissa saadaan selkeästi osoitettua eri lämmönjärjestelmien kulurakenteen erot. Lisäksi tuotetun energian hinnoista tehdään vertailua siten, että pystyykö mahdollisesti jollain hinnalla pelletti olemaan kilpailukykyinen hakkeen hintaan verrattuna.

6 Tutkimusaineisto

Lämmön kulutus jaetaan kahteen osaan. Teholla määritetään se energiamäärä, jolla pystytään lämmittämään haluttu kohde. Energialla taas ylläpidetään tarvittavaa tehoa tietyllä ajanjaksolla. Energiaa kuluu asuinkiinteistössä huonetilojen lämmitykseen 40 %, ilmanvaihdon lämmitykseen 35 % ja käyttövedenlämmitykseen 25 %. (Energiateollisuus 2006, 51.) Keskeisessä osassa on siis rakennusten lämmöntarpeen ja lämmittämiseen kuluvan energian määrittelemisen.

6.1 Menetelmät

Tarvittavat kaavat ja laskentamenetelmät otetaan D5 Suomen rakentamismääräyskokoelmasta. Nämä laskentamenetelmät toimivat vain sellaisissa rakennuksissa, jotka ovat jäähdyttämättömiä tai niissä on vain yksittäisiä jäähdytettyjä tiloja. (Ympäristöministeriö 2012, 11.)

Muuntokerroimet ja raaka-aineiden energiasisällöt ovat tärkeässä osassa tehtävän suorittamisessa. Taulukossa 3 on listattu tarvittavat raaka-aineiden energiasisällöt ja muuntokerroimet, joita tarvitaan laskemien suorittamiseksi.

Yksi kiintokuutiometri haketta vastaa 2,5 irtokuutiometriä ja yksi irtokuutiometri on 0,40 kiintokuutiometriä.

Taulukko 3. Muuntokertoimet. (Energiatilasto 2011, 28).

Raaka- aine	Mittayksikkö	GJ	MWh	toe	t/m ³ tai t/i- m ³
Puuhake	i-m ³	2,88	0,80	0,404	0,300
Pelletti	t	16,92	4,70	0,069	0,690
Öljy	t	42,50	11,806	1,015	0,845

Vuosihyötysuhteita lämmitysjärjestelmille on valittu niin että hyötysuhteet on määritetty suuremmille rakennuksille, koska kerrostalon ja maatalan energiantarve on rivitaloa suurempi. D5 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystarpeen ohjearvoja isompien rakennusten taulukko 4 mukaan:

Taulukko 4. Vuosihyötysuhteita lämmitysjärjestelmille. (Ympäristöministeriö 2012, 45).

Lämmitystapa	Vuosihyötysuhde	Sähkönkulutus kWh/a m ²
Kaukolämpö	0,97	0,07
Öljylämmitys	0,9	0,24
Pellettikattila	0,84	0,13
Hakekattila	0,82	0,25

D5 Suomen rakentamismääräyskokoelmasta saatavilla kaavoilla voidaan laskea rakennuksen kuukausittainen energian nettotarve. Eri kuukausien energian kulutuksen yhteenlaskettu summa ilmoittaa, paljonko energiaa rakennus kuluttaa vuodessa. Laskennassa käytettäviä lähtötietoja ovat rakennuksen käyttötiedot. Rakennukselle on määritetty laskentamenetelmän ohjearvot, jos tarkempia tietoja ei ole käytettävissä. (Ympäristöministeriö 2012, 11.)

Lämmitysenergiankulutus lämmöntuottojärjestelmittäin voidaan ratkaista seuraavalla kaavalla:

$$Q_{\text{lämmitys}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat}} + Q_{\text{lämmitys,iv}} + Q_{\text{lämmitys,lkv}} - Q_{\text{aurinko,lkv}} - Q_{\text{muu tuotto}}}{\eta_{\text{tuotto}}}$$

Jossa

$Q_{\text{lämmitys}}$ lämmitysjärjestelmän lämpöenergiankulutus, kWh/a

$Q_{\text{lämmitys,tilat}}$ tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh/a

$Q_{\text{lämmitys,iv}}$ ilmanvaihdon lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh/a

$Q_{\text{lämmitys,lkv}}$ lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve, kWh/a

$Q_{\text{aurinko,lkv}}$ aurinkoenergialla tuotettu energia lämpimään käyttöveteen, kWh/a

$Q_{\text{muu tuotto}}$ muilla mahdollisilla tuottojärjestelmillä tuotettu energia, kWh/a

η_{tuotto} lämmitysenergian tuoton vuosihyötysuhde

Mitoitusteho lasketaan energiankulutuksen mukaan huomioimalla lämmitystarveluku. Lämmitystarveluku saadaan laskettua kun lasketaan joka kuukauden päivän sisä- ja ulkoilman lämpötilan erotus. Joensuussa vuonna 2011 lämmitystarveluku oli 4486. Lisäksi kaavassa huomioidaan paikkakuntaakohtainen mitoituslämpötila. Nämä mitoituslämpötilat on jaettu neljään vyöhykkeeseen, ja jokaiselle vyöhykkeelle on määritetty oma mitoituslämpötila. Joensuu kuuluu vyöhykkeeseen kolme, joten mitoituslämpötila on -32 astetta. (ilmatiiteenlaitos 2011.)

Mitoitusteho määritetään seuraavalla kaavalla:

$$Q_{\text{mit}} = \frac{(Q - Q_k) \times (17 - (-t_{u,\text{mit}}))}{24 \times S}$$

Q = energiankulutus tarkasteluaikana, MWh
 ”lämmitysjärjestelmän hyötysuhde mukaan luettuna”

Q_k = käyttöveden lämmitykseen kulunut energia tarkasteluaikana, MWh

$t_{u,mit}$ = paikkakunnan mitoituslämpötila, °C

S = paikkakuntaakohtainen lämmitystarveluku tarkasteluaikana, °Cd

Q_{mit} = lämmityksen mitoitusaste, MW

Lämpöindeksillä saadaan määritettyä kuinka paljon kuluu energiaa lämpimän käyttöveden ja tilojen lämmittämiseen rakennuskuutiometriä kohden. Lämpöindeksissä on myös huomioitu sään vaikutus energian kulumiseen, joten sään avulla kulutustiedot saadaan keskenään vertailukelpoisiksi. Etelä-Suomessa kerros- ja rivitalojen lämpöindeksi on 45–65 kWh/m³/v, Keski-Suomessa kulutus on 10–15% ja Pohjois-Suomessa 25–30% suurempi. Lämpöindeksi saadaan kun rakennuksen tilavuus m³ jaetaan normeeratulla energiankulutuksella. (Motiva 2014.)

Kulutettu energiamäärä rakennuskuutiometriä kohden saadaan laskettua seuraavasti.

$$Q = \frac{S_{vpkunta}}{S} \times (Q_{Läm} - Q_{lkv}) + Q_{lkv}$$

Q = normeerattu energiankulutus, MWh

$S_{vpkunta}$ = vertailupaikkakunnan lämmitystarveluku, °Cd

$Q_{läm}$ = lämmityksen energiankulutus, MWh

S = lämmitystarveluku, °Cd

Q_{lkv} = käyttöveden lämmittämiseen kulunut energia MWh

Excelin entä jos – analyysi työkalulla tehdään taulukko jonka arvoja muutetaan niin, että nähdään mitenkä kyseiset muutokset vaikuttavat taulukon kaavojen tulokseen. Entä jos – analyysistä käytetään tässä työssä arvotaulukkoa. Arvotaulukko voi käsitellä vain kahta muuttujaa, mutta muuttujien arvoja voi olla monia. (Microsoft 2010.)

Lisäksi työssä käytetään perinteisiä jako- ja kertolaskuja muuntamaan lukuja oikeaan muotoon. Jakolaskua käytetään kun halutaan jakaa luku tasaa jollakin luvulla. Kertolaskua käytetään yhteenlaskussa.

6.2 Tutkittava aineisto

Tutkittava aineisto koostuu useista hintatiedoista. Hinnat on haettu valmistajien sivuilta. Polttoaineiden esimerkkihinnat on määritelty seuraavasti: Hakkeen hinnaksi valittiin 24 euroa/im³ ja pelletin hinta 190 euroa/tonni. Öljyn hinta 1,04 euroa/litra. Lämpölaitosten hinnat ja ominaisuudet on otettu säätötulen katalogista 2011 hintojen mukaan. Lisäksi aineistoa on haettu alan kirjallisuudesta, ja aiheeseen perehdyttäviltä Internet-sivustoilta.

7 Toteutus

Kokoluokkina toimivat 60- 100kW ja 100- 200kW. Kokoluokkiin päädyin, kun laskin, paljonko keskimäärin yksi kerrostalo ja maatila kuluttavat energiaa. Näiden kokoluokkien lämmitys on perinteisesti tehty öljylämmityksellä, koska ne yleensä sijaitsevat kaukana taajamista ja näin ollen liittäminen kaukolämpöverkkoon on liian kallista. Tällaiset taloudet, jotka lämmittävät öljyllä, alkavat nykyään olla tietoisia öljyn hinnan noususta ja haluavat yleensä vaihtaa halvempaan ratkaisuun jos mahdollista.

Öljyllä lämmittävien talouksien mahdollisuudet vaihtaa lämmitysjärjestelmää ovat hyvät, koska ne sisältävät jo talouden lämmitykseen käytettävät kokonaisuudet. Tällöin hakkeella tai pelletillä toimiva järjestelmä on yksinkertaista asentaa kyseisiin talouksiin.

Työ tehdään siten, että määritellään kaksi kokoluokkaa, joihin lasketaan investointikustannukset ja tätä kautta tulevan lämmön hinta EUR/ MWh. Laskelmat tehdään Excelillä, ja niissä määritellään lämpölaitosten teho ja hinta. Laskelmissa määritellään rakennuksille myös lämmöntarve.

Lämmitysjärjestelmien valinta tapahtuu Säättötulen 2011 luettelosta. Kattiloiden tehot määritellään lämmöntarpeiden mukaan ja otetaan laskelmissa huomioon vuosihyötysuhteiden vaikutukset.

Ensiksi suunnitellaan työn laajuus ja millainen työstä pitää tulla. Tämä on haastavaa, koska työn tilaajana toimin itse. Tästä johtuen asetin lämpölaitoksille rajat, joiden avulla toteutin työn. Seuraavaksi määrittelin lämpölaitoksen kokoluokat. Seuraavaksi kartoitin lähtötietoja valmistajilta ja metsäkeskukselta, olisiko heillä samansuuruisen lämpölaitoksen energian kulutustietoja ja lämpimän veden lämmitysmäärätietoja. Näiden tietojen avulla määrittelin, mitä kyseinen laitos kuluttaa: huipputehon ja alimman mahdollisen tarvittavan tehon. Tämä tieto auttoi tarkentamaan mahdollisimman tarkasti, minkä kokoinen lämpölaitoksen pitää olla, jotta se toimisi mahdollisimman hyvin. Lisäksi sain tiedot siitä millaisen rakennuksen lämmön lämpölaitos ylläpitää.

Työssä kuvataan lämpölaitoksessa käytettävät polttoaineet. Tällä saadaan muodostettua kuva millaisia polttoaineet ovat. Kuvauksessa tulee esiin minkälaisen lämpöarvon ja laadun kyseiset polttoaineet omaavat. Lisäksi tuon esiin muunnoskertoimia eri polttoainelajeille. Tämä on tärkeää, koska eri polttoainelajit on määritelty eri arvoilla. Seuraavaksi, kun on saatu tieto valmistajalta ja metsäkeskukselta alkaa rakennusten lämmöntarpeen määrittäminen.

Rakennusten perustiedoilla lasken, paljonko rakennus kuluttaa lämpöä. Lisäksi lasken, paljonko lämpölaitoksen pitäisi tuottaa energiaa. Näiden erotuksella saadaan sitten määritettyä, hyötysuhde sille kyseiselle lämpölaitokselle. Tämän jälkeen määritetään huipputehon ja pienin mahdollinen tehontarve kyseiselle laitokselle.

Lämpölaitostietojen jälkeen lasketaan kustannukset ja hinnat energialle. Kustannus- ja hintatiedoilla saadaan määritettyä energian hinta eu-

roa/megawattitunti. Laskelmilla sain määritettyä kustannukset kyseisille raaka-aineille. Näistä sitten tein herkkyysanalyysit, joilla sitten esitetään raaka-aineiden hintojen muutoksia ja miten ne vaikuttavat tulokseen. Lisäksi muuttujina käytetään laitteistojen investointikustannuksia. Herkkyysanalyysillä sain tietoa siitä, millä hinnanmuutoksilla hakkeen käyttäminen lämmitykseen on halvempaa kuin pellettien käyttö ja millä hinnanmuutoksella toiminta muuttuu kannattamattomaksi. Sitten vertailin näiden perusteella, onko hakkeella ja pelletillä jokin kokoluokka, joka on toista kustannustehokkaampi. Viimeisinä asioina työssä tarkastelin saatuja tuloksia ja analysoin työn tulokset. Lisäksi arvioin löysinkö sellaista hintaa, jolla vertailtavat polttoaineet ovat lähellä toisiaan.

8 Tulokset

Tekemääni kyselyyn en saanut vastauksia. Tästä johtuen päätin lähteä rakentamaan laskelmia yksinkertaisemmalla tavalla. Hintatiedot tullaan ottamaan vuoden 2011 hintatiedoista. Lisäksi se tarkoittaa sitä että laskelmissa ei oteta huomioon kuukausikohtaisia kulutuksia ja hyötysuhteen määritykset jäisivät kokonaan laskematta. Hyötysuhde otettaisiin kuitenkin käyttöön vuosihyötysuhteena ja tällä tavalla saataisiin laskelmia korjattua keskimääräisesti.

Vuosihyötysuhteina on käytetty öljyn kohdalla 90 prosenttia (%), hakkeen kohdalla 82 prosenttia (%) ja pelletin kohdalla 84 prosenttia (%). (Ympäristöministeriö 2012, 45.) Öljylle, hakkeelle ja pelletille hain arvoja joiden avulla voisin laskea lisää tietoja. Öljyn energiasisällöksi määrittelin 10,02 kW/kg, hakkeen 700kW/irtom³ ja pelletin 4,7 kW/kg. Lisäksi määrittelin huoltokustannukset vuoden ajaksi hakkeelle 476,4 euroa ja pelletille 275,3 euroa. (Motiva 2010, 2.) Energioiden hinnoiksi määrittelin: Öljy 1,04 euroa/l (Consumer direct 2014.), hake 24 euroa/ irtom³ ja talouspelletti 190 euroa/tonni (Kojonkulman hake 2014).

Seuraavaksi päätin että hakea rakennusten kulutustiedot tilastokeskuksen sivuilta. Tällä tavalla saisin tietoon keskimääräisesti mitä tietyn tyyppiset rakennukset kuluttavat.

Lisäksi otin tilastokeskuksen sivuilta tiedon montako tietyn tyyppistä rakennusta Suomessa on. Kyseisten tietojen avulla sain laskettua valitsemilleni tietyn tyyppin rakennuksille keskimääräisen energian kulutuksen.

Ensimmäisenä rakennustyyppinä käytin maatilaa joiden kaikkien yhteenlasketuksi energiankulutukseksi tuli 12 TWh. Tästä kokonaismäärästä sitten kului lämmitykseen 48 prosenttia (%). Maatiloja Suomessa oli tuolla hetkellä 54 398 kpl. Näiden lukujen avulla saatiin sitten laskettua, paljonko yksi keskimääräinen rakennus kulutti energiaa kyseisenä vuotena.

$$Q_{ener} = \frac{Q_{kok}}{kpl}$$

Jossa

Q_{ener} = rakennuksen kulutus keskimäärin, MWh

Q_{kok} = rakennuksen kokonaiskulutus Suomessa, TWh

kpl = rakennuksia Suomessa, kpl

$$Q_{ener} = \frac{12TWh}{54398kpl}$$

Q_{ener} = 105,9 MWh

Tulokseksi sain että yksi maatalo käytti energiaa lämmitykseen vuodessa 105,9 MWh. Vastaavasti suuremmassa lämpölaitoskohteessa otin kohteeksi kaikki kerrostalot, joiden yhteisesti kuluttama energia oli 14 TWh. Kerrostalojen määrä oli 54 782 kpl ja samalla kaavalla ratkaistuna yhden kerrostalon kuluttama energia on 256,6 MWh.

Kerrostalojen lämpimän käyttöveden määrän saisin laskettua niin että lämmitykseen käytetystä energiasta kuluu asuinkiinteistössä huonetilojen lämmitykseen 40 prosenttia (%), ilmanvaihdon lämmitykseen 35 prosenttia (%) ja käyttövedenlämmitykseen 25 prosenttia (%). (Energiateollisuus 2006, 51.) Käyttöve-

den kulutuksen määrää mautiloilla ei pystytä määrittämään tarkasti, joten käytin samaa 25 prosentin (%) sääntöä molempiin esimerkkeihin. Lämpimän veden lämmitykseen kulunut energia ratkaistaan kaavalla.

$$Q_{\text{lämvesi}} = Q_{\text{ener}} * Q_{\text{pros}}$$

Jossa

$Q_{\text{lämvesi}}$ = Lämpimän käyttöveden määrä, MWh

Q_{ener} = rakennuksen energiankulutus keskimäärin, MWh

Q_{pros} = käyttöveden energian kulutuksen prosenttiosuus kokonaisenergiasta

$$Q_{\text{lämvesi}} = 105,9 * 0,25$$

$Q_{\text{lämvesi}}$ = 26,5 MWh

Samalla kaavalla kerrostalon lämpimänveden lämmitykseen kuluu 64,2 MWh kokonaiskulutuksesta.

Rakennusten kuluttaman energian mukaan sain laskettua paljonko kyseiset rakennukset tarvitsevat polttoainetta lämmitykseen koko vuodeksi. Polttoaineen tarpeen ratkaisin seuraavalla kaavalla.

$$Q_{\text{raakainetarv}} = \frac{Q_{\text{ener}}}{Q_{\text{sisältö}}}$$

jossa

$Q_{\text{raakainetarv}}$ = vuodessa kuluvan raaka-aineen määrä

Q_{ener} = rakennuksen kulutus keskimäärin, MWh

$Q_{\text{sisältö}}$ = polttoaineen energiasisältö

$$Q_{\text{raakainetarv}} = \frac{105,9}{10,02}$$

$$Q_{\text{raakainetar}} = 10567 \text{ l}$$

Raaka-aineiden tarve vuodessa maatilalla oli öljyllä 10567 l, pelletillä 22529 kg ja hakkeella 151 i-m³. Kerrostalossa vastaavat tulokset olivat öljyllä 25604 l, pelletillä 54587 kg ja hakkeella 366,5 i-m³.

Saaduilla perustiedoilla saadaan seuraavalla kaavalla laskettua kustannukset polttoaineille.

$$Q_{\text{kustannukset}} = Q_{\text{raakainetar}} * Q_{\text{hinta}}$$

Jossa

$$Q_{\text{kustannukset}} = \text{polttoaineiden kustannukset}$$

$$Q_{\text{raakainetar}} = \text{vuodessa kuluvan raaka-aineen määrä}$$

$$Q_{\text{hinta}} = \text{euroa}$$

$$Q_{\text{kustannukset}} = 10567 * 1,04$$

$$Q_{\text{kustannukset}} = 10\,990 \text{ euroa}$$

Vuosittaisiksi raaka-ainekustannuksiksi maatilalla muodostui öljyllä 10 990 euroa, pelletillä 4281 euroa ja hakkeelle 3630 euroa. Kerrostalolla kustannukset muodostuivat vastaavasti: Öljy 26 630 euroa, pelletti 10 372 euroa ja hake 8796 euroa.

Energian kulutuslaskelman jälkeen laskin, ja määrittelin huipputehon mitoitustehon kaavalla.

$$Q_{\text{mit}} = \frac{(105,9 - 26,5) \times (17 - (-32))}{24 \times 4486}$$

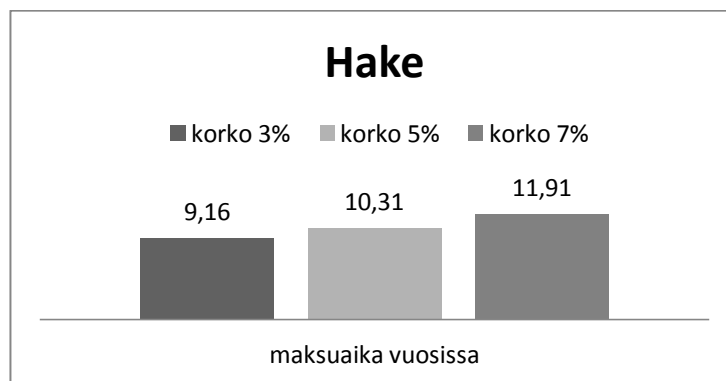
$Q_{mit}=36 \text{ kW}$

Maatilan mitoitustehoksi määrityi 36 kW ja kerrostalon 88kW.

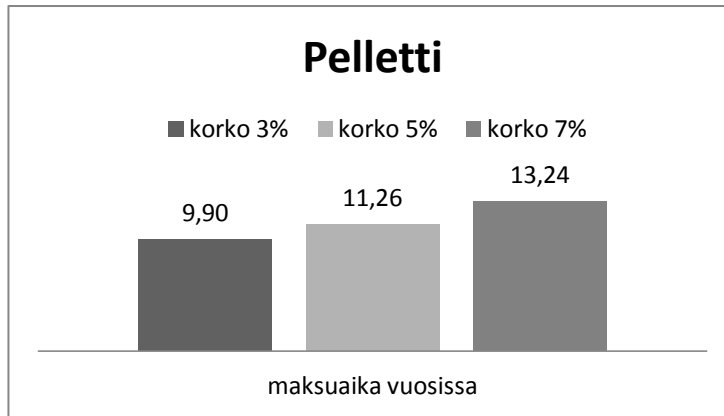
Laitteistot valittiin teho vaatimuksen ja vuoden 2011 saatavilla olevan hintatiedon mukaan. Maatalolle valittiin säätötulen biokontti jonka teho on 50 kW ja hinta vuonna 2011 on 52 900 euroa. Kerrostalolle valittiin biokontti jonka teho on 120 kW ja hinta vuonna 2011 on 67 600 euroa. Valinta kriteerinä käytin tehon määrää ja sitä että laitteiston pitäisi olla kontissa. Konttiratkaisuun päädyin siitä syystä että, kontissa on kaikki valmiina lämmöntuotantoa varten. Mitoitustehon määrä määritteli lämpölaitoksen kokoluokiksi kyseiset polttimen kokovalinnat.

Laitteiston määrittelyn jälkeen tein laskelmat, siitä millä lainan koroilla ja missä ajassa saavutettu säästö muilla polttoaineilla verrattuna öljylämmitykseen maksaa itsensä takaisin. Laina on laskettu lyhennettäväksi sillä summalla, minkä he säästäisivät öljyyn verrattuna. Laskelmat ovat tehty tasaerissä tapahtuvaan lyhennykseen ja sisältävät huoltokustannukset. Öljyyn verrattuna säästö keskimääräisellä maatilalla oli pelletillä 6434 euroa vuodelta ja hakkeella 6883 euroa. Kerrostalossa säästö öljyyn verrattuna pelletillä oli 15 590 euroa ja hakkeella 16 678 euroa. Seuraavissa taulukoissa 5 ja 6 on esitetty miten lainanmaksuvuosissa muuttuu koron mukaan.

Taulukko 5. Hakkeen takaisinmaksu vuosissa.



Taulukko 6. Pelletin takaisinmaksu vuosissa.



Lainan takaisinmaksunopeus oli maatilalla 5 prosentin (%) korolla pelletillä 11,3 vuotta ja hakkeella 10,3 vuotta. Kerrostalossa samalla korkoprosentilla pelletillä takaisinmaksuaika oli 6 vuotta ja hakkeella 4 vuotta. Kaavioista voi päätellä että hakkeen takaisinmaksuaika on lyhyempi kuin pelletin takaisinmaksuaika. Jos taas pelletti saa korkotukea lainanmaksuun suhteessa hakkeeseen, on pelletti takaisinmaksuajoissa pikkuisen nopeampi.

Tuotetun energian hinta MWh laskin vertaamalla tuotetun energian suhdetta energian hintoihin. Energian hinta/MWh laskettiin seuraavalla kaavalla.

$$Q_{\text{hinta}} = \frac{Q_{\text{kust}}}{Q_{\text{tuot}}}$$

Q_{hinta} = tuotetun energian hinta, MWh

Q_{kust} = kokonaiskustannukset tuotetulle energialle, euro

Q_{tuot} = tuotettu energia

$$Q_{\text{hinta}} = \frac{4556}{105,9}$$

Q_{hinta} = 43 euroa/MWh

Tuotettu energia maatilalla maksoi 43 euroa/MWh. Hakkeella tuotettu energia maksoi 38,8 euroa/MWh. Kerrostalossa tuotettu energia maksoi pelletillä 43 euroa/MWh ja hakkeella 38,8 euroa/MWh.

Herkkyysanalyysissa näytetään erilaisia arvoja, joilla tutkitaan erilaisia muutoksia. Seuraavassa taulukko 7 on tehty vertailua raaka-aineen hinnan vaikutuksista energian tuotantohintaan.

Taulukko 7. Herkkyysanalyysi raaka-aineen hinta suhteessa energian hintaan.

Raaka-aineen hinta suhteessa energian hintaan Eur/MWh					
pelletti/tonni	43	Eur/MWh	hake hinta/im3	38,8	Eur/MWh
163,7	37,4	Eur/MWh	12	21,6	Eur/MWh
183,7	41,7	Eur/MWh	14	24,5	Eur/MWh
203,7	45,9	Eur/MWh	16	27,4	Eur/MWh
223,7	50,2	Eur/MWh	18	30,2	Eur/MWh
243,7	54,5	Eur/MWh	20	33,1	Eur/MWh
263,7	58,7	Eur/MWh	22	35,9	Eur/MWh
283,7	63,0	Eur/MWh	24	38,8	Eur/MWh
303,7	67,2	Eur/MWh	26	41,6	Eur/MWh
323,7	71,5	Eur/MWh	28	44,5	Eur/MWh
343,7	75,7	Eur/MWh	30	47,4	Eur/MWh
363,7	80,0	Eur/MWh	32	50,2	Eur/MWh

Herkkyyslaskelma osoitti että maatilalla ja kerrostalolla hakkeen ja pelletin energian tuotantohinta voi olla lähellä toisiaan, jos hakkeen ostohinta nousee ja pelletin hankintahinta laskee. Energian tuotantohinnat ovat lähellä toisiaan, jos käytetään haketta joka maksaa 26 euroa/irtom³ ja pellettiä joka maksaa 183,7 euroa/tonni niin kustannukset ovat lähellä toisiaan. Tällöin on mahdollista valita kumpaa raaka-ainetta lämpölaitos käyttää.

Seuraavassa taulukko 8 herkkyysslaskelma osoittaa koron vaikutuksen laina-aikaan.

Taulukko 8. Laina-ajan pituudet eri korkoprosenteilla.

	Laina-ajan pituudet eri korkoprosenteilla			
	maatila 50 kW		kerrostalo 120 kW	
	Pelletti	Hake	Pelletti	Hake
	laina-aika	laina-aika	laina-aika	laina-aika
korko				
1	8,88	8,27	4,81	4,49
2	9,35	8,69	4,96	4,62
3	9,90	9,16	5,11	4,76
4	10,52	9,69	5,28	4,90
5	11,26	10,31	5,46	5,05
6	12,15	11,03	5,65	5,22
7	13,24	11,91	5,86	5,40
8	14,66	13,00	6,09	5,59
9	16,60	14,42	6,34	5,80
10	19,59	16,39	6,61	6,03
11	25,48	19,50	6,92	6,28

Koron vaikutus laina-aikaan on maatila kokoluokassa suuri ja kerrostalokokoluokassa koron vaikutuksella ei ole niin suurta merkitystä. Tämä johtuu siitä että, kerrostalon öljynkulutus on niin paljon suurempaa, kuin maatalossa. Siksi kerrostalo hyötyy paljon enemmän rahallisesti siirryttäessä öljystä biopohjaisiin polttoaineisiin.

Biokontin valinta säätötulen kontiksi mahdollisti sen että saatiin valmiiksi varaston koko määritettyä. Varaston koko maatila- ja kerrostalotapauksissa on 17 m³. Kontti on sama molemmissa ja ainoastaan polttimen koko vaihtuu. Varaston täyttökertojen määrän laskin, jakamalla raaka-aineen tarpeen vuodessa varaston tilavuudella. Maatilaluokassa varaston käyttökerrat ovat pelletillä 1,3 kertaa vuodessa ja hakkeella 8,8 kertaa vuodessa. Kerrostalossa täyttökerrat ovat pelletillä 3,2 kertaa vuodessa ja hakkeella 21,6 kertaa vuodessa.

9 Pohdinta ja tulosten luotettavuus

9.1 Tulosten luotettavuus

Tulokset on laskettu kaavoilla jotka ovat peräisin D5 Suomen rakentamismääräyskokoelmasta (Ympäristöministeriö 2012, 11). Tulokset antavat oikean kuvan näillä lähtötiedoilla joita käytin työssäni. Lähtötiedot ovat määriteltä keskimääräisistä tiedoista. Laskelmissa on monia muuttujia, jotka voi mitoitaa tarkemmin jos rakennusten tarkat tiedot olisivat saatavilla. Oikeastaan suurin heikkous laskelmien teossa on se, että lämpimän veden kulutusta ja tilavuutta ei voi määrittä kohteisiin ilman tarkkoja tietoja. Tästä syystä energiankulutus rakennuskuutiometriä kohden jäi laskematta. Kerrostalolle taas on prosenttikohtaisia arvioita lämpimän veden lämmitykseen kuluva energiasta. (Energiateollisuus 2006, 51.) Molemmissa laskelmissa huomioidaan sama keskimääräinen prosenttiosuus vedenkulutuksesta. Laskelmat joita olen pystynyt suorittamaan kyseisillä arvoilla toimivat, laskelmien pidemmälle ja tarkempiin yksityiskohtiin ei onnistu keskimääräisillä arvoilla. Työtä voidaan jatkaa, niin että käytetään rakennusten tarkkoja kulutustietoja lähtöarvoina tutkimukselle.

9.2 Pohdinta

Työ on minusta mielenkiintoinen ja haastava toteuttaa. Työstä tulisi todellinen, jos lämmitettävien kohteiden rakennusten tiedot olisivat saatavilla, ja näin ollen mitoitukset olisivat toteutettavissa tarkasti olevissa olevien rakennuksen lämmitykseen standardoitujen kaavojen mukaan. Suurin haaste olikin saada sellaiset lähtökohdat, että tarvittava hinnan päällekkäisyys löytyisi hakkeen ja pelletin välille. Tällainen hinnan päällekkäisyys tietyillä arvoilla löytyi, ja siitä johtuen koen onnistuneeni siltä osin työssäni. Ilman tarkkoja lähtötietoja jäi osa työn tuloksista saavuttamatta, joten ilman tarkkoja lähtötietoja ei kannata lähteä tekemään kyseisiä laskelmia.

Suurinta päänvaivaa aiheutti aiheen rajaaminen sellaiseksi, että työmäärä ei kasvaisi liian suureksi, ja työssä selvitettävät seikat löytyisivät työhön rajatulta alueelta. Lähtökohtana oli että olisin sähköpostin kautta yhteyksissä, sellaisiin tahoihin joilta voisin saada yksityiskohtaisia kulutustietoja rakennuksista ja voi-

malaitoksista. Yksityiskohtaisten tietojen puuttuessa päädyin tekemään laskelmat sellaisilla lähtötiedoilla, jotka eivät ole niin tarkkoja. Tämä tarkoittaa sitä että, laskelmat ovat tehty asianmukaisilla kaavoilla, mutta lähtötiedot eivät voi ole niin tarkkoja.

Työ on hyvä lähtökohta sille joka haluaa tarkemmin paneutua kyseiseen alueeseen. Työstä saa esiin herkkyyssanalyysilla erilaisia muuttujiin kohdistuvia tietoja. Esimerkiksi voisi selvittää miten vaikuttaa rakennuksen tilavuuskohtaiseen energiankulutukseen, joidenkin laitteiden tai rakenteiden muuttaminen. Lisäksi työssä voisi tutustua logistiseen ja ympäristöllisiin seikkoihin. Näistä voisi tehdä vaikka kyselytutkimuksen, jossa tutkittaisiin savusta johtuvia haittoja ja polttoainetaraston täyttämistä johtuvista liikennehaittoja.

Hakkeella tuotetun energian muuttujia on paljon ja varsinkin hakkeen laatu vaikuttaa tuotetun energian hintaan. Kuitenkin luulen, että pelletillä ja hakkeella tehdyt laskelmat tuotetun energian suhde antaa ainakin suuntaa. Millaisella hinnanerotuksella on mahdollisuus tehdä valinta kyseisistä polttoaineista, sen perusteella, että kumpi on helpompi tapa lämmittää rakennus.

Tulevaisuuden haasteet puupolttoaineilla ovat siinä että minkälainen tukipolitiikka saadaan luoduksi tukemaan näiden polttoaineiden käyttämistä varten. Hintakehitys ja lämpölaitosten tekninen kehitys näillä kyseisillä polttoaineilla määrää sen mitä polttoaineita tulevaisuudessa käytetään.

Lähteet

- Alamäki, T. 2012. Biopohjaisen polttoaineen käyttöönotto kiinteistössä.
https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/43247/Alamaki_Timo.pdf?sequence=1
1.5.2014
- Ariterm. 2011. Biolämpöopas
<http://195.67.82.150/ariterm/Biolampoopas%202011%20FIN%2020811%20low%20res.pdf>
22.4.2014.
- Bioenergiatieto. 2008. Maatilan hakelämmitysopas.
http://www.bioenergiatieto.fi/default/?_E_VIA_WYSIWYG_FILE=4546&name=file
21.4.2014.

- Consumer direct. 2014. Lämmitysöljyn hinta
<http://www.cdfin.info/light.html>
30.8.2014.
- Eija, A. 2010. Eurooppalaiset hakestandardit. Saarijärvi.
http://peda.net/img/portal/1966353/Alakangas_Hakestandardit_30092010.pdf?cs=1286193820
22.4.2014.
- Energiateollisuus ry. 2006. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki: Libris Oy.
Energiatilasto Vuosikirja 2011
http://www.stat.fi/tup/julkaisut/tiedostot/julkaisuluettelo/yene_enev_201100_2012_6164_net.pdf
27.6.2014.
- Forest Power. 2012. Puun polttoainekäyttö pienissä aluelämpölaitoksissa.
<http://www.forestpower.net/data/liitteet/103854=hakelamporaportti.pdf>
19.4.2014.
- Haapaniemi, S. 2013. Lämmöntuotannon valinta kannattavuuden perusteella.
<http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/61898/SamiHaapaniemi.pdf?sequence=1>
22.4.2014.
- Ilmatieteenlaitos. 2011. Palvelut ja tuotteet.
<http://ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut>
28.8.2014
- Ilmatieteenlaitos. 2011. Palvelut ja tuotteet.
<http://ilmatieteenlaitos.fi/energialaskennan-testivuodet-nyky>
28.8.2014
- Järvi-suomen energiasuunnittelu Oy. 2014.
<http://www.energiasuunnittelu.com/index.php?page=aluelammitysvertailu>
18.4.2014.
- Kari, A. 2009. Maatilayrityksen energiaopas. Keuruu: Otava.
- Knuuttila, K. 2003. Puuenergia. Jyväskylä: Gummerus.
- Kojonkulman hake. 2014. Hinnasto.
<http://www.hake.fi/hinnasto/>
30.8.2014
- Kokkonen, A., Lappalainen, I. 2005. Hakelämmöstä yritystoimintaa. Kuopio.
Leppävirran teollisuusautomaatio. 2014.
<http://www.ltaoy.fi/lta-bioheat.pdf>
18.4.2014.
- Metla. 2010. Ilmastovaikutukset ja hiilensidonta
<http://www.metla.fi/metinfo/northernpine/ilmastovaikutukset-ja-hiilensidonta.html>
4.5.2014.
- Metla. 2013. Metsätalastollinen vuosikirja. Sastamala: Vammalan kirjapaino Oy.
- Metsäkeskus. 2008. Maatilan hakelämmitysopas. Tampere: Hämeen offset Tii-mi Oy.

- Microsoft. 2010. Yleistietoja entä jos – analyysistä.
<http://office.microsoft.com/fi-fi/excel-help/yleistietoja-enta-jos-analyysista-HA010342628.aspx>
27.8.2014
- Motiva. 2003. Pellettilämmitysopas.
http://www.pellettikarelia.fi/pelletti_karelia/materiaali/pellettiopas.pdf
18.4.2014.
- Motiva. 2010. Polttoaineiden lämpöarvot, hyötysuhteet ja hiilidioksidin ominaispäästökertoimet sekä energioiden hinnat.
http://www.motiva.fi/files/3193/Polttoaineiden_lampoarvot_hyotysuhteet_ja_hiilidioksidin_ominaispaastokertoimet_seka_energianhinnat_19042010.pdf
21.4.2014.
- Motiva. 2014. Uusiutuva energia.
http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia
18.4.2014.
- Motiva. 2014. Kiinteistöjen energianhallinta ja kulutuksen normitus.
http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energiankayton_tehostaminen/kiinteistojen_energianhallinta/kulutuksen_normitus/esimerkkeja_kulutuksen_normituksesta
30.8.2014
- Puhakka, A., Alakangas, E., Alanen, V-M., Airaksinen, L., Soini, R., Siponen, T., Kainulainen, S. 2001. Hakelämmitysopas. Joensuu.
- Puuenergia. 2011. Lämpökeskukset ja voimalat
http://www.puuenergia.fi/koneet/voimalat_11.pdf
12.5.2014
- Sauvula- Seppälä, T. 2010. Lämpörittäjyyden kannattavuus lämmönostajan ja -myyjän sekä metsänomistajan näkökulmasta.
<http://www.smts.fi/jul2010/poste2010/001.pdf>
18.4.2014.
- Solmio, H., Tuomi, S., Valkonen, J. 1995. Opas lämpörittäjälle. Huhmari: Karp rint Ky.
- Svan, J. 2011. Kotiniemen pientaloalueen lämmitysratkaisujen vertailu.
<http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/26995/Svan.Janne.pdf?sequence=1>
19.4.2014.
- Säteri, J. 2000. Lämmitysjärjestelmien oikea käyttö ja kunnossapito. Saarijärvi: Gummerus.
- Tekes. 2007. Puupolttoaineiden pienkäyttö.
<http://www.tekes.fi/Julkaisut/puupolttoaineet.pdf>
19.4.2014.
- Tilastokeskus. 2013. Energian kokonaiskulutus
http://www.stat.fi/til/ehk/2012/04/ehk_2012_04_2013-03-22_tie_001_fi.html
22.4.2014.
- Tolonen, K., Harmoinen, T. 2008. Maatilayrityksen ympäristöopas. Porvoo: WS Bookwell Oy.

Tuomi, S., Kouki, J. 2001. Puupellettien käyttö kiinteistöjen lämmityksessä.
Helsinki: Tummavuoren kirjapaino Oy.
Vapo Oy. Ei päiväystä. Pellettikirja.

VTT energia. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia.
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2000/T2045.pdf>
18.5.2014

Ympäristöministeriö. 2012. D5 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitys-
tarpeen laskenta.
http://www.ymp.fi/fi-fi/maankaytto_ja_rakentaminen/lainsaadanto_ja_ohjeet/rakentamis_maarayskokoelma
27.8.2014

Öljyalan Palvelukeskus Oy. 2010. Laskelma lämmityksen päästöistä.
http://www.oil.fi/sites/default/files/sivut/sisaltosivu/liitetiedostot/7_3_2_lammitysmuotojen_paastot.pdf
27.8.2014