

Esa Koskiniemi, Juha Viirimäki

**Energiapuun varastointi ja hakkeen kosteuden vaikutus
kattilalaitoksen hyötysuhteeseen**

Tapaustutkimus Etelä-Pohjanmaalta

Opinnäytetyö

Syksy 2012

Maa- ja metsätalouden yksikkö

Metsätalouden koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Maa- ja metsätalouden yksikkö

Koulutusohjelma: Metsätalouden koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto:

Tekijä: Esa Koskiniemi, Juha Viirimäki

Työn nimi: Energiapuun varastointi ja hakkeen kosteuden vaikutus kattilalaitoksen hyötysuhteeseen. Tapaustutkimus Etelä-Pohjanmaalta

Ohjaaja: Risto Lauhanen

Vuosi: 2012

Sivumäärä:

Liitteiden lukumäärä:

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia käytännössä energiapuun varastointitapojen vaikutusta polttoaineen loppukosteuteen sekä tarkastella polttoaineen kosteuden vaikutusta 1 MW:n kokoluokassa olevan kattilalaitoksen hyötysuhteeseen ja omakäyttösähkön kulutukseen. Tutkimus tehtiin kesällä 2010.

Energiapuun varastointitutkimus tehtiin koneellisesti korjatulla kuitupuulla. Varastointitapoja oli yhteensä viisi. Varastointitapojen erot luotiin puiden toisistaan poikkeavilla ladontatekniikoilla. Myös aluspuiden merkitystä tutkittiin. Tutkimuksessa saadut kosteuserot eri ladontatekniikoilla olivat yllättävän pieniä kesän 2010 poikkeuksellisen niukasta sadannasta. Aluspuiden merkitys puun energiapuun kosteutta alentavana tekijänä oli kiistaton.

Varastointitutkimuksessa saadut eri kosteuksiset hake-erät poltettiin Helppo Lämpö Oy:n 970 kW lämpölaitoksessa Härmän kuntokeskuksella. Polttokokeissa seurattiin kattilan hyötysuhteen käyttäytymistä ja lämpölaitoksen omakäyttösähkön menekkiä. Tutkimuksessa havaittiin merkittäviä eroja kattilan hyötysuhteessa kuivan ja kostean hakepolttoaineen välillä. Omakäyttösähkön kasvu kostealla polttoaineella oli myös huomattava. Kattilahyötysuhteen alenema ja omakäyttösähkön kulutuksen lisääntyminen kostealla polttoaineella yhdessä alentavat lämpöyrittäjyyden kannattavuutta. Energiapuun oikeaoppisella varastoinnilla saavutetaan merkittäviä säästöjä lämmöntuotannossa.

Asiasanat: Energiapuu,hake, hyötysuhde, lämpölaitos,lämpöyrittäjyys, puun kosteus, varastointi.

SEINÄJOKIUNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Agriculture and Forestry

Degree programme: Degree programme in forestry, adult education

Specialisation:

Author/s: Esa Koskiniemi, Juha Viirimäki

Title of thesis: Chips for energy storage and humidity on the boiler efficiency

Supervisor(s): Risto Lauhanen

Year: 2012

Number of pages:

Number of appendices:

The aim of this study was to clarify the effects of the different energy wood storage method on the moisture content of the wood fuel after storage period in practice. Also, the effect of the moisture content of the wood fuel on the efficiency of the power plant (1 MW) and internal electricity consumption of the power plant was examined. The study was made in summer of 2010.

The energy wood storage study was conducted by mechanically harvested pulpwood. There was the five storage method in this study. The differences of the storage method were come out by different stacking techniques. Moreover, the meaning of storage bed timber was studied. The difference in moisture content results was quite small between different stacking methods. That might be due to extremely low precipitation in summer of 2010. However, it was undeniable fact that the bed timber reduced significantly the moisture content of the energy wood stack.

Woodchips in the different moisture content were combusted and tested in Helppo Lämpö Oy's heating plant (970 kW) in Härmä Health Club. In the combustion test was studied the efficiency of the boiler and internal electricity consumption of the heating plant. In the study, significant differences in the efficiency of the boiler were detected between the dry and fresh wood fuel. Also, the growth of the internal electricity consumption on the fresh woodchips was significant. The decrease of the boiler efficiency and the increase in the internal electricity consumption with the fresh wood fuel lowers the profitability of the heat entrepreneurship. Significant savings in the heat production will be reached by the proper energy wood storage method.

Keywords: efficiency, energy wood, heat entrepreneurship, heating plant, moisture content, storage, woodchips

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet	7
1 JOHDANTO	1
2 LÄMPÖYRITTÄMINEN	2
2.1 Lämpöyrittäjätoiminnan kuvaus.....	2
2.2 Lämpöyrittämisen kehittyminen.....	2
2.3 Lämpöyrittäjyyden kannattavuus.....	3
2.4 Lämpöyrittäjyyteen vaikuttavat organisaatiot	4
2.4.1 Etelä-Pohjanmaan metsäkeskus.....	4
2.4.2 Seinäjoen ammattikorkeakoulu	4
2.4.3 ELY-keskus.....	5
2.5 Metsähakkeen kosteuden vaikutus lämpöyrittäjyyden kannattavuuteen	5
2.5.1 Kosteuden vaikutus metsähakkeen polton kannattavuuteen	5
2.5.2 Kosteuden vaikutus hyötysuhteeseen.....	6
2.5.3 Kosteuden vaikutus kuljetuskustannuksiin	7
3 ENERGIAPUUN VARASTOINTI	10
3.1 Terminaalien käyttö.....	11
3.2 Haketusajankohdan optimointi	12
4 KATTILALAITOKSEN HYÖTYSUHTEESEEN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ.....	14
4.1 KPA- kattilan mitoitus	14
5 AINEISTO JA MENETELMÄT	16
5.1 Energiapuun varastointitutkimus	16
5.1.1 Puulaji ja eräkkö.....	16
5.1.2 Ajankohta	16
5.1.3 Sääolosuhteet	16

5.1.4	Kosteuden mittaus	17
5.2	Varastointitavat	17
5.2.1	Ladonta ja kasaus ilman aluspuita (koe-erä nro 1)	17
5.2.2	Normaali ladonta yksillä aluspuilla (koe-erä nro 2).....	18
5.2.3	Välipuukerroksia pinossa (koe-erä nro 3).....	18
5.2.4	Kerroksittain ristiin ladottu pino (koe-erä nro 4).....	19
5.2.5	Normaali ladonta kaksilla aluspuilla (koe-erä nro 5).....	19
6	VARASTOINTITUKIMUKSEN TULOKSIA	21
6.1	Varastoerien kosteus	21
7	HYÖTYSUHDEMITTAUKSET	22
7.1	Mittauskäytännöt	22
7.1.1	Lämpöarvon määrittäminen	23
8	HYÖTYSUHDEMITTAUSTEN TULOKSIA	24
8.1	Hakkeen kosteuden vaikutus lämpölaitoksen hyötysuhteeseen	24
8.2	Hakkeen kosteuden vaikutus lämpölaitoksen omakäytösähkön kulutukseen	24
8.3	Laitoksen käyntitehon vaikutus hyötysuhteeseen	25
9	JOHTOPÄÄTÖKSET	26
9.1	Kosteuden vaikutukset kannattavuuteen.....	26
9.2	Kaupankäyntiysiköksi MWh?.....	28
9.3	Varastointia tullaan kehittämään	28
9.4	Bisnestä luonnonvoimien armoilla.....	28
	LÄHTEET	30

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Lämpörittäjäkohteet Suomessa 2010.....	3
Kuvio 2. Hakkeen kosteuden vaikutus kuljetuksen polttoainekustannuksiin.....	8
Kuvio 3. Varastopaikan malliratkaisu.....	11
Kuvio 4. Metsäpolttoaineiden kosteusvaikutukset.....	12
Kuvio 5. Ladonta ilman aluspuita.....	17
Kuvio 6. Ladonta yksillä aluspuilla.....	18
Kuvio 7. Ladonta välipuukerrosittain.....	19
Kuvio 8. Kerrosittain ristiin ladottu kasa.....	19
Kuvio 9. Ladonta kaksilla aluspuilla.....	20
Kuvio 10. Varastointierien kosteus.....	21
Kuvio 11. Hakkeen kosteuden vaikutus hyötysuhteeseen.....	24
Kuvio 12. Hakkeen kosteuden vaikutus laitoksen omakäyttösähkön kulutukseen...	25
Kuvio 13. Hakkeen kosteuden vaikutus tuotantokustannuksiin.....	27
Kuvio 14. Tuotetun MWh:n kokonaishinta.....	27
Kuvio 15. Sadanta.....	29

Taulukko 1. Hakkeen tehollinen lämpöarvo saapumistilassa eri kosteusprosentteilla.....	6
Taulukko 2. Hake-erän energiasisältö eri kosteusprosentteilla	8
Taulukko 3. KPA-kattilan mitoitusohje.....	15

Käytetyt termit ja lyhenteet

Hake	Hake on tietynkokoisiksi palasiksi haketettu puubiomassa, joka on valmistettu mekaanisesti terävillä terillä.
Kosteus	Polttoaineen sisältämä vesimäärä.
KPA	Kiinteän polttoaineen kattila.
Lämpöarvo	Täydellisessä palamisessa kehittyvä lämmön määrä polttoainemassaa kohden.
Metsäpolttoaine	Puuperäinen polttoaine, runkopuu, oksat ja kannot.
MW , kW	Megawatti, kilowatti, tehon yksikkö.
Palaminen	Palaminen on aineen kemiallista yhtymistä happeen, jolloin vapautuu energiaa lämpönä ja muodostuu vettä ja hiilidioksidia.
Tiheys	Tiheys on polttoaineen massa tilavuusyksikköä kohden.

1 JOHDANTO

Fossiilisten polttoaineiden hinnan nousu 2000-luvulla on edistänyt kotimaisten polttoaineiden käyttöä lämmön- ja sähköntuotantoa. Suurimmat tavoitteet ja odotukset Suomessa ovat metsäenergian käytön lisääntymisessä tulevaisuudessa (Pekkarinen 2010). Tavoitteisiin pääsy kuitenkin vaatii alalta kehittymistä tutkimuksen ja käytännön kokemusten kautta. Metsäenergian korjuu, siinä mittakaavassa kuin sitä tänä päivänä harjoitetaan, on herkkä kustannusten muutoksille. Pienikin tekninen oivallus tai toimintatapa muutos saattaa olla merkittävä taloudellisesti koko tuotantoa ajatellen. Täten korjuu- ja polttotekniikoihin tulee kiinnittää erityistä huomiota ja miettiä koko ketjun eri vaiheita ja mahdollisia tehostamistoimia.

Kosteaa polttoainetta lisää kustannuksia eri työvaiheissa, kun lopputuotteena on lämpö- tai sähköenergia. Mikäli jo lämpölaitosta investoitaessa on tiedossa laitoksessa käytettävän polttoaineen kosteus, voidaan laitoksen kattila ja syöttölaiteet mitoittaa kyseiselle polttoaineen kosteudelle ja eliminoida polttoaineesta aiheutuvat hyötysuhdetappiot. Aina ei kuitenkaan ole saatavilla juuri sopivan kuivaa polttoainetta, vaan esimerkiksi varastointiolosuhteista ja säästä johtuen käytettävissä oleva polttoaine on kosteampaa mitä laitos vaatisi toimiakseen kustannustehokkaasti.

Työn tavoitteena oli selvittää polttoaineen kosteuden vaikutusta kattilahyötysuhteeseen 1 MW kokoluokan lämpölaitoksessa. Samalla tarkasteltiin polttoaineen kosteuden vaikutuksista lämpölaitoksen sähkönkulutukseen. Myös varastointitapojen vaikutusta polttoaineen loppukosteuteen seurattiin. Tutkimuksessa käytetty hakkeen raaka-aine, karsittu mäntykuitupuu, oli ladottuna varastoon erilaisin tekniikoin.

Tutkimus liittyi Kehittyvä metsäenergia -hankkeen suorittamiin tutkimuksiin. Energiapuun varastointitutkimuksesta vastasi Juha Viirimäki. Esa Koskiniemi vastasi polttoon liittyvistä tutkimuksista. Hankkeen rahoittajina toimivat Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus sekä alueen kunnat. Hanketoimijoina olivat Etelä-Pohjanmaan metsäkeskus ja Seinäjoen ammattikorkeakoulu.

2 LÄMPÖYRITTÄMINEN

2.1 Lämpöyrittäjätoiminnan kuvaus

Lämpöyrittämisessä lämmöntuottaja I. lämpöyrittäjä vastaa lämpölaitoksen polttoaineen toimituksista sekä laitoksen hoidosta, puhtaana pidosta ja päivystämisestä. Lämmönostaja huolehtii pelkästään energian kulutuksesta ja energialaskun maksamisesta kuukausittain. Lämpöyrittäjän käyttämät polttoaineet ovat yleisesti palaturvetta, haketta, puubrikettiä tai pellettiä

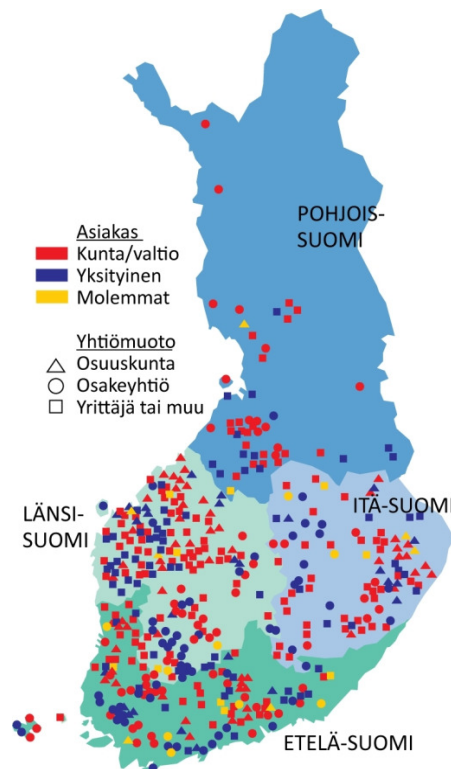
Hyviä lämpöyrittäjäkohteita ovat kuntien, yritysten ja yhteisöjen omistuksessa olevat suuret kiinteistöt, joissa on suuri energiankulutus. Kiinteistössä on hyvä olla valmiina vesikeskuslämmitys. Yleensä polttoaineena on aikaisemmin ollut öljy. Vanhat öljylämmityslaitteet voidaan jättää vara- ja huipputehojen tuottamista varten. (Kokkonen & Lappalainen 2005.)

2.2 Lämpöyrittämisen kehittyminen

Lämpöyrittäjätoiminta alkoi Suomessa 1990-luvun alkupuoliskolla. Toiminta alkoi kyläkoulujen ja muiden pienehköjen kuntakohteiden lämmittämisellä. Näissä kohteissa kunnat investoivat lämpökeskuksia ja paikalliset hakeyrittäjät toimittivat kohteille haketta ja vastasivat laitosten hoidosta. Toiminta on ajan myötä muuttunut lämpöyrittäjien osalta ammattimaiseksi toiminnaksi. Lämpöyrittäjäkohteiden keskiteho on kasvanut 1990-luvun 120 kW:sta tämän päivän 500 kW:iin saakka. Osa lämpöyrittäjistä saa ympärivuotisen toimeentulon lämmön myynnistä, joko toimimalla yhdessä isossa kohteessa tai niputtamalla muutamia keskisuuria lämmityskohteita (Työtehoseura 2011).

2000-luvun taitteessa öljyn hinnan nousun myötä lämpöyrittäjätoiminta alkoi lisääntyä voimakkaasti. Vuoden 2008 lopussa toimivia lämpöyrittäjäkohteita Suomessa oli 423. Lämpöyrittäminen Suomen mittakaavassa on yleisintä Etelä-

Pohjanmaan metsäkeskuksen alueella. Joka viides lämpöyrittäjäkohde löytyy Etelä- ja Keski-Pohjanmaalta.



Kuvio 1. Lämpöyrittäjäkohteet Suomessa 2010. (Työteho-seura 2011.)

2.3 Lämpöyrittäjyyden kannattavuus

Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen ja Seinäjoen ammattikorkeakoulun Kehittyvä metsäenergia-hankkeella tehdyn tutkimuksen mukaan lämpöyrittäjätoiminta on yrittäjille kannattavaa. Tulosten perusteella lämmön tuottamisen kulut olisivat keskimäärin 44 €/ MWh ja tulot keskimäärin 56 €/ MWh. Tuotantokuluista hieman yli puolet, eli 23 €/ MWh muodostuivat kiinteään polttoaineen hankinnasta, haketuksista ja kaukokuljetuksesta. (Sauvula-Seppälä 2010)

Suurimmissa laitoksissa (yli 1 MW) lämpöyrittäjän vuosiansiot olivat keskimäärin 29 000 €. Pienimmissä alle 200 kW:n kattilalaitoksissa tulot puolestaan jäivät keskimäärin hieman yli 4000 euroon vuodessa. Nettotulot eivät kuitenkaan kerro lämpöyrittäjien kokotulovirtaa, vaan he saavat tuloja myös energiapuun myynnistä sekä mahdollisesti tuottoa myös lämpölaitoksen valvonnasta ja huollosta.

2.4 Lämpöyrittäjyyteen vaikuttavat organisaatiot

2.4.1 Etelä-Pohjanmaan metsäkeskus

Etelä-Pohjanmaan metsäkeskus muiden Suomen metsäkeskusten tapaan on julkisen aluehallinnon organisaatioita. Toiminta tapahtuu maa- ja metsätalousministeriön alaisuudessa. Toiminta rahoitetaan puoliksi asiakasrahoitteisella toiminnalla ja puoliksi valtion tuella. Metsäkeskusten keskeisiä palveluita ovat metsäsuunnittelu ja metsänparannustyöt, kuten oja- ja tiesuunnittelu sekä niiden toteutus. Lisäksi metsäkeskukset valvovat metsälakeja ja myöntävät rahoitustukia erilaisiin metsänparannustöihin. Maa- ja metsätalousministeriö on asettanut metsäkeskusten yhdeksi tavoitteeksi kehittää metsällisiä elinkeinoja; kuten puun jatkojalostamista ja energiapuun tuotantoa ja käyttöä. (Metsäkeskus 2009)

Metsäenergian käyttöä on edistetty Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen toimesta aktiivisesti. Yksi tärkeimmistä kehityskohteista on ollut lämpöyrittäjätoiminnan kehittäminen. Toimintaa on kehitetty 1990-luvun puolivälistä saakka ELY-keskuksen rahoittamilla aluekehityshankkeilla.

2.4.2 Seinäjoen ammattikorkeakoulu

Seinäjoen ammattikorkeakoulun luonnonvara-alan yksikkö on toiminut kehittämissankkeissa yhteistyössä Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen kanssa vuodesta 2008 lähtien. Yhteiset aluekehittämishankkeet ovat olleet tutkimus- ja tiedotussäilyttäviä. Seinäjoen ammattikorkeakoulun tehtävänä hankkeissa on ollut tutkimustiedon tuottaminen. Tutkimukset ovat kohdistuneet muun muassa energiapuun kosteuskysymyksiin ja lämpöyrittäjätoimintaan.

2.4.3 ELY-keskus

Etelä-Pohjanmaan ja Pohjanmaan ELY-keskukset ovat valtion alueellisia palvelu- ja kehittämiskeskuksia. ELY-keskusten tehtäviin kuuluu tukea ja neuvoa yrityksiä niiden kehittymisen kaikissa vaiheissa. Lisäksi toimintaan kuuluu ympäristön, alueen työvoimapolitiikan ja maatalouden kehittäminen.

Alueen ELY-keskukset ovat rahoittaneet Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen ja Seinäjoen ammattikorkeakoulun yhteisiä bioenergian kehittämishankkeita. Rahoitusta ovat ELY-keskuksesta saaneet myös alan yrittäjät investointeihin, kuten lämpöyrittäjätoiminnan aloittamiseen ja tarvittaviin laite-investointeihin energiapuun korjuussa.

2.5 Metsähakkeen kosteuden vaikutus lämpöyrittäjyyden kannattavuuteen

Lämpöyrittäjätoiminnassa on käytettävä polttoaine merkittävässä asemassa yrittäjän tuloksen muodostumisen kannalta. Tunnetusti veden polttamisesta ei saada energiaa aikaan, vaan sen haihduttaminen ennen polttoprosessissa nielee energiaa. Hakkeen kosteus vaikuttaa kuljetuskustannuksiin, laitoksen kattilahyötysuhteeseen ja laitoksen yleiseen toimivuuteen ympärivuotisesti. Laitoksen toimintahäiriöt, jotka työllistävät lämpöyrittäjää, johtuvat pääsääntöisesti polttoaineen kosteudesta tai epäpuhtauksista. Tasalaatuisella ja kuivalla hakkeella kattilalaitokset toimivat moitteetta.

2.5.1 Kosteuden vaikutus metsähakkeen polton kannattavuuteen

Lämpöarvoltaan huonoa, märkää puuta, ei kannata polttaa. Kattilalaitokset ovat jo investointivaiheessa mitoitettu tietylle polttoaineen kosteusvälille, yleensä lämpöyrittäjäkokoluokassa tämä tarkoittaa 20 - 40 %:n kosteutta. Hakkeen kosteus vaikuttaa suoraan teholliseen lämpöarvoon.

Taulukko 1. Hakkeen tehollinen lämpöarvo saapumistilassa eri kosteusprosentteilla (1 kWh/kg = 3,6 MJ/kg). Laskennassa kuiva-aineen tehollisena lämpöarvona on käytetty arvoa 19,6 MJ/kg. (Hakonen & Laurila. 2011.)

Polttoaine-erän kokonais- kosteus saapumistilassa %	Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa MJ/kg	Tehollinen lämpöar- vo saapumistilassa kWh/kg
55	7,48	2,08
50	8,58	2,38
45	9,68	2,69
40	10,78	3,00
35	11,89	3,30
30	12,99	3,61
25	14,09	3,91
20	15,19	4,22
15	16,29	4,53
10	17,40	4,83
5	18,50	5,14
0	19,60	5,44

2.5.2 Kosteuden vaikutus hyötysuhteeseen

Polton hyötysuhteella kuvataan talteen saatavan lämpöenergian määrää suhteessa polttoaineen sisältämän energian kokonaismäärään eli energiasisältöön. Hyö-

tysuhde on toinen energiasisällön lisäksi saatavaan energiamäärään vaikuttava tekijä.

Lämpöyrittäjillä yleisesti käytössä olevalla stokeripoltintekniikalla on polttoaineen optimaalisella kosteudella suurempi vaikutus hyötysuhteeseen kuin isommissa kaukolämpökokoluokan laitoksissa. Stokereissa palopään eli polttomaljan pinta-ala on mitoitettu 20 – 40 % kostealle hakkeelle, jolla laitoksesta halutaan ulosmitata sen maksimaalinen teho. Märällä polttoaineella palopään pinta-alasta osa kuluu hakkeen kuivaamiseen. Vasta tämän jälkeen hake kaasuuntuu ja palokaasut poltetaan kattilan palotilassa. Märällä polttoaineella palopään pituus jää kuitenkin lyhyeksi ja palopäältä tippuu tuhkatilaan palamattomia aineita. Polton hyötysuhde kärsii.

Tässä päättötyössä on tutkittu polton hyötysuhteen käyttäytymistä 1 MW:n laitoksessa eri kosteuksisilla hake-erillä.

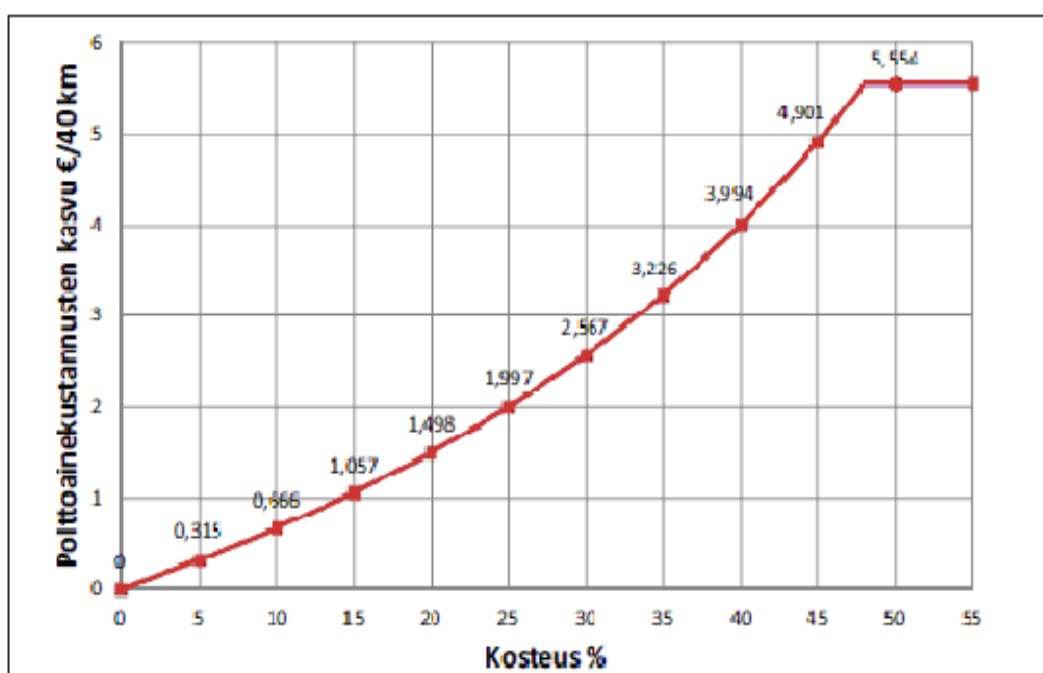
2.5.3 Kosteuden vaikutus kuljetuskustannuksiin

Kosteus vaikuttaa hyötysuhteen aleneman lisäksi myös hakepolttoaineen kuljetuskustannuksiin. Kuljetusyrittäjille on perinteisesti maksettu ajettujen kilometrien ja kuljetetun massan perusteella. Hinnoittelun seurauksen kuljetustaksat ovat sitä korkeampia, mitä kosteampaa kuljetettava hake on. Yli 50 prosentin kosteuksilla ja hakeautojen 120 i-m³:n kuljetuskapasiteetilla tulee vastaan myös hakeautojen suurin sallittu massa.

Taulukko 2. Hake-erän energiasisältö eri kosteusprosentteilla. (Hakonen & Laurila, 2011.)

Kosteus %	Hake-erän massa kg	Hake-erän energiasisältö MWh/kuorma	Hake-erän massa (auton kantavuus huomioitu) kg	Hake-erän energiasisältö (auton kantavuus huomioitu) MWh/kuorma
55	42667	88,6	37000	76,8
50	38400	91,5	37000	88,2
45	34909	93,9	34909	93,9
40	32000	95,8	32000	95,8
35	29538	97,5	29538	97,5
30	27429	98,9	27429	98,9
25	25600	100,2	25600	100,2
20	24000	101,3	24000	101,3
15	22588	102,2	22588	102,2
10	21333	103,1	21333	103,1
5	20211	103,8	20211	103,8
0	19200	104,5	19200	104,5

Kuljetusyrittäjän kannalta kostea kuljetettava hake nostaa polttoainekustannuksia. Polttoainekustannusten nousua on tarkasteltu Tuomas Hakosen ja Jussi Laurilan tutkimuksessa Metsähakkeen kosteuden vaikutus polton ja kaukokuljetuksen kannattavuuteen 40 km kuljetusmatkalla.



Kuvio 2. Hakkeen kosteuden vaikutus kuljetuksen polttoainekustannuksiin. (Hakonen & Laurila. 2011.)

3 ENERGIAPUUN VARASTOINTI

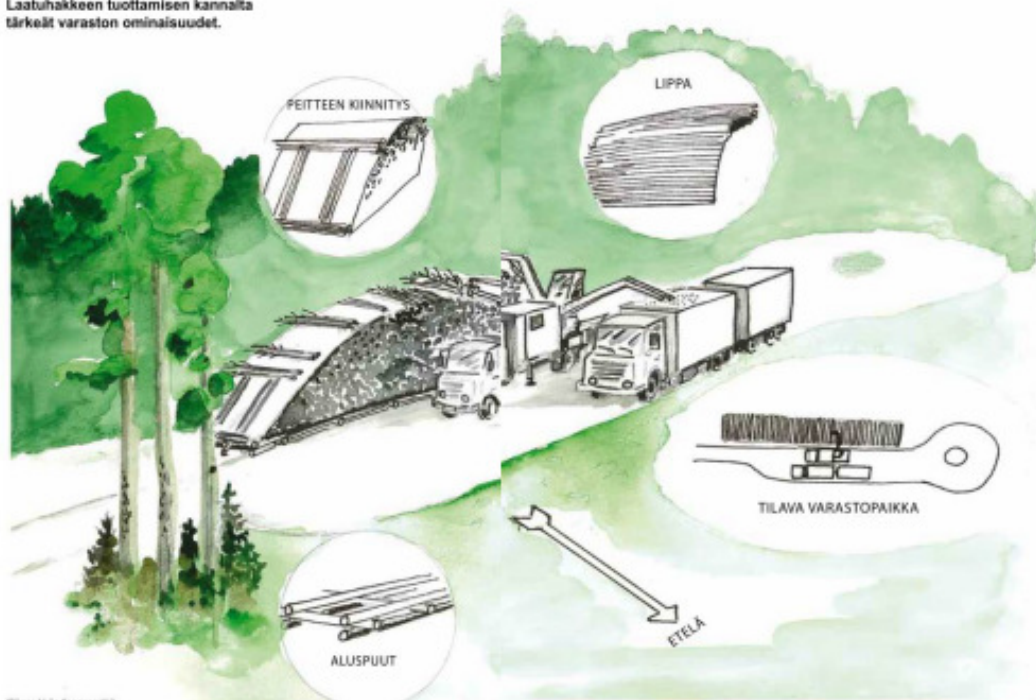
Energiapuun varastoinnin onnistumisella on oleellisen vaikutus energiapuun korjuun kannattavuuteen. Kaatotuoreen energiapuun kosteus on 55 – 65 % puulajista ja vuodenaikasta johtuen. Oikeaoppisella varastoinnilla kosteutta pystytään alentamaan parhaimmillaan 35 – 40 %, jolloin laitokselle toimitettavan hakkeen kosteus on n. 20 %.

Hakkeen laadulla ja kosteudella on merkitystä enemmän pienissä laitoksissa, jolloin varastointiin kannattaa panostaa enemmän. Vastaavasti teollisen mittaluokan energiapuun hankinnassa joudutaan tekemään kompromisseja eikä kaikkea toimintaa voida optimoida pelkästään polttoaineen kosteutta ajatellen.

Suurille voimalaitoksille energiapuuta toimittavat toimitusketjut pyörivät pääsääntöisesti ympäri vuoden, jolloin mm. haketusta joudutaan tekemään myös lumisissa ja sateisissa olosuhteissa, jolloin hakkeen kosteus on suurimmillaan.

Polttoaineen toimittajat saavat korvauksen voimalaitoksilta polttoaineen lämpöarvon mukaan €/MWh. Tällöin toimittajan kannattaa optimoida kaikki toiminta siten, että toimitetusta polttoaineesta saadaan mahdollisimman paljon energiaa ja sitä kautta tuloja.

Laatuhakkeen tuottamisen kannalta
tärkeät varaston ominaisuudet.



Piirros: Veijo Kangasniemi

24

25

Kuvio 3. Varastopaikan malliratkaisu. (Laatuhakkeen tuotantopas 2010.)

3.1 Terminaalien käyttö

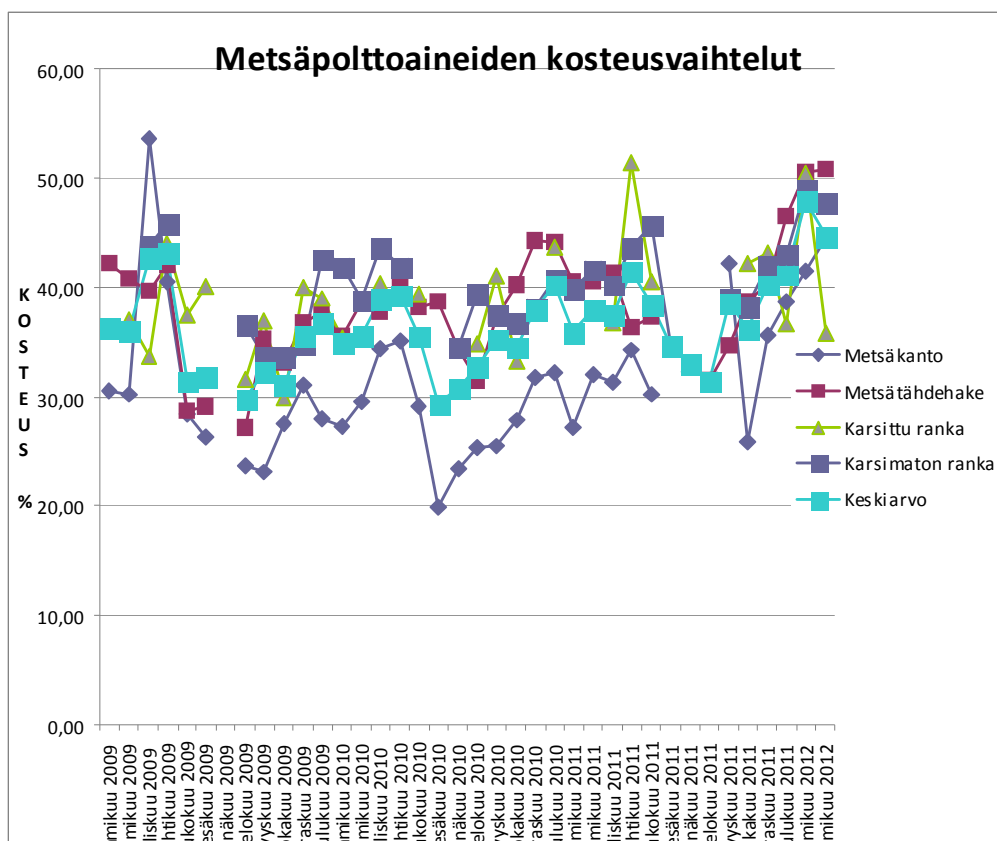
Terminaalien käyttö osana metsäenergiantointimitusketjua yleistyy. Terminaalien avulla voidaan tehostaa kuljetuksen logistiikkaa, haketusta sekä polttoaineen kuivumista. Esimerkiksi isot erät saadaan terminaalissa peiteltä kustannustehokkaasti.

Kuljetuksien optimoinnin kannalta terminaaliin kannattaa ajaa karsitut energiarangat sekä kannot. Latvusmassat ja kokopuuna korjattu energiapuu kannattaa haketta maastossa, koska välisiirto metsästä terminaaliin näillä jakeilla ei ole kannattavaa pienestä hyötykuormasta johtuen. Kantojen osalta hyötykuorma on myös pie-

ni, mutta logistisesti on järkevämpää ajaa pienet erät terminaaliin kuin kuljettaa murskaa lavetilla pienille metsävarastoille.

3.2 Haketusajankohdan optimointi

Eri polttoainejakeiden kosteus vaihtelee eri tavalla vuoden aikojen mukaan. Alla kuviossa 3 yhteenveto Vaskiluodon Voiman (Seinäjoen voimalaitoksen) puupolttoaineen kosteusvaihteluista ajanjaksolla 1/2009-2/2012



Kuvio 4. Metsäpolttoaineiden kosteusvaikutukset. (Vaskiluodon Voima Oy 2012.)
Kuvaajasta voidaan todeta, että hakkeen kosteudet ovat suurimmillaan helmimaaliskuussa, kesä-elokuussa kosteus on n. 10 prosenttiyksikköä alhaisempia.

Hakettamalla varastoon puuta kesäaikana voidaan haketus tehdä kosteuden kannalta optimaaliseen ajankohtaan. Tämä ei ole kuitenkaan ratkaisu ongelmaan, sillä

varastoon haketetut kasat alkavat lämpiämään ja paloriski kasvaa samalla, kun erän lämpöarvo alentuu "hitaassa palamisessa".

Timo Orava Vaskiluodon Voimalta kertoo, että Seinäjoen voimalaitoksella on varastoitu valmista haketta kasoihin ja varastointiaikana (n. 6kk) on lämpöarvo alentunut 5- 10 prosenttiyksikköä.

4 KATTILALAITOKSEN HYÖTYSUHTEESEEN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ

Kattilalaitoksen toiminnan kannattavuuden kannalta ratkaisevinta on seurata kattilalaitoksen kokonaishyötysuhdetta. Se kertoo, kuinka paljon polttoaineen sisältämästä energiasta on siirtynyt lämmitettävään veteen. Kattilat toimivat yleensä parhaalla hyötysuhteella 50 – 90 %:n teholla nimellistehosta. Kesäaikana, kun tehontarve on pientä, kokonaishyötysuhde liikkuu 50 – 70 %:n välillä. Kattiloiden käyntiteho on tuolloin n. 10 – 30 % nimellistehosta. Talvea kohti tehontarve lisääntyy ja samalla hyötysuhde parantuu.

Kun tehontarve ylittää kattilan nimellistehon ja kattilaa ajetaan yliteholla, alkaa hyötysuhde pudota mm. korkeiden savukaasujen lämpötilojen johdosta. Oikealla kiinteän polttoaineen kattilan (KPA) mitoituksella on ratkaiseva vaikutus hyötysuhteeseen ja sitä kautta kattilalaitoksen toiminnan kannattavuuteen.

Häviöt syntyvät mm. seuraavista asioista:

- Savukaasuhäviöt
- Palamattomat kaasut
- Palamaton hiili polttoaineessa
- Säteily- ja johtumishäviöt

4.1 KPA- kattilan mitoitus

Uuden KPA-kattilan mitoituksessa tulee heti alkuun huomioida, halutaanko kiinteistölle huipun mitoituksen mukainen kattila (huipun käyttöaika 2000 – 2500 h/v) vai ns. peruskuormakattila (huipun käyttöaika 3500 – 5000 h/v). Huipputeholle mitoitettu laitos on aina kalliimpi ratkaisu kuin peruskuormalaitos. Alle 300 kW:n laitoissa hintaero peruskuorma- ja huipputeholaitoksen välillä on verraten pieni, näin ollen pienissä kohteissa kattila mitoitetaan huipputehon mukaan. Laitoskoon kasvaessa huippu- ja peruskuormakattilan hintaero kasvaa merkittävästi. Molemmissa vaihtoehdoissa on todennäköisesti turvaututtava varajärjestelmällä tuotettavaan lämpöön 5 – 20 %:n vuotuisesta lämmöntarpeesta. Huipun mitoituksen

mukaisella kattilalla on vaikea ajaa kesäaikana ja peruskuormakattilalla huiput on leikattava varajärjestelmällä.

Jos tiedetään kiinteistön tai kiinteistöjen vuotuinen lämmöntehon tarve, päästään tarvittavaan lämmitystehoon helposti esim. jakamalla saatu tehontarve luvulla 2000 – 2500, kun ollaan päädytty huipun mitoituksen mukaiseen ratkaisuun, ja luvulla 3500 – 5000, kun ollaan päädytty peruskuormakattilan vaatimaan mitoitukseen.

Peruskuormamitoitus on luokkaa 40 – 60 % tarvittavan huipun mitoituksesta. Huipun mitoitus on vielä hyvä tarkastaa lämmitettävien rakennuskuutioiden perusteella saatavaan arvoon. Rakennuskuutioiden vaatimat lämmitystehontarpeet luonnollisesti vaihtelevat hyvin paljon kiinteistötyypistä riippuen. Yleensä uudet hyvällä ilmastointijärjestelmällä varustettujen kiinteistöjen tehon tarve on luokkaa 20 – 25 W/r-m³ ja vanhempien kiinteistöjen tehon tarve on luokkaa 25 – 30 W/ r-m³. Oma lukunsa on teollisuuskiinteistöt, joiden tehon tarpeet voivat vaihdella hyvinkin suuresti esim. 10 – 40 W/ r-m³. (Lämpörittämisen ABC, Motiva 2006.)

Esimerkki oikeaoppisesta KPA- kattilan mitoituksesta. Kohteen suurin tehontarve on 1000 kW, kohteeseen valitaan 600 kW:n KPA kattila ja sillä pystytään tuottamaan 96,4 % kohteen kuluttamasta vuosienergiasta.

Taulukko 3. KPA-kattilan mitoitusohje. (Kauppinen excel-dokumentti 2006)

KPA- KATTILALLA TUOTETUN LÄMMÖN MÄÄRÄ

1 000 kW	Suurin tehontarve
6 %	LVI ja lämmönsiirtoverkoston tehontarve kokonaistehontarpeesta = 60 kW
KPA -kattila:	
60 %	Biokattilan koko tehontarpeesta = 600 kW
10 %	Pienin teho jolla biokattilaa voi käyttää = 60 kW
5 vrk	Kesällä kattilan huoltoseisokki
99 %	Biokattilan käytettävyys muuna aikana, jolloin 2.6 vrk kattila ei ole käytössä
96,40 %	lämmön määrästä pystyy KPA- kattila tuottamaan

5 AINEISTO JA MENETELMÄT

5.1 Energiapuun varastointitutkimus

Energiapuun varastointitutkimuksen tarkoituksena oli selvittää erilaisten varastointitapojen vaikutus hakkeen kosteuteen. Tutkimuksessa käytetty karsittu energia-puu kuivatettiin viidellä erilaisella, selvästi toisistaan poikkeavalla varastointitekniikalla. Tutkimuksessa keskityttiin aluspuiden ja ladontatekniikan vaikutuksiin puun kosteuteen. Yhdessäkään tapauksessa ei kasoja peitetty.

5.1.1 Puulaji ja eräkoko

Varastoitu puulaji oli mäntykuitupuu, jonka hakkuu oli suoritettu monitoimikoneella vuoden 2009 maaliskuun lopulla. Puut olivat normaalia hakkuukoneella hakattua mäntykuitupuuta, jonka pituus vaihteli 2,6 – 5,5 metriin ja latvaläpimitta 6 – 15 cm. Yksittäisen varastokasan tilavuus oli noin 14 m³.

5.1.2 Ajankohta

Varastointipaikaksi tutkimuksessa valittiin Laihian Kylänpäässä sijaitseva käytöstä poistettu hiekanottoaika, minne puut siirrettiin 12.4.2009. Puut siirrettiin 1.9.2009 kuivatuserittäin kuivatuskentältä puutavara-autolla Kauhavan Ylihärmässä sijaitsevalle Helppo Lämpö OY:n omistamalle energiapuuterminaalille. Varastointierät haketettiin välittömästi asfalttikentälle omiin kasoihin, josta ne myöhemmin ajettiin Ylihärmän kuntokeskuksessa sijaitsevaan Helppo Lämpö OY:n KPA- laitokseen polttotutkimukseen. Kuivumisaikaa varastossa puille kertyi yhteensä 150 päivää.

5.1.3 Sääolosuhteet

Kesä 2009 oli melko vähäsateinen ja lämmin. Tarkemmat säätiedot löytyvät Ilmatieteenlaitoksen julkaisemasta säätilastoista.

5.1.4 Kosteuden mittaus

Kosteus mitattiin eristä heti haketuksen jälkeen. Kasoista otettiin kymmenen osanäytettä tilavuudeltaan litra/ osanäyte. Eräkohtaisen näytteen tilavuudeksi tuli tällöin kymmenen litraa. Näytteet toimitettiin Vaskiluodon Voiman Seinäjoen Voimalaitoksen laboratorioon, missä analysointi tapahtui.

5.2 Varastointitavat

5.2.1 Ladonta ja kasaus ilman aluspuita (koe-erä nro 1)

Koe-erä nro 1:ssä ei käytetty aluspuita. Kasa kosketti koko pohjan alaltaan maata. Ladonta oli normaali metsäkoneella suoritettu ladonta, pinotiheyskertoimen ollessa arviolta 63.



Kuvio5. Ladonta ilman aluspuita. Koe-erä 1. (Kuva: Juha Viirimäki 2009.)

5.2.2 Normaali ladonta yksillä aluspuilla (koe-erä nro 2)

Koe-erä nro 2:ssa oli yhdet aluspuut. Aluspuut sijaitsivat pinon etu ja takareunassa. Ne nostivat pinon maasta irti noin 10 cm. Aluspuiden päälle kasa ladottiin normaalisti metsäkoneen avulla. Pinon pinotiheyskerroin oli arvioilta 63.



Kuvio6. Ladonta yksillä aluspuilla. Koe-erä 2. (Kuva: Juha Viirimäki 2009.)

5.2.3 Välipuukerroksia pinossa (koe-erä nro 3)

Koe-erä nro 3 ladottiin useita välipuita käyttäen. Pinon alla oli yhdet puut aluspuina, jonka jälkeen tuli kerros normaali ladontana ja tämän jälkeen yhdet poikki puut. Tämä vuorotteli pinon yläosaan saakka.



Kuvio7. Ladonta välipuukeroksittain. Koe-erä 3. (Kuva: Juha Viirimäki 2009.)

5.2.4 Kerroksittain ristiin ladottu pino (koe-erä nro 4)

Koe-erä nro 4 ladottiin kerroksittain ristiin alusta loppuun. Aluspuita oli koko pinon leveydeltä. Pinon pinotiheyskertoimen määrittäminen oli mahdotonta.



Kuvio8. Kerroksittain ristiin ladottu kasa. Koe-erä 4. (Kuva: Juha Viirimäki 2009.)

5.2.5 Normaali ladonta kaksilla aluspuilla (koe-erä nro 5)

Koe-erä nro 5:ssä aluspuut ladottiin ristiin kahteen kerrokseen. Alimmaisiet aluspuut olivat ladottujen puiden suuntaisesti ja niiden päällä ollut toinen aluspuuker-

ros oli poikittain pinoon nähden. Aluspuiden päälle kasa ladottiin normaalisti metsäkoneen avulla. Pinon pinotiheyskerroin oli arvioilta 63



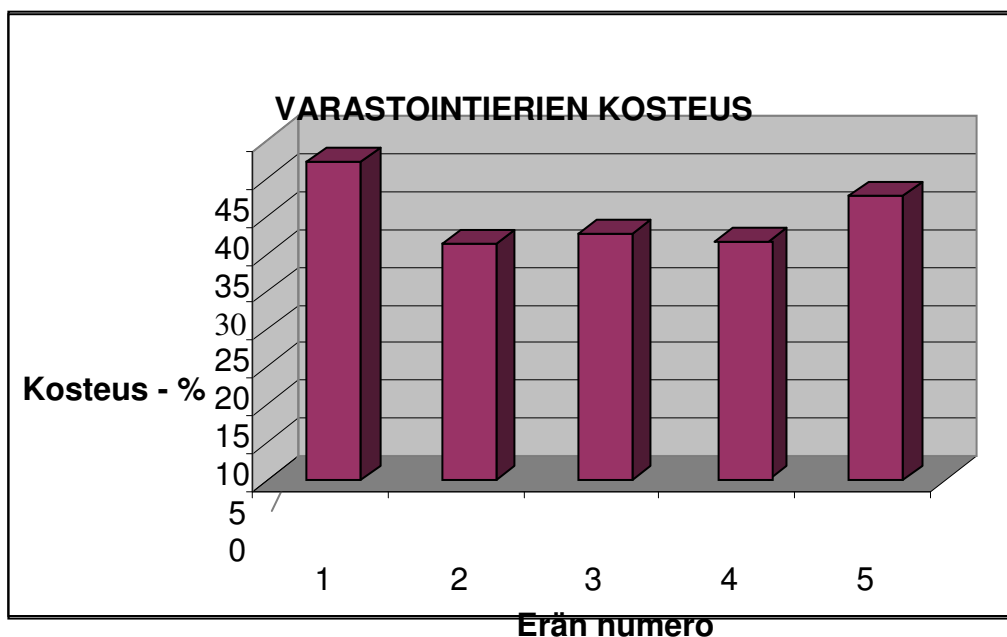
Kuvio9. Ladonta kaksilla aluspuilla. Koe-erä 5. (Kuva: Juha Viirimäki 2009.)

6 VARASTOINTITUKIMUKSEN TULOKSIA

6.1 Varastoerien kosteus

Varastoerät hakettiin ja kosteudet määriteltiin hakkeesta. Saatujen hake-erien kosteudet vaihtelivat 32,4 %:sta 39,6 %:iin. Kuivin erä oli numero 4, missä puut oli ladottu aluspuiden päälle kerroksittain ristiin. Pelkästään pelkkiä aluspuita käyttäen päästiin 35,8 %:n loppukosteuteen, joten ero ei ollut merkittävän suuri ristiin ladontaan nähden.

Aluspuut pois jättämällä nousi kosteus 39,6 %:iin, mikä on selvästi muita eriä korkeampi mittaustulos. Kun vielä otetaan huomioon varastoinnin kuiva aikajakso ja karsittu puuraaka-aine, niin erotusta voidaan pitää silmiinpistävänä. Aluspuiden merkitys puiden kuivumiseen on kiistaton.



Kuvio 10. Varastointierien kosteus.

7 HYÖTYSUHDEMITTAUKSET

Hyötysuhdemittaukset tehtiin Ylihärmän Kuntokeskuksella Helppo Lämpö Oy:n omistamalla 0,97 MW:n tehoisella KPA kattilalla. Helppo Lämpö Oy toimii Kuntokeskuksella lämpöyrittäjänä.

Lämpöyrittäjän palkkaamana laitoshoitaja toimi Henry Jokelainen. Jokelainen on hoitanut laitosta helmikuun alusta 2007 saakka, jolloin laitos valmistui. Työn ohella hän on suorittanut kattilalaitoksen B-koneenhoitajan tutkinnon.

Valitsimme Ylihärmän kohteen tutkimuksen tekopaikaksi, koska laitoksella oli valmiina omat erilliset sähkö- ja lämpömittarit. Lisäksi laitoksen hoitaja Jokelainen on erittäin ammattitaitoinen ja aiheesta kiinnostunut laitoshoitaja, jonka kanssa oli helppoa tehdä yhteistyötä.

7.1 Mittauskäytännöt

Käytännön mittauksista laitoksella huolehti Henry Jokelainen. Käytännön mittaukset menivät seuraavan kaavan mukaisesti:

1. Erien polttojärjestys oli seuraava: 5,4,3,2,1 ja 6. Erät yhdestä viiteen olivat samat erät, jotka olivat myös varastointitutkimuksessa. Kosteusvaihteluvälin lisäämiseksi otimme yhden lisäerän keinokuivattua haketta.
2. Laitoksen polttoainevarasto tyhjennettiin täysin polttoaineesta.
3. Ajettiin laitoksella läpi 0-erä, jolloin saatiin kaikki kuljettimet puhtaaksi turpeesta ja muista polttoaineista.
4. Aloitettiin 6 koe-erän poltto seuraavasti
 - - Tyhjennettiin kuorma tyhjään varastoon.
 - - Otettiin ylös erän alussa ja lopussa sähkö- ja energiamittarin lukemat
 - - Laitosta ajettiin samalla säädöllä jokaisella erällä
 - - Erän lopussa varaston tyhjeneminen viimeisteltiin lapiolla ja harjalla ennen uuden erän kippaamista.

7.1.1 Lämpöarvon määrittäminen

Jokainen näyte-erä punnittiin Botnia Grain Oy:n vaa'alla Kauhavalla. Jokaisesta erästä otettiin kosteusnäyte joka koostui 10 eri näytteenottokohdasta. Kosteusnäyte otettiin heti kuorman purun jälkeen polttoainevarastossa. Näytteet vietiin kosteuden ja lämpöarvon määrittämistä varten Vaskiluodon Voima Oy:n laboratorioon Seinäjoen Voimalaitokselle.

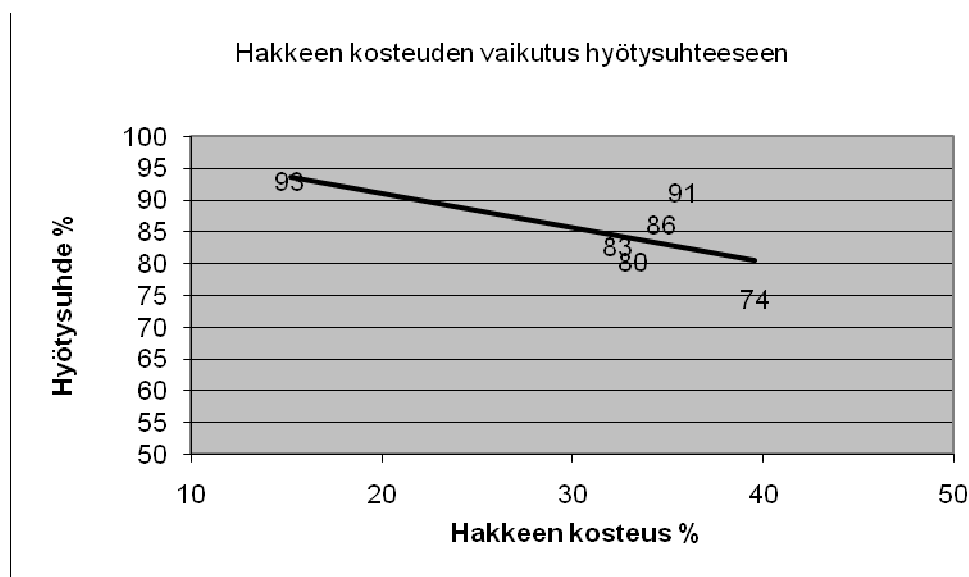
Eräkohtainen lämpöarvo saatiin kertomalla hakkeen tehollinen lämpöarvo (MWh / tn) kuoman painolla (tn).

8 HYÖTYSUHDEMITTAUSTEN TULOKSIA

8.1 Hakkeen kosteuden vaikutus lämpölaitoksen hyötysuhteeseen

Hakkeen kosteuden alentuessa lämpölaitoksen hyötysuhde parantuu. Alhaisin hyötysuhde mitattiin märimmällä hake-erällä. Hakkeen kosteuden ollessa 39,6 % kattilan kokonaishyötysuhteeksi saatiin 74,38 %. Paras hyötysuhde oli 93,02 %, tuolloin hake oli keinokuivattua ja hakkeen kosteus oli vain 15,2 %.

Yleisesti voidaan todeta, että tässä laitoksessa hakkeen kosteuden alentumisella oli merkittävä vaikutus hyötysuhteen parantumiseen.

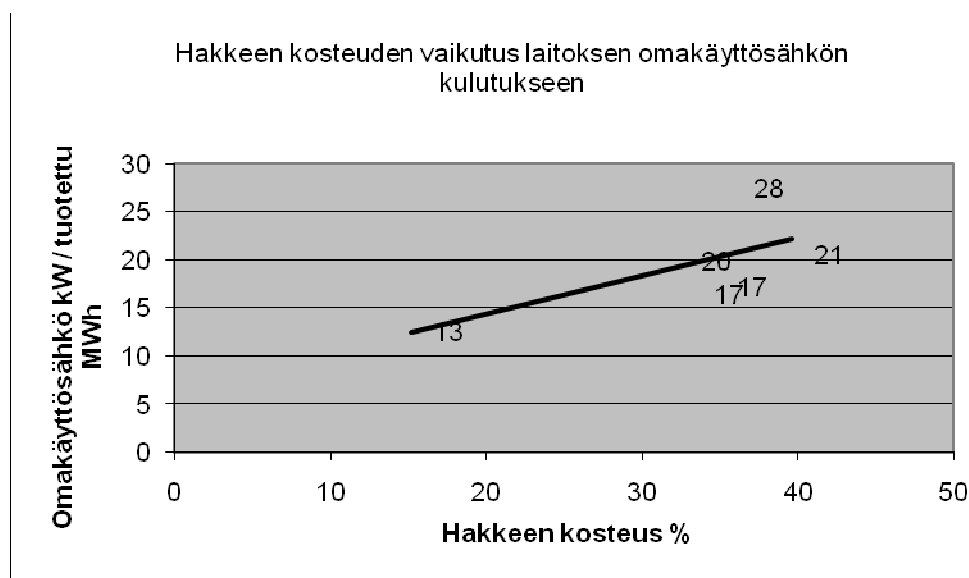


Kuvio 11. Hakkeen kosteuden vaikutus hyötysuhteeseen.

8.2 Hakkeen kosteuden vaikutus lämpölaitoksen omakäytösähkön kulutukseen

Kuivalla hakkeella laitoksen sähkönkulutus voi olla jopa alle puolet märkään polttoaineeseen verrattuna. Kun hakkeen kosteus oli 15,2 % saatiin omakäyttösähkönkulutukseksi ainoastaan 12,6 kWh tuotettua MWh:ia kohti

Kun hakkeen kosteus oli 39,6 % nousi sähkönkulutus 20,6 kWh:iin tuotettua MWh:ia kohti. Erässä 5, joka ajettiin ensimmäisenä läpi, oli sähkön kulutus 27,52 kWh / tuotettu MWh. Tämä ei ole linjassa muiden tulosten kanssa. Henry Jokelaisen kanssa olemme tulleet siihen johtopäätökseen, että kattilassa on tuolloin ollut tilapäisesti suurempi sähkönkulutus johtuen luultavasti savukaasuimurin suuremmasta vastuksesta. (*Lentotuhkapatsas saattanut pudota konvektio-osaan tai muu vastaava tapahtuma.*)



Kuvio 12. Hakkeen kosteuden vaikutus laitoksen omakäyttösähkön kulutukseen.

8.3 Laitoksen käyntitehon vaikutus hyötysuhteeseen

Testikattilan teho oli 0,97 MW ja testijaksojen keskitehot vaihtelivat 0,35 – 0,54 MW:n välillä. Kattila toimii normaalisti parhaiten 60 -80 %:n teholla nimellistehosta, joten hyötysuhde ei ollut varmastikaan testiajojen aikana parhaimmillaan

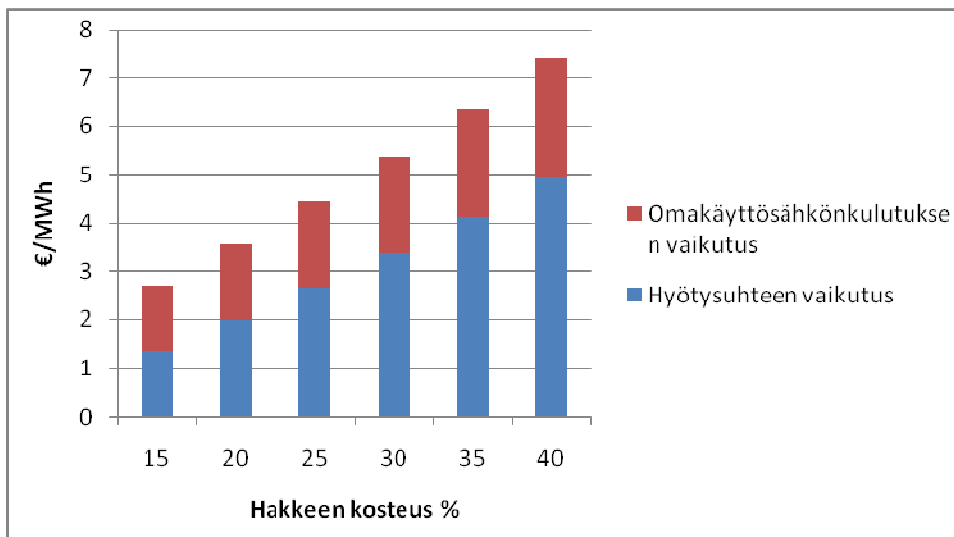
9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Johtopäätöksissä mietitään energiapuuliiketoiminnan kannattavuutta koko metsä-energiaketjun kannalta. Johtopäätökset on tehty tässä tutkimuksessa mukana olleen laitospöytätyön (1 MW) arinakattilan mukaan. Samoin varastointivaihtoehtojen lopputuloksia pohditaan tässä työssä saatujen varastointitietojen mukaan.

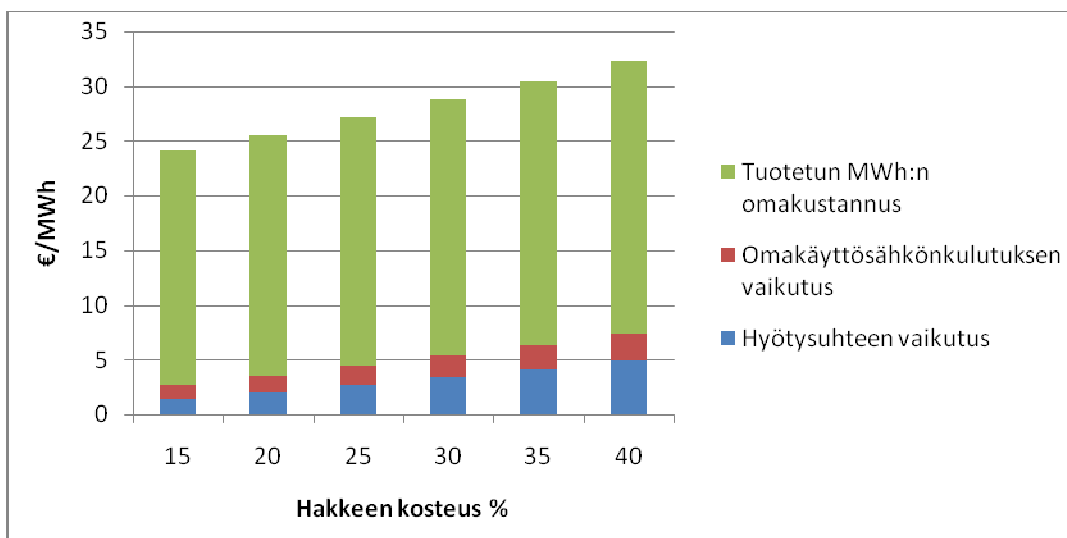
Jos vastaava tutkimus tehtäisiin suurempaan teolliseen kiertoleijupetityyppiseen kattilaan, niin polttoaineenkosteuden vaikutus voimalaitoksen hyötysuhteeseen olisi pienempi. Laitoksen omakäytösähkökulutus kuitenkin kasvaa kaikilla laitoksilla reilusti polttoaineen kosteuden kasvaessa. Tutkimusta olisikin mielenkiintoista jatkaa erityyppisillä laitostekniikoilla eri kattilakokoluokissa. Samoin erilaisia energiapuun varastointitapoja- ja tekniikoita kannattaisi selvittää laajemmin mm. terminaalien käyttö tulevaisuudessa on lisääntymässä ja siksi terminaalien kannalta optimaalista varastointitekniikkaa olisi syytä tutkia. Ainakin aluspuiden, välipuiden, pinon korkeuden ja pinojen välisen etäisyyden vaikutuksia olisi syytä tutkia. Nyt on saatavilla myös uutta 6 metriä leveää tervapaperia pinon peittelyyn, joten voidaan olettaa myös peittelyn laadun ja samalla vaikutuksen kosteuden alentumiseen parantuvan. Voitaisiin todeta, että ala kehittyy koko ajan ja uutta tutkimusta tarvitaan lisää.

9.1 Kosteuden vaikutukset kannattavuuteen

Hakkeen kosteudella on oleellinen vaikutus lämpöenergian tuotantokustannuksiin. Kosteuden noustessa 15 prosentista 40 prosenttiin lisääntyvät lämmön tuotantokustannukset noin viidellä eurolla megawattituntia kohden.



Kuvio 13. Hakkeen kosteuden vaikutus tuotantokustannuksiin.



Kuvio 14. Tuotetun MWh:n kokonaishinta. Esimerkiksi 5000 MWh vuodessa lämpöenergiaa tuottava laitos voi säästää kuivalla polttoaineella kymmeniä tuhansia euroja.

9.2 Kaupankäyntiyksiköksi MWh?

Nykyään energiapuun hankintaketjussa suuressa osassa työkustannuksien maksuperusteena on kiintokuutiot. Mielestämme energiapuun korjuuta saadaan parhaiten motivoitua laatuhakkeen tuotantoon muuttamalla urakoinnin taksaperusteeksi megawattitunnit. Silloin koko ketju yrittää tehdä mahdollisimman laadukasta työtä jo metsäpäästä lähtien. Tämä ei ole mikään yksinkertainen asia toteuttaa, mutta uskomme että lähivuosina tämä on yleisin toimintamalli markkinoilla.

Ainakin suurissa hankintakauppaerissä maksun perusteena on melko helppoa käyttää hankintakauppaerän sisältämää energiamäärää.

9.3 Varastointia tullaan kehittämään

Energiapuun hankintaketju metsästä voimalaitokselle on tällä hetkellä pahassa kustannuskriisissä, toiminta ei tahdo olla kenellekään kannattavaa. Toiminnan kannattavuutta rasittavat kohonneet kustannukset etenkin polttoainekustannuksissa, sekä tukileikkaukset nuorissa metsissä. Kaiken lisäksi metsähakkeen syöttötärfiiniin on tulossa on 40 %:n leikkaus vuoden 2013 alussa. Näiden osatekijöiden kokonaisvaikutus on n. 5-6 €/MWh, josta metsäpään osuus on 3 - 4 €/MWh.

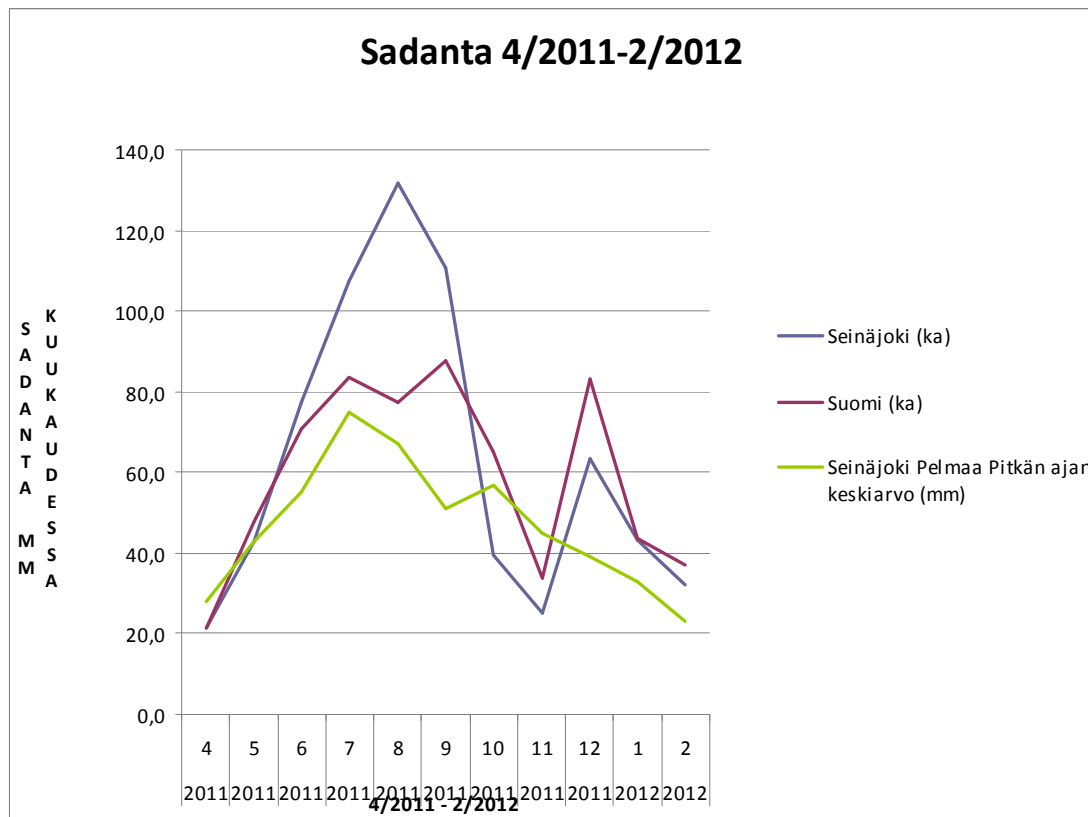
Tässä sähkömarkkinatilanteessa voimalaitoksilla ei ole varaa nostaa metsähakkeesta maksettavaa hintaa, lisäksi muut polttoaineet lähinnä turve määrittelee rajaintaa, jota metsähakkeesta maksetaan.

Eli ainut keino energiapuun korjuumäärien pitämiseksi nykytasolla on kehittää ja hioa toimitusketjua yhä kustannustehokkaammaksi, siinä asiassa varastoinnin kehittäminen ja logistiikka tulee olemaan avainasemassa.

9.4 Bisnestä luonnonvoimien armoilla

Kun kaikki työvaiheet energiapuun korjuussa tehdään parhaalla mahdollisella tavalla, eli laitetaan pinon alle aluspuut ja peitellään pinot. Näin toimimalla saavute-

taan kosteudessa vuodesta riippuen n. 10 -15 % alempia toimituskosteuksia. Aina ei kuitenkaan luonnonvoimille voi mitään, ja puuta ei yksinkertaisesti saa kuivaksi. Näin on käynyt lämmityskaudella 2011 - 2012 Seinäjoen ympäristössä.



Kuvio 15. Vaskiluodon Voima Oy:n Seinäjoen voimalaitoksen hankinta-alueen sadanta vuosilta 2011 – 2012. (Ilmatieteenlaitos 2012.)

LÄHTEET

Hakonen, T. & Laurila, J. 2011. Metsähakkeen kosteuden vaikutus polton ja kaukokuljetuksen kannattavuuteen. Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisuja B55. 31 s.

Hiipakka, Juha 2012. Laboratoriopäällikkö. Vaskiluodon Voima Oy. Polttoaineiden kosteus aineisto. Haastattelu 3.5.2012.

Jokelainen, Henry. Laitoshoitaja. Helppo Lämpö OY. Haastattelu

Kauppinen, Veli-Pekka. 2010. Keski-Suomen metsäkeskus. KPA-kattilan mitoitussohje. ATK-ohjelma.

Kokkonen, A ja Lappalainen, I. 2005. Hakelämmöstä yritystoimintaa. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulun, Motiva Oy:n ja Työtehoseuran opas. Kuopio: Offsetpaino L. Tuovinen.

Lappalainen, Iiris. 2007. Lämpöyrittämisen ABC. Motiva Oy:n julkaisu.

Lappalainen, Iiris. 2007. Puupolttoaineiden pienkäyttö. Tekes- opas

Lepistö, T. 2010. Laatuhakkeen tuotanto-opas. Kehittyvä metsäenergia- hanke.

Orava Timo. Toimitusjohtaja. EPV Bioturve OY. Haastattelu 10.9.2011.

Sauvula-Seppälä, T. 2010. Lämmönmyynnistä jää tuloja lämpöyrittäjälle. Farmi uutiset. Nro 1/2010.

Työtehoseura 2010, Lämpöyrittäjäkohteet 2010.