

METSÄPOLTTOAINEIDEN JA PILKKEEN KUIVAUKSEN KIINNOSTUS JA MAHDOLLISUUDET KESKI-SUOMESSA

Anniina Huovinen

Opinnäytetyö
Lokakuu 2012

Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma
Luonnonvara ja ympäristöala





Tekijä(t) HUOVINEN, Anniina	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 01.10.2012
	Sivumäärä 81	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi METSÄPOLTTOAINEIDEN JA PILKKEEN KUIVAUKSEN KIINNOSTUS JA MAHDOLLISUUDET KESKI-SUOMESSA		
Koulutusohjelma Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) VERTAINEN, Laura		
Toimeksiantaja(t) Suomen Metsäkeskus		
Tiivistelmä <p>Kansainvälinen ja kansallinen ilmasto- ja energiapolitiikka tavoittelee fossiilisten polttoaineiden korvaamista uusiutuvilla energialähteillä. Esimerkiksi metsähakkeen käytön tavoitteeksi on Suomessa asetettu 12 miljoonaa kiintokuutiometriä vuonna 2020. Alueelliset tavoitteet Keski-Suomessa metsäenergian käytölle nykyisessä ohjelmassa (2012–2015) ovat 1,2 miljoonaa kiintokuutiometriä. Vuonna 2011 Keski-Suomessa käytettiin noin 900 000 kuutiota metsähaketta.</p> <p>Uusiutuvan energian osuuden kasvattamiseksi tarvitaan poliittisten päätösten lisäksi myös enemmän uusiutuvan energian käyttäjiä ja tuottajia. Metsäenergiasektorin yrittäjyyteen toivotaan enemmän kannattavuutta, niin hankintapuolen yrityksiin kuin lämpöyrittäjyyteenkin. Yhtenä vaihtoehtona lisätä yritysten kannattavuutta on laajentaa toimintaa. Lämmityskeskukset mitoitetaan toimimaan hyvin myös talven kovilla pakkasilla. Tästä johtuen etenkin kesällä laitteissa on paljon ylimääräistä kapasiteettia ja joitakin laitoksia suljetaan liian pienen käyttöasteen vuoksi. Lämmityslaitosten käyttöastetta voidaan nostaa ohjaamalla lämpöä myös muualle, kuten kuivuriin. Puupolttoaineiden myyjät ja käyttäjät hyötyvät kuivauksesta, sillä se parantaa polttoaineen lämpöarvoa, laatuominaisuuksia ja hygieenisyyttä.</p> <p>Opinnäytetyössä selvitettiin kyselytutkimuksena metsäenergian tuottajilta ja –käyttäjiltä kokemuksia metsäpolttoaineiden ja pilkkeiden ominaisuuksista, lämmityslaitoksista ja kuivureista, yrittämisestä sekä investointi ja laajentamishalukkuudesta. Lisäksi tehtiin Case–tarkasteluja kolmelle kohteelle. Selvitys on osa Biolämpöliiketoiminnan laatu- ja kannattavuushanketta, tilaajana Suomen Metsäkeskus.</p> <p>Tulosten perusteella voidaan todeta, että metsäenergian parissa työskentelevät yrittäjät ovat kiinnostuneita laajentamaan toimintaansa mm. kuivaamalla puupolttoaineita, mutta kuivuri investointi koetaan liian suureksi. Keski-suomalaisissa lämpökeskuksissa olisi paljon ylimääräistä lämpökapasiteettia. Lämpölaitokset ovat kuitenkin hyvin erilaisia ja mahdollista kuivauskapasiteettia on tarkasteltava tapauskohtaisesti.</p>		
Avainsanat (asiasanat) bioenergia, biopolttoaineet, metsäenergia, hake, polttopuu, pilkkeet, kuivaus, lämpöyrittäjyys		
Muut tiedot		



Author(s) HUOVINEN, Anniina	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 01.10.2012
	Pages 81	Language Finnish
	Confidential () Until	Permission for web publication (X)
Title THE INTEREST IN AND POTENTIAL OF DRYING FOREST FUELS AND CHOPPED FIREWOOD IN CENTRAL FINLAND		
Degree Programme Degree Programme in Agriculture and Rural Industries		
Tutor(s) VERTAINEN, Laura		
Assigned by The Finnish Forestry Centre		
Abstract <p>The international and national climate and energy policy aspires to replace fossil fuels with renewable sources of energy. For example the target level for the use of wood chips in Finland is 12 million solid cubic meters by the year 2020. The Regional target in Central Finland for the annual use of forest energy is 1,2 million solid cubic meters. It is included in the regional forest program 2012-2015. In year the 2011 the use of forest energy in Central Finland was 900 000 solid cubic meters.</p> <p>To increase the level of renewable energy it is necessary to increase not only the policy, but also the number of renewable energy users and – producers. Forest energy sector enterprise should be more profitable to encourage more people to wood supply entrepreneurship and heat entrepreneurship. One way to increase the profitability is to expand the business. Heating boilers are sized to function properly in the winter heating period. Because of this, the boilers have a lot of extra capacity especially in summers. Some boilers are shut down in the summer low heating season for their too low utilization rate. The utilization rate can be raised by directing or selling heat to elsewhere for example to drying. Wood fuel producers as well as users benefit from drying. Drying improves forest fuel's heating value, quality characteristics and hygiene.</p> <p>The thesis survey was addressed to forest energy producers and –users. The survey examined their experiences of the forest energy and firewood features, heating plants, dryers, entrepreneurships and readiness to investments and expansion. In addition, case studies were made for three subjects. The study is part of the Bio heat business quality and profitability - project upon the request of Finnish Forestry Centre.</p> <p>Based on the results it can be stated that entrepreneurs who work with forest energy are interested in expanding their business with e.g. by drying forest fuels. The entrepreneurs feel the investment in a dryer is too high. In central Finland heating plants have a lot of extra capacity, but all heating plants are different and the possible extra capacity must be considered case by case.</p>		
Keywords bioenergy, biofuels, forest energy, woodchips, firewood, chopped firewood, drying, heat enterprise		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

KESKEISIMMÄT KÄSITTEET	4
1 OPINNÄYTETYÖN TAUSTA JA TAVOITTEET	6
2 TAUSTATIETOA METSÄPOLTTOAINEISTA JA PILKKEISTÄ	8
2.1 Metsäenergia ja politiikka	8
2.2 Metsäpolttoaineiden ja pilkkeiden lähteet	8
2.3 Metsäpolttoaineiden laatu	9
2.4 Metsäpolttoaineiden ja pilkkeiden hinnoittelu	10
2.5 Metsäpolttoaineiden kuivaus ja varastointi	10
2.5.1 Yleistä.....	10
2.5.2 Kuivausmenetelmät hakkeelle	12
2.5.3 Kuivausmenetelmät pilkkeelle	12
3 MENETELMÄT JA TUTKIMUSAINESTO.....	14
3.1 Tietojen kerääminen.....	14
3.2 Kirjekysely	14
3.3 Caset	15
3.3.1 Case Lamminmäki.....	15
3.3.2 Case Koskinen	16
3.3.3 Case OK-YHTIÖT Oy	17
3.4 Vastausten käsittely.....	20
4 TULOKSET	20
4.1 Tulokset yleisesti.....	20
4.1.1 Vastaajat	20
4.1.2 Lämmityslaitokset.....	21
4.1.3 Laadukkaan polttoaineen merkitys	26
4.1.4 Kiinnostus kuivaukseen tai lämpöyrittäjyyden laajentamiseen	28
4.1.5 Nykyiset kuivurit	32
4.2 Esimerkkitapaukset.....	34
4.2.1 Case Lamminmäki.....	34
4.2.2 Case Koskinen	40
4.2.3 Case Ok-yhtiöt	46
5 POHDINTA	50
5.1 Johtopäätökset	50
5.2 Tavoitteiden toteutuminen	51
5.3 Mitä jäi vielä kehitettävää	52
6 YHTEENVETO	52

LÄHTEET.....	55
LIITTEET	59
Liite 1. Lamminmäki klapituotannon kannattavuus laskelma (300 i-m ³ vuosituotannolla)	59
Liite 2. Lamminmäki klapien tuotannon kannattavuus laskelma (600 i-m ³ vuosituotannolla)	61
Liite 3. Case Koskisen kuivurin vuosittainen tulos viiden vuoden takaisinmaksuajalla	63
Liite 4. Case Koskisen kuivurin vuosittainen tulos kymmenen vuoden takaisinmaksuajalla	64
Liite 5. E Lehtola Ky:n konttikuivuri piirros	65
Liite 6. Case Ok-yhtiöt kuivauksen tulos viiden ja kymmenen vuoden takaisinmaksuajalla	66
Liite 7. Kyselylomake	67

KUVIOT

KUVIO 1. Lamminmäen kärrykuivuri	16
KUVIO 2. Koskisen rankakasa on aurinkoisella ja tuulisella paikalla	17
KUVIO 3. Biolämpökattila on nimellisteholtaan 1 MW, varalämmönlähteenä toimii 1 MW:n öljykattila	18
KUVIO 4. OK-yhtiöiden lämpölaitoksen sivulla olisi hyvin tilaa konttikuivurille	19
KUVIO 5. Siiloon voi purkaa polttoainetta rakennuksen molemmilta puolilta	19
KUVIO 6. Kyselyyn vastanneiden päätoimi	20
KUVIO 7. Kyselyyn vastanneiden sivutoimi	21
KUVIO 8. Lämmityslaitoksen (350 kW) vuonna 2011 lämmöntuotanto	22
KUVIO 9. Lämmöntuotanto vastanneiden lämmityslaitosten keskiarvona lämmityskaudella 2011	24
KUVIO 10. Varalämmitysjärjestelmät ja niiden käyttö kesäajalla	26
KUVIO 11. Vastaajista valtaosa on usein tekemisissä puupolttoaineiden kanssa	27
KUVIO 12. Terveyshaitat johtuen mikrobeista, jotka saattavat johtua huonolaatuisen puupolttoaineen käsittelystä	27
KUVIO 13. Vastaajien kiinnostus käyttää kuivattuja puupolttoaineita	28
KUVIO 14. Vastaajien mielenkiinto laajentaa biolämpötoimintaa	29
KUVIO 15. Kuivurihankinnan suurimmat esteet	30
KUVIO 16. Metsäpolttoaineiden ja pilkkeiden tämänhetkinen kysyntä	30
KUVIO 17. Metsäpolttoaineiden ja pilkkeiden kysyntä tulevaisuudessa	31
KUVIO 18. Keinokuivatun puupolttoaineen tämänhetkinen kysyntä	31
KUVIO 19. Keinokuivatun puupolttoaineen kysyntä tulevaisuudessa	31
KUVIO 20. Metsäpolttoaineiden ja pilkkeiden kuivauksen yleisyys ja tapa	33
KUVIO 21. Lamminmäen lämmityslaitoksen tuottama lämpöenergia vuonna 2011 ..	34
KUVIO 22. Koskisten tilan vuoden 2011 lämpöenergian kulutus	41
KUVIO 23. Ok-yhtiöiden biolämpökattilan arvioitu vuosittainen käyttö	46

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Lämmityslaitokset.....	22
TAULUKKO 2. Esimerkkinä 350 kW laitoksen lämmöntuotanto, maksimituotto ja ylimääräinen kapasiteetti.....	23
TAULUKKO 3. Keski-Suomen tiedossa olevien pienten ja keskisuurten biolämmityslaitosten ylimääräinen kapasiteetti.....	25
TAULUKKO 4. Vastaajien kiinnostus eri laajentamismahdollisuuksiin.....	29
TAULUKKO 5. Biolämpöyrittämiseen tai puupolttoaineisiin liittyvä työajankäyttö	32
TAULUKKO 6. Kuivureiden käyttöajat vuodessa	33
TAULUKKO 7. 120 kW:n hakelämpökeskuksen ylimääräinen kapasiteetti.....	34
TAULUKKO 8. Kuivauksen kannattavuus.....	37
TAULUKKO 9. Tuloslaskenta kymmenen vuoden maksuajalla.....	38
TAULUKKO 10. Kuivauksen tulos viiden vuoden maksuajalla	39
TAULUKKO 11. Uuden lämpökeskuksen arvioitu lämmitystehontarve	40
TAULUKKO 12. Arvioidusta tehotarpeesta laskettu ylimääräinen kapasiteetti.....	42
TAULUKKO 13. Kuivauskapasiteetti	43
TAULUKKO 14. Kuivauksen kannattavuus laskenta	45
TAULUKKO 15. Ylimääräinen kapasiteetti 1 MW:n biolämpölaitoksessa	47
TAULUKKO 16. Kuivurin kannattavuus Ok-yhtiöiden kohteessa	49

KESKEISIMMÄT KÄSITTEET

Biopolttoaineet

Biopolttoaineita ovat eloperäisestä aineesta eli biomassasta valmistetut polttoaineet.

Energiapuu

Energiapuu on polttoon tai muuhun energiakäyttöön tarkoitettu puu muodosta ja lajista riippumatta.

Energiatiheys

Lämpöarvo polttoaineen tilavuutta kohti (MJ/m³ tai MWh/m³).

Hakkuutähdehake

Hakkuutähteet kerätään yleensä päätehakkuukuusikoista.

Hakkuutähteet haketetaan yleensä metsäteollisuuden laitosten tai suurten aluelämpölaitosten käyttöön.

Halko

Halko on noin metrin pituinen halkaistu tai pyöreä pölkky.

Lämpöarvo

Täydellisessä palamisessa kehittyvä lämmön määrä polttoaineen massaa kohti (MJ/kg).

Metsäenergia

Metsäpolttoaineista tuotettu polttoaine, johon kuuluu puuperäisistä polttoaineista polttopuu ja metsähake.

Metsähake

Metsähake on yleisnimitys hake- tai murskemuotoon hienonnetulle metsästä hankitusta raaka-aineesta tehdylle tuotteelle. Metsähakkeet

valmistetaan hakkuutähteistä, kannoista ja mitoiltaan tai laadultaan ainespuuksi kelpaamattomasta puuraaka-aineista.

Metsäpolttoaine

Metsäpolttoainetta ovat energiaksi käytettävä puu tai puutavara.

Polttoaineluokittelussa metsäpolttoaineiksi luetellaan halot, rangat ja pilkkeet, kokopuu- tai rankahake sekä metsätähdehake tai -murske.

Metsäpolttoaineella voidaan myös tarkoittaa metsähaketta tai hakkeen jalostamattomia raaka-aineita.

Pienkokopuu

Pienkokopuulla tarkoitetaan pääasiassa nuorista metisistä yksittäin tai joukkokäsittelynä korjattua energiapuuta.

Pilke, Klapi

Pilkkeellä eli klapilla tarkoitetaan koti- ja maatalouden keskuhlämmityskattiloissa ja tulisijoissa käytettävää 0,25–0,5 metriä pitkää, halkaistua puuta.

Puuperäiset polttoaineet

Yleisnimitys kaikille puu- ja kuoriaineesta peräisin oleville polttoaineille, mukaan lukien puuperäiset sivutuotteet.

1 OPINNÄYTETYÖN TAUSTA JA TAVOITTEET

Keski-Suomen alueella on Biometalli-hankkeessa tehtyjen selvitysten mukaan edelleen noin 4000 kaukolämpöalueen ulkopuolella olevaa öljylämmitteistä suurkiinteistöä. Suurkiinteistöjen öljylämmityksen korvaaminen kiinteillä biopolttoaineilla tuo uusia asiakkaita puupolttoaineiden toimittajille ja lämpöyrittäjille sekä lisää metsänomistajien tuloja. Lisäksi se nostaa alueen omavaraisuusastetta energiantuotannossa. Jyväskylän yliopiston tekemän tutkimuksen mukaan lämpöyrittäjien kannattavuudessa ilmenee suuria eroja (Horn 2011). Myös metsäpolttoaineiden hankintaketjun toiminnan kannattavuus on usein heikkoa.

Selvitys on osa Biolämpöliiketoiminnan laatu- ja kannattavuushanketta, tilaajana Suomen Metsäkeskus. Hankkeessa on tarkoitus tutkia kannattavuutta ja saada selityksiä huonoon kannattavuuteen. Lisäksi liiketoiminnan kannattavuuden lisäämiseksi etsitään toimivia ratkaisuja ja toimintamalleja. Myös yritystoiminnan kehittämispalveluja ja metsäkeskuksen metsävaratietoa, tutkimustoimintaa, koulutus- ja valmennustoimintaa ja yritysneuvontaa pyritään kehittämään niin, että se tukee yritysten liiketoiminnan kasvua ja kannattavuutta. Hanketta rahoittaa Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahasto. Hankkeessa ovat mukana Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Pohjoisen Keski-Suomen oppimiskeskus POKE ja Suomen Metsäkeskus. Hanketta hallinnoi Suomen Metsäkeskus.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää mahdollinen kuivauskapasiteetti Keski-Suomen alueella metsäpolttoaineille ja pilkkeelle sekä mahdollisten kuivureiden sijainti ja toimintatapa. Myös alan toimijoiden kiinnostus liiketoiminnan laajentamiseen tarjoamalla kuivatuspalveluja sekä kuivatun polttoaineen kysyntä kiinnostivat. Lisäksi selvitettiin teknisiä ja logistisia mahdollisuuksia, tarvittavat investoinnit hakkeen ja pilkkeen kuivaamista varten ja kuivauksen kannattavuus. Edellä mainittu toteutettiin Case-tarkastelun muodossa.

Tutkimus rajattiin alueellisesti koskemaan Keski-Suomea. Lisäksi kohderyhmää rajattiin kokoluokan perusteella. Liian laajalla kohderyhmällä tuloksista olisi saattanut

tulla epäselvät, sillä pienillä lämmityskohteilla lämmityskapasiteetti ei riitä mahdolliseen kuivaukseen. Lisäksi kannattavuustarkastelu ei ole järkevää liian pienillä kohteilla. Kohderyhmästä rajattiin myös liian suuret laitokset pois, sillä suurilla laitoksilla polttoaineen laatuvaatimukset ovat löysemmät, eikä mielenkiintoa kuivatulle polttoaineelle välttämättä ole. Suurten laitosten erot myös teknisesti sekä organisaatiollisesti ovat liian suuret verrattuna pääkohderyhmään (50 – 2000 kW). Tavoitteena oli saada kohderyhmästä tasainen ja määrällisesti riittävä.

Selvityksen oletuksena oli, että yrittäjiä kiinnostaa käyttää lämpölaitosten vapaata kapasiteettia metsäpolttoaineiden ja pilkkeen kuivaukseen, jos kuivaus osoittautuu mahdolliseksi ja kannattavaksi. Biopolttoaineiden kuivaus parantaa polttoaineen ominaisuuksia, kuten lämpöarvoa ja käsiteltävyyttä. Tällöin polttoainetta tarvitaan vähemmän saman lämpöenergiamäärän aikaansaamiseksi. Kuivemmalla polttoaineella myös palaminen on puhtaampaa ja savukaasuhäviöt vähenevät. Kuivatun biopolttoaineen käsittely on helpompaa, kun polttoaine ei talven aikana jäädy ja varastoinnin ongelmat kuten kuiva-ainetappiot, homehtuminen ja bakteerikasvu vähenevät. Lisäksi paloturvallisuus varastoinnissa paranee. Paperin- ja massanvalmistusprosesseissa homeiden ja bakteereiden vaikutus hakkeen käsittelijöiden työturvallisuuteen on jo huomattu. Homepölykeuhkon on todettu olevan myös maataloudessa ammattisairauksia. Metsäpolttoaineiden ja pilkkeiden kuivaamisella vähennetään homeiden ja pieneliöiden kasvua puussa.

Raportin alkuun on määritelty sanat, joita tekstissä esiintyy ja jotka ovat keskeisiä tässä selvityksessä. Työ sisältää lisäksi katsauksen teoriataustaan, jonka tarkoituksena on koota yhteen aiheeseen liittyvä aiemmin tutkittu tieto. Teoriataustan jälkeen esitellään käytetyt tutkimusmenetelmät sekä tulokset ja johtopäätökset.

2 TAUSTATIETOA METSÄPOLTTOAINEISTA JA PILKKEISTÄ

2.1 Metsäenergia ja politiikka

Metsäenergian käytön lisäämistä tukee EU:n ilmastopolitiikka. Energia- ja ilmastostrategioihin on linjattu tavoitteet, joita ovat mm. vuoteen 2020 päästöjen vähentäminen 20 %, uusiutuvan energian nostaminen 20 %:iin ja energiatehokkuuden parantaminen 20 %:lla. (Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia 2008, 27–28.) On arvioitu, että vuonna 2020 polttoaineiden kulutus Suomessa on 93–97 terawattituntia (TWh). Tästä määrästä esim. metsähakkeen käyttötavoitteeksi on asetettu 24 TWh, joka vastaa noin 12 miljoonaa kiintokuutiometriä. (Auvinen 2011, 1.) Metsähakkeen käyttö on kasvanut tasaisesti koko ajan. Viime vuonna (2011) metsähaketta käytettiin Metlan (Puun käyttö 2012) mukaan vajaat 7 miljoonaa kuutiota.

Alueellisen metsäohjelman (Keski-Suomen metsäohjelma 2012–2015) asettama käyttötavoite metsäenergialle, joka sisältää kannot, hakkuutähteen ja nuoren metsän energiapuun on 1,2 miljoonaa kuutiota vuodessa. Metsähaketta käytettiin Keski-Suomessa vuonna 2011 noin 900 000 kuutiota (Puun käyttö 2012).

Tukipolitiikka vaikuttaa metsäenergian tuottamiseen ja käyttämiseen vahvasti. Tukipolitiikan nopeat muutokset vähentävät investointihalukkuutta ja luovat epävarmuutta bioenergia-alalle. (Määttä & Paananen 2005.)

2.2 Metsäpolttoaineiden ja pilkkeiden lähteet

Metsäpolttoaineiden ja pilkkeiden raaka-aineena yleensä ovat pienpuu nuorista kasvatusmetsistä, taimikoista, ensiharvennuksilta tai kaupallisten hakkuiden kuitupuuta pienempi puuraaka-aine sekä lehtipuu vajaan tuottoisista metsistä. Yleistäen voidaan sanoa, että metsäenergiaa tehdään pääasiassa metsäteollisuuteen kelpaamattomasta puusta. Pienpuun korjaaminen ei aina ole kannattavaa, etenkin kun yhteiskunnan tukia ei oteta huomioon. Pienpuun korjaaminen kuitenkin

kasvattaa metsän tuottoarvoa etenkin hoitamattomissa nuorissa kasvatusmetsissä. (Rinne 2002, 11–15.)

2.3 Metsäpolttoaineiden laatu

Polttoaineen suuri kosteus laskee kattilan lämpötilaa ja lisäksi vesi ei pala. 50 % kosteuskoinen polttoaine sisältää vain 50 % palavaa ainesta ja veden haihduttaminen kuluttaa paljon energiaa. Kaatotuoreen puun kosteus on keskimäärin 50–60 % välillä. Se on etenkin pienemmille laitoksille energiantuotantoon liian korkea. (Hillebrand & Nurmi 2004,7.) Pienemmän kokoluokan kattilat (20–200 kW) tarvitsevat hyvä- ja tasalaatuista ja alle 25 %:n kosteuspitoista haketta. Hakkuutähdehake ei yleensä sovellu pienen kokoluokan laitoksiin sen vähäisempien laatuominaisuuksien vuoksi. Keskikokoisiin laitoksiin (200 – 1000 kW) hakkuutähdehake puolestaan soveltuu. Nämäkin laitokset tarvitsevat hyvin toimiakseen suhteellisen tasalaatuista polttoainetta, jonka kosteus on alle 40 %. Suuret laitokset (yli 1000 kW) voivat käyttää laadultaan heikompaa polttoainetta. (Laatuhakkeen tuotanto-opas 2010, 6–7.)

Hyvälaatuisen metsäpolttoaineen saanti on usein pienten ja keskisuurten biolämpölaitosten haasteena. Suuret voimalaitokset voivat hyvin käyttää yli 50 %:n kosteudessa saapuvaa metsäpolttoainetta, pienet laitokset tarvitsevat kuivempaa ja erityisesti tasa-laatuista polttoainetta. Suurin laatutekijä metsäpolttoaineille on kosteus, muut tärkeät käyttötekniset laatuominaisuudet ovat mm. irtokuutiometrin kuivamassa eli irtotiheys, tehollinen lämpöarvo ja palakokojakauma. (Föhr 2008, 12–18.)

Puu on hyvä kasvualusta mikrobeille. Puiden kuoressa elää luonnollisesti sieniä ja homeita, jotka kulkeutuvat myös jatkokäsittelyyn. Hakekasoissa mikrobitoiminta aiheuttaa lämpötilan nousua ja kuiva-ainehäviöitä. Puun käsittelyssä tulisi siis huomioida niin työturvallisuusriskit kuin paloturvallisuus. (Työympäristön mikrobiologisten riskien hallinta massan ja paperin valmistuksessa 2010, 10.) Vasta alle 25 %:n kosteudessa kemiallinen ja biologinen toiminta hidastuu. Tähän kosteuteen hakkeen tuotannossa harvoin päästään. (Hakonen & Laurila 2011, 8.)

2.4 Metsäpolttoaineiden ja pilkkeiden hinnoittelu

Metsähake hinnoitellaan yleensä lämpöarvon mukaan. Vaikka metsähakkeen kosteuspitoisuus vaikuttaa suuresti teholliseen lämpöarvoon, ei hinnoittelu ota huomioon koston polttoaineen muita negatiivisia vaikutuksia kuten polttoaineen kuljetuskustannusten nousua, kattilan hyötysuhteen heikkenemistä, päästöjen kasvua, säilyttämisen ja käsittelyn ongelmia (jäätyminen, homehtuminen, kuiva-ainetappiot). (Föhr 2008, 14–22.)

Polttopuiden myynnissä asiakas voi törmätä suuriinkin hinta eroihin. Hintaan vaikuttavat eniten myytävän erän koko ja kuljetustapa. Keskimäärin klapien hinta on 50–60 euron välissä irtokuutiolta. (Polttopuiden hinnoissa voi olla isoja eroja 2011). Klapien kaupallisessa tuotannossa käytetään pääasiassa kiinteiden biopolttoaineiden laatustandardeja.

2.5 Metsäpolttoaineiden kuivaus ja varastointi

2.5.1 Yleistä

Perinteisesti polttopuuta kuivataan kesän aikana ulkona tai puuvajassa. Polttoaineen laadun varmistus ja ammattimainen toiminta vaatii tätä varmemman, tehokkaamman ja nopeamman kuivauksen. Polttoaineen kuivumiseen vaikuttavat pääasiassa kaksi tekijää. Toinen on ilman vedensitomiskyky, joka riippuu lämpötilasta ja ilman suhteellisesta kosteudesta. Toinen merkittävä tekijä kuivumisprosessissa on tasainen ja riittävän suuri ilmanvirtaus. (Rinne 2002, 87.) Lämpötilan vaikutus kuivauksen tehokkuuteen on merkittävä, sillä jo yhden asteen lämpötilan nousu vähentää ilman suhteellista kosteutta 5 %, jolloin ilman kuivauskyky kasvaa (Järvenpää & Kivinen 1993, 13).

Puun kuivumisnopeuteen vaikuttavat puulaji, kuivumisolosuhteet sekä pilkkeiden koko tai hakkeen palakoko. Puulajeista hitaimmin kuivuu koivu sen suuren tiheyden ja tiiviin tuohen takia. Pilkkeen kuivumisnopeuteen vaikuttaa myös klapien pituus, sillä vesi liikkuu 20-kertaisella nopeudella puun pituussuunnassa verrattuna poikittaissuuntaiseen. Myös poikittaissuunnassa puuta veden haihtumista tapahtuu,

siksi pilkkeet tulisikin halkaista tai ohuemmat aisata eli rikkoa pinta. (Vääräsmäki 2003, 32.)

Yleisin koneellinen kuivausmenetelmä on kylmäilmakuivaus. Kylmäilmakuivauksessa lämmittämätöntä ulkoilmaa puhalletaan kuivurin läpi. Menetelmä on halpa, mutta riippuvainen säistä. Kuivausaika vuodessa kylmäilmakuivurilla on 4–5 kk.

Lämminilmakuivurissa kuivausilmaa lämmitetään, jolloin polttoaineen laatu paranee ja loppukosteudet ovat alhaisempia. Mitä lämpimämpää kuivausilma on, sitä pienempi on prosessin sääriippuvuus. Lämminilmakuivurin huonot puolet ovat monimutkaisempi kuivurirakenne sekä suuremman investointi- ja käyttökustannukset. Lisälämmitys on sitä kannattavampaa, mitä enemmän polttoainetta kuivataan vuodessa. (Rinne 2002, 88–89.)

VTT on tehnyt tutkimuksia energiapuun kuivumisesta varastoinnin aikana.

Tutkimusten mukaan pienkokopuu kuivuu yhden kesän aikana alle 40 %:n kosteuteen. Pienkokopuu kestää talven varastoinnin suhteellisen hyvin kostumatta verrattuna esimerkiksi hakkuutähteisiin, jotka kostuvat talven aikana. Peittämisellä voidaan pienentää raaka-aineen kosteuspitoisuutta. Parempi tulos peittämisellä saadaan hakkuutähteillä (-10–15 %:n kosteus). Varastokasan sijainnilla on peittämistäkin suurempi vaikutus. Avoimella paikalla aurinko ja tuuli kuivattaa varastokasan hyvin. Varjossa sijaitsevat pienkokopuukasat olivat tutkimusten perusteella 7–17 % kosteampia kuin avoimen paikan kasat. (Hillebrand 2009.)

Energiapuun kuivuminen ja kostuminen varastoinnin aikana vaikuttaa suoraan metsähakkeen laatuun, sillä energiapuusta tehty hake käytetään normaalisti saman tien. Kosteaa hake alkaa haketuksen jälkeen lämmitä nopeasti, jo yhdessä - kahdessa päivässä. Lämmin ja kostea luovat edellytykset homeiden ja pieneliöiden kasvulle. Lisäksi hienoaineet ja ravinteita sisältävät neulasen ja lehden lisäävät hakkeen homeen määrää. Homemäärän saaminen minimiin edellyttää kaatotuoreen hakkeen keinokuivaamista alle 20 %:n kosteuteen. (Rinne 2002, 66.)

2.5.2 Kuivausmenetelmät hakkeelle

Hakekuivurit ovat pääsääntöisesti varastokuivureita, joissa polttoaine voidaan varastoida kuivauksen jälkeen. Kuivausilma on yleensä kylmää. Myös aurinkoenergiaa voidaan käyttää tehostamaan kuivausta. Hakkeen kuivaukseen voidaan käyttää myös ns. monikäyttökuivureita, joissa kuivataan myös viljaa tai heinää. Lämminilmakuivauksessa lämpöä on tuotettu yleensä hakkeella, sähköllä tai öljyllä. (Rinne 2002, 66–80.)

Jarno Föhr (2008) on tutkinut hakkeen kuivausmenetelmiä (kenttä-, lava- ja levykuivaus). Nämä kaikki menetelmät perustuvat kylmäilmakuivaukseen ja ovat siis säästä riippuvaisia. Hyvällä kuivauskelillä (kuiva, lämmin, tuulinen) menetelmien kuivaustehokkuuserot olivat selvät. Lavakuivausmenetelmä kuivatti hakkeen parhaiten. Kenttäkuivaus oli seuraavaksi tehokkain kuivausmenetelmä. Kenttäkuivaus on menetelmistä ainoa, jota voidaan tällä hetkellä soveltaa suuremmissa mittakaavassa. Kuivaustulokset kenttäkuivauksessa (neljä vuorokautta) olivat parhaimmillaan viiden senttimetrin hakekerrospaksuudella, jolloin kosteutta poistui hakkeesta 30 % (lähtökosteus yli 55 %). Föhrin tutkimuksen mukaan kuivaus on kannattavaa, kun päästään alle 50 %:n kosteuteen neljän vuorokauden kuivausajassa luonnonkuivausmenetelmällä. Samassa tutkimuksessa tarkasteltiin myös hakkeen kanaalikuivausta kylmällä ilmalla. Kanaalikuivaus osoittautui kannattamattomaksi, koska työ ja käyttökustannukset olivat suuremmat kuin kuivauksen aikaansaama hyöty energiamäärän lisäyksestä. (Föhr 2008.)

2.5.3 Kuivausmenetelmät pilkkeelle

Pilkeyrittäjien käyttämiä perinteisiä kuivaustapoja ovat luonnonkuivaukseen perustuvat aumakuivaus, halli/varastokuivaus, betoniverkkokuivaus. Pääsääntöisesti pilkeyrittäjät valmistavat pilkkeet koneellisesti, jolloin varastointi ja kuivaustapa on yleensä sellainen, johon pilkkeet voidaan syöttää suoraan pilkekoneen linjalta. Myös jatkosiirtely vaikuttaa kuivaus ja varastointitavan valintaan. (Vääräsmäki 2003, 33–34.)

Aumakuivauksessa pilkkeet kasataan ilmastavasti aumaan suoraan pilkekoneen poistokuljettimelta. Auma sijoitetaan avoimelle paikalle. Auman pohjana tulisi olla jokin muu pohja kuin maapohja, josta saattaa nousta kosteutta pilkkeisiin ja josta maa-aineita joutuu helposti pilkkeiden sekaan kasaa purettaessa tai siirrettäessä. (Mts 33–34.)

Betoniverkkohäkki koostuu pohjalla olevasta kuormauslavasta ja ympäröivästä betoniverkosta. Betoniverkkohäkkejä on erikokoisia. Häkit voidaan peittää kuivumisen tehostamiseksi. Ilmankierrosta häkissä tulee kuitenkin huolehtia. Betoniverkkohäkkejä on helppo siirrellä esimerkiksi kuivumasta varastoon säilytykseen. Pilkkeitä voidaan tehdä, kuivata ja varastoida myös verkkosäkkeihin tai pilkehäkkeihin jotka ovat kuormalavojen päällä siirtämisen helpottamiseksi. (Mts. 34–37.)

Keinokuivaus on tehokkaampi tapa tuottaa kuivaa pilkettä. Pilkkeen keinokuivauksessa voidaan käyttää samoja periaatteita, jotka on laadittu heinälle, hakkeelle ja muille eloperäisille materiaaleille. On kuitenkin huomioitava pilkkeen ominaisuudet, kuten pieni tiheyskerroin ja hidas kosteudenluovutuskyky. Pilkeyrittäjä voi rakentaa uuden kuivurin pilkkeille tai mahdollisesti hyödyntää jo olemassa olevia rakennuksia tai kuivureita. Hakkeelle, viljalle ja heinälle tarkoitettut kylmäilmakuivurit saattavat olla haasteellisia pilkkeiden kuivaukseen, koska ne on tarkoitettu suurille ilmamäärille, jolloin sähkönkulutus kasvaa pilkkeen kuivauksessa liian suureksi, jollei pilkkeiden kerrospaksuutta saada riittävän suureksi. Lisäksi pilkkeen tehokas koneellinen siirtely tällaisissa kuivureissa voi olla hankalaa, niiden seinien ja ritilärakenteen vuoksi. (Mts. 38–39.)

Keinokuivauksessa yleensä ilman liikuttamiseen käytetään potkuripuhallinta. Pilkekuivurissa ilmaa joko imetään tai puhalletaan (yli- tai alipainekuivaus). Alipainekuivaus on todettu pilkkeillä paremmaksi vaihtoehdoksi. Alipainetta käytettäessä myös auringon tuoma lisälämpö on paremmin hyödynnettävissä. Kylmäilmakuivureiden käyttö pilkkeellä rajoittuu kesäaikaan toukokuusta elokuuhun, jolloin ilman suhteellinen kosteus on riittävän alhainen pilkkeen kuivaukseen. Pilkettä kuivataan vain kolmesta kahdeksaan tuntia päivässä. Jaksottainen kuivaus pilkkeellä

on hyvin tärkeää, sillä pilkkeet luovuttavat hitaasti kosteutta puun sisäosista ulommas. (Mts. 39–40.)

Lämminilmaquivauksessa kuivurin ilmaa voidaan lämmittää esim. öljyllä tai sähköllä. Tämä menetelmä on yleensä käytössä pienissä kuivureissa ja esimerkiksi viljakuivureissa. Lämpökeskuksen hyödyntäminen kuivauksessa voi olla yksi vaihtoehto. Tällöin lämpökeskuksesta vedetään kanaaliputket kuivurin lämmönvaihtimeen tai radiaattoriin, jonka lämpöä käytetään kuivauksen tehostamiseen. Pilkekuivurityyppejä ovat mm. siirrettävä kuivuri, kenttäkuivuri, varastokuivuri, ajonkestävä monikäyttökuivuri ja lämminilmakonttikuivuri. (Mts. 40–49.)

3 MENETELMÄT JA TUTKIMUSAINIISTO

3.1 Tietojen kerääminen

Kohderyhmän yhteystietoja kerättiin metsäkeskuksen asiakasrekisteristä, polttopuuuyrittäjälialta ja lämpöuyrittäjälialta sekä lämpökeskustutustumiskohteista. Lisäksi yhteystietoja on haettu internetin yritysrekistereistä, maaseutuvirastosta, Keski-Suomen Ely-keskuksesta sekä laitevalmistajien referenssilialta.

Kohderyhmä rajattiin kokonsa puolesta koskemaan 50 kW:n – 2 MW:n lämmityslaitoksia. Kohderyhmään kuuluu maatiloja, metsätaloustryttäjiä ja metsäpalveluuyttäjiä, metsäpolttoaineiden ja klapien tuottajia ja -myyjiä, lämpöuyttäjiä, puutarhureita sekä pieniä aluelämpölaitoksia.

3.2 Kirjekysely

Tärkeimpiä tutkimuskysymyksiä, joihin kirjekyselyssä haettiin vastauksia, olivat lämpölaitosten ylimääräinen kapasiteetti, laadukkaan biopolttoaineen merkitys

käyttäjille, kiinnostus kuivaukseen sekä käytettyjen kuivureiden yleisyys ja kuivaustapa.

Kirjekysely (ks. liite 7) postitettiin noin 250:lle bioenergiaklusterin parissa työskentelevälle yrittäjälle tai yksityishenkilölle. Vastauksia saatiin 47. Vastausprosentti jäi näin ollen 18 prosenttiin.

3.3 Caset

Kirjekyselyn perusteella vastanneiden joukosta valittiin kolme kohdetta tarkempaan tarkasteluun. Kohteiden ylimääräinen lämmityskapasiteetti laskettiin. Lisäksi arvioitiin tekniset ja logistiset mahdollisuudet kuivuri-investoinnille. Myös kannattavuuslaskentaa tehtiin tiloille. Tiloiksi pyrittiin valitsemaan lämpölaitoskokoluokaltaan ja polttoainetuotannoltaan erilaisia tapauksia.

3.3.1 Case Lamminmäki

Arttu Lamminmäki on maanviljelijä Keuruulta. Hänellä on 120 kW hakelämmityslaitos. Lamminmäki on aloitteleva klapiyrittäjä, tavoitteenaan tuottaa laadukasta koivuklapiä. Klapit kuivataan traktorin peräkärriin rakennetussa lämminilmakuivurissa (ks. kuvio 1). Kuivureita on tulossa kaksi, joista toinen on käytössä tällä hetkellä. Lamminmäen kuivurista on olemassa tarkat tiedot sen kustannuksista arvioiden sijaan. Hankkeen puitteissa VTT on tehnyt kuivauskokeita Lamminmäen kuivurissa. Lamminmäen markkina-alueita ovat Keuruu ja Mänttä-Vilppula sekä Jyväskylän seutu. Jyväskylään Lamminmäeltä on noin 80 kilometriä. Markkinoita voitaisiin kohdentaa myös Tampereen suuntaan, jonne matkaa kertyy noin 100 kilometriä.



KUVIO 1. Lamminmäen kärrykuivuri

3.3.2 Case Koskinen

Jussi Koskinen on maanviljelijä Vesangasta. Koskinen on myös sivutoiminen lämpöyrittäjä, metsäpolttoaineiden tuottaja ja koneyrittäjä. Koskinen vastaa Kallioplanetaarion lämmityskattilan toiminnasta. Hän tuottaa haketta noin 700 kuutiometriä vuodessa. Hakerangat hankitaan omista metsistä ja kuivataan joko tienvarsivarastossa tai tilakeskuksen yhteyteen rakennetulla kasapaikalla (ks. kuvio 2). Paikalle Koskinen on ajattanut suurta murskaa ja kiviä noin metrin patjan, jolloin rankakasat eivät kastu eivätkä likaannu maata vasten. Rankakasapaikka sijaitsee tuulisella ja aurinkoisella paikalla, jolloin kasan kuivuminen on tehokasta. Koskinen peittää kasan muovilla.



KUVIO 2. Koskisen rankakasa on aurinkoisella ja tuulisella paikalla

Rangat haketetaan joko tienvarsivarastolla tai tilakeskuksen luona. Katettua varastotilaa hakkeelle on noin 400–500 i-m³ verran. Varastotiloina toimivat hakesiilo ja kylmäilmakuivuri. Tarvittaessa lisäsäilytystilaa saadaan vanhasta lämmityslaitoksesta, jonka varastoon menee noin 100 i-m³. Siilot täytetään joko hakettamalla suoraan siiloon tai itsestään purkavalla peräkärryllä, jolla hakekasa saadaan ilmavammaksi.

Riittävän kuivat rangat haketetaan siiloon ja kuivausta vaativat rangat haketetaan ja kuivataan kylmäilmakuivurissa. Pääsääntöisesti hake on ollut riittävän kuivaa. Yrittäjää kiinnostaisi erityisesti mahdollisuus käyttää hakkuutähdehaketta, jos sen laatu saadaan kuivauksella tasaisemmaksi ja paremmaksi.

3.3.3 Case OK-YHTIÖT Oy

Ok-yhtiöt Oy on koneyrittäjien perustama metsäpolttoaineita tuottava ja toimittava yhtiö. Yhtiön tarkoituksena on myös kasvattaa biolämpöyrittämisen osuuttaan. Ok-yhtiöt Oy toimii Keski-Suomen lisäksi Kainuun alueella. Ok-yhtiöillä on rakenteilla yhden (1) MW biolämpölaite Hankasalmen asemalle. (Ks. kuvio 3.) Tarkoitus on tuottaa lämpöä kunnan kiinteistöihin ja lähiasuinalueelle. Ok-yhtiöt on kiinnostuneita

polttoaineen kuivauksen tuomista hyödyistä. Näitä hyötyjä tällä laitoksella voisivat olla mm. tehon lisääminen talvella kuivalla polttoaineella, kesäaikaan hyötysuhteen parantaminen kuivaamalla metsäpolttoaineita eli suurentamalla kulutuskuormaa ja hyvälaatuisen polttoaineen häiriöiden väheneminen.



KUVIO 3. Biolämpökattila on nimellisteholtaan 1 MW, varalämmönlähteenä toimii 1 MW:n öljykattila

Tulevan biolämpökeskuksen ympärillä on paljon tilaa. Se helpottaa toimimista isojen koneiden kanssa, myös mahdolliselle konttikuivurille olisi hyvin tilaa rakennuksen vieressä. Kuviossa 4 rakennuksen oikeassa reunassa näkyvästä kaivosta voidaan liittää kuivuri lämpöverkkoon, jolloin ylimääräistä kanaalia ei tarvitsisi kaivaa.

Arvioitu lämmöntarve biolämpökeskukselle on 2800 MWh vuodessa. Biolämpökattila on mitoitettu 1 MW nimellisteholle, kun oletuksena käytetään 45 kosteusprosenttista haketta ja alle 200 asteen savukaasuja. Kuivemmalla hakkeella päästään isompiin tehoihin.



KUVIO 4. OK-yhtiöiden lämpölaitoksen sivulla olisi hyvin tilaa konttikuivurille

Lämpökeskuksen silloon mahtuu haketta 300 – 350 i-m³. Siiloa voidaan täyttää kahdelta puolelta. (Ks. kuvio 5.)



KUVIO 5. Siiloon voi purkaa polttoainetta rakennuksen molemmilta puolilta

3.4 Vastausten käsittely

Vastauksia taulukoitiin Excel-taulukko-ohjelmalla. Analysoinnissa haasteellisinta oli avointen kysymysten tulkitseminen. Kyselytutkimukseen vastanneista uusien lämmityslaitosten omistajat ja lämpöyrittäjät tiesivät parhaiten oman laitoksen lämmöntuotannon ja kulutetun polttoaineen määrän. Moni vanhemman lämmityslaitoksen omistaja ei tiennyt tai halunnut ilmoittaa tuotettuja megawattitunteja.

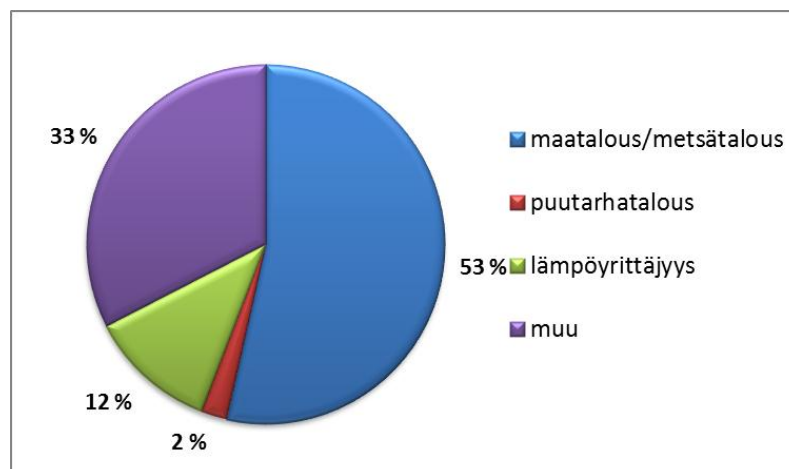
Case-tutkimus suoritettiin haastattelemalla ja laskemalla. Apuna kapasiteettien laskennassa toimi Metsäkeskuksen bioenergia asiantuntija Veli-Pekka Kauppinen.

4 TULOKSET

4.1 Tulokset yleisesti

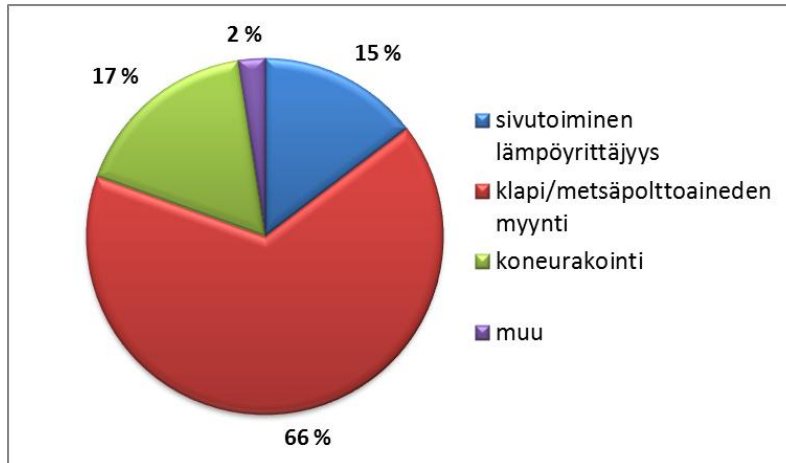
4.1.1 Vastaajat

Suurin osa vastaajista (53 %) työskentelee päätoimisesti maa- ja metsätaloudessa (ks. kuvio 6). Muita päätoimia vastaajat ilmoittivat mm. klapiyrittäjäyys, bioenergiatoimija, kuljetusalan, rakennusalan ja metallialan työt.



KUVIO 6. Kyselyyn vastanneiden päätoimi

Vastaajista 66 % (ks. kuvio 7) toimii päätyönsä ohella klapi- tai metsäpolttoaineiden myyjänä. Muita sivutoimia oli mm. lämpöyrittäjäys, koneurakointi ja turveurakointi.



KUVIO 7. Kyselyyn vastanneiden sivutoimi

4.1.2 Lämmityslaitokset

Lämmityslaitoksia vastanneilla oli yhteensä 26 kappaletta, pienimmät 50 kW:n tehokokoluokkaa ja suurimmat 2000 kW eli 2 MW. Vastanneiden lämpölaitosten keskiarvoinen teho oli 482 kW (ks. taulukko 1). Yleensä polttoaineena käytettiin haketta. Joissakin lämmityslaitoksissa käytettiin klapiä tai hakkeen lisäksi puuteollisuuden sivutuotteita kuten kuorta ja purua tai ruokohelpeä.

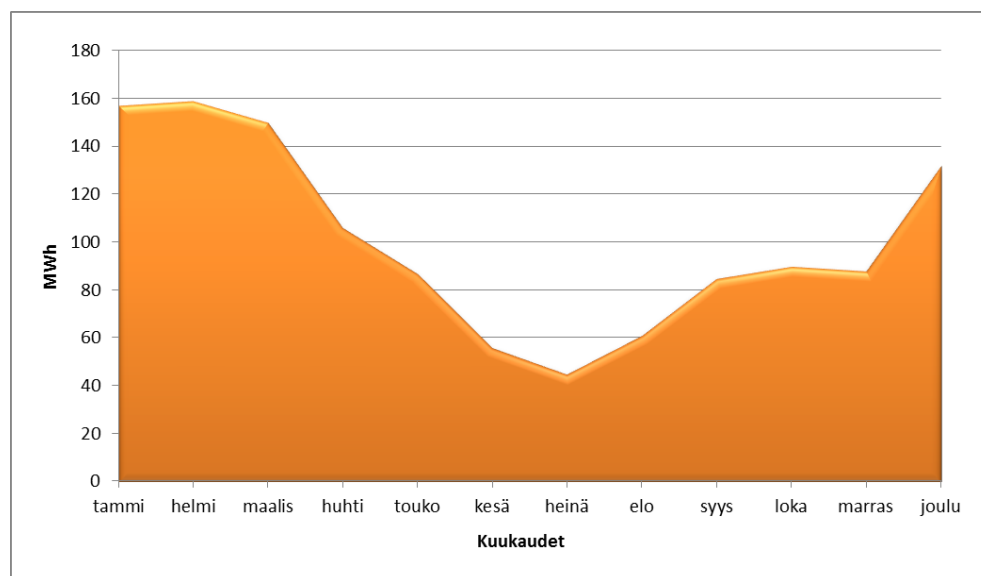
Varalämmitysjärjestelmänä käytetyin oli öljylämmitys. Muita varalämmitysjärjestelmiä olivat mm. sähkö, puutakka tai klapi-kattila. Öljyn käyttö taulukossa 1 tarkoittaa biolämpölaitosten öljyn käyttöä häiriö ja huolto tilanteissa tai varalämmitysjärjestelmän käyttöä kesällä biolämmityskattilan liian pienen käyttöasteen vuoksi. Yhteensä kiintokuutioina vastaajat käyttivät noin 30 000 m³ kiinteitä puupolttoaineita vuoden 2011 aikana, tulee kuitenkin huomioida, että kaikki laitosten omistajat eivät ilmoittaneet käyttämänsä polttoaineen määrää.

TAULUKKO 1. Lämmityslaitokset

LÄMMITYSLAITOKSET	keskiarvo	kpl	hajonta	min	maks	mediaani	yhteensä
laitoksen kattilateho kW	482	22	602	50	2000	250	11020
hankintavuosi	2004	21	10	1974	2012	2007	
kulutus vuodessa							
klapi MWh	0	0	0	0	0	0	0
klapi m3	62,5	2	53,0	25	100	62,5	125
hake MWh	6983,3	3	7518,2	90	15000	5860	20950
hake m3	1073,1	14	1440,9	30	4500	370	14854
turve MWh	0	0	0	0	0	0	0
turve m3	0	0	0	0	0	0	0
öljy MWh	37,0	1,0	0	37,0	37,0	37	37
öljy m3	0,8	1,0	0	0,8	0,8	0,8	0,8
muu (esim. sahan sivutuotteet)	2510,0	2,0	3521,4	20,0	5000,0	2510	5020

Pienemmän kokoluokan laitosten omistajat olivat pääasiassa maanviljelijöitä tai metsätalousyrittäjiä. Suuremmat lämmityslaitokset ovat pääasiassa yritysten tai osuuskuntien hallinnoimia aluelämpölaitoksia, jotka vastaavat lämmönjakelusta pienille kyläyhteisöille. Laitosten omistajista vain viisi oli arvioinut laitoksensa ylimääräistä kapasiteettia. Neljä heistä oli sitä mieltä, että lämpöä voitaisiin myydä ulkopuolelle etenkin kesäkaudella. Kuitenkin suurimmassa osassa lämmityslaitoksista on paljon ylimääräistä kapasiteettia etenkin kesäaikaan.

Kuvio 8 ja taulukko 2 osoittavat yhden vastanneiden joukosta poimitun esimerkki lämmityslaitoksen ylimääräisen kapasiteetin.



KUVIO 8. Lämmityslaitoksen (350 kW) vuonna 2011 lämmöntuotanto

Kuviosta 8 nähdään talven lämpökuorma selvästi. Kesäkuukausina käyttö on noin kolmasosan talvikauden käytöstä. Taulukkoon 2 on laskettu teoreettinen ylimääräinen kapasiteetti. Ylimääräinen kapasiteetti on laskettu sillä olettamuksella, että kun käyttö on ollut yli 50 % maksimista, käy kattila osan ajasta täydellä teholla, eikä tuolloin ylimääräistä kapasiteettia ole. Vaikka tehosta käytetään yli 50 % kuukauden aikana, se ei välttämättä tarkoita sitä, ettei näinä kuukausina tehoa riittäisi myös lämmön lisäkäyttöön. Ongelmia tuottavat ulkolämpötilan vaihtelut. Kun kattila mitoitetaan nimellisteholle, talviaikaan se käy osan ajasta täydellä teholla. Lämminilmakuivaus kestää normaalisti kahdesta vuorokaudesta vajaan 20 vuorokauteen. Talviaikaan tulisi siis tietää ennalta tulevat säät, jotta kuivaukseen tarvittava teho saadaan kattilasta muun lämmöntarpeen lisäksi.

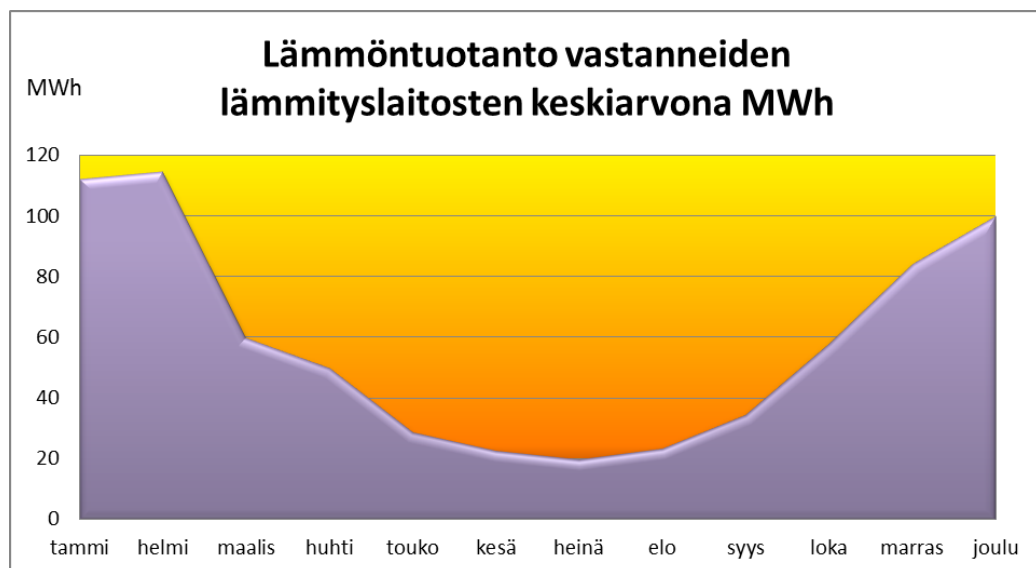
TAULUKKO 2. Esimerkkinä 350 kW laitoksen lämmöntuotanto, maksimituotto ja ylimääräinen kapasiteetti

kattilankoko	350 kW												
	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu	
käytetty lämpöenergia, MWh	157	159	150	106	87	56	45	61	85	90	88	132	MWh
käytetty maksimimäärästä	60 %	68 %	58 %	42 %	33 %	22 %	17 %	23 %	34 %	35 %	35 %	51 %	
käytetty kattilateho keskimäärin kuukaudessa	211,0	236,6	201,6	147,2	116,9	77,8	60,5	82,0	118,1	121,0	122,2	177,4	kW
ylimääräinen kattilateho	0	0	0	203	233	272	290	268	232	229	228	0	kW
ylimääräinen lämpöenergia	0	0	0	146	173	196	215	199	167	170	164	0	MWh /kk
keskimäärin kuukaudessa	40 %	käytetty kattilan maksimi lämmöntuotanto kapasiteetista											
	119	MWh keskimäärin ylimääräistä lämmöntuotanto kapasiteettia kuukaudessa											

Puulämmitysjärjestelmien suunnittelussa yleisesti käytetään seuraavaa sääntöä: 100 – 300 kW:n kohteilla kattilan tehoksi valitaan järjestelmän ja kiinteistöjen vaatima huipputeho. Alle 100 kW kohteille suositellaan huipputeho + 20 %, polttoaineen laadun heittelyn tai järjestelmän väärin säätöjen lämpöhäviöitä tasaamaan. (Takko 2006.)

Kattilan mitoituksessa voidaan laskea tehontarpeen lisäksi tunteja vuodessa, jolloin kattila käy nimellisteholla. Kun lämpökattila on mitoitettu lämmitettävien kiinteistöjen tehontarpeelle niin, ettei siinä ole juurikaan ylimääräistä kapasiteettia, kattilaa käytetään keskimäärin 2000–2400 tuntia vuodessa nimellisteholla Keski-Suomen leveyspiireillä. Kun luku on reilusti yli 2400, kovimmilla pakkasilla joudutaan käyttämään lisäksi jotain muuta lämmitysjärjestelmää apuna. Luvun jäädessä alle 2000 tunnin on kattilassa runsaasti ylimääräistä tehoa. Kattila on voitu mitoittaa liian suureksi mahdollisen laajentamisen takia tai esimerkiksi kostean polttoaineen vuoksi.

Ylimääräinen kapasiteetti kaikkien vastanneiden keskiarvona on laskettu kuvioon 9. Teoreettinen ylimääräinen kapasiteetti on helppo havainnollistaa diagrammiin. Laitoksen maksimitehon voidaan olettaa olevan noin lämmityshuippujen kohdalla, jolloin muu piirtoalue on teoreettisesti ylimääräistä kapasiteettia. Kuvio 9 kuvaa vastanneiden lämmityslaitosten keskiarvoista lämmöntuotantoa.



KUVIO 9. Lämmöntuotanto vastanneiden lämmityslaitosten keskiarvona lämmityskaudella 2011

Kuvio 9 myös osoittaa, miten vastanneiden laitosten joukosta keskimääräisesti olisi toukokuusta elokuuhun noin 100 MWh kuukaudessa ylimääräistä kapasiteettia. Keskiarvokoko kaikista tiedossa olevista biolämpölaitoksista kohderyhmän kokoluokassa on 417 kW. Kun oletetaan että ne on mitoitettu käymään 2300 tuntia vuodessa nimellisteholla, tuottavat ne keskimäärin 950 MWh vuodessa. Samalla

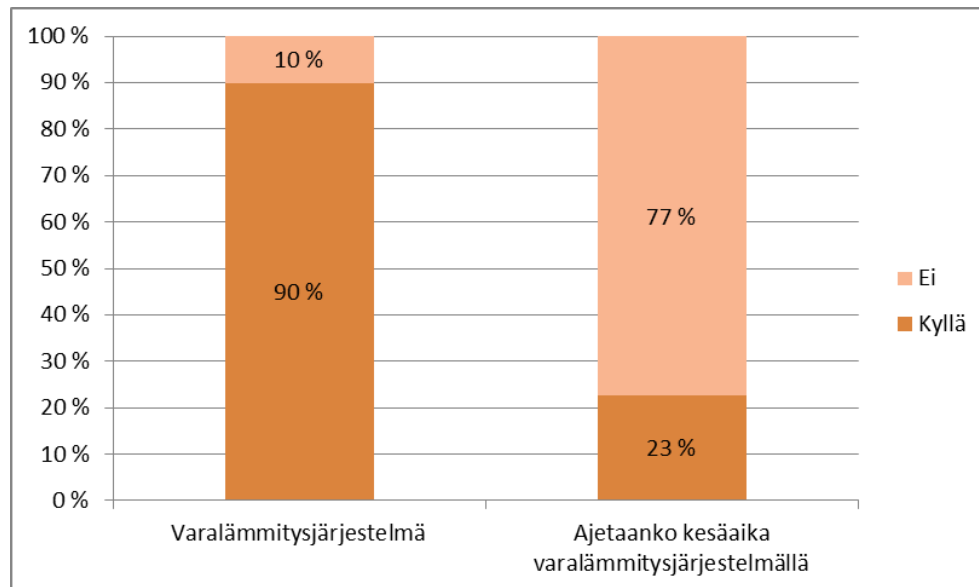
käyttöaste käyrällä laskettuna lämpölaitoksissa olisi noin 225MWh ylimääräistä kapasiteettia kuukaudessa laitosta kohden (ks. taulukko 3).

TAULUKKO 3. Keski-Suomen tiedossa olevien pienten ja keskisuurten biolämmityslaitosten ylimääräinen kapasiteetti

kattilankoko	417	kW												
mitoitus	2300	h/a nimellisteholla												
lämmöntuotanto vuodessa	959,6	MWh/a												
		tammi	helmi	maalisk	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu	
yleinen keskiarvo ilman verkostoa		15 %	14 %	13 %	9 %	6 %	2 %	2 %	2 %	5 %	9 %	10 %	13 %	
käytetty lämpö keskm. kuukaudessa		143,9	134,3	124,8	86,4	57,6	19,2	19,2	19,2	48,0	86,4	96,0	124,8	MWh/kk
maksimi		310	280	310	300	310	300	310	310	300	310	300	310	MWh/kk
ylimääräinen kapasiteetti		166	146	186	214	253	281	291	291	252	224	204	186	MWh/kk
keskimäärin kuukaudessa	8 %	käytetty kattilatehosta 225 MWh ylimääräistä kapasiteettia												

Lämmönvaihdin tai radiaattori on kuivurin koosta riippuen teholtaan normaalisti 20–60 kW. Niiden kuluttama lämpö vaihtelee normaalisti 50–150 kWh/i-m³ välillä. (Lehtola 2012.) Tällä ylimääräisellä kapasiteetilla (225 MWh/kk) voitaisiin kuivata noin 2800 i-m³ klapeja tai vastaava määrä metsäpolttoaineita kuukaudessa, kun kuivaus kuluttaa 80kWh/i-m³. Vuodessa tämä tarkoittaisi yli 25 000 i-m³ kuivattuja puupolttoaineita biolämpökattilaa kohden, kun kuivataan yhdeksänä kuukautena vuodessa. Koko Keski-Suomen alueella tämä ylimääräinen kapasiteetti tiedossa olevien laitosten tiedoilla tarkoittaa karkeasti 1,1 miljoonaa irtokuutiometriä tai noin 445 000 kiintokuutiometriä kuivattuja puupolttoaineita. Laskennassa olivat mukana vain kyselyyn vastanneet ja lämpöyrittäjien ylläpitämät biolämpölaitokset. Teoriassa suurin osa Keski-Suomen alueella käytettävät hakkeesta ja klapeista voitaisiin kuivata biolämpölaitosten ylimääräisellä lämpökapasiteetilla. Keski-Suomessa käytettiin Metlan mukaan 856 000 m³ polttopuuta ja haketta vuonna 2011.

Suurimmalla osalla vastaajista on varalämmitysjärjestelmä (ks. kuvio 10). Yleisin varalämmitysjärjestelmä oli öljypoltin. Myös sähkö oli suosittu varalämmön tuottaja. Muita olivat mm. klapikattila tai varaava takka. Osa biolämmityslaitoksista sammutetaan kesäaikaan vähäisen lämmitystarpeen ja huollon vuoksi ja varalämmitysjärjestelmä otetaan käyttöön (ks. kuvio 10).



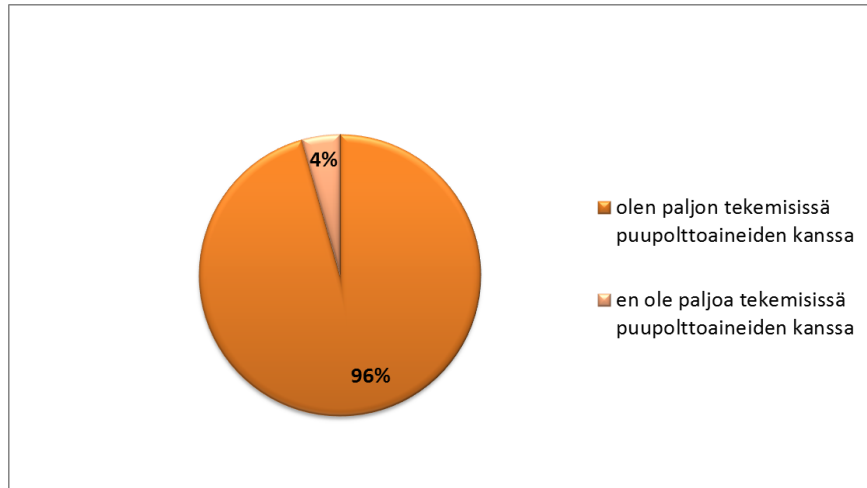
KUVIO 10. Varalämmitysjärjestelmät ja niiden käyttö kesäajalla

4.1.3 Laadukkaan polttoaineen merkitys

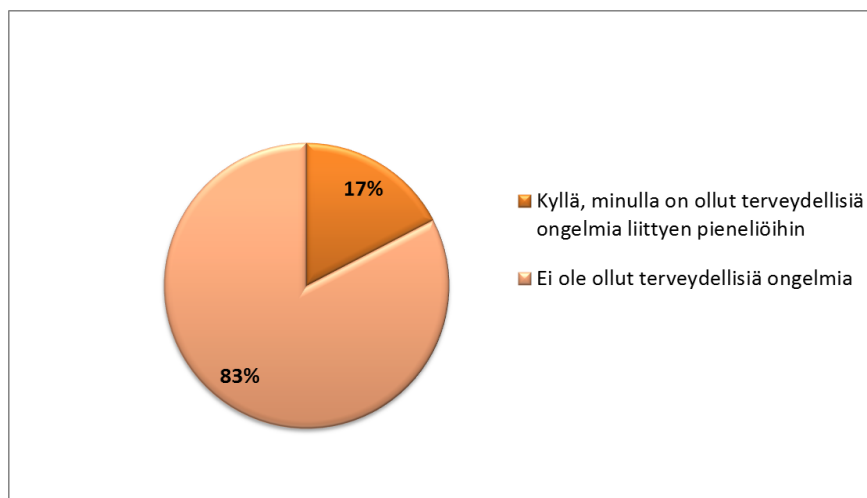
57 % vastaajista on ollut ongelmia poltossa johtuen huonosta polttoaineesta. Poltossa ongelmia aiheutti eniten märkä hake. Myös muut hakkeen huonoon laatuun liittyvät ominaisuudet tuottivat ongelmia, kuten tikkuinen ja epätasalaatuinen hake sekä epäpuhtaudet ja kivet hakkeen joukossa.

Polttoaineen varastoinnissa ja käsittelyssä oli 36 % ongelmia johtuen huonolaatuisesta polttoaineesta. Samat polttoaineen ominaisuudet aiheuttivat myös käsittelyssä ja varastoinnissa ongelmia kuin poltossakin; märkä hake jäätyy ja holvautuu varastoihin ja siloihin. Myös kostean hakkeen lämpeneminen ja homehtuminen on aiheuttanut ongelmia varastoinnissa. Palakooltaan epätasainen hake ei kulje ruuveissa ja kuljettimissa normaalisti.

Vastaajista 96 % ovat paljon tekemisissä puupolttoaineiden kanssa. 17 % vastaajista koki, saaneensa terveydellisiä ongelmia johtuen pieneliöistä ja homeista, joilla voi olla yhteys huonolaatuiseen polttoaineeseen. (Ks. kuviot 11 ja 12.)

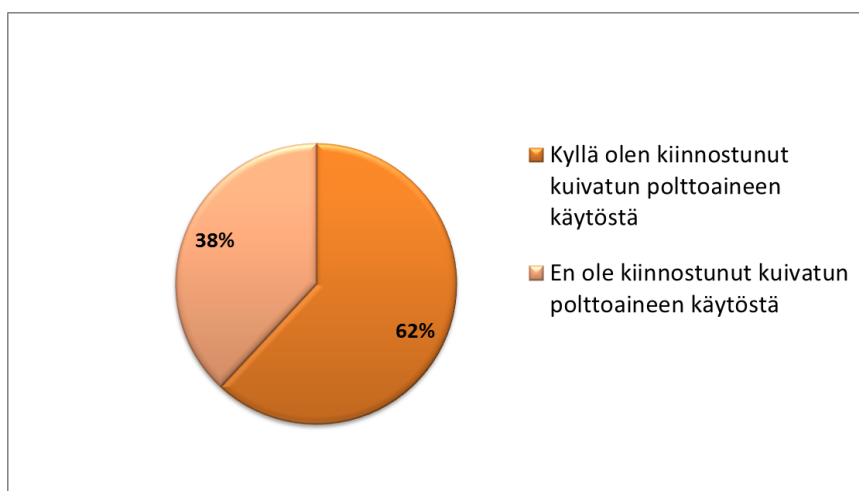


KUVIO 11. Vastaajista valtaosa on usein tekemisissä puupolttoaineiden kanssa



KUVIO 12. Terveystilanne johtuen mikrobeista, jotka saattavat johtua huonolaatuisen puupolttoaineen käsittelystä

Suurin osa (62 %) vastaajista käyttää tai on kiinnostunut käyttämään kuivattuja puupolttoaineita (ks. kuvio 13). Tärkeimmiksi syiksi kuivatun polttoaineen käyttöön mainittiin polttoaineen laadun paraneminen, kattilan tehon nosto, kattilan parempi toimivuus ja puhtaus, polttoaineen hygieenisuus ja säilytystilan sekä työmäärän väheneminen tuotettua lämpöenergiayksikköä kohden.



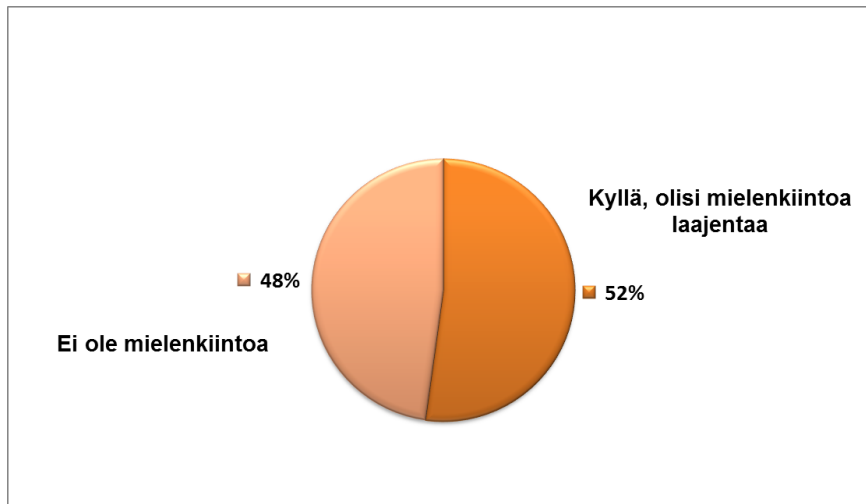
KUVIO 13. Vastaajien kiinnostus käyttää kuivattuja puupolttoaineita

Kuivattuja puupolttoaineita käyttämään kiinnostuneiden käyttämä metsäpolttoaine- ja pilke määrä muutettuna kysynnäksi on noin 15 000 kiintokuutiota puuta vuosittain. Tämä määrä on vain vastanneiden käyttämä määrä. Jos suhteutetaan käyttökiinnostusaste (62 %) kokonaiskäyttöön Keski-Suomessa, tarvittaisiin kuivattuja puupolttoaineita vuosittain yli 500 000 m³. Pientalot käyttivät vuonna 2011 noin 423 000 m³ energiapuuta ja haketta noin 433 000 m³ Metlan tilastojen mukaan (Puun käyttö 2012). Yhteensä vuonna 2011 Keski-Suomessa käytettiin 856 000 m³ polttopuuta ja haketta. Kokonaisuudessaan puun energiakäyttö Keski-Suomessa oli vajaa 2 miljoonaa kuutiota, mutta lukema sisältää myös teollisuuden sivutuotteet ja jätteet, jotka käytetään energiantuotannossa sekä metsähakkeesta hakkuutähteet ja kannot. Hakkuutähteitä ja kantoja ei ole otettu mukaan tähän laskentaan, sillä niitä ei pääasiassa käytetä tutkimuskohderyhmän kokoluokkaisissa laitoksissa. Kuivattuja puupolttoaineita käytettäessä tarvittava polttoainemäärä olisi nykyistä kulutusta pienempi, sillä kuivaa polttoainetta kuluu vähemmän tuotettua megawattituntia kohden.

4.1.4 Kiinnostus kuivaukseen tai lämpöyrittäjyyden laajentamiseen

Yli puolet vastaajista olisi halukkaita laajentamaan biolämpöyrittämistä (ks. kuvio 14). Biolämpöyrittäjyyttä haluttaisiin laajentaa mm. myymällä energiapuuta tai lisäämällä

energiapuutoimintaa, myymällä lämpöä tilan ulkopuolelle, kuivaamalla viljaa kesällä tai kuivaamalla puupolttoaineita.



KUVIO 14. Vastaajien mielenkiinto laajentaa biolämpötoimintaa

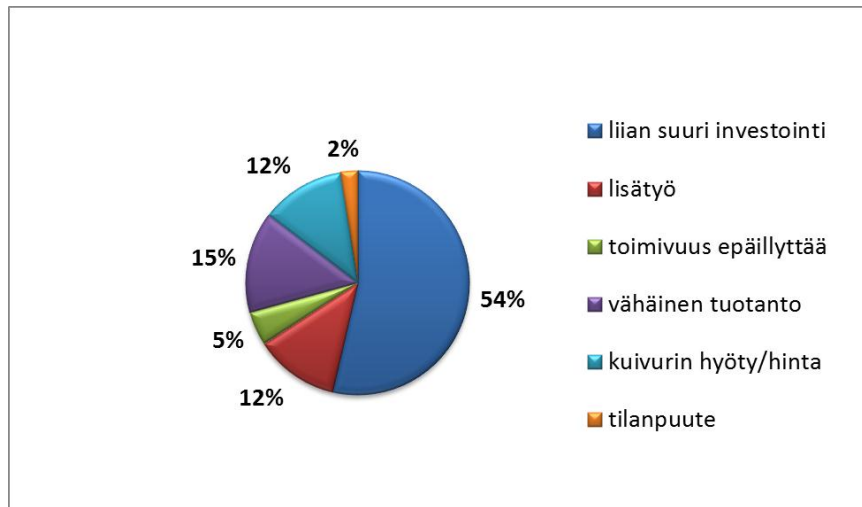
Taulukossa 4 on vastaajien kiinnostus eri laajentamismahdollisuuksia kohtaan. Valtaosa vastaajista haluaisivat kuivata puupolttoaineita, jos se olisi teknisesti mahdollista. Kaikkein eniten vastaajat kannattivat verkostoitumista. Kuivuriin investoiminen ei innosta suurinta osaa vastaajia. Investointi yhdessä useamman yrittäjän kanssa sai hieman enemmän kannatusta (42 %).

TAULUKKO 4. Vastaajien kiinnostus eri laajentamismahdollisuuksiin

Kiinnostus puupolttoaineiden kuivaukseen		
	Kyllä	Ei
Halukkuus itse kuivata puupolttoaineita	61 %	39 %
Halukkuus itse investoida kuivuriin	35 %	65 %
Halukkuus myydä lämpöä jonkun toisen kuivuriin	30 %	70 %
Halukkuus investoida kuivuriin yhdessä useamman yrittäjän kanssa	42 %	58 %
Kiinnostus verkostoitumiseen	72 %	28 %

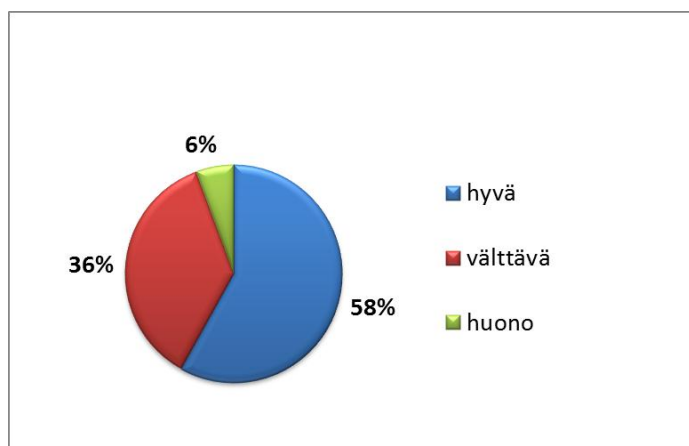
Puolet vastanneista koki tarvitsevansa kuivuria ja olivat jo harkinneet kuivurin hankkimista. Suurin este kuivaukselle oli kuivurin kalliiksi koettu alkuinvestointi (ks. kuvio 15). Investointi koettiin kalliiksi myös siksi, että polttoaineelle ei uskottu

tulevan suurta arvonnousua, noin 13 %. Kustannusten nousun epäiltiin olevan hankalaa siirtää puupolttoaineen hintaan.

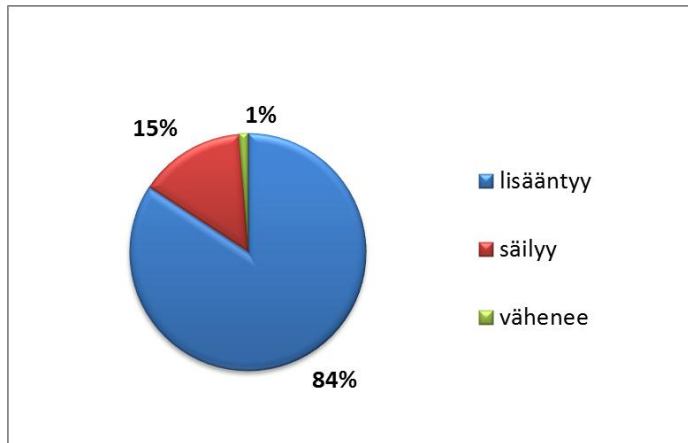


KUVIO 15. Kuivurihankinnan suurimmat esteet

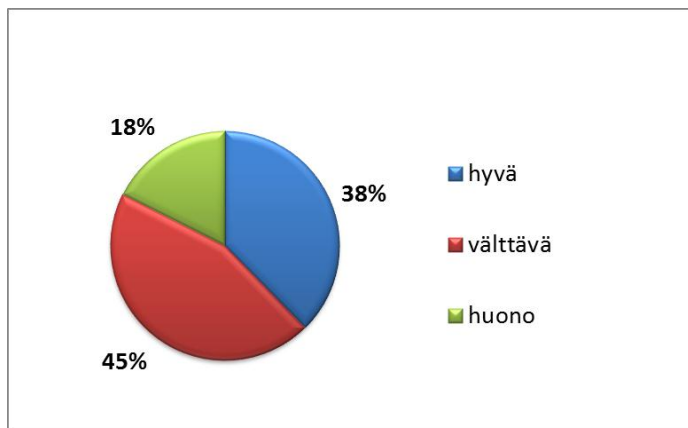
Metsäpolttoaineiden ja pilkkeiden kysynnän tilanne koettiin pääasiassa hyväksi ja käytön uskotaan lisääntyvän. Kuivatuiden puupolttoaineiden kohdalla tämänhetkinen kysynnän tilanne koettiin välttäväksi. Kuivattujen puupolttoaineiden kysynnän oletettiin kuitenkin kasvavan. (Ks. kuviot 16–19).



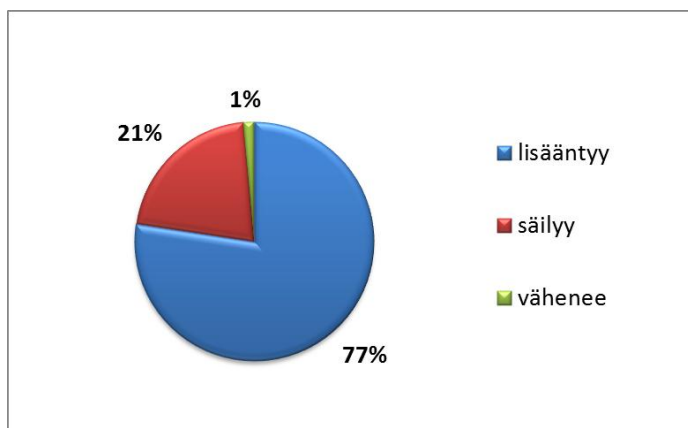
KUVIO 16. Metsäpolttoaineiden ja pilkkeiden tämänhetkinen kysyntä



KUVIO 17. Metsäpolttoaineiden ja pilkkeiden kysyntä tulevaisuudessa



KUVIO 18. Keinokuivatun puupolttoaineen tämänhetkinen kysyntä



KUVIO 19. Keinokuivatun puupolttoaineen kysyntä tulevaisuudessa

Kirjekyselyssä kyseltiin myös liiketoiminnan työmenekkejä. Taulukkoon 5 on koottu puupolttoaineisiin liittyvä työajan käyttö ja sen muutos toiveet. Kyselyyn vastanneet käyttävät eniten aikaa puupolttoaineiden tuottamiseen.

TAULUKKO 5. Biolämpöyrittämiseen tai puupolttoaineisiin liittyvä työajankäyttö

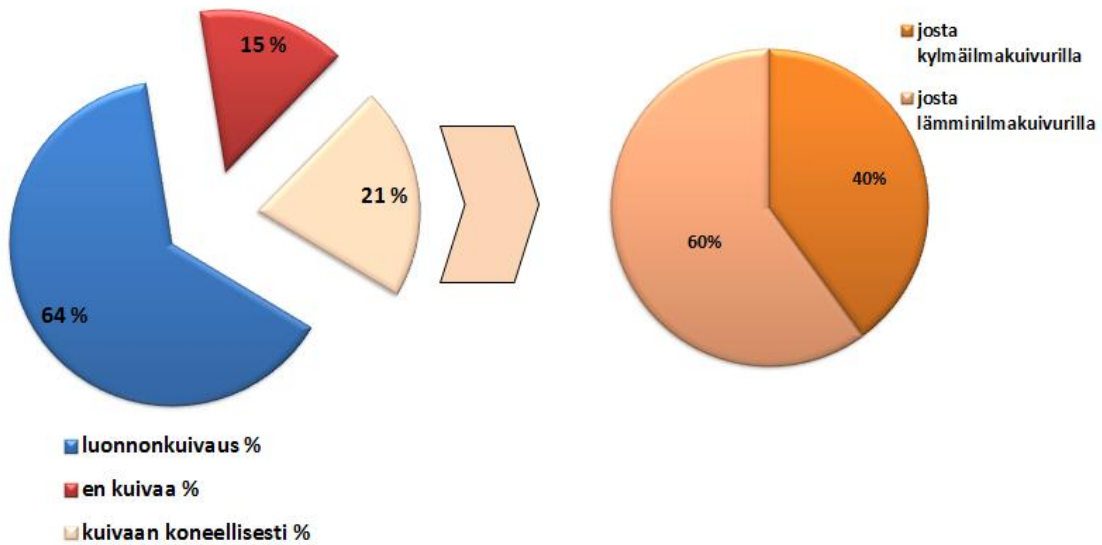
TYÖMENEKIT	keskiarvo(h)	prosentti
puupolttoaineiden tuottaminen h	384	68 %
johtaminen ja markkinointi h	16	3 %
lämpölaitoksen hoito ja ylläpito h	56	10 %
polttoaineen kuivaus h	44	8 %
muut h	66	12 %

BIOENERGIAAN KULUVA TYÖAIKA	kpl	prosentti
mahdollista lisätä	18	58 %
pitäisi vähentää	13	42 %

4.1.5 Nykyiset kuivurit

Suurin osa vastaajista 85 % (40 kpl) kuivaa polttoaineensa. Suosituin kuivausmenetelmä oli luonnonkuivaus. Koneellisesti vastaajista kuivasi 21 %, jotka jakautuivat 60 % lämminilmakuivureilla ja 40 % kylmäilmakuivurilla. Määrällisesti puupolttoaineista kuitenkin valtaosa kuivataan kylmäilmakuivureilla ja lämminilmakuivureilla kuivataan pääasiassa klapeja. (Ks. kuvio 20.) Koneellisesti kuivaajien osuus on hyvin vastaava myös Tuula Strömbergin (2010) tekemässä tutkimuksessa, jossa vastaaja määrä oli 173 henkilöä, polttopuuuyrittäjistä 19 % kuivasivat polttopuunsa koneellisesti.

Luonnonkuivauksessa käytettiin hyväksi kesäkelejä ja polttopuut kuivattiin pinoissa tai häkeissä aurinkoisella ja tuulisella paikalla ennen siirtoa varastoon. Hakkeen keinokuivaus tapahtui yleensä puhaltamalla lisäilmaa varastoon tai kuivuriin. Pääasiassa kuitenkin hakerangat pyritään kuivaamaan ulkona kasoissa riittävän kuiviksi ennen haketusta. Vastaajien kylmäkuivureiden toiminta perustuu 5–10 kW:n tehoiseen sähkömoottorilla varustettuun potkurituulettimeen, jonka avulla ilmaa puhalletaan kuivattavan materiaalin läpi.



KUVIO 20. Metsäpolttoaineiden ja pilkkeiden kuivauksen yleisyys ja tapa

Lämminilmakuivureita sijaitti mm. Laukaassa, Keuruulla, Vesangassa, Jämsässä ja Saarijärvellä. Lämminilmakuivurit olivat pääasiassa hankittu puupolttoaineiden kuivaamiseen ja niissä kuivattiin klapeja. Lisäksi yksi lämminilmakuivuri oli alun perin hankittu viljankuivaukseen, mutta muunneltu klapeille sopivaksi. Lämminilmakuivurit (6 kpl.) käyttivät polttoaineenaan pääasiassa hakelämpöä. Yksi kuivureista käytti aurinkoenergiaa ja yksi pellettejä lämmöntuottamiseen. Ilmanlämpötilaksi lämminilmakuivureissa vastaajat ilmoittivat +40 - +60 astetta.

Vastaajien ilmoittaman käyttöajat eri kuivureille olivat keskiarvoisesti seuraavat (ks. taulukko 6).

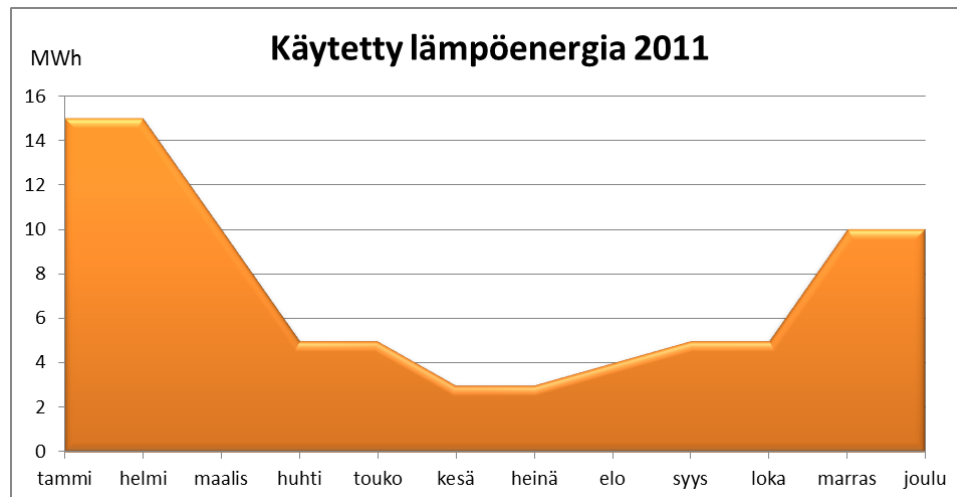
TAULUKKO 6. Kuivureiden käyttöajat vuodessa

KÄYTTÖAIKA	kk/v
Kylmäilmakuivuri	1
Lämminilmakuivuri (hakelämmitteinen)	12
Lämminilmakuivuri (pellettilämmitteinen)	6
Lämminilmakuivuri (aurinkolämmitteinen)	6

4.2 Esimerkitapaukset

4.2.1 Case Lamminmäki

Lamminmäellä on 120 kW hakelämmityskeskus. Hakekattilalla lämmitetään asuintaloa ja tulevaisuudessa kahta kärrykuivuria. Kuviossa 21 on Lamminmäen lämmityskeskuksen vuoden 2011 tuotettu lämpöenergia.



KUVIO 21. Lamminmäen lämmityslaitoksen tuottama lämpöenergia vuonna 2011

Lämmityslaitoksen ylimääräinen kapasiteetti on laskettu taulukkoon 7. Laskelman mukaan lämpölaitoksesta jää paljon ylimääräistä lämpökapasiteettia, keskimäärin 82 kW kattilatehosta kuukausittain.

TAULUKKO 7. 120 kW:n hakelämpökeskuksen ylimääräinen kapasiteetti

	120 kW												
	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu	
käytetty lämpöenergia 2011	15	15	10	5	5	3	3	4	5	5	10	10	MWh
käytetty maksimimäärästä	17 %	19 %	11 %	6 %	6 %	3 %	3 %	4 %	6 %	6 %	12 %	11 %	
käytetty kattilateho	20,2	22,3	13,4	6,9	6,7	4,2	4,0	5,4	6,9	6,7	13,9	13,4	kW
ylimääräinen kattilateho	100	98	107	113	113	116	116	115	113	113	106	107	kW
ylimääräinen lämpökapasiteetti	74	74	79	84	84	86	86	85	84	84	79	79	MWh/kk

keskimäärin kuukaudessa 9 % käytetty kattilatehosta
82 kWh ylimääräistä kapasiteettia

Yrittäjä on investoinut kahteen klapi kuivuriin, joista toinen on tällä hetkellä käytössä. Toinen otetaan käyttöön, kun se saadaan rakennettua valmiiksi. Kuivauslaitteisto ja putkisto yms. on rakennettu kahdelle kuivurille. Kannattavuuslaskennassa on tämä huomioitu ja rakennuskustannuksia on jaettu kahdelle kuivurille. Yhden kuivurikärryn vaatima investointi kaikkineen on noin 22 000 € (ks. taulukko 8). Yrittäjä on myös investoinut pilkekoneeseen ja lämpölaiteinvestoinnissa on aiemmin huomioitu jatkon kuivaustoiminta. Näitä investointeja ei kuitenkaan tarkastella tässä laskelmassa. Tässä laskelmassa tarkastellaan vain kuivurin kannattavuutta. Koko liiketoiminnan kannattavuutta Lamminmäen polttopuutoiminnalle on laskettu erikseen, joka löytyy liitteenä (ks. liite 1 ja 2).

Kuivauksen kustannukset ovat noin seitsemän euroa kuivattua irtokuutiometriä pilkkeitä kohti. Kuivatun klapi arvon uskotaan nousevan noin 15 €. Keskimääräinen kuivuklapista Keski-Suomessa pyydettävä hinta on noin 50 €. Jotta kuivuri-investointi on kannattava, pitää klapien arvonkasvun ja muun hyötyjen olla kuivauskustannuksia ja kuivurin investoinnin poistoa isommat.

Lamminmäen kuivurissa on tehty kuivauskokeita VTT:n toimesta, jotta saadaan optimoituja kuivausta. Tuloksena kokeissa todettiin, että 14 vuorokauden kuivauksessa pohjimmaiset klapi jäivät kosteammiksi. Muualta kuivuri kuivasi 14 vuorokaudessa pilkkeet alle 10 %:n kosteuteen. Kuivurin omistajan mielestä pohjaritilän parannus tekisi kuivaustuloksesta paremman. Kuivauskokeissa lämpöä kului yhden klapi kärryllisen (noin 24 i-m³) kuivaamiseen 14 vuorokaudessa 3,82 MWh, eli 161 kWh/i-m³.

Taulukossa 8 on laskettu kuivauksen kannattavuutta sekä 300 i-m³ että 600 i-m³ tuotannossa. Yhden kärrykuivurin tuotannoksi on arvioitu noin 300 i-m³, kun kuivuriin menee kerralla noin 23 i-m³, kuivaus kestää 14 vuorokautta sekä pilkonta ja lastaus noin neljä vuorokautta ja kuivuria käytetään yhdeksänä kuukautena vuodessa.

Kahden kuivurin tullessa käyttöön, tuotantomäärä kasvaa 600 i-m³. Kuivauksen kannattavuus 600 i-m³ tuotannossa on vähän kannattavampaa, johtuen suhteessa

pienemmistä investointi kustannuksista sillä esim. kanaaliputket on jo rakennettu ensimmäiselle kuivurille. Laskelmaan kuivauksen tuloiksi on laskettu polttoaineen arvonkasvun lisäksi myös pääoman nopeammalle kierrolle tuloja.

Luonnonkuivauksessa vuoden aikana myytävien klapien kaikki raaka-aine hankitaan normaalisti kevääksi, jolloin kaikki rangat tehdään pilkkeeksi ja asetellaan kuivumista varten joko betoniverkkohäkkeihin, klapisäkkeihin tai pinoihin. Tällöin pääoma raaka-aineeseen joudutaan sijoittamaan vähintään puoli vuotta aikaisemmin.

Keinokuivattaessa klapeja rahan kierto saadaan nopeammaksi ja työtä voidaan jakaa tasaisemmin vuoden ympäri.

TAULUKKO 8. Kuivauksen kannattavuus

Case Lamminmäki			
TARVITTAVAT INVESTOINNIT (Yhden kärrykuivurin)			
Kipa peräkärä varusteineen	10 186,57 €		
Radiaattori ja puhallin	2 068,14 €		
Rahdit	300,82 €		
Omatyö	3 000,00 €		
Kanaaliputket	4 984,09 €		
Investoinnit yhteensä	20 539,62 €		
Avustus	5 134,91 €	25 %	
Omarahoitus	15 404,72 €	75 %	
Korko	6 %		21772,00 €
TUOTANTO			
vuodessa yhdellä kärryllä	300 i-m3		
vuodessa kahdella kärryllä	600 i-m3		
KUIVAUKSEN KUSTANNUKSET			
Kone- ja ihmistyökustannukset	alv 0%		
ylimääräiset siirtelyt			2 €/i-m3
kuivaus:			
lämpö			3,2 €/i-m3
sähkö			0,6 €/i-m3
yleiskulut			1 €/i-m3
Muuttuvat tuotantokustannukset yhteensä			6,83 €/irto-m³
TUOTOT			
	irto-m ³	hinta	Yhteensä
Myyntin lisäarvo	300	15,00	4 500,00 €
Pääoman nopeampi kierto	300	0,68	204,00 €
		Yhteensä	4 704,00 €
Tai kahden kuivurin tuotanto	irto-m ³	hinta	Yhteensä
Myyntin lisäarvo	600	15,00	9 000,00 €
Pääoman nopeampi kierto	600	0,68	408,00 €
		Yhteensä	9 408,00 €
KUIVURIN VOITTO/TAPPIO			
5 vuoden takaisinmaksuajalla			
vuodessa yhdellä kärryllä	300 i-m3		-5,66 €/i-m3
	600 i-m3		-3,17 €/i-m3
10 vuoden takaisinmaksuajalla			
vuodessa yhdellä kärryllä	300 i-m3		1,59 €/i-m3
	600 i-m3		2,84 €/i-m3

TAULUKKO 10. Kuivauksen tulos viiden vuoden maksuajalla

Tuloslaskenta 300 i-m ³	2012	2013	2014	2015	2016
Pilkkeen hinta %		105,00 %	105,00 %	105,00 %	105,00 %
Avustus valtiolta	5 134,91	0,00	0,00	0,00	0,00
Liikevaihto/Myyntituotot	4 704,00	4 939,20	5 186,16	5 445,47	5 717,74
Tuotot yhteensä	9 838,91	4 939,20	5 186,16	5 445,47	5 717,74
- Muuttuvat kulut					
Kuivauksen kustannukset	2 048,97	2 151,42	2 258,99	2 371,94	2 490,54
Myynti/käyttökate	7 789,93	2 787,78	2 927,17	3 073,53	3 227,20
- korot					
- verot					
Rahoitustulos	7 789,93	2 787,78	2 927,17	3 073,53	3 227,20
- konepoistot	-4 354,41	-4 354,41	-4 354,41	-4 354,41	-4 354,41
Tulos	3 435,52	-1 566,63	-1 427,24	-1 280,88	-1 127,21
Konepoisto sisältää 6% koron, 5 vuoden takaisinmaksuajalla				keskimäärin	2 264,37
Yrittäjän palkka on laskettu jo menoksi tuotantokustannuksissa					vuodessa
Tuloslaskenta 600 i-m ³	2012	2013	2014	2015	2016
Pilkkeen hinta %		105,00 %	105,00 %	105,00 %	105,00 %
Avustus valtiolta	9 013,63	0,00	0,00	0,00	0,00
Liikevaihto/Myyntituotot	9 408,00	9 878,40	10 372,32	10 890,94	11 435,48
Tuotot yhteensä	18 421,63	9 878,40	10 372,32	10 890,94	11 435,48
- Muuttuvat kulut					
Kuivauksen kustannukset	4 097,94	4 302,84	4 517,98	4 743,88	4 981,08
Myynti/käyttökate	14 323,68	5 575,56	5 854,34	6 147,05	6 454,41
- korot					
- verot					
Rahoitustulos	14 323,68	5 575,56	5 854,34	6 147,05	6 454,41
- konepoistot	-4 354,41	-4 354,41	-4 354,41	-4 354,41	-4 354,41
Tulos	9 969,27	1 221,15	1 499,93	1 792,64	2 100,00
Konepoisto sisältää 6% koron, 5 vuoden takaisinmaksuajalla				keskimäärin	3 316,60
Yrittäjän palkka on laskettu jo menoksi tuotantokustannuksissa					vuodessa

Klapi liiketoiminnan laskelmista voidaan päätellä, että klapien tuottaminen lämmينilmakuivuria käyttäen on kannattavaa, kun klapeja saadaan myytyä parempaan hintaan. Kun myydään 300 i-m³ vuodessa, kriittinen piste klapien hinnassa on noin 55 €. Kun tuotanto on 600 i-m³ vuodessa, riittää 47 €/i-m³ maksamaan klapitoiminnan investoinnit viidessä vuodessa. (Ks. liite.)

4.2.2 Case Koskinen

Koskisen tilan viereen on suunnitteilla uusi biolämpökeskus, jolla tuotetaan tulevaisuudessa lämpö Koskisen tilan asuintaloon, autotalliin ja vanhaan karjakeittiöön sekä sukulaisen asuintaloon ja konehalliin. Talojen yhteisilmatilavuus on noin 1000 kuutiota. Hallissa pidetään ylläpitolämpöä, jolloin tehon tarve halliin on pienempi. Myös autotallin ja karjakeittiön lämpötilaa pidetään asuinlämpöä alhaisempana. Lämmityslaitos toteutetaan luultavasti merikonttiin. Lämmityskattilan tehoksi on valittu 60 kW. Taulukkoon 11 on arvioitu huipputehontarve tulevalle biolämpökeskukselle. Asuinrakennus 1 on rakennettu 1990 ja sen tehontarpeeksi on käytetty lukua 20 W/m^3 . Asuinrakennus 2 on vanhempi ja sen tehontarpeeksi on käytetty lukua 30 W/m^3 . Konehallin tehontarpeen arviointiin käytettiin lukua 15 W/m^3 ja muille puolilämpimille tiloille 20 W/m^3 . Lämpökanaalin lämpöhäviö on noin 20 W/m . Näillä arvoilla laskettuna uuden lämpökeskuksen arvioitu lämmitystehontarve on noin 44 kW.

TAULUKKO 11. Uuden lämpökeskuksen arvioitu lämmitystehontarve

Arvioitu lämmitystehontarve

Rakennus 1

Pinta-ala	m ²	300
huonekorkeus	m	2,5
rakennuksen tilavuus	m ³	750
Tehontarve	kW	15

Rakennus 2

Pinta-ala	m ²	100
huonekorkeus	m	2,5
rakennuksen tilavuus	m ³	250
Tehon terve	kW	7,5

Autotalli

6m*6m*3m	m ³	108
Tehontarve	kW	1,62

Karjakeittiö

30m ² *2,5m	m ³	75
Tehon tarve	kW	1,5

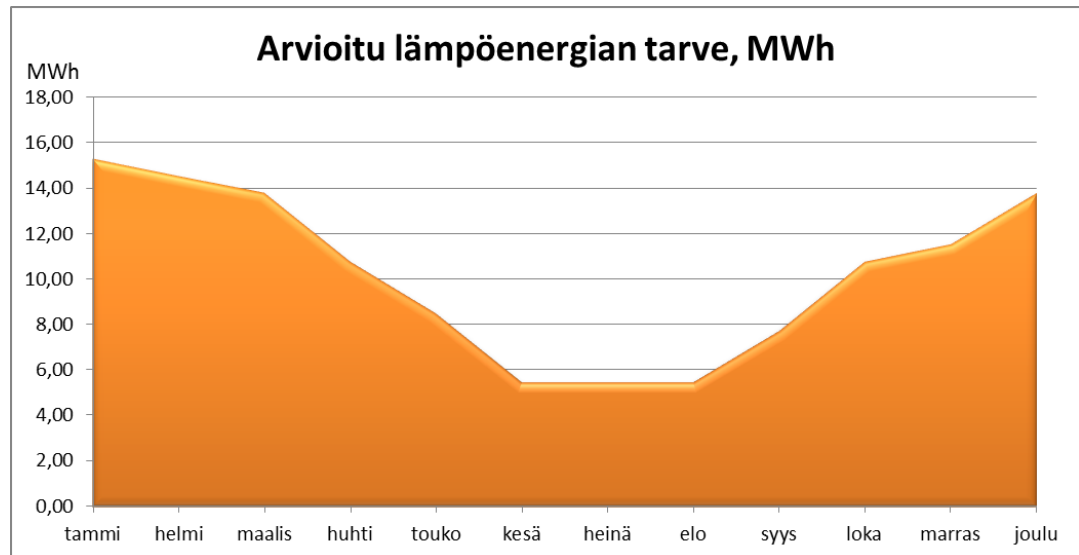
Konehalli

Pinta-ala	m ²	150
huonekorkeus	m	5
rakennuksen tilavuus	m ³	750
Tehon tarve	kW	11,25

Lämpökanava häviöt

Tehohäviöt arvion muka	W/m	17
Kanavan pituus	m	320
Häviö	kW	5,44
Huipputehontarve	kW	42,31

Arvioitu lämmönkulutus vuodessa (ks. kuvio 22) on noin 120 MWh. Arvioidulla lämmitystehon tarpeella laskettuna 60 kW:n kattilassa olisi keskimäärin 46 kW ylimääräistä tehoa kuukaudessa. Tällä mitoituksella lämmityskattila kävisi noin 2000 tuntia vuodessa nimellisteholla. Ylimääräinen kattilateho on suurempi kesällä kuin talvella. Oletuksena tilanomistajalla oli, että kylmimpinä kuukausina (joulu-, tammi- ja helmikuussa) ei ylimääräistä kapasiteettiä kattilassa ole.



KUVIO 22. Koskisten tilan vuoden 2011 lämpöenergian kulutus

Kylmimpänä aikana kuivatusta polttoaineesta olisi eniten hyötyä lämmöntuotannossa. Haketta pyrittäisiin kuivaamaan kuukausina, jolloin ylimääräistä kapasiteettia on käytettävissä. Kuivattu hake varastoidaan katettuun varastoon ja siirretään lämpökeskukseen etukuormaajalla tai peräkärryllä.

Ylimääräistä kapasiteettia olisi ympäri vuoden, kun kapasiteetti lasketaan arvioidusta tehontarpeesta lisälämmityskohteineen ja kanaalihäviöineen (ks. taulukko 12.) Oletuksena on käytetty, että vain alle 50 %:n keskimääräisen käyttöasteen kuukausina ylimääräistä kapasiteettia on käytettävissä. Vuoden aikana lämmityskattilasta olisi saatavilla 316 MWh ylimääräistä lämpöenergiaa, kun kylmimmät talvikuukaudet (joulu-helmikuu) jätetään pois laskuista.

TAULUKKO 12. Arvioidusta tehotarpeesta laskettu ylimääräinen kapasiteetti

kattilankoko	60 kW												
	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu	
Arvioitu lämpöenergian tarve, MWh	15,30	14,55	13,79	10,77	8,50	5,48	5,48	5,48	7,75	10,77	11,53	13,79	
Käytetty maksimimäärästä	34 %	36 %	31 %	25 %	19 %	13 %	12 %	12 %	18 %	24 %	27 %	31 %	
Käytetty kattilateho keskimäärin kuukaudessa	20,6	21,7	18,5	15,0	11,4	7,6	7,4	7,4	10,8	14,5	16,0	18,5	
Ylimääräinen kattilateho	39	38	41	45	49	52	53	53	49	46	44	41	
Arvioitu ylimääräinen lämpökapasiteetti	29,34	25,77	30,85	32,43	36,14	37,72	39,16	39,16	35,45	33,87	31,67	30,85	
Keskimäärin kuukaudessa				24 %				käytetty kattilatehosta					
				46 kWh				ylimääräistä kapasiteettia					
Yhteensä ylimääräistä lämpökapasiteettia				316,4 MWh									

Tällä 316 MWh:lla vuodessa voitaisiin kuivata tarjous kuivurin kuluttamalla lämpöenergiämäärällä laskettuna noin 4000 i-m³ vuodessa. Kuivurin koko kuitenkin rajoittaa kuivauskapasiteettia. Kuivurin tarvitsema kattilateho on normaalisti 20 kW:sta 60 kW:iin, riippuen kuivurin koosta, joten ylimääräinen kattilateho myös sanelee, riittääkö kattilasta tehoa kuivuriin vaikka megawattitunteja riittäisikin.

Kuivurin kannattavuuden laskentaa varten on pyydetty tarjouspyyntö konttikuivureiden valmistajalta E Lehtola Ky:stä. Kuivureiden yleistymisen metsäpolttoaineiden kuivaukseen on ollut hidasta ja kaupallisia kuivureiden valmistajia on ollut vähän. Tästä johtuen olemassa olevat kuivurit ovat pääasiassa itse tehtyjä tai muunneltuja. Casen tarkastelussa haluttiin käyttää kaupallisten kuivureiden hintaa, jotta tuloksista saadaan helpommin yleistettäviä. Täytyy kuitenkin muistaa, että jokainen lämpökeskus- ja kuivuri-investointi on käsiteltävä tapauskohtaisesti.

Taulukossa 13 on laskettu sekä 15 i-m³ että 25 i-m³ vetoisille kuivureille kuivauskapasiteetti vuodessa, kun kuivuria käytetään yhdeksän kuukautta vuodessa, kylmimmät kuukaudet joului-helmikuu pois lukien.

TAULUKKO 13. Kuivauskapasiteetti
Kuivauskapasiteetti

Kuivurin (E Lehtola Ky) lämmönkulutus	80 kWh/i-m ³
	3955 i-m ³ /vuodessa
kuivurin koko	15 i-m ³
kuivausaika + siirtely	4 vrk
kuivurin käyttöaika	9 kk
	270 vrk
	67,5 kuivurillista vuodes:
	1012,5 i-m ³ vuodessa (15 i-m ³ kuivuri)
	1687,5 i-m ³ vuodessa (25 i-m ³ kuivuri)

Taulukko 13 osoittaa että vuosittaisella ylimääräisellä lämpöenergialla voidaan kuivata kaikki Koskisen tilan tekemä hake. Kuuden metrin pituiseen merikonttiin tehdyssä kuivurissa voitaisiin kerrallaan kuivata noin 15 i-m³, kun hakepatjan paksuus on noin metrin. Yhden metrin hakepatjalla saadaan tasalaatuista haketta. Jos sallitaan 5 %:n hajonta, voidaan käyttää korkeampaa hakepatjaa. 15 i-m³ kuivuri riittää kuivaamaan Koskisen tilan tekemä hake, kun kuivuria käytetään yhdeksän kuukautta vuodessa. Kuivaus olisi tällä tilalla siis mahdollista sekä kattilan kapasiteetin että kuivurin koon puolesta.

Hakkeen kosteuspitoisuuden vähentäminen 50 %:sta 25 %:iin tarkoittaa, että vettä joudutaan poistamaan hakkeesta noin 120 kg/i-m³. Tällöin 15 i-m³ kokoisesta erästä noin vettä poistetaan noin 1800 kg. Samalla hakkeen lämpöarvo ja energiasisältö paranevat. Laittevalmistajien ja laitosten käyttäjien mukaan noin 45 kosteusprosenttista haketta tarvitaan noin 1,6 i-m³ yhden megawatin tuottamiseen. Kuivattua haketta käytettäessä polttoainetta tarvitaan vähemmän saman energiamäärän tuottamiseen. Laskelmissa on käytetty arvoa 1,45 i-m³/MWh, joka on vielä suhteellisen varovainen lukema 25 %:n hakkeelle.

Koskisen tilalla hakesäästö tarkoittaa enemmän myytävää haketta. Tällä tilalla olisi myös kiinnostusta käyttää hakkuutähdehaketta, kun sen laatu saataisiin kuivauksella hyväksi. Hakkuutähteen laskelmissa on huomioitu raaka-aineen halvempi hankintahinta. Koskinen tuottaa polttoaineet itse omalla kalustolla. Rankahakkeen tuotantokustannukset ovat noin 22 € ja hakkuutähdehakkeen tuotantokustannukset

ovat noin 17 €. Kuivatun hakkuutähteen energiasisältö on hiukan suurempi kuin rankahakkeen noin 0,1 MWh/i-m³, jolloin kuivattua hakkuutähdettä käytettäessä saadaan vielä suurempi polttoainesäästö.

Tuloslaskennassa menoiksi on laskettu kuivurin investointikustannukset ja kuivauksen kustannukset. Lämmön- ja sähkönkulutus ovat laitevalmistajan antamia tietoja, lisäsiirtojen kustannus ja yleiskustannukset ovat arvioituja. Tuloina kuivauksen kannattavuuden laskennassa ovat hakesäästö, lisämyynti, myynnin lisäarvo, lisäteho, häiriöiden väheneminen ja sähkösäästö kuivalla polttoaineella. Sähköä kuluu kostealla hakkeella enemmän, koska polttoainetta tarvitaan enemmän, jolloin syöttöruuvi käy tiheämmin sekä ensiö- ja toisioilmaa tarvitaan enemmän. Laskelmissa ei ole huomioitu mahdollisia kemera-tukia tai kostean hakkeen varastoinnille aiheuttamia haittoja.

Alla taulukkoon 14 on laskettu kuivurin kannattavuus eri polttoaineille ja eri takaisinmaksuajoille. Liitteenä on tarkempi vuosittainen tulos viiden vuoden ja kymmenen vuoden takaisinmaksuajalla. Taulukko 14 osoittaa, että hakekuivuri-investointi Koskisen tilalla ei ole kannattava viiden vuoden takaisinmaksuajalla käytettäessä rankahaketta. Rankahaketta käytettäessä kuivuri-investointi maksaa itsensä takaisin vajaassa kymmenessä vuodessa. Kuitenkin jos kuivataan hakkuutähdehaketta omaan käyttöön ja Kallioplanetaarion käyttöön sekä lisäksi tuotetaan kuivattua rankahaketta myyntiin kokonaisvuosituotantoa suurentamatta, on kuivuri-investointi kannattava. Hakkuutähdettä käytettäessä kuivurin investointi voidaan kuolettaa jo viidessä vuodessa.

TAULUKKO 14. Kuivauksen kannattavuus laskenta

Case Koskinen**TARVITTAVAT INVESTOINNIT**

(Tarjous E Lehtola Ky)

	alv 0%	
Eristetty kontti	5 000,00 €	
Pohjarakenteet	4 000,00 €	
Kuivainlaitteet	14 000,00 €	
Sähkö- ym.	2 000,00 €	
	€	

Investoinnit yhteensä	25 000,00 €	
Avustus	6 250,00 €	25 %
Omarahoitus	18 750,00 €	75 %
Korko	6 %	26500,00 €

TUOTANTO

vuodessa 700 i-m3

KUIVAUKSEN KUSTANNUKSET**Kone- ja ihmistyökustannukset**

	alv 0%	
ylimääräiset siirtelyt		1 €/i-m3
kuivaus:		
lämpö		2,0 €/i-m3
sähkö		1 €/i-m3
yleiskulut		1 €/i-m3

Muuttuvat tuotantokustannukset yhteensä 5,00 €/irto-m³**TUOTOT**

<u>Rankahake</u>	yksikkö	hinta	Yhteensä
Hakesäästö, i-m3	71,80	22,00	1 579,56 €
Myyntin lisäarvo, i-m3	521,3	3,00	1 564,04 €
Lisämyynti, i-m3	18,48	22,00	406,59 €
Lisäteho, MWh	19,39	50,00	969,63 €
Häiriöiden väheneminen, h	16,0	120,00	1 920,00 €
Öljyn käytön väheneminen, €	1,0	14,54	14,54 €
Sähkösäästö, kWh	616,05	0,10	61,60 €
	Yhteensä		6 515,96 €

<u>Tai hakkuutähdehahkeella</u>	yksikkö	hinta	Yhteensä
Hakesäästö, i-m3	141,20	17,00	2400,45 €
Myyntin lisäarvo, i-m3	221,3	3,00	664,04 €
Lisämyynti, i-m3	56,9	17,00	966,71 €
Halvempi polttoaine, i-m3	478,7	5,00	2393,27 €
Lisäteho, MWh	19,39	50,00	969,63 €
Häiriöiden väheneminen, h	16	120,00	1920,00 €
Öljyn käytön väheneminen, €	1	14,54	14,54 €
Sähkösäästö, kWh	616,05	0,10	61,60 €
	Yhteensä		9 390,24 €

KUIVURIN KANNATTAVUUS**5 vuoden takaisinmaksuajalla**

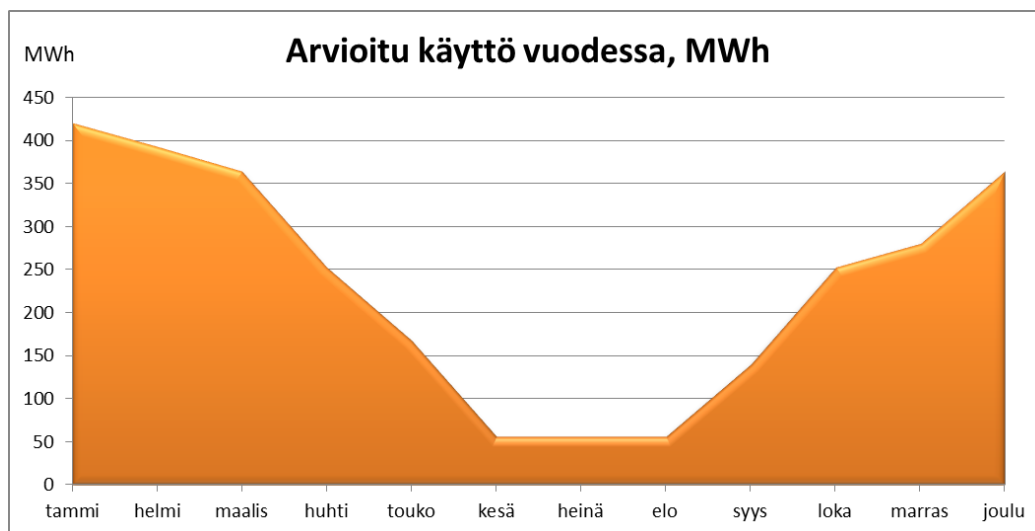
vuodessa rankahahkeella	700 i-m3	-3,26 €/i-m3
vuodessa hakkuutähdehahkeella	700 i-m3	0,84 €/i-m3

10 vuoden takaisinmaksuajalla

vuodessa rankahahkeella	700 i-m3	0,52 €/i-m3
vuodessa hakkuutähdehahkeella	700 i-m3	4,63 €/i-m3

4.2.3 Case Ok-yhtiöt

Hankasalmen asemalle rakenteilla olevan biolämmityslaitoksen teho on 1 MW. Biolämpökattilan tuottaman lämmöntarpeen on arvioitu olevan noin 2800 MWh vuodessa. Yleisellä keskiarvo käyttöasteella laskettuna lämpölaitoksen tuottama lämpöenergia on kuvattu kuvioon 23. Laitos tulee käyttämään polttoaineenaan haketta.



KUVIO 23. Ok-yhtiöiden biolämpökattilan arvioitu vuosittainen käyttö

Taulukkoon 15 on laskettu kattilan ylimääräistä kapasiteettia. Tammi- ja helmikuussa kattilan käyttöaste kohoaa lähemmäs 60 %. Tätä ennen, haketta olisi järkevää kuivata siiloon tai muuhun varastoon. Talvikuukausina kuivaus kannattaa myös rytmittää lauhemmille päiville. Vaikka talvikuukausina kattila käy suuremmalla käyttöasteella, jää kattilasta ylimääräistä kapasiteettia riittävästi kuivurille, kun kuivurin tarvitsema kattilateho noin 50 kW. Kuivalla hakkeella saadaan lisäksi nostettua kattilan tehoa.

Kattila käy vuodessa noin 2800 tuntia nimellisteholla. Kesäkuukausina käyttöaste putoaa hyvin pieneksi. Se mm. huonontaa polton hyötysuhdetta ja puhtautta. Tällöin haketta olisi hyvä kuivata myös varastoon. Siilon tilavuus on noin 300–350 i-m³, laitoja nostettaessa siiloon saadaan mahtumaan arviolta 350–400 i-m³ haketta. Kuivauskapasiteetti 25 i-m³ kuivurilla on noin 2400 i-m³ vuodessa, 200 i-m³

kuukaudessa. Kun kesäkuukausina (kesäkuu–elokuu) hakkeen käyttö on vähäistä, noin 85 i-m³ kuukaudessa, voidaan kuivata myös varastoon.

TAULUKKO 15. Ylimääräinen kapasiteetti 1 MW:n biolämpölaitoksessa

Kattilankoko	1000 kW											
	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
Arvioitu käyttö vuodessa, MWh	420	392	364	252	168	56	56	56	140	252	280	364
Käytetty maksimimäärästä	56 %	58 %	49 %	35 %	23 %	8 %	8 %	8 %	19 %	34 %	39 %	49 %
Käytetty kattilateho keskimäärin kuukaudessa	564,5	583,3	489,2	350,0	225,8	77,8	75,3	75,3	194,4	338,7	388,9	489,2
Ylimääräinen kattilateho	435	417	511	650	774	922	925	925	806	661	611	511
Ylimääräinen lämpö	324	280	380	468	576	664	688	688	580	492	440	380
Keskimäärin kuukaudessa	32 % käytetty kattilatehosta 497 MWh ylimääräistä kapasiteettia											

Kuivatulle polttoaineelle laskettiin kuuden prosenttien lisäteho, mikä on varovainen arvio. Hyötysuhteen kasvu on aina kattilakohtainen, mutta kuuden prosenttien lisäteho voidaan olettaa kuivalla (alle 25 %:n) hakkeella olevan saavutettavissa lähes kaikissa hakekattiloissa. Lisätehon lisäksi kuiva polttoaine vähentää kattilan säätöjen merkitystä. Kuivaa polttoainetta kuluu noin 15 % vähemmän, kun polttoaineen kosteus laskee 10 % (Raivio 2012). Polttoainesäästö kuitenkin vähenee kun polttoainetta kuivataan yhä kuivemmaksi. Suurin hyöty saadaan tarkasteltaessa eroja 50 kosteusprosenttisella ja 40 kosteusprosenttisella hakkeella. Laskennassa käytettiin kuitenkin matalaa (10 %:n) polttoainesäästöprosenttia, mikä on yleisesti saavutettavissa.

Tarkastelua varten pyydettiin E Lehtolalta tarjous siirrettävästä konttikuivurista. Kuivuri olisi muuten samanlainen kuin Koskisen tapauksessa, mutta se toteutetaan kuuden metrin pituisen merikontin sijaan 12 metriseen merikonttiin. Tällöin kuivurissa voidaan kuivata kerrallaan 25 i-m³. Vuodessa kuivurilla voidaan kuivata noin 2400 i-m³, kun kuivataan kaksi erää viikossa ympärivuoden. 25 i-m³ kuivuri tarvitsee noin 50 kW lämpötehoa kuivauksen alussa. Kuivurin automaatio säätää tehoa pienemmäksi kuivauksen edetessä. Kiertoilmakuivauksessa kuivuminen on nopeampaa ja tasaisempaa. Automaatio tarkkailee ilmankosteutta ja lämpötilaa.

Kuivauslaitteet ovat kuivurin kustannuksista suurin. Kuivurin piirros on liitteenä (ks. liite 5).

Kuivauksen kannattavuutta on tarkasteltu vain kuivauksen osalta; kattavatko kuivauksen tuomat hyödyt investoinnin ja kuivauksen kulut. Kuivurin investointi korkokuluineen on noin 37 000 €. Kuivauksen kustannukset ovat noin 5,5 €/i-m³. Kuivauksen tuottoja ovat hakesäästö, lisäteho, häiriöiden väheneminen, öljyn väheneminen ja sähkönsäästö. Jos kuivattua haketta myytäisiin, saataisiin siitä lisätuloja. Öljysäästöksi arvioitiin kaksi prosenttia, kun normaalisti öljyä kuluu noin kolme prosenttia. Laskelmassa ei ole huomioitu mahdollisia kemera-tukia.

Hakesäästö olisi noin 360 i-m³ (ks. taulukko 16.), mikä tarkoittaa yli kolme rekallista vähemmän haketta vuodessa. Tämä tarkoittaa vähemmän kuljetuskustannuksia, vähemmän raaka-aineen hankintaa ja vähemmän haketus-kustannuksia ja niin edelleen. Kuivuria käytettäessä raaka-aineen kiertoa voidaan mahdollisesti nopeuttaa. Rankojen kosteus hakettaessa ei ole niin merkittävä, jos hake kuivataan lämminilmakuivurissa.

Ok-yhtiöiden tapauksessa polttoaineen käyttömäärät ovat jo niin suuria, että hyödytkin kasvavat merkittäviksi ja kuivuri maksaisi itsensä takaisin jo kolmessa vuodessa. Viiden ja kymmenen vuoden tarkastelussa kuivauksen kannattavuus jää selvästi voitolle (ks. liite 4). Merkittävimmin hyötyä saadaan hakesäästöstä, lisätehosta sekä öljyn käytön vähenemisestä.

Kannattavuutta tarkasteltiin myös kahdelle kuivurille. Kahteen kuivuriin investoiminen ei kuitenkaan osoittautunut kannattavaksi. Hankittaessa kaksi kuivuria investointikulut kaksinkertaistuivat samoin kuin kuivauskustannukset, mutta kaikki kuivauksen hyödyt eivät. Vaikka polttoainetta myytäisiinkin polttoainesäästön verran, noin 740 i-m³ laitoksen ulkopuolelle, eivät tuotot riitä kahden kuivurin investointi- ja käyttökustannusten kattamiseen.

TAULUKKO 16. Kuivurin kannattavuus Ok-yhtiöiden kohteessa

Case OK-yhtiöt

TARVITTAVAT INVESTOINNIT

(Tarjous E Lehtola Ky)

Eristetty kontti	8 000,00 €
Pohjarakenteet	7 000,00 €
Kuivainlaitteet	17 000,00 €
Sähkö- ym.	3 000,00 €
	€

Investoinnit yhteensä	35 000,00 €	
Avustus	8 750,00 €	25 %
Omarahoitus	26 250,00 €	75 %
Korko	6 %	37100,00 €

TUOTANTO

kuivauttua haketta	2400 i-m3	
kostea polttoaine	1832 i-m3	4232 i-m3

KUIVAUKSEN KUSTANNUKSET

Kone- ja ihmistyökustannukset	alv 0%	
ylimääräiset siirtelyt		1 €/i-m3
kuivaus:		
lämpö		2,0 €/i-m3
sähkö		1,5 €/i-m3
yleiskulut		1 €/i-m3

Muuttuvat tuotantokustannukset yhteensä **5,50 €/irto-m³**

TUOTOT

	yksikkö	hinta	Yhteensä
Hakesäästö, i-m3	360,00	22,00	7 920,00 €
Myyntin lisäarvo (jos myydään ulos)	0,0	2,00	0,00 €
Lisäteho, MWh	168,00	50,00	8 400,00 €
Häiriöiden väheneminen, kpl	16,0	120,00	1 920,00 €
Öljyn käytön väheneminen, l	6222	1,50	9 333,33 €
Sähkösäästö, kWh	14000,00	0,10	1 400,00 €

Yhteensä **28 973,33 €**

KUIVURIN KANNATTAVUUS

5 vuoden takaisinmaksuajalla

vuodessa kuivatulla hakkeella **2400 i-m3** **3,48 €/i-m3**

10 vuoden takaisinmaksuajalla

vuodessa kuivatulla hakkeella **2400 i-m3** **5,03 €/i-m3**

5 POHDINTA

5.1 Johtopäätökset

Puupolttoaineiden käyttäjät olivat pääasiassa kiinnostuneita käyttämään kuivattuja klapeja tai haketta. Kuivautusta polttoaineesta voitaisiin maksaa keskimäärin 13 % enemmän kuin kuivaamattomasta. Puupolttoaineiden tuottajat olivat yleisesti tyytyväisiä nykyiseen kuivausmenetelmään. Silti puolet luonnollisella kuivauksella kuivaajista kokivat tarvitsevansa koneellista kuivausta ja noin puolet oli myös harkinnut hankkivansa kuivurin.

Osa biolämmityslaitoksista sammutetaan kesäaikaan vähäisen lämmitystarpeen ja huollon vuoksi ja varalämmitysjärjestelmä otetaan käyttöön. Niissä tapauksissa, joissa käyttö on kesällä liian pientä laitoksen ylläpidon kannalta, voisi lämmön hyödyntäminen kuivaukseen olla yksi järkevä vaihtoehto. Kuivuri yleensä pystytään sijoittamaan lämmityskeskukseen läheisyyteen, jolloin kanaaliputkisto ei aiheuta kohtuuttoman suurta kustannusta. Käyttöasteen nostaminen parantaa laitoksen hyötysuhdetta ja vähentää niin sanotusta kitupoltosta johtuvia haittoja kuten laitteiston nokeentumista, nokipalovaaraa ja suhteessa suurempia päästöjä.

Olettamuksena tutkimukselle oli, että yrittäjiä kiinnostaa käyttää lämpölaitosten ylimääräistä kapasiteettia metsäpolttoaineiden ja pilkkeiden kuivaamiseen, jos se osoittautuu teknisesti mahdolliseksi ja kannattavaksi. Tuloksena oli, että yrittäjiä kiinnostaa käyttää ylimääräistä kapasiteettia esimerkiksi kuivaukseen, mutta kuivureiden investointikulut koettiin liian suureksi saatuun hyötyyn nähden. Monet kokivat toimintansa liian pieneksi, jotta investointi kannattaisi. Myös kuivurin toimivuutta pidemmällä aikavälillä epäiltiin.

Investointihalukkuutta vähentää luultavasti investoinnin suuruuden lisäksi tietämättömyys kuivureiden toiminnasta ja hiukan konservatiivinen ajattelutapa. Kuivurin investointikustannus koetaan suureksi myös siksi, että hyvänä kesänä puupolttoaine kuivuu riittävän hyvin ilman kuivuriakin, jolloin puupolttoaineiden

tuottajat saattavat kokea sen turhaksi investoinniksi. Kun tarkoituksena on tuottaa merkittävä määrä laadukasta puupolttoainetta, on luonnonkuivausmenetelmä liian riippuvainen säästä.

Suurin osa metsäpolttoaineiden tuottajista ja lämpöyrittäjistä tekee toimintaa maa- ja metsätalouden sivutoimena. Yrittäjät ovat joutuneet jo investoimaan lämpökeskukseen tai puupolttoaineiden tuotannon koneisiin. Kuivuri-investointi on tavallaan ylimääräinen henkilökohtainen riski, jota ei haluta sivuelinkeinolle.

Yhteisinvestointina kuivurin hankkiminen olisi sivutoimisille yrittäjille mielenkiintoisempaa, kunhan kuivurin voidaan logistisesti sijoittaa järkevään paikkaan. Logistisesti järkeviä paikkoja ovat keskeiset paikat, jonne puupolttoaineita tarvitsisi siirtää kuivausta varten mahdollisimman vähän. Tai vaihtoehtoisesti niin, että käyttöpaikka on kuivurin lähellä. Erittäin vartenotettavia vaihtoehtoja voisivat olla hiukan suuremmat biolämpölaitokset, joilla lämmitetään suurempia kiinteistöjä esimerkiksi kouluja tai päiväkoteja tai pieniä asutusalueita. Nämä laitokset sijaitsevat yleensä keskeisillä paikoilla, jolloin kuivurin läheisyydestä voitaisiin mahdollisesti myös markkinoida puupolttoaineita. Koulu- ja päiväkotirakennukset ovat kesäajan vähällä käytöllä, jolloin ylimääräistä kapasiteettia niiden lämmityslaitoksissa olisi paljon.

5.2 Tavoitteiden toteutuminen

Tutkimuksen päätavoitteet olivat Keski-Suomen alueen biolämpölaitosten ylimääräisen kapasiteetin selvittäminen, kuivureiden yleisyys ja niiden toiminta sekä kuivatun puupolttoaineen kysyntä ja biolämpöyrittäjien halukkuus laajentaa toimintaa.

Keski-Suomen alueelle pystyttiin laskemaan suuntaa antavia lukuja lämpölaitosten ylimääräisestä kapasiteetista. Vaikka otanta oli suhteellisen pieni ja sen ulkopuolelle jäi paljon alueen pieniä ja keskisuuria biolämpölaitoksia, voidaan tiedossa olevien laitosten tiedoilla jo laskea, että ylimääräistä lämpöenergiaa on laitoksissa yhteensä niin paljon, että sillä pystyttäisiin kuivaamaan valtaosa Keski-Suomessa käytettävistä metsäpolttoaineista ja pilkkeistä.

5.3 Mitä jäi vielä kehitettävää

Koska lämmityskohteet ja lämmityskattilat ovat niin erilaisia, yleispätevää tunnuslukua ylimääräisestä kapasiteetista tai kuivausinvestoinnin kannattavuudesta on hankala esittää. Kuivuriprojektit tuleekin käsitellä aina tapauskohtaisesti.

Biolämpölaitosten omistajien tietoisuus omasta lämmöntuotannostaan on hyvin vaihteleva. Yleisesti omaa polttoainetta käytävillä on tuntuma lämmön riittävydestä ja käytetyn polttoaineen määrästä, mutta ei säännöllistä seurantaan lämmöntuotannosta tai kattilan toimivuudesta. Olisikin hyvä luoda työkalu, jolla pystyttäisiin laskemaan tuotettuja kilowattitunteja, ylimääräistä kapasiteettia, hyötysuhdetta ja muutosta käytettäessä esimerkiksi 10 % kuivempaa polttoainetta.

Selvityksen aihe oli mielestäni erittäin mielenkiintoinen ja tukee opiskeluani loistavasti. Lämpökeskusten kapasiteettien laskeminen oli haastavaa mutta opettavaista. Selvityksen aikana loin useita kontakteja alan toimijoiden kanssa, joka saattaa auttaa minua jatkossa urallani.

6 YHTEENVETO

Puupolttoaineen kuivaaminen kaatotuoreesta noin 25 % kosteuteen polton hyötysuhde kasvaa muutaman prosenttiyksikön. Polttoaineen pienempi kosteuspitoisuus parantaa polton kannattavuutta eniten lämpöarvon kautta, jolloin polttoaineen energiasisältö on suurempi. Aiempien tutkimusten mukaan polttoaineen tehollisen lämpöarvon nousu pienentää myös savukaasuvirtaa ja hiilidioksidin, rikkioksidin ja typpidioksidin määrää. Kuivempaa polttoainetta on kannattavampaa myös kuljettaa. Hyvälaatuinen ja kuiva puupolttoaine on hygieenisempää käsitellä ja häiriöiden määrä sekä nokipalon vaara vähenevät. Lisäksi kuivattujen puupolttoaineiden käyttö tukee kotimaista energiatuotantoa ja luo maaseudulle lisää töitä.

Kyselyyn vastanneista noin 60 prosentilla oli biolämmityslaitos. Vastanneiden laitosten keskiarvokoko oli noin 480 kW. Suurin osa lämpölaitoksista käytti polttoaineenaan haketta. Varalämmitysjärjestelmä oli 80 % vastaajista. Yleisin varalämmitysjärjestelmä oli öljypoltin. 23 % laitoksista käännetään varalämmitysjärjestelmälle kesällä huoltotöiden tai liian pienen biolämpölaitoksen käyttöasteen ajaksi. Yli puolet vastaajista haluisi laajentaa biolämpöyrittämistä. Mahdollisiksi laajennustavoiksi vastaajat ilmoittivat lämmön myynnin lähialueelle, viljan/puupolttoaineiden kuivaustoiminnan etenkin kesällä ja energia/polttopuutuotannon kasvattaminen. Lämpöyrittäjät, jotka laskuttavat tuotetun lämmön mukaan tiesivät tarkalleen biolämpökattilalla tuotetun lämpöenergian määrän, muut biolämmityslaitosten omistajat eivät olleet arvioineet lämmöntuotantoa tai ylimääräistä lämpökapasiteettia ollenkaan.

Tiedossa olevien 50 – 2000 kW biolämmityslaitosten keskiarvo Keski-Suomessa on 417 kW. Oletettavasti laitokset on mitoitettu käymään pakkasella korkealla käyttöasteella eli vuodessa noin 2300 h nimellisteholla. Tällöin keskimääräinen biolämmityslaitos tuottaa noin 950 MWh vuodessa. Keskiarvoisella käyttöaste-käyrällä laskettuna keskiarvoisessa kattilassa on noin 225 MWh ylimääräistä lämpöenergiaa. Tämän keskiarvoisen ylimääräisen lämpökapasiteetin perusteella Keski-Suomen biolämmityslaitoksissa olisi ylimääräistä lämpöä noin 1,1 miljoonan irtokuutiometrin puupolttoaineiden kuivaamista varten. Määrä on merkittävä, sillä se on yli puolet koko Keski-Suomen polttopuun ja hakkeen vuosittaisesta käyttömäärästä. Vastaajista valtaosa kuivaa puupolttoaineensa. Suosituin menetelmä on luonnonkuivaus (64 %). Koneellisesti vastaajista kuivaa 21 %.

Suurimmalla osalla vastaajista on ollut ongelmia poltossa ja isolla osalla myös varastoinnissa johtuen huonolaatuisesta polttoaineesta. Yleisimpiä ongelmia aiheutti liiallinen kosteus. 17 % vastaajista kokivat saaneensa terveydellisiä ongelmia jotka johtuvat altistumisesta huonolaatuisen puupolttoaineen pieneliöille. Vastaajat olivat kiinnostuneita käyttämään kuivattuja puupolttoaineita. Myös valtaosa oli kiinnostuneita laajentamaan biolämpöyrittämistä tai energiapuutoimintaa. Yrittäjät olivat kiinnostuneita itse kuivaamaan puupolttoaineita mutta investointihalukkuus oli

pientä. 65 % vastaajista ei ole valmiita investoimaan kuivuriin. Verkostoitumista kannatettiin eniten (72 %).

Metsäpolttoaineiden ja pilkkeiden kysyntä koettiin hyväksi ja sen uskottiin lisääntyvän tulevaisuudessa. Keinokuivattujen puupolttoaineiden kysyntä koettiin välttäväksi, mutta usko sen kysynnän lisääntymiseen jatkossa on vahva. Metsäpolttoaineiden tuottajien ja käyttäjien yleinen mielipide alan tulevaisuudesta oli positiivinen.

Case tarkasteluissa kuivaus osoittautui mahdolliseksi ja kannattavaksi, kun puupolttoaineiden kuivausmäärä on riittävän suuri ja takaisinmaksuaika riittävän pitkä. Tällöin hyötyjen arvo riittää kattamaan kuivauksen ja investoinnin kustannuksen. Kuivuri-investointien takaisinmaksuajat olivat kahdessa ensimmäisessä tapauksessa (Case Lamminmäki ja Case Koskinen) keskimäärin kahdeksan vuotta. Case Ok-yhtiöiden tapauksessa kuivuri-investoinnin takaisinmaksuaika on vain kolme vuotta. Tätä selittää polttoaineen suuret käyttömäärät ja öljyn korkea hinta. Kuivauksen hyötyjä arvioitiin rahallisesti. Kuivauksen hyötyjä, joita arvioitiin rahallisesti olivat hakesäästö, myynnin arvonkasvu, lisämyynti, lisäteho, häiriöiden väheneminen sekä öljyn- ja sähkön säästö.

Kuivuri-investoinnit vaihtelivat 20 000 ja 37 000 € välillä. Kuivauksen kustannukset olivat 5–7 €/i-m³. Case tarkastelusta voidaan yleistäen todeta, että kun kuivattavien polttoaineiden määrä on alle 1000 i-m³ vuodessa ja kuivuri-investointi alle 30 000 €, kuivaus ja investointikustannukset kymmenen vuoden takaisinmaksuajalla ovat noin 6 500 € vuodessa. Kun kuivauksesta saadaan hyötyä enemmän kuin 6 500 € vuodessa, on kuivaus kannattavaa.

LÄHTEET

Alakangas, E. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT tiedotteita. Espoo: Otamedia Oy. Viitattu 17.5.2012.

<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2000/T2045.pdf>

Auvinen, M. 2011. METKU Metsäenergian kuivumistutkimus. Mikkelin Ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Metsätalouden koulutusohjelma. Viitattu 15.5.2012.

<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/28133/Metku%20Auvinen%20Mika%20korjattu.pdf?sequence=1>

Bioenergia maa- ja metsätaloudessa. 2008. Maa- ja metsätalousministeriön bioenergiatuotannon työryhmä. Muistio. Viitattu 15.5.2012. Sivu 6.

http://www.mmm.fi/attachments/mmm/julkaisut/muutjulkaisut/5xAwVwfhQ/bioenergia_muistio.pdf

Biolämpöopas. 2011. Ariterm. Viitattu 2.8.2012.

<http://195.67.82.150/ariterm/Biolampoopas%202011%20FIN%20220811%20low%20res.pdf>

Föhr, J. 2008. Metsähakkeen jalostusarvon nostaminen eri kuivausmenetelmillä. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Viitattu 17.5.2012.

<http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/37417/nbnfi-fe200804171245.pdf?sequence=3>

Hakelämmöstä yritystoimintaa. 2005. Motiva

Haikonen, T. 2005. Tutkimus biopolttoaineen aumakuivauksesta. Diplomityö. Tekninen korkeakoulu. Viitattu 22.5.2012.

http://www.motiva.fi/files/247/Tutkimus_biopolttoaineiden_aumakuivauksesta.pdf

Hakonen, T. & Laurila, J. 2011. Metsähakkeen kosteuden vaikutus polttoon ja kaukokuljetuksen kannattavuuteen. Raportteja ja selvityksiä. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Viitattu 17.5.2012.

<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/34746/B55.pdf?sequence=1>

Hakonen, T. & Laurila, J. 2011. Lisää tuloja energiapuuta kuivaamalla. Bioenergia lehti. 4/2011, 36-37.

Hakonen, T. 2012. Kosteuden vaikutus energiapuun polton kannattavuuteen. Seinäjoen Ammattikorkeakoulu. Viitattu 17.5.2012.

<http://www.smts.fi/Maatalouden%20tuottavuus/Hakonen%20Kosteuden%20vaikutus.pdf>

Hillebrand, K. 2009. Energiapuun kuivaus ja varastointi. Tutkimusraportti. VTT.

Viitattu 17.5.2012. <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2009/VTT-R-07261-09.pdf>

Hillebrant, K. & Kouki, J. 2006. Pilkkeen kuivaus – luonnonkuivaus, keinokuivaus ja laadun hallinta. Työtehoseuran julkaisuja 398. Helsinki: Priimus paino oy.

Hillebrand, K.&Nurmi, J. 2004.Nuorista metsistä korjatun energiapuun kuivatus ja varastointi. Projektiraportti. VTT.

Horn, S. 2011. Lämpöyrittäjyyden liiketoimintamallit ja kannattavuuslaskelmat. Jyväskylän yliopiston kauppakorkeakoulu.

Järvenpää, M. & Kivinen, K. 1993 Kylmäilmakuivausopas. Työtehoseura, Pellervolehti

Keski-Suomen metsäohjelma 2012-2015. 2012. Suomen Metsäkeskus, Julkiset Palvelut, Keski-Suomi. Keuruun Laatumaino, Keuruu.

Kestävä metsäenergia-hankkeen julkaisu.2007-2012.

<http://www.puulakeus.net/109.html>

Laatu hakkeen tuotanto opas. 2010. Metsäkeskus. Sastamala: Vammalan kirjapaino.

Lehtola, E. 2012. E Lehtola Ky:n omistaja. Puhelinhaastattelu 2.8.2012

Määttä, T. & Paananen, M. 2005. Keski-Suomen Bioenergiastrategia 2010 ja 2025. Bioenergiakeskuksen julkaisusarja (BDC-Publications) Nro 19. Viitattu 17.5.2012.

https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/20527/strategia_19.pdf?sequence=3

Niemitalo, Vesa. 2011. Hakkeen kuivaus; yhteenvetoa eri koe- ja tutkimustoiminnasta. Puuenergiatoimisto-hanke. Ammattiopisto Lappia.

http://www.lapinbiotie.fi/static/content_files/Hakkeen_kuivaus.pdf

Nuutinen, H. 2011. Verkostoitunut polttopuuliiketoiminta Keski-Suomessa. Opinnätetyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Viitattu 21.5.2012.

https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/32598/HENNA_NUUTINEN.pdf?sequence=1

Pilkkeiden keinokuivaus –seminaari materiaalit. 11.11.2010. Päivitetty 12.4.2012.

<http://www.metsakeskus.fi/lpy-materiaalit>

Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia. 2008. Ympäristöministeriön sektoriselvitys. Ympäristöministeriön raportteja 19 | 2008. Viitattu 15.5.2012.

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=86191&lan=fi>

Pelli, P. 2010. Kiinteisiin biopolttoaineisiin liittyvä liiketoiminta Keski-Suomessa. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisu. Viitattu 17.5.2012.

http://www.tem.fi/files/27826/TEM_59_2010_netti.pdf

Polttopuiden hinnoissa voi olla isoja eroja. 2011. Helsingin Sanomat. Verkkojulkaisu 13.11.2011. Viitattu 15.8.2012.

<http://www.hs.fi/kotimaa/Polttopuiden+hinnoissa+voi+olla+isoja+eroja/a1305549262224>

Polttopuuliiketoiminnan kehittäminen seminaari materiaalit. 24.3.2010. Päivitetty 12.4.2012. Viitattu 18.5.2012.

<http://www.metsakeskus.fi/lpy-materiaalit>

Puun käyttö. 2012. MetInfo tilastopalvelut. Viitattu 15.5.2012. www.metla.fi

Rahikainen, O. 2005. Hakkeen kuivaus bioenergiakeskuksen monikäyttökuivurissa auringon energiaa lisälämmönlähteenä hyödyntäen. Opinnäytetyö. Jyväskylän Ammattikorkeakoulu. Viitattu 17.5.2012.

https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/20522/rahikainen_17.pdf?sequence=3

Raivio, H. 2012. Toimitusjohtaja Hesesteel Oy. Laitevalmistaja. Haastattelu 16.8.2012.

Richardson, J., Bjorheden, R., Hakkila, P. 2002. Bioenergy from Sustainable Forestry : Guiding Principles and Practice. Kluwer Academic Publishers, Hingham(USA)

Rinne, S. 2002. Puupolttoaineiden kuivausmenetelmien kartoitus. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu.

Sauvala-Seppälä, T. 2010. Lämpörittäjäyden kannattavuus lämmönostajan ja -myyjän sekä metsänomistajan näkökulmasta. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Viitattu 17.5.2012. <http://www.smts.fi/jul2010/poste2010/001.pdf>

Stömberg, T. 2010. Polttopuuliiketoiminnan toimija ja markkinatilanneselvitys Keski-Suomessa. Bioenergiakeskuksen julkaisusarja Nro 50. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Viitattu 17.5.2012.

http://www.metsakeskus.fi/fi/FI/c/document_library/get_file?uuid=dba9da15-8666-4a02-98e5-e4b3fd05f8e5&groupId=10156

Strömberg, T. 2011. Energiapilke-konseptin soveltaminen käytäntöön. Opinnäytetyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Viitattu 17.5.2012.

http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/24760/Stromberg_Tuula.pdf?sequence=1

Takko, H. 2006. Energiaopas 2006. Viitattu 13.8.2012.

<http://agrimarket.mederra.com/files/gallery/1220351667.pdf>

Työympäristön mikrobiologisten riskien hallinta massan ja paperin valmistuksessa. 2010. Metsäteollisuus ry. Opas. Viitattu 27.6.2012.

http://www.metsateollisuus.fi/Infokortit/mikrobiologistenriskienhallintamassanjanaperinvalmistuksessa/Documents/Ty%C3%B6ymp%C3%A4rist%C3%B6n_mikrobiologisten_riskien_hallinta_massan_ja_paperin_valmistuksessa.pdf

Vertainen, L. 2011. Laatuanalyysit hakkeelle: standardien sovellukset. Luentodiat. Jyväskylän Ammattikorkeakoulu.

Vääräsmäki, M. 2003. Kaupallisen pilketuotannon vaihtoehdot. Opinnäytetyö. Jyväskylän Ammattikorkeakoulu. Viitattu 15.5.2012.

https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/20545/mv_opinnaytetyo_nr_o3.pdf?sequence=3

LIITTEET

Liite 1. Lamminmäki klapituotannon kannattavuus laskelma (300 i-m³ vuosituotannolla)

Lamminmäki: yhden kuivurin kannattavuus

TARVITAVAT INVESTOINNIT

Klapikone lisälaitteineen	15 000 €
Kipa peräkäräry varusteineen	10 186,57 €
Radiaattori ja puhallin	2 068,14 €
Rahdit	300,82 €
Omatyö	3 000,00 €
Kanaaliputket	4 984,09 €

Investoinnit yhteensä	35 539,62 €	23,69 €/irto-m³
Avustus	8 884,91 €	25 %
Omarahoitus	26 654,72 €	75 %
Korko	6 %	37672,00 €
Takaisin maksuaika	5 vuotta	

TUOTANTOKUSTANNUKSET

Kone- ja ihmistyökustannukset alv 0%

	€/irto-m ³
Raaka-aine	13,60 €
Hakkuu	
Jatkettu lähikuljetus	
Pilkonta ja siirtelyt	5,40 €
Kuivaus	6,83 €
Pakkaus ja lastaus	3,40 €
Kuljetus asiakkaalle	1,17 €
Yleiskulut	1,00 €

Muuttuvat tuotantokustannukset yhteensä 31,40 €/irto-m³

Vuosittainen työ

kk	pv/kk	
10	21,5	215,00 pv/v

TUOTOT

	irto-m ³	hinta	Yhteensä
Myynti alv 0 %	300	56,91	17 073,17 €
			0,00 €
			0,00 €
		Yhteensä	17 073,17 €

Myynti		17 073,17 €
Tuotantokustannukset	300 irto-m ³	9 420,53 €
Myyntikate		7 652,64 €

Liite 2. Lamminmäki klapien tuotannon kannattavuus laskelma (600 i-m³ vuosituotannolla)

Lamminmäki: kahden kuivurin kannattavuus

TARVITTAVAT INVESTOINNIT

Klapikone lisävarusteineen	15 000,00 €	
Kipa peräkäräyt varusteineen	20 373,14 €	
Radiaattori ja puhallin	4 136,28 €	
Rahdit	560,99 €	
Omatyö	6 000,00 €	
Kanaaliputket	4 984,09 €	
Investoinnit yhteensä	51 054,51 €	17,02 €/irto-m³
Avustus	12 763,63 €	25 %
Omarahoitus	38 290,88 €	75 %
Korko	6 %	54117,78 €
Takaisin maksuaika	5 vuotta	

TUOTANTOKUSTANNUKSET

Kone- ja ihmistyökustannukset alv 0%		€/irto-m ³
Raaka-aine		13,60 €
Hakkuu		
Jatkettu lähikuljetus		
Pilkonta ja siirtelyt		5,40 €
Kuivaus		6,83 €
Pakkaus ja lastaus		3,40 €
Kuljetus asiakkaalle		1,17 €
Yleiskulut		1,00 €
Muuttuvat tuotantokustannukset yhteensä		31,40 €/irto-m³

Vuosittainen työ	kk	pv/kk	
	10	21,5	215,00 pv/v

TUOTOT

	irto-m ³	hinta	Yhteensä
Myynti alv 0 %	600	56,91	34 146,34 €
			0,00 €
			0,00 €
		Yhteensä	34 146,34 €
Myynti			34 146,34 €
Tuotantokustannukset	600 irto-m ³		18 841,07 €
Myyntikate			15 305,27 €

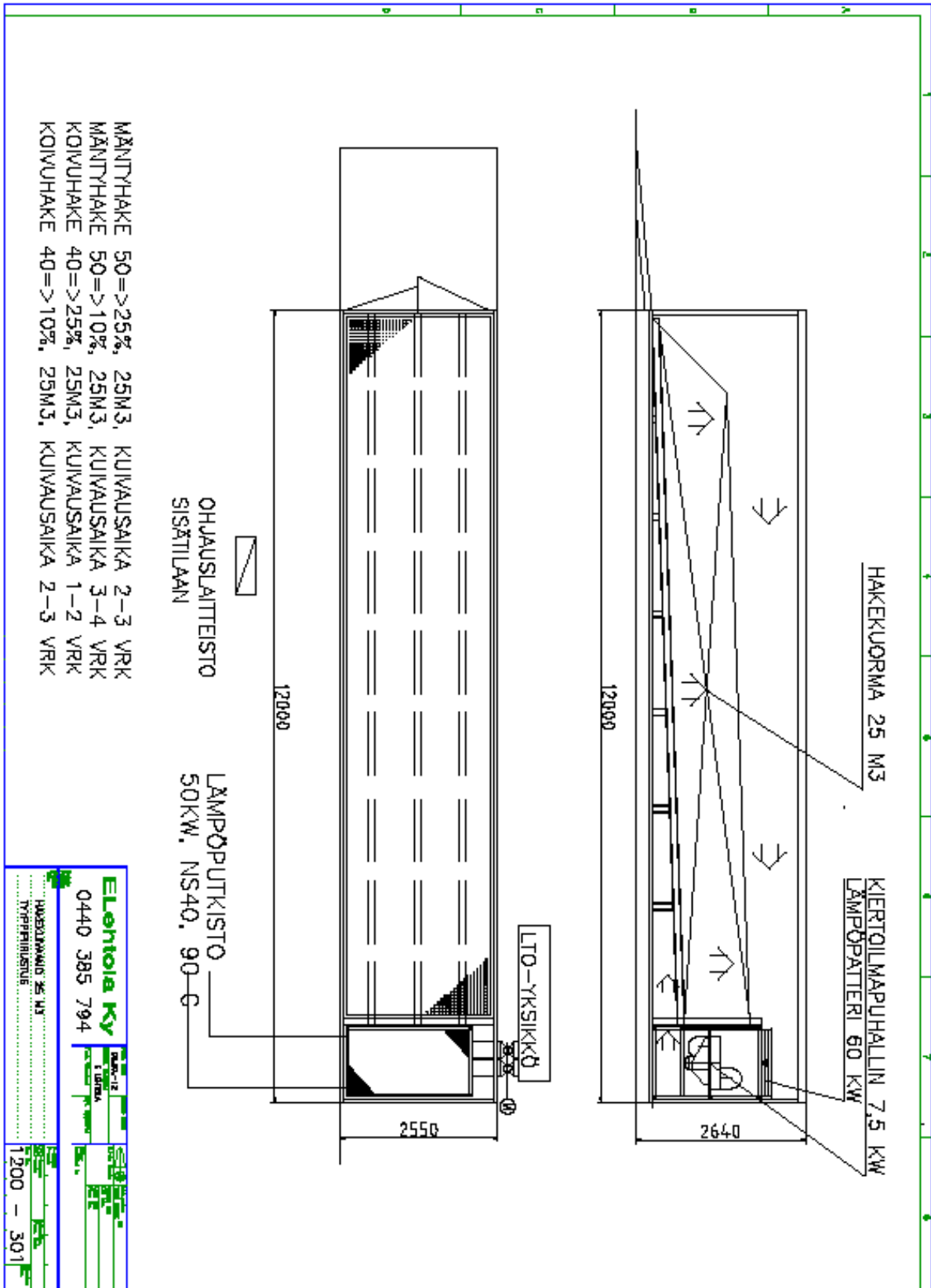
Liite 3. Case Koskisen kuivurin vuosittainen tulos viiden vuoden takaisinmaksuajalla

Vuosittainen tulos 5 vuoden maksuajalla

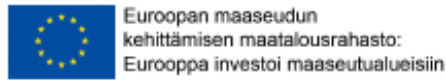
Tuloslaskenta rankahake	2012	2013	2014	2015	2016
Raaka-aineen hinta %		105,00 %	105,00 %	105,00 %	105,00 %
Avustus valtiolta	6 250,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Liikevaihto/Myyntituotot	6 515,96	6 841,76	7 183,85	7 543,04	7 920,20
Tuotot yhteensä	12 765,96	6 841,76	7 183,85	7 543,04	7 920,20
- Muuttuvat kulut					
Kuivauksen kustannukset	3 500,00	3 675,00	3 858,75	4 051,69	4 254,27
Myynti/käyttökate	9 265,96	3 166,76	3 325,10	3 491,36	3 665,92
- korot					
- verot					
Rahoitustulos	9 265,96	3 166,76	3 325,10	3 491,36	3 665,92
- konepoistot	-5 300,01	-5 300,01	-5 300,01	-5 300,01	-5 300,01
Tulos	3 965,95	-2 133,25	-1 974,91	-1 808,66	-1 634,09
Konepoisto sisältää 6% koron, 5 vuoden takaisinmaksuajalla				keskimäärin	-716,99
Yrittäjän palkka on laskettu jo menoksi tuotantokustannuksissa					vuodessa

Tuloslaskenta hakkuutähdehakeella	2012	2013	2014	2015	2016
Raaka-aineen hinta %		105,00 %	105,00 %	105,00 %	105,00 %
Avustus valtiolta	6 250,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Liikevaihto/Myyntituotot	9 390,24	9 859,76	10 352,74	10 870,38	11 413,90
Tuotot yhteensä	15 640,24	9 859,76	10 352,74	10 870,38	11 413,90
- Muuttuvat kulut					
Kuivauksen kustannukset	3 500,00	3 675,00	3 858,75	4 051,69	4 254,27
Myynti/käyttökate	12 140,24	6 184,76	6 493,99	6 818,69	7 159,63
- korot					
- verot					
Rahoitustulos	12 140,24	6 184,76	6 493,99	6 818,69	7 159,63
- konepoistot	-5 300,01	-5 300,01	-5 300,01	-5 300,01	-5 300,01
Tulos	6 840,23	884,74	1 193,98	1 518,68	1 859,62
Konepoisto sisältää 6% koron, 5 vuoden takaisinmaksuajalla				keskimäärin	2 459,45
Yrittäjän palkka on laskettu jo menoksi tuotantokustannuksissa					vuodessa

Liite 5. E Lehtola Ky:n konttikuivuri piirros



Liite 7. Kyselylomake



Saatekirje

Hei

Olen agrologi-opiskelija Jyväskylästä ja teen opinnäytetyötä Metsäkeskuksen biolämpöliiketoiminnan laatu- ja kannattavuushankkeeseen. Hankkeen tavoitteena on kehittää kiinteistökokoluokan ja lämpöyrityskohteiden koko liiketoimintaketjun laatua, osaamista ja kannattavuutta. Lisäksi tavoitteena on kehittää toimintaketjuihin sopivia yritysten kehittämispalveluita ja välineitä.

Hanketta hallinnoi Suomen metsäkeskus ja mukana ovat myös VTT, Jyväskylän ammattikorkeakoulu ja Pohjoisen Keski-Suomen oppimiskeskus. Hanke rahoitetaan pääosin Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahastosta.

Tutkimukseni tavoite on selvittää mahdollinen kuivauskapasiteetti Keski-Suomen alueella metsäpolttoaineille ja pilkkeelle, sekä mahdollisten kuivureiden sijainti. Kuivaus voidaan yhdistää lämmöntuotantoon, esimerkiksi siirrettävillä rahtikuivureilla. Tällöin kuivurin voi omistaa kuivurin käyttäjä, joka ei ole välttämättä ole lämpökeskuksen omistaja. Myös alan toimijoiden kiinnostus liiketoiminnan laajentamiseen ja kuivatun polttoaineen kysyntä kiinnostavat.

Kuulutte kyselyni kohderyhmään ja olen saanut yhteystietonne Metsäkeskuksen asiakasrekisteristä, maaseutuvirastosta tai hakuselaimista.

Kyselyn tuloksia tarkastellaan yleisesti, eikä antamianne tietoja pysty yksilöimään. Tietojanne ei luovuteta ulkopuolisten käyttöön.

Kyselyn kohderyhmään kuuluu eri toimijoita, joten voit vastata vain itseäsi koskeviin kysymyksiin. Halutessasi voit vastata molempiin osioihin. Kysely on jaettu kahteen osaan:

- A. lämmöntuottaja - kysymykset on suunnattu lämpöä tuottaville kuten lämpöyrittäjille, biolämpökeskuksen omistajille ja aluelämpökeskuksille.
- B. lämmönkäyttäjä - kysymykset on suunnattu lämpöä käyttäville ja mahdollisesti kuivauksesta kiinnostuneille kuten lämpöyrittäjille, metsäpolttoaineiden tuottajille tai muille metsäpolttoaineiden ketjussa työskenteleville.

Kaikkien vastanneiden kesken arvotaan Rallipaketti, joka sisältää kahden hengen VIP Kakaristo -liput, arvo 270€.

Aurinkoisin terveisin

Anniina Huovinen
anniina.huovinen@metsakeskus.fi
050 436 6246
Metsäkeskus, Julkiset palvelut,
Keski-Suomi



Metsäpolttoaineiden ja pilkkeiden teorettinen kuivauskapasiteetti ja kiinnostus – selvitys



A. & B. 1. Yhteystiedot

Nimi: _____

Yrityksen nimi: _____

Osoite: _____

Postinumero: _____

Toimipaikka: _____

Sähköposti: _____

Puhelinnumero: _____



A. 2. Lämmitys

Jos omistatte useamman laitoksen, kirjoita tiedot viereen.

Tarvittaessa voitte jatkaa lisäpaperille.

- lämpölaitoksen kattilateho _____ kW
 - hankintavuosi _____ vuosi
 - polttoaineen kulutus vuosittain; (ympyröi käyttämäsi yksikkö)
 - klapia _____ m³/MWh
 - haketta _____ m³/MWh
 - turvetta _____ m³/MWh
 - öljyä _____ m³/MWh
 - muuta _____ m³/MWh
 - mitä _____
-

- lämmöntuotanto kuukausittain viimeisen lämmityskauden aikana

rastita, jos arvioit pystyväsi myymään lämpöä esim. siirret- tävään kuivuriin
--

arvioi ylimää- räinen teho kattilatehosta kW

- | | | | |
|-------------|-----------|--------------------------|-------|
| ▪ tammikuu | _____ MWh | <input type="checkbox"/> | _____ |
| ▪ helmikuu | _____ MWh | <input type="checkbox"/> | _____ |
| ▪ maaliskuu | _____ MWh | <input type="checkbox"/> | _____ |
| ▪ huhtikuu | _____ MWh | <input type="checkbox"/> | _____ |
| ▪ toukokuu | _____ MWh | <input type="checkbox"/> | _____ |
| ▪ kesäkuu | _____ MWh | <input type="checkbox"/> | _____ |
| ▪ heinäkuu | _____ MWh | <input type="checkbox"/> | _____ |



- elokuu _____ MWh _____
- syyskuu _____ MWh _____
- lokakuu _____ MWh _____
- marraskuu _____ MWh _____
- joulukuu _____ MWh _____

○ rastita tulosten peruste

- tarkka seuranta
- arvio

- lämmityskattilan toimintavarmuus

- häiriöiden (pysäyttänyt lämmön tuotannon) määrä _____ kpl/vuosi

kyllä ei

- varalämmitysjärjestelmä

• mikä _____

kyllä ei

- ajetaanko kesäaika
varalämmitysjärjestelmällä?

- olisiko mielenkiintoa laajentaa biolämpöyrittämiseen liittyvää liiketoimintaa?

ei

kyllä

Miten tai mille toiminnan

alueille laajentaisitte toimintaanne?: _____

A. 3. Huonolaatuisen polttoaineen ongelmat

- | | kyllä | ei |
|--|--------------------------|--------------------------|
| - onko teillä esiintynyt ongelmia liittyen polttoon tai laitteiston toimintaan huonon polttoaineen johdosta? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| - jos vastasitte kyllä, mitä? _____ | | |
| - onko teillä esiintynyt ongelmia liittyen polttoaineen käsittelyyn ja varastointiin huonon polttoaineen johdosta? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| - jos vastasitte kyllä, mitä? _____ | | |

- | | kyllä | ei |
|--|--------------------------|--------------------------|
| - oletteko paljon tekemisissä puuperäisten polttoaineiden kanssa ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| - onko teillä ollut terveydellisiä ongelmia, jotka olisivat voineet aiheutua homeista tai pieneliöistä polttoaineessa? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

A. 4. Kuivatut metsäpolttoaineet

Jos käytätte kuivattua puupolttoaineita, osuus kaikesta polttoaineesta _____ %

Olisitteko itse kiinnostunut käyttämään kuivattua metsäpolttoaineita tai pilkkeitä?

ei

kyllä

jos vastasitte kyllä, pääsyy?: _____
 (esim. laitteiston toiminta, säilytystilan tarpeen väheneminen, polttotekniset asiat, tehon nosto jne.)

A. 5. Kiinnostus biopolttoaineiden kuivaukseen

	kyllä	ei
Olisitko halukkaita itse kuivaamaan puupolttoaineita?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Olisitko halukkaita investoimaan kuivuriin?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Olisitko halukkaita myymään lämpöä toisen investoimaan kuivuriin lämpökeskuksestanne?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Olisitko halukkaita investoimaan kuivuriin yhdessä useamman yrittäjän kanssa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Onko teillä kiinnostusta yleensä verkostoitumiseen? (esim. kuivauksen ja markkinoinnin tai terminaali jakelun osalta)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A. 6. Minkälaiseksi koette

- metsähakkeen ja pilkkeiden kysynnän nyt?
 - hyvä
 - välttävä
 - huono
- metsähakkeen ja pilkkeiden kysynnän tulevaisuudessa?
 - tulee lisääntymään
 - pysyy samana
 - vähenee
- keinokuivatun puupolttoaineen kysynnän nyt?
 - hyvä
 - välttävä
 - huono



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin

- keinokuivatun puupolttoaineen kysynnän tulevaisuudessa?

tulee lisääntymään

pysyy samana

vähenee

A. 7. Arvioi kuivatun polttoaineen arvonnousua, mitä itse olisitte valmis maksamaan kuivatusta polttoaineesta?

- olisin valmis maksamaan _____ % enemmän laadukkaasta kuivatusta biopolttoaineesta

Kiitos vastauksistanne! B-osio jatkuu tästä.

Lopussa on lisätietoa palkinnosta, joka arvotaan vastaajien kesken.



B. 2. Yritystoiminta

Päätoimi: rastita

- maatalous/metsätalous
- puutarhatalous
- lämpöyrittäjäyys
- muu toiminta:
 - o mikä? _____

Sivutoiminen yritystoiminta: rastita

- lämpöyrittäjäyys
- klapiyrittäjäyys/metsäpolttoaineiden myynti
- koneurakointi
- muu toiminta liittyen biopolttoainesiin:
 - o mikä? _____

B. 3. Biopolttoaineet

Tuotan metsäpolttoaineita tai pilkkeitä

	rastita	määrä	josta myyn
- polttopuita	<input type="checkbox"/>	___i-m ³	___i-m ³
- haketta	<input type="checkbox"/>	___i-m ³	___i-m ³
- muita biopolttoaineita	<input type="checkbox"/>	___i-m ³	___i-m ³

o mitä? _____

Kuvaile tuotantoketjunne _____


B. 4. Metsäpolttoaineen tai pilkkeen kuivaus:

- kuivaan hakkeen tai pilkkeen koneellisesti _____%
- o josta, kylmäilmakuivurilla _____%
- o lämminilmakuivurilla _____%
- luonnonkuivauksella _____%
- o tapa? _____
- ei kuivaa ollenkaan, myyn tuoreena _____%

a. Jos kuivaatte koneellisesti, kertokaa kuivuristanne ainakin seuraavat asiat

- o rakennusvuosi/ostovuosi _____
- o merkki ja malli _____
- o käytettävä polttoaine _____
- o teho _____
- o kuivausilman lämpötila _____
- o ilmantilavuusvirta _____ m³/h
- o vuotuinen käyttöaika _____ kk/vuosi
- o hankinta syy (viljankuivaukseen, hakkeenkuivaukseen jne.)

ei kyllä

- o kuivaus panoskuivausta
- jos vastasitte kyllä; panoskoko _____ m³
- panoksen kuivausaika _____ h



- o tyytyväisyys kuivuriin kuivattaessa metsäpolttoaineita tai pilkkeitä

rastita

- tyytyväinen, toimii hyvin
- melko tyytyväinen
- en ole tyytyväinen, kuivuri ei mielestäni sovi

kiinteiden biopolttoaineiden kuivaukseen
miksi?: _____

b. Jos kuivaatte luonnonkuivauksella, kerro

kyllä

ei

- olisiko koneelliselle kuivaukselle tarvetta
- oletteko harkinnut koneellista kuivausta
- mikä on suurin este koneelliselle kuivaukselle?:

B. 5. Kiinnostus biopolttoaineiden kuivaukseen

kyllä

ei

- Olisitteko halukkaita kuivaamaan puupolttoaineita, jos se osoittautuisi teknisesti mahdolliseksi?
- Olisitteko halukkaita myymään lämpöä toisen yrittäjän omistamaan kuivuriin lämpökeskuksestanne?
- Olisitteko halukkaita itse investoimaan kuivuriin?
- Olisitteko halukkaita investoimaan kuivuriin yhdessä useamman yrittäjän kanssa?
- Onko teillä kiinnostusta yleensä verkostoitumiseen (esim. kuivauksen ja markkinoinnin tai terminaali jakelun osalta)



B. 6. Liiketoiminnan työmenekit vuodessa

- metsäpolttoaineiden tai pilkkeiden tuottamiseen kuluva aika vuosittain _____ h/vuosi
- johtamistöihin ja markkinointiin kuluva aika vuosittain _____ h/vuosi
- lämpölaitosten hoitoon ja ylläpitoon kuluva aika vuosittain _____ h/vuosi
- polttoaineen kuivaamiseen ja sen järjestelyyn käytetty työaika _____ h/vuosi
- muihin puuenergiaan liittyvään työhön kuluva työaika _____ h/vuosi
- olisiko mahdollista kasvattaa työaikaa vai tarvetta vähentää?

voisin tehdä enemmän työtunteja

minun pitäisi vähentää työtunteja

B. 7. Minkälaiseksi koette

- metsähakkeen ja pilkkeiden menekin nyt?
 - hyvä
 - välttävä
 - huono
- metsähakkeen ja pilkkeiden menekin tulevaisuudessa?
 - tulee lisääntymään
 - pysyy samana
 - vähenee
- keinokuivatun biopolttoaineen kysynnän nyt?
 - hyvä
 - välttävä
 - huono



- keinokuivatun biopolttoaineen kysynnän tulevaisuudessa?

- tulee lisääntymään
- pysyy samana
- vähenee



Kiitos vastauksistasi! 14.7.2012 mennessä vastanneiden kesken arvotaan Rallipaketti, joka sisältää kahden hengen VIP-Kakaristo -liput, arvo 270€. VIP-pakettiin kuuluu katsomopaikat erikoiskokeille Ouninpohja 1 & 2 VIP-teltasta, runsas buffet ruokailu ja VIP-alueen palvelut kuten baari, terassi, tulospalvelu, saniteettitilat jne.

Kyselylomake pyydetään palauttamaan oheisessa vastauskuoressa (ei tarvitse postimerkkiä).

Haluan jatkossa saada tietoa lämpöyrittämiseen ja energiapuuhun liittyen

Olen kiinnostunut puupolttoainetoimintaympäristön verkostoitumisen kehittämisestä ja haluan saada jatkossa tietoa aiheesta

Kiittäen
Anniina Huovinen
Suomen metsäkeskus, Julkiset palvelut, Keski-Suomi
p. 050 436 6246
anniina.huovinen@metsakeskus.fi