

Anna Saarela

Bioenergiaa metsästä -oppimisympäristö

Opinnäytetyö

Kevät 2012

Maa- ja metsätalouden yksikkö

Metsätaloustuotannon koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Maa- ja metsätalouden yksikkö

Koulutusohjelma: Metsätalouden koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Metsätaloustuotannon koulutusohjelma

Tekijä: Anna Saarela

Työn nimi: Bioenergiaa metsästä -oppimisympäristö

Ohjaaja: Risto Lauhanen

Vuosi: 2012

Sivumäärä: 22

Liitteiden lukumäärä: 15

Bioenergiaa metsästä -oppimisympäristö koostuu Moodle-pohjalle tehdystä aineistosta sekä Tuomarniemen opetusmetsissä olevista maastorasteista. Työ toteutettiin harjoittelujaksolla Bioenergia-asiantuntijuuden kehittäminen työelämälähtöisesti -hankkeella kerätystä aineistosta.

Bioenergia-ala on merkittävästi kasvava ala, jonka merkitys korostuu tulevaisuuden energiaratkaisuista päätettäessä. Poliittinen ohjaus sekä fossiilisten polttoainien väheneminen lisäävät kiinnostusta uusiutuviin energianlähteisiin. Suomen olosuhteissa kannattavin uusiutuvan energian lähde on puuperäistä. Esimerkiksi energiapuun korjuusta hakkuun yhteydessä voi tulla merkittävä osa tulevaisuuden metsänkasvatusketjua.

Seinäjoen ammattikorkeakoulun maa- ja metsätalouden yksikössä on toteutettu vuodesta 2005 alkaen energia-alan tutkimus- ja kehittämishankkeita sekä järjestetty alan opetusta. Tavoitteena on ollut profiloitua oppilaitoksena bioenergia-alan osaamiseen. Opinnäytetyössä koostettiin kahdentoista aiheen paketti metsäenergiakohteista ja hankintaketjuista ”kannosta kattilaan”. Myös energiapuun korjuun ympäristö- ja ravinnekysymyksiä sisällytettiin työhön. Aiheita ovat: 1) Metsäenergiakohteen tunnistaminen, 2) pienpuun korjuu energiaksi, 3) ennakkoraivauksen merkitys nuoren metsän hoitokohteilla, 4) yhdistetty aines- ja energiapuun kasvatusta männiköissä, 5) arvio kertyvän energiapuun määrästä päätehakkuukohteella, 6) kantojen ja latvusmassan korjuu uudistusosalta, 7) energiapuun varastointi, 8) metsäenergian hankinnan korjuuketjut ja energiapuun mittaus, 9) lämpövoimala, 10) energiapuun korjuu ja metsien monimuotoisuus, 11) energiapuun korjuun vaikutus metsien ravinnetalouteen sekä 12) vesiensuojelu energiapuun korjuussa.

Opetusmateriaali on verkossa www.ep-energia.fi –sivustolla ja maastorastit löytyvät Tuomarniemen opetusmetsistä. Oppimisympäristön materiaalissa on pyritty tuomaan tutkimustuloksia esille mahdollisimman selkeästi ja tiivistetyssä muodossa.

Avainsanat: Bioenergia, metsäenergia, bioenergiaopetus, oppimisympäristö

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Agriculture and Forestry

Degree programme: Forestry

Specialisation: Forestry production

Author: Anna Saarela

Title of thesis: "Bioenergy from forests": a self-access course

Supervisor: Risto Lauhanen

Year: 2012

Number of pages: 22

Number of appendices: 15

The thesis "Bioenergy from forests" is a self-access course that consists of a Moodle based course with 12 sections about forest bioenergy. In addition there are info boards in Tuomarniemi's educational forest about different forest energy themes. The material for the thesis was collected during a practical training period in the "Advancing Bioenergy Knowledge in Working Life" – a project in Tuomarniemi. This thesis is a written report of my assignment in the project.

The use of bioenergy is growing rapidly. Political control and the decreasing availability of fossil fuels have increased the interest in renewable energy sources such as energy wood from forests. In Finland the most efficient way to increase the use of renewable energy is to use more wood-based energy. In the future it might be possible to integrate energy wood growing into traditional industrial wood growing.

At Seinäjoki University of Applied Sciences, The Faculty of Agriculture and Forestry has provided bioenergy studies since 2005 as well as research projects concerning bioenergy. This thesis "Bioenergy from forests: a self-access course" is to be used as a supplement to Tuomarniemi's bioenergy education program as well as to other parties interested in forest energy.

This thesis contains twelve sections concerning forest energy: 1) How to recognize a suitable area for harvesting energy wood. 2) The harvesting of small-scale fuel wood. 3) The significance of pre-clearing when harvesting small-scale fuel wood. 4) The integrated growing of industrial and energy wood in pine stands. 5) The estimated amount of forest residues for energy production in final felling's, 6) Harvesting stumps and slash in regeneration sites. 7) Energy wood storage. 8) The supply chains of forest energy and the measuring of energy wood. 9) Heating plants. 10) Biodiversity in energy wood harvesting. 11) Influences on nutrient content when harvesting energy wood. 12) Water conservation in energy wood harvesting.

The material of the self-access course is found in www.ep-energia.fi.

Keywords: Bioenergy, Forest energy, Bioenergy education, Self-access course

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract.....	2
SISÄLTÖ.....	3
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	4
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	5
1 JOHDANTO.....	6
2 TOIMINTAYMPÄRISTÖ.....	7
2.1 Metsäenergian käyttö Suomessa.....	7
2.2 Bioenergiaopetus ja TKI-toiminta Tuomarniemellä.....	8
2.3 Bioenergia-asiantuntijuuden kehittäminen työelämälähtöisesti –hanke.....	9
3 OPINNÄYTETYÖN SISÄLTÖ JA TAVOITTEET.....	11
4 OPPIMISYMPÄRISTÖT.....	12
4.1 Moodle-oppimisympäristö.....	12
4.2 Maastorastit.....	13
5 TYÖN TOTEUTTAMINEN.....	15
6 TULOKSET.....	16
7 POHDINTAA.....	17
LÄHTEET.....	20
LIITTEET.....	22

Kuvio- ja taulukkoluettelo

Kuvio 1. Metsähakkeen käyttö vuosina 2000-2010.

Kuvio 2. Bioenergia-asiantuntijuuden kehittäminen työelämälähtöisesti -hankkeella toteutetut kotisivut.

Kuvio 3. Oppimisympäristön virtuaalinen materiaali on Moodlessa.

Kuvio 4. Maastorasti "Ähtärin energiaosuuskunta" Tuomarniemen lämpölaitoksella.

Kuvio 5. Esimerkki Moodle -ympäristössä olevasta aihekokonaisuudesta.

Käytetyt termit ja lyhenteet

Ainespuu	Kaupalliset mitta- ja laatuvaatimukset täyttävä puutavara, jota käytetään saha- vaneri-, paperi- tai selluteollisuuden raaka-aineeksi
Hakkuutähde	Hakkuussa metsään jäävät puun oksat, latvukset sekä ainespuuksi kelpaamattomat pienpuut ja rungosta katkotut laho-osat
i-m³	Irtokuutiometri
k-m³, m³	Kiintokuutiometri
Kemera	Kestävän metsätalouden rahoituslaki
Kosteus-%	Veden osuus aineen kokonaismassasta; aineen suhteellinen kosteus
kWh	Kilowattitunti
MWh	Megawattitunti
Rinnankorkeuslpm	Rungon läpimitta 1,3 m:n korkeudella
Valtapituus	Sadan paksuimman puun pituuden keskiarvo/ ha

k	kilo 10 ³	1 000
M	mega 10 ⁶	1 000 000
G	giga 10 ⁹	1 000 000 000
T	tera 10 ¹²	1 000 000 000 000

1 JOHDANTO

Bioenergia-ala on voimakkaasti kasvava ala, jonka merkitys korostuu tulevaisuuden energiaratkaisuista päätettäessä. Poliittinen ohjaus sekä fossiilisten polttoainneiden väheneminen lisäävät kiinnostusta uusiutuviin energianlähteisiin. Suomen olosuhteissa kannattavin uusiutuvan energian lähde on puuperäistä. Bioenergia-alan koulutustarpeita on selvittänyt mm. Työtehoseura ry. Kehityspäällikkö Jouni Suoheimon (2011) mukaan bioenergia-alan työllistymispotentiaali on pääosin metsäenergiassa. Metsäalan koulutuksessa bioenergia-alalle räätälöidyt opintokokonaisuuudet korostuvat tulevaisuudessa. Tärkeää olisi lisätä koulutusorganisaatioiden ja muiden alan toimijoiden yhteistyötä sekä turvata opettajien pätevyys. Koulutuksen haasteiksi Suoheimo mainitsi mm. alan houkuttelevuuden ja vetovoimaisuuden sekä opiskelijoiden valmiudet työelämään.

Ähtärin Tuomarniemellä tarjotaan metsäalan koulutusta Koulutuskeskus Sedun toimipisteessä sekä SeAMK:n maa- ja metsätalouden yksikössä. Sedu antaa toisen asteen koulutusta ammattitutkintoa varten ja Seinäjoen ammattikorkeakoulussa Tuomarniemellä koulutetaan metsätalousinsinöörejä (AMK). Opiskelijat koostuvat nuorisoasteen sekä aikuiskoulutuksen tutkinnon suorittajista. Sekä toisen asteen että ammattikorkeakoulun puolella on mahdollisuus suorittaa bioenergiaan, lähinnä metsäenergiaan liittyviä opintoja.

2 TOIMINTAYMPÄRISTÖ

2.1 Metsäenergian käyttö Suomessa

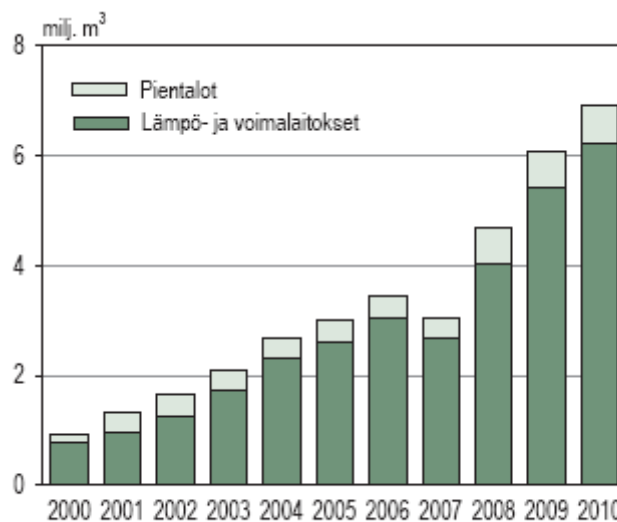
Euroopan unionin ilmasto- ja energiastrategian tavoitteiden mukaan Suomi on sitoutunut lisäämään uusiutuvan energian osuutta 28,5 %:sta 38 %:iin vuoteen 2020 mennessä. Tavoitteen saavuttaminen merkitsee energiatehokkuuden ja energiansäästön lisäksi voimakasta uusiutuvan energian käytön lisäämistä. Suurin lisäämistavoite kohdistuu metsäenergian tuotantoon, sillä Suomen olosuhteissa juuri puun energiakäytön lisääminen on helpoin keino saavuttaa tavoite. (Pekkarinen 2010; Äijälä, Kuusinen ja Koistinen 2010, 7) Kansallisessa metsäohjelmassa on asetettu tavoite lisätä metsähakkeen vuotuista käyttöä kahdeksaan miljoonaan kuutiometriin vuoteen 2015 mennessä (Helmisaari ym. 2009, 57; Laitila, Asikainen ja Anttila 2008, 6).

Metsäenergialla tarkoitetaan tässä kaikkea metsästä suoraan energiaksi korjattavaa puuta; latvuksia, oksia, runkopuuta sekä kantoja. Näin määritellen se voidaan erottaa muusta metsäteollisuuden energiaksi käyttämästä puuaineksesta, kuten kuorijätteestä tai mustalipeästä (ligniinistä). Energiapuuta kertyy yleensä normaalin ainespuukasvatuksen rinnalla tai se voi olla joissain harvoissa tapauksissa olla metsänkasvatuksen päätuote. (Äijälä ym. 2010, 10 – 17.)

Energiapuun korjaamisesta hakkuun yhteydessä saattaakin tulla merkittävä osa tulevaisuuden metsänkasvatusta. Metsähake luetaan kuuluvaksi hiilineutraaleihin polttoaineisiin, jonka lisäksi metsäenergian etuina voidaan pitää sen kotimaisuutta ja työllistävää vaikutusta. (Heikkilä ja Sirén 2005, 158- 159) Metsäenergia työllistää pääasiassa paikallisesti, sillä esimerkiksi hakkeen kuljettaminen pitkiä matkoja ei ole kannattavaa. Metsäenergian korjuun lisäksi ala vaikuttaa positiivisesti pienyritysjäyteen kannustamalla mm. lämpöyritysjäyteen.

Energiantuotannossa käytetyn metsähakkeen määrä lämpö- ja voimalaitoksissa on lisääntynyt huomattavasti. Käytetty hake on koostunut lähinnä latvusmassahakkeesta, eli latvusten lisäksi oksista ja lahovikaisesta runkopuusta sekä tyvi-

leikoista. Vuonna 2006 näiden osuus metsähakkeesta oli 64 prosenttia, hakkeen kokonaismäärän ollessa 3,5 milj. m³. Seuraavaksi eniten käytettiin nuorten metsien harvennuksilta saatua kokopuu- tai rankahaketta 21 prosentin osuudella. Kantotai juuripuun osuus metsähakkeen käytöstä oli 14 prosenttia vuonna 2006. (Lai-tila ym. 2008, 6-12; Ylitalo 2007) Vuonna 2010 pienpuujakeen osuus tuotetusta metsähakkeesta oli suurin. Hakkuutähteiden ja kantomurskan käyttö on kokonaismäärässä myös lisääntynyt. Vuonna 2010 käytettiin metsähaketta yhteensä 6,9 milj. m³. Määrä alkaa lähestyä kansallisessa metsäohjelmassa 2015 määritettyä vuotuista 8 milj. m³:n käyttötavoitetta (ks. kuvio 1). (Ylitalo 2011.)



Kuvio 1. Metsähakkeen käyttö vuosina 2000- 2010. (Ylitalo 2011.)

2.2 Bioenergiaopetus ja TKI -toiminta Tuomarniemellä

Seinäjoen ammattikorkeakoulun maa- ja metsätalouden yksikössä on toteutettu vuodesta 2005 alkaen energia-alan tutkimus- ja kehittämishankkeita sekä järjestetty alan opetusta (Lauhanen 2011). Tavoitteena on lisäksi profiloitua oppilaitoksena bioenergia-alan osaamiseen. Ähtärin yksikössä Tuomarniemellä on toteutettu mm. seuraavia hankkeita: Bioenergian tuotannon ja käytön kehittäminen (2006 - 2007) ja Kehittyvä metsäenergia (2008 - 2010). Parhaillaan käynnissä olevia hankkeita ovat Kestävä metsäenergia (2011 - 2013), Bioenergia-asiantuntijuuden kehittäminen työelämälähtöisesti (2010 - 2012), Etelä-Pohjanmaan Järvialueen Lähiener-

gia-hanke (2011 - 2012) sekä Etelä-Pohjanmaan Järviseudun järvisedimenttienergia-hanke (2011 - 2012). Menestyvä alueyrittäjä-hankkeella tarkastellaan mm. lämpöyrittäjyyden kannattavuutta. Energia-akatemia –hanke sekä ESSI -hanke toteutetaan Ilmajoella maatalouden yksikössä. Hankkeisiin voi tutustua tarkemmin Seinäjoen ammattikorkeakoulun tutkimus- ja kehittämistoiminnan sivuilla. (Tutkimus-, kehittämis- ja palvelutoiminta 2011.)

Bioenergia-alan opetusta on AMK:ssa tarjolla 20 opintopisteen kokonaisuus. Opetus koostuu neljästä viiden opintopisteen kurssista, joita voi suorittaa myös erikseen. Kurssit ovat Bioenergian tuotannon ja käytön perusteet, Metsäenergian hankinnan ja käytön perusteet, Metsäenergian tuotanto ja käyttö sekä Bioenergialiiketoiminta ja lämpöyrittäjyys. (Seinäjoen ammattikorkeakoulun opinto-opas 2011.)

Sedu tarjoaa Tuomarniemellä ammattikoulutusta sekä ammatillisina perustutkintoina että lisäkoulutuksena suoritettavina ammatti- ja erikoisammattitutkintoina. Koulutusta annetaan nuorisoasteella ja aikuiskoulutuksena. Opiskelu tapahtuu osin oppilaitoksessa, mutta etenkin aikuis- ja täydennyskoulutus yhä enemmän työpaikoilla ja verkko-oppimisympäristöissä (Ammattikoulutus 2011). Perustutkintoa varten Tuomarniemellä on mahdollisuus valita metsäenergian tuottajan opintolinja. Sedu aikuisopetuksessa toteutettiin ensimmäiset bioenergia-alan ammattitutkinnot vuonna 2011 (Humalamäki 2011).

2.3 Bioenergia-asiantuntijuuden kehittäminen työelämälähtöisesti – hanke

Opinnäytetyö perustuu syksyllä 2010 tehtyyn harjoitteluun Bioenergia-asiantuntijuuden kehittäminen työelämälähtöisesti - hankkeella. Kolmevuotisen (2010 - 2012) hankkeen tavoitteena on kehittää alan korkeakouluopetusta ja aktioida bioenergiasektorille lisää työvoimaa. Bioenergiaosaamisen lisäämiseen tähdätään yritysverkostojen ja koulutuksen välisellä vuorovaikutuksella. Hankkeella on koostettu mm. yrityslähtöinen asiantuntijaverkosto, jonka lisäksi alan toimijoille järjestetään opintotilaisuuksia ja -matkoja. (Sivula 2011.)

Eräänä keskeisenä tavoitteena on kehittää työelämälähtöinen oppimisympäristö alan toimijoille ja näin madaltaa työelämän ja korkeakouluopetuksen välistä kynnystä. Hankkeella välitetään bioenergia-alan tutkimustuloksia ns. kentälle.

Ep-energia.fi -sivusto on toteutettu osana hanketta (kuvio 2). Verkkoympäristö tarjoaa monipuolista tietoa bioenergiasta ja sivuston kautta on mahdollisuus toimia laajemmin esimerkiksi virtuaalisten kokoushuoneiden välityksellä. Hanketta rahoittavat Euroopan sosiaalirahasto (ESR) sekä valtio, hankkeen kohdekunnat ja Seinäjoen ammattikorkeakoulu. (Sivula 2011.)

The screenshot shows the homepage of ep-energia.fi. At the top, there is a green navigation bar with the site name and links for 'Etusivu' and 'Facebook'. Below this is a large banner image with the logo 'Etelä-Pohjanmaan Energia@' in yellow and blue. The main content area is divided into several sections:

- Päävalikko**: A list of navigation links including 'Etusivu', 'Tiedotteet', 'Mitä on bioenergia?', 'Hyvä tietää', 'Bioenergia-demolat', 'Koulutus', 'Hankkeet', 'Linkit', 'Bioenergia-asiantuntijusverkosto', 'Tapahtumakalenteri', and 'Bioenergia-verkostofoorum'.
- Käyttäjävälitko**: A section for user actions including 'Omat tiedot', 'Lähetä artikkeli', 'Lähetä linkki', and 'Kirjaudu ulos'.
- ETELÄ-POHJANMAAN ENERGIA**: A central section with a welcome message: 'Tervetuloa Etelä-Pohjanmaan energia ympäristöön' dated 07.07.2007 11:54. It describes the purpose of the environment and lists contact information for Anni Sivula and Tiina Ahtola.
- Kursstarjoonta**: A section for courses including 'Bioenergiäkehoitinta ja lämpöeristys', 'Energy from Wood', and 'Opintopolku: Metsäenergia'.
- Kysely**: A poll titled 'Käytätkö bioenergiaa?' with radio buttons for 'Kyllä' and 'Ei', and buttons for 'Äänestä' and 'Tulokset'.
- Kokoushuoneet**: A section for virtual meeting rooms with a dropdown menu for 'Huone' and 'Tuoteväylä'.

Kuvio 2. Bioenergia-asiantuntijuuden kehittäminen työelämälähtöisesti - hankkeella toteutetut kotisivut.

3 OPINNÄYTETYÖN SISÄLTÖ JA TAVOITTEET

Opinnäytetyö on muodoltaan produktio, joka koostuu kolmesta osiosta; Moodle-pohjalle rakennetusta metsäenergia-aiheisesta oppimisympäristöstä (12 aihepiiriä), opetusmetsissä olevista maastorasteista (5 kpl) sekä opinnäytetyön raportista. Raportin tarkoituksena on osoittaa tutkimustyön perusteiden sekä opinnäytetyöltä vaadittavan asiakirjarakenteen tuntemus.

Oppimisympäristön aiheet ovat valikoituneet kattamaan metsäenergia-alaa mahdollisimman monipuolisesti energiapuun hankinnasta lämpölaitokseen ja ympäristönsuojeluun. Aihepiiri on laaja ja tavoitteena oli saada kustakin aiheesta lyhyt ja selkeä esittely. Opiskelumateriaalin avulla aiheesta saa kokonaiskuvan ja lisää aiheesta – lähteiden avulla teemoihin voi tutustua syvällisemmin. Opiskeluympäristö toimiikin parhaimmillaan motivoivana yleiskatsauksena metsäenergia-aiheeseen ja haastaa opiskelijan hakemaan lisää tietoa teemoista.

Oppimisympäristön hyödynsaajina ovat esimerkiksi SeAMK:n ja Sedun opiskelijat. Tuomarniemen opetusmetsiin sijoitetut taulut ovat oppilaitoksen opettajien ja opiskelijoiden vapaasti käytettävissä. Maastorasteja voi hyödyntää joko osana Sedun ja SeAMK:n bioenergia-aiheisia kursseja tai käyttää omaehtoisina tutustumiskohteina Moodle-pohjaisen verkkomateriaalin tukena. Materiaali on vapaasti hyödynnettävissä Bioenergia-asiiantuntijuuden kehittäminen työelämälähtöisesti – hankkeen osatuotoksena, joten oppimisympäristöön pääsevät tutustumaan myös bioenergia-alan toimijat, kuten lämpö- tai korjuuyrittäjät, metsänomistajat sekä muut asiasta kiinnostuneet.

4 OPPIMISYMPÄRISTÖT

4.1 Moodle -oppimisympäristö

Opintopolun teoreettinen tausta rakennettiin Moodle -ympäristöön. Moodle -oppimisympäristö on avoimeen lähdekoodiin perustuva ohjelmisto, jonka avulla voidaan etäopiskella verkossa milloin itselle parhaiten sopii. Moodlella voi lukea kurssimateriaaleja, palauttaa tehtäviä ja olla yhteydessä muihin opiskelijoihin sekä opetushenkilökuntaan. Pedagogisesti Moodle perustuu sosiaaliseen oppimiskäsitukseen. (Moodle [viitattu 22.10.11].)

Moodlen kehittäjä on australialainen Martin Dougiam, joka osana tohtorinväitöstyötään kehitti verkkopohjaisen oppimisalustan. Nykyään Moodle -opintopohja on käytössä 212 maassa ja sen kehittämiseen osallistuu satoja ihmisiä eri puolilla maailmaa. (Moodle [viitattu 22.10.11].) Moodlea käytetään Suomessa useassa oppilaitoksessa peruskoulusta ja kansalaisopistoista ammattikorkeakouluihin ja yliopistoihin. Esimerkiksi Seinäjoen ammattikorkeakoulu käyttää LakeusMoodle -oppimisalustaa.




Oppimisympäristössä on 12 metsäenergiaan liittyvää aihepiiriä (ks. kuvio 3). Pdf-muotoisten dokumenttien lopussa on "Aiheesta lisää"- osio, jonka lähteissä on kerrottu syvemmin esitellystä aiheesta sekä kirjoituksen lähdeluettelo. Oppimisympäristön dokumentit ovat liitteissä 1 - 3, 5, 8, 10, 11 sekä 13 - 15.

Opintopolku: Metsäenergia

Koti ▶ Omat kurssini ▶ Opintopolku: Metsäenergia

Aiheen kuvaus



Tervetuloa metsäenergia-aiheiseen oppimisympäristöön!


Sivulta löydät tietoa energiapuun korjuun mahdollisuuksista sekä sen mahdollisista vaikutuksista metsäluontoon. Eri aihepiireistä löytyy pohdittavaa-osio, jonka tehtävien avulla pääset syventämään osaamiasi. Linkeistä pääset tutustumaan tarkemmin käsiteltyyn aiheeseen.

Oppimisympäristöön kuuluvat osana maastossa olevat rastit tehtävineen. Maastoon tarvitet mittausvälineet:

- relaskooppi
- hypsometri
- kaulain
- mittanauha
- 4 metrin mittakeppi

 Energiapuun korjuumahdollisuudet metsien eri kehitysvaiheissa
 Uutiset

1 **Metsäenergiakohteen tunnistaminen**



Kuvio 3. Oppimisympäristön virtuaalinen materiaali on Moodlessa.

4.2 Maastorastit

Tuomarniemen opetusmetsän pinta-ala on noin 830 hehtaaria ja se koostuu kolmesta eri tilasta Hankaveden ja Ouluveden kylissä. Opetusmetsä on Metsähallituksen omistuksessa, mutta sen hallinnoinnista ja käytöstä vastaa koulutuskuntayhtymä. Metsänhoidollisista toimenpiteistä sekä metsäsuunnittelusta vastaavat Sedun opettajat ja opetusmetsävastaavana toimii lehtori Seppo Sipilä.

Opastaulujen paikat on valittu niin, että kukin metsäkuvio on opastaulun aiheeseen sopiva. Pyrkimyksenä oli sijoittaa maastorastit kohtuullisen etäisyyden päähän toisistaan sekä niin, että ne ovat maastossa helposti havaittavia. Opastaulut ovat kooltaan A3 (297 x 420 mm) ja niissä on kerrottu lyhyesti aiheesta sekä annettu

mittaus- tai pohdintatehtäviä rastille. Maastorastien sijainnista on kartta Moodles-
sa.

Opastaulut teetettiin Painotalo Ideasi Oy:ssä Ähtärissä. Opastaulut ovat pohjama-
teriaaliltaan vaahtoPVC:tä, joka kestää hyvin säänvaihteluja (kuvio 4). A3-
kokoisen kyltin hinta oli 11 € kpl (+ alv. 23 %, yht. 13,53 €). Opetusmetsiin sekä
Tuomarniemen lämpölaitokselle sijoitettiin viisi kylttiä, joten opastaulujen hankinta-
kustannuksiksi tuli 67,65 €. Opastaulut kustansi Seinäjoen koulutuskuntayhtymä.
Tauluihin tarvittava puu saatiin Tuomarniemen sahalta ja kylttien lopullisen ko-
noonpanon teki Veikko Vuorenmaa. Opastaulujen mallit ovat liitteissä 4, 6, 7, 9 ja
12.



Kuvio 4. Maastorasti "Ähtärin energiaosuuskunta" Tuomarniemen lämpölaitoksella.
(Ks. liite 12).

5 TYÖN TOTEUTTAMINEN

Opinnäytetyön materiaali koostettiin Bioenergia-asiantuntijuuden kehittäminen työelämälähtöisesti -hankkeella tehdystä harjoittelusta. Työharjoittelu hankkeella kesti kaksi kuukautta, 23.8.- 31.10.2010. Kirjallinen raportti, maastokylttien viimeistely sekä opetusmetsiin vienti tehtiin syksyllä 2011.

Harjoitteluaikana hankkeella suunniteltiin ja toteutettiin metsäenergia-aiheinen verkkoympäristö sekä maastorastit Tuomarniemen opetusmetsiin. Verkkomateriaali löytyy Moodle -oppimisympäristöstä ep-energia.fi -verkkosivuston alta.

Kirjallisen materiaalin ja kuvien lisäksi sivustolle ladattiin videoita visualisoimaan aiheita. Videot olivat pääasiassa opetukseen tehtyjä, joten pelkästään virtuaaliympäristöön tutustumalla pääsee näkemään käytännön työtä. Esimerkiksi ”Pienpuun korjaaminen energiapuuksi”- sekä ”Metsäenergian hankinnan korjuuketjut ja energiapuun mittaus” -osioihin linkitettiin aiheeseen sopivat videot avoimesta YouTube -videosivustosta. Moodle-kurssin sivulle tehtiin kartta, jossa näkyy maastorastien sijainnit. Päästäkseen tutustumaan kaikkiin sovelluksen materiaaleihin, tulee käyttäjän rekisteröityä bioenergia-asiantuntijuusverkostoon (www.ep-energia.fi).

6 TULOKSET

Oppimisympäristön aiheita ovat (suluissa, jos aiheesta on myös maastorasti):

- Metsäenergiakohteen tunnistaminen
- Pienpuun korjuu energiaksi
- Ennakkoraivauksen merkitys nuoren metsän hoitokohteilla
- Yhdistetty aines- ja energiapuun kasvatusta männiköissä
- Arvio kertyvän energiapuun määrästä päätehakkuukohteella (maastorasti)
- Kantojen ja latvusmassan korjuu uudistusosalta (maastorastit kantojen korjuu uudistusosalta sekä latvusmassan korjuu uudistusosalta)
- Energiapuun varastointi (maastorasti)
- Metsäenergian hankinnan korjuuketjut ja energiapuun mittaus
- Lämpövoimala (maastorasti Ähtärin energiaosuuskunta)
- Energiapuun korjuu ja metsien monimuotoisuus
- Energiapuun korjuun vaikutus metsien ravinnetalouteen
- Vesiensuojelu energiapuun korjuussa





Kantojen ja latvusmassan korjuu uudistusosalta



Risutukissa on energiaa n. 1MWh



Kantohara. Kuvat J. Laurila

-  Kantojen ja latvusmassan korjuu uudistusaloilta
-  Työjäljen ja maanmuokkauksen laatu kannonostokohteilla (E.Ulander)
-  Maastorasti: Kantojen korjuu uudistusosalta
-  Maastorasti: Latvusmassan korjuu uudistusosalta

Kuva 5. Esimerkki Moodle -ympäristössä olevasta aihekokonaisuudesta.

7 POHDINTAA

Metsäenergia on aiheena laaja, joten opetusmateriaalin rajaaminen oli yksi työn haasteista. Tavoitteena oli esitellä metsäenergian hankintaketju ”kannosta kattiin”. Energiapuun korjuun ympäristövaikutukset ja ravinnekysymykset ovat olleet paljon esillä, joten aiheet sisällytettiin mukaan oppimisympäristöön. Maastorastien aiheet valikoituivat opetusmetsistä löytyneiden sopivien kohteiden perusteella. Rastit on painettu säänkestävälle pohjalle, joten niiden pitäisi säilyä käyttökelpoisina pidemmän aikaa. Taulujen rakenteen on hyvä olla kohtuullisen kevyt, jotta rastit olisivat helposti siirrettävissä uuteen paikkaan. Esimerkiksi kuviolla tehtävät metsänhoidolliset toimenpiteet sekä metsän kasvu muuttavat kohdetta, jolloin rastitehtävä kannattaa siirtää sopivammalle kohteelle tai muuten päivittää ajan tasalle.

Tuomarniemellä järjestetään runsaasti bioenergiaan liittyvää opetusta sekä ammatillisen oppilaitoksen että ammattikorkeakoulun puolella. Sedu tarjoaa lisäksi erilaisia lyhytkursseja ja ammattitutkintoja bioenergia-aiheeseen liittyen. Moodle -ympäristössä olevan kurssin sekä opetusmetsissä olevien infotaulujen toivoisi tukevan Tuomarniemen bioenergiaopetusta ja tuovan lisää aineistoa kursseille sekä maastoharjoituksiin. Hankkeen ep-energia.fi -sivustolla materiaaliin pääsee tutustumaan myös oppilaitoksen ulkopuoliset käyttäjät toisin kuin Lakeus-Moodlen kursseille, jotka on suunnattu ainoastaan oppilaitoksen omille opiskelijoille.

Bioenergia-asiantuntijuuden kehittäminen työelämälähtöisesti -hankkeella keskeisenä tavoitteena on kehittää työelämälähtöinen oppimisympäristö bioenergia-alan toimijoille ja näin välittää alan tutkimustuloksia kentälle esimerkiksi alan yrittäjille sekä metsänomistajille. Toivottavasti myös metsäenergian parissa toimivat tai siitä kiinnostuneet tahot löytäisivät kaikille avoimen ja maksuttoman Moodle -kurssin ja tutustuisivat siihen. Oppimisympäristössä on pyritty tuomaan tutkimustuloksia esille mahdollisimman selkeästi ja tiivistetyssä muodossa.

Jatkossa olisi mielenkiintoista saada palautetta metsäenergia-aiheisen opintokokonaisuuden käyttäjiltä. Palautteen saamiseksi voisi tehdä esimerkiksi kyselytut-

kimuksen, jonka perusteella mm. arvioitaisiin aiheiden kattavuutta sekä mahdollisia muita oppimisympäristöön lisättäviä teemoja. Pohdinta- ja mittaustehtävien mielekkyyttä olisi myös kiinnostavaa kysyä. Aiheita on mahdollista lisätä sekä Moodle -kurssipohjalle että opetusmetsiin uusina infotauluina. Mahdollisia lisättäviä teemoja voisi olla esimerkiksi energiapuun logistiikkaan liittyvät aiheet. Energiapuulle ominaista on massan pieneneminen kuivumisen myötä ja samalla puun lämpöarvo kasvaa kosteuspitoisuuden vähetessä. Aihe on tärkeä energiapuun kuljetuksen ja käytön kannattavuutta ajatellen. Uusien teemojen kehittämisen voisi toteuttaa esimerkiksi osana bioenergiakurssia.

Metsäenergia-ala on jatkuvan muutoksen alla esimerkiksi valtion tukipolitiikan vuoksi. Myös energiapuun keruuseen liittyvät ravinnetalouskysymykset kiinnostavat varsinkin metsänomistajia, ja aiheesta on edelleen melko vähän pitkäaikaisia tutkimustuloksia. Metsäenergian mittaukseen on valmisteilla laki, mutta nykyisin energiapuusta maksetaan sopimuksen mukaan joko tilavuuden (m^3), painon (t) tai energiasisällön (MWh) perusteella. Metsäenergia-alan muutoksien takia oppimisympäristö tarvitsee päivitystä sopivin väliajoin, jotta tieto pysyy ajantasaisena.

Työn tavoitteet toteutuivat oppimisympäristön osalta, joskin opinnäytetyön valmistumisen aikataulu venyi hieman suunnitellusta. Työn lopullinen muoto hahmottui harjoittelun kuluessa maastoradasta laajempaan oppimisympäristöön. Verkko-kurssi maastoradan tukena tuntui sopivalta ratkaisulta aiheen laajuus huomioon ottaen. Metsäenergian käytöllä on kovat lisäämistavoitteet, joten aihe on mielestäni myös erittäin ajankohtainen.

KIITOKSET

Opinnäytetyön aihe oli mielenkiintoinen ja sopivassa määrin haastava. Haluaisin kiittää ohjaavaa opettajaani Risto Lauhasta, joka on avustanut minua opinnäytetyöni eri vaiheissa. Kehittyvä metsäenergia- hankkeen tutkijat Jussi Laurila, Tiina Sauvula-Seppälä sekä Essi Ulander antoivat arvokkaita neuvoja ja kommentteja työhöni liittyen. Bioenergia-asiantuntijuuden kehittäminen työelämälähtöisesti- hankkeen projektipäällikkö Ari Sivula sekä projektisihteeri Tiina Ahtola autoivat verkkokurssin viemisessä Moodle -ympäristöön. Helena Sarvikas tarkisti työn kieliasun ja Euroopan sosiaalirahastosta sain harjoitteluajaksi palkkaa. Kaikille edellä mainituille työssäni avustaneille parhaimmat kiitokset.

LÄHTEET

- Ammattikoulutus 2011. [verkkosivusto]. Opetushallitus. [Viitattu 6.11.2011]. Saatavana: http://www.oph.fi/koulutus_ja_tutkinnot/ammattikoulutus
- Heikkilä, J. & Sirén, M. 2005. Energiapuu osaksi kasvatusketjua? Teoksessa: J. Hynynen, S. Valkonen & S. Rantala (toim.). Tuottava metsänkasvatus. Helsinki: Metsäntutkimuslaitos ja Metsäkustannus Oy. 158-159
- Helmisaari, H-S., Kukkola, M., Luiro, J., Saarsalmi, A., Smolander, A. & Tamminen, P. 2009. Hakkuutähteiden korjuu – muuttuuko typen saatavuus? [verkkojulkaisu]. Metsätieteen aikakauskirja 1/2009, 57- 62. [Viitattu 1.9.2010]. Saatavana: <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff09/ff091057.pdf>
- Humalamäki, H. 2011. Lehtori. Koulutuskeskus Sedu. Haastattelu 17.11.2011.
- Laitila, J., Asikainen, A & Anttila, P. 2008. Energiapuuvarat. Teoksessa Kuusinen, M., Ilvesniemi, H. (toim.) Energiapuun korjuun ympäristövaikutukset, tutkimusraportti. [verkkojulkaisu]. Tapion ja Metlan julkaisuja. [Viitattu 1.9.2010]. Saatavana: www.metsavastaa.net/energiapuu/raportti.
- Lauhanen, R. 2011. T&K- päällikkö. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Suullinen tiedonanto (ei päiväystä).
- Moodle (ei päiväystä). [verkkosivusto]. [Viitattu 1.10.2011]. Saatavana: <http://moodle.org/about/>
- Pekkarinen M. 2010. Kohti vähäpäästöistä Suomea. Uusiutuvan energian velvoitepaketti. [Ppt-esitys]. TEM tiedotteet 2010. [Viitattu 3.3.2011]. Saatavana: http://www.tem.fi/index.phtml?101881_m=98836&s=4265
- Seinäjoen ammattikorkeakoulun opinto-opas 2011. [verkkosivusto]. SeAMK. [Viitattu 18.11.2011]. Saatavana: <http://opsweb.seamk.fi/?code=METSATAL-2011>
- Sivula, A. 2011. Oppimisympäristö bioenergia-alan osaamisen kehittymisen tukena. Maataloustieteen Päivät, 10.- 11.1.2012. Helsinki. (painossa).
- Suoheimo, J. 2011. Kehityspäällikkö. Työtehoseura ry. Metsäenergia-alan kehitysnäkymiä. Esitelmä. Bioenergiapäivät 2011. 24.11.11. Helsinki.
- Tutkimus-, kehittämis- ja palvelutoiminta 2011. [Verkkosivusto]. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. [Viitattu 18.11.2011]. Saatavana:

[http://www.seamk.fi/Suomeksi/SeAMK_Info/Yksikot/SeAMK_Maa- ja_metsatalous/Tutkimus- ja_kehittamistoiminta.iw3](http://www.seamk.fi/Suomeksi/SeAMK_Info/Yksikot/SeAMK_Maa-ja_metsatalous/Tutkimus- ja_kehittamistoiminta.iw3)

Ylitalo, E. 2007. Puun energiakäyttö 2006. [Verkkajulkaisu]. Metsätilastotiedote 867. Metsäntutkimuslaitos. [Viitattu 7.12.2011]. Saatavana: <http://www.metla.fi/tiedotteet/metsatilastotiedotteet/2007/puupolttoaine2006.htm>

Ylitalo, E. 2011. Puun energiakäyttö 2010 [Verkkajulkaisu]. Metsätilastotiedote 16/2011. Metsäntutkimuslaitos. [Viitattu 7.12.2011]. Saatavana: <http://www.metla.fi/tiedotteet/metsatilastotiedotteet/2011/puupolttoaine2010.htm>

Äijälä, O., Kuusinen, M. & Koistinen, A. (toim.) 2010. Hyvän metsänhoidon suositukset energiapuun korjuuseen ja kasvatukseen. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja.

LIITTEET

1. Pienpuun korjuu energiaksi
2. Ennakkoraivauksen merkitys nuoren metsän hoitokohteilla
3. Yhdistetty aines- ja energiapuun kasvatusta männiköissä
4. Arvio kertyvän energiapuun määrästä päätehakkuukohteella- maastorasti
5. Kantojen ja latvusmassan korjuu uudistusosalta
6. Kantojen korjuu uudistusosalta- maastorasti
7. Latvusmassan korjuu uudistusosalta- maastorasti
8. Energiapuun varastointi
9. Energiapuun varastointi- maastorasti
10. Metsäenergian hankinnan korjuuketjut ja energiapuun mittaus
11. Lämpövoimala
12. Ähtärin energiaosuuskunta- maastorasti
13. Energiapuun korjuu ja metsien monimuotoisuus
14. Energiapuun korjuun vaikutus metsien ravinnetalouteen
15. Vesiensuojelu energiapuun korjuussa

Pienpuun korjuu energiaksi

Metsähakkeen tuotannon kokonaismäärästä noin 20-30 prosenttia tulee nuorten metsien energiapuuhakkuista. Tulevaisuuden metsäenergiakertymän saavuttamiseksi päätehakkuista ja kannonnostosta saatava metsäenergian määrä ei ole riittävä, vaan pienpuun energiakorjuuta tulisi lisätä.

Pienpuun energiakorjuuseen sopii kaikki varhaisissa harvennuksissa poistettava huonolaatuinen puu, joka on laatu- tai korjuuteknisistä syistä ainespuuksi sopimatonta. Yleensä energiapuuksi päätyy läpimitaltaan tai kertymältään riittämätön pienpuu.

Energiakäyttöön pienpuuta korjataan karsittuna rankana tai kokopuuna. Karsittua rankaa voidaan korjata kaikilta kasvupaikoilta. Kokopuukorjuuta ei suositella tehtäväksi kuusikoissa, kasvuhäiriöille alttiilla kohteilla ja kuivahkoa kangasta karummilla kasvupaikoilla. Jotta energiapuukorjuuseen saisi täydet Kemera-tuet, on sopivan hoitokohteen puuston täytettävä tietyt kriteerit (v. 2010). Jäljelle jäävän kasvatettavan puuston keskiläpimitan on oltava vähintään 8 cm ja alle 16 cm, valtapituuden havumetsässä alle 14 m ja lehtimetsässä alle 15 m. Runkoluvun tulee olla harvennuksen jälkeen männiköissä 800-1400 kpl, kuusikoissa 1100-1300 kpl, rauduskoivikoissa 700-1100 kpl ja hieskoivikoissa 1100-1400 kpl hehtaarilla. Nuoren metsän kunnostuskohteilla vähintään 4cm kantoläpimitaltaan olevia poistettavia puita tulisi olla yli 1000 runkoa/ha ja kertymän vähintään 20 m³/ha.



Pieniläpimittaisen kokopuun edut ja haitat

- + hyvälaatuinen hake
- + runsaasti hakkuukohteita
- + parantaa nuoren metsän hoidon tilaa ja kustannustehokkuutta
- + lisää alueellisesti työllisyyttä ja tuloja
- korkeat korjuukustannukset (Kemera-tuki)
- kohteiden löytämisen ja oston vaatima lisätyö

Pienpuun korjuu energiaksi



Karsinnan edut ja haitat

- + vähentää ravinnetappiota
- + edistää energiapuun kuivumista
- + tiiviimmät kuormat → alemmat kuljetuskustannukset
- + pienempi neulasten määrä → laadukkaampi hake
- + hakkuutähteitä voidaan käyttää suojaamaan juuristoa
- vähentää energiapuukertymää n. 20 %

Pohdittavaa:

Energiapienpuun toimitusketjujen kannattavuus-laskuri käsittelee tienvarsi- ja terminaalihaketusketjujen kannattavuutta pienpuuhakkeelle kosteusprosentin vaihdellessa. Kannattavuus lasketaan metsähakekuormakohtaisesti. Miten esimerkiksi Kemera-varojen energiapuun korjuutuki ja haketus-/murskaustuki vaikuttavat haketusketjujen kannattavuuteen metsänomistajan kannalta? Entä puupolttoaineesta maksettava hinta? Metsähakkeen hintakehityksen (eur/MWh) löydät täältä: (<http://www.puunhint.fi/tilastot.htm?graph=fi-small-main>). Vuonna 2010 hintatason vaihteluväli oli 19,3- 21,2 €/MWh.

Kokopuuhakkeen kustannuslaskentaohjelma voi vertailla koneellisen kaatokasauksen ja korjurilla korjuun kustannuksia eri leimikkotiedoilla. Miten toimitusketjujen kannattavuus vaihtelee eri menetelmillä? Esimerkiksi miten leimikon koko ja energiapuukertymä vaikuttavat kaatokasaus- ja korjurimenetelmien kannattavuuteen? Laskentaohjelmia löydät täältä: http://www.bioenergia.fi/default/www/etusivu/tietoa_bioenergiasta/erilaisia_laskureita/

Pienpuun korjuu energiaksi

Lähteet:

Saksa, T. 2008. Energiapuunkorjuu osana metsänhoitoa ja puuntuotantoa. Teoksessa: Kuusinen, M. & Ilvesniemi, H. (toim.). Energiapuun korjuun ympäristövaikutukset, tutkimusraportti. [Verkkodokumentti]. Tapion ja Metlan julkaisuja. [Viitattu 26.9.10]
Saatavana: www.metsavastaa.net/energiapuu/raportti.

Sauvula-Seppälä T. 2010. Energiapuu metsänkasvatusketjussa. [Ppt-esitys]

Aiheesta lisää:

Aines- ja energiapuun integroidun korjuun mahdollisuudet (ei päiväystä). [Videotallenne]. Metsäteho. Saatavana: <http://www.metsateho.fi/opetusvideot/opetusvideo?id=18448988&year=>

Laitila, J., Asikainen, A., Sikanen, L., Korhonen, K. T. & Nuutinen, Y. 2004. Pienpuuhakkeen kustannustekijät ja toimituslogistiikka. [Verkkodokumentti]. Metlan työraportteja 3. [Viitattu 26.9.10]. Saatavana: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2004/mwp003.htm>

Ennakkoraivauksen merkitys nuoren metsän hoitokohteilla

Energiapuukorjuu tehdään tyypillisesti hoitamattomilla nuoren metsän kohteilla. Ennakkoraivaus on yleensä tarpeen varsinkin silloin, kun korjuu tehdään koneellisena. Raivaus parantaa näkymää ja vähentää jäävälle puustolle aiheutuneita korjuuvaurioita. Alle 4 cm vahvuisten runkojen raivaus parantaa paitsi työn tuottavuutta myös korjatun energiapuun laatua, kun vähemmän epäpuhtauksia joutuu energiapuukuormaan. Näkemäraivauksessa korjattavien puiden tyveltä poistetaan alikasvospuut 0,5-1,0 metrin säteeltä ja lisäksi koko korjuualalta poistetaan kantoläpimitaltaan alle 4 cm puut.

Korjuu metsurityönä tai koneellisena

Energiapuuharvennus voidaan tehdä metsurityönä, jolloin työergonomiaa parantaa moottorisahaan lisättävät kaatokahvat. Kaatokahvojen avulla harvennus voidaan tehdä siirtelykaatona, jossa metsuri siirtää korjatut puut vapaalla kädellä suoraan kourakasoihin. Siirtelykaatomenetyksessä hakkuu aloitetaan ajouran keskiväliltä ja edetään kohti uran reunaa. Puut kasataan tyvet ajouraa kohti joko kohtisuoraan uraan nähden tai hieman viistoon. Kaatosahauksen jälkeen puuta ei päästetä kallistumaan, vaan rankaan tartutaan kahdella kädellä, jolloin pystyssä oleva runko on helppo siirtää sivusuunnassa kasaan.



Metsurityö soveltuu kun:

Valtapituus 6-10 m

Rinnankorkeusläpimitta 4-10 cm

Runkotilavuus < 4 < 20 l

Kertymä 10-20 m³ päivässä



Koneellinen korjuu soveltuu

kun:

Valtapituus 10-14 m

Rinnankorkeusläpimitta 8-16 cm

Runkotilavuus ≤ 20 l

Koneellisessa energiapuun korjuussa hakkuukoneeseen asennetaan kaato- ja kasauskoura, joka on useimmiten myös joukkokäsittelykoura. Koneellisen korjuun kannattavuuteen vaikuttaa puuston kertymä ja järeys ja se voidaan toteuttaa myös ns. integroituna korjuuna, jolloin erotellaan energia- ja ainespuu. Energiapuuta voidaan korjata koneellisesti myös korjurilla, jossa ajokone on varustettu joukkokäsittelykouralla. Korjurilla voidaan siten tehdä puunkorjuun molemmat päävaiheet, hakkuu ja lähikuljetus samalla ajokerralla.

Ennakkoraivauksen merkitys nuoren metsän hoitokohteilla

Lähteet:

Jylhä, P., Väättäinen, K., Rieppo, K. & Asikainen, A. 2006. Aines- ja energiapuun hakkuu ja lähikuljetus korjureilla. Kirjallisuuskatsaus. [Verkkodokumentti]. Metlan työraportteja 34. [Viitattu 3.10.2010]. Saatavana: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2006/mwp034.pdf>

Kärhä, K., Elo, J., Lahtinen, P. & Räsänen, T. 2009. Puupolttoaineiden saatavuus ja käyttö Suomessa 2020. [Verkkodokumentti]. Metsätehon tulosalvosarja 9/2009. [Viitattu 3.10.2010]. Saatavana: <http://www.metsateho.fi/tuloskalvosarja>

Aiheesta lisää:

Laurila, J. & Lauhanen, R. 2009. Ennakkoraivauksen merkitys nuoren metsän hoitokohteella. Teoksessa: Havimo, M. & Rasinmäki, J. (toim.). 2009. Kollokvioiden satoa - Tutkimuksia metsänarvioinnista, metsä- ja puuteknologiasta. Metsävarojen käytön laitoksen julkaisuja 45. Helsingin yliopisto.

Ojakoski, P. & Vesisenaho, T. 2009. Energiapuukorjuun vaikutus puuston kehitykseen nuoren metsän hoitokohteella Saarijärvellä 2004-2009. Bioenergiakeskuksen julkaisusarja nro 47. [Verkkodokumentti]. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, luonnonvarainstituutti. [Viitattu 3.10.2010]. Saatavana: <https://www.doria.fi/handle/10024/46768>

Tanttu, V., Ahtikoski, A. & Sirén, M. 2004. Korjuuvaihtoehtojen kannattavuus metsänomistajalle nuoren metsän harvennuksessa hankintakaupalla. [Verkkodokumentti]. Metsätieteen aikakauskirja 4/2004: 509–525. [Viitattu 3.10.2010]. Saatavana: www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff04/ff044509.pdf

Vesisenaho, T. & Tuikkanen, J. 2004. Nuoren metsän koneellisen puunkorjuun vaihtoehdot. Bioenergiakeskuksen julkaisusarja nro 7. [Verkkodokumentti]. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, luonnonvarainstituutti. [Viitattu 3.10.2010]. Saatavana: <https://www.doria.fi/handle/10024/43142>



Korjuu kokopuuna vai integroitu korjuu

Ainespuukertymä < 20 m³/ha kokopuu poistuman keskikoko alle 30 dm³ → kopuunkorjuu

Ainespuukertymä > 20 m³/ha kokopuupoistuman keskikoko yli 30 dm³ → integroitu korjuu

Yhdistetty aines- ja energiapuun kasvatusta männiköissä

Yhdistetyn kasvatuksen tavoitteena on hyvälaatuisen tukkipuun sekä kuitupuun kasvatuksen ohella tuottaa aiempaa enemmän energiapuuta. Männiköissä puun laatuun vaikuttaa merkittävästi oksikkuus. Oksien karsiutumiseen voidaan vaikuttaa riittävällä kasvatusstiheydellä, jolloin varjostus ja kilpailu resursseista vähentää puiden oksaisuutta. Suunnitelmallisesti tehtynä yhdistetyn kasvatuksen voidaan ajatella olevan metsämaan tuottokyvyn tehokasta hyödyntämistä.

Yhdistetty kasvatusta sopii ravinteisuudeltaan kuivahkoja ja tuoreita kankaita vastaaviin männiköihin. Taimikon tulisi olla riittävän tiheä, vähintään 3000 runkoa hehtaarilla. Sekapuuna voidaan kasvattaa mahdollisuuksien mukaan lehtipuustoa, kangasmailla suositaan rauduskoivua. Yhdistetyssä kasvatuksessa metsikköä kasvatetaan tiheämpänä kuin perinteisten kasvatustilanteiden suosituksissa. Vaihtoehto on harkinnan arvoinen silloin, kun pienpuuhake tulee omaan käyttöön tai lähitöillä on haketta käyttävä lämpölaite. Tiheämmästä kasvatuksesta voi olla hyötyä myös hirviturkin alueilla. Yhdistetty kasvatusta vaatii ainespuun kasvatusta enemmän paneutumista metsänhoitoon ja tarkkuutta toimenpiteiden ajoituksessa. Kasvatettavan puuston kiertoaika pitenee yhdistettyä kasvatustilannetta käytettäessä 5-10 vuodella, kun uudistamiskriteerinä pidetään samaa keskiläpimittaa kuin ainespuun kasvatuksessa.



Kasvatustilanne

Varhaishoito tehdään tarpeen mukaan kuten ainespuun kasvatuksessa.

Varsinainen taimikonhoito tehdään taimikon ollessa 3-5m pituinen. Kasvatukseen jätetään 3000-4000 (ainespuun kasvatustilanteissa 1800-2000) puuta hehtaarille. Kasvatukseen jätetään mahdollisimman paljon havupuuta, siemensyntyisiä lehtipuita voidaan jättää täydentävinä puina. Havupuille jätetään 1-1,5 m etumatka.

Energiapuuharvennus tehdään 8-14 (yleensä 10-13m) metrin valtapituudessa. Kasvatukseen jätetään 1000-1400 puuta hehtaarille. Harvennuksessa poistetaan valtaosa lehtipuista.

Yhdistetty aines- ja energiapuun kasvatusta männiköissä

Lähteet:

Matti Sirén 2009. Energiapuun kasvatusta osana ainespuun tuotantoa. Bioenergianeuvojien koulutus- ja neuvontapäivä 3.11.2009. [Ppt-esitys]. Metsäntutkimuslaitos. [Viitattu 9.9.2010]. Saatavana: http://www.motiva.fi/files/2623/Siren_x7-1257151997-Joensuu031109MS.pdf

Aiheesta lisää:

Karttunen, K. 2006. Energiapuuharvennus osana metsänkasvatusta ja ilmastonmuutoksen hillitsemistä. [Verkkodokumentti]. Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta Pro gradu-työ. Helsingin yliopisto. [Viitattu 9.9.2010]. Saatavana: <http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/maa/mekon/pg/karttunen/energiap.pdf>

Kasvatusemetsien integroidun aines- ja energiapuun korjuun puuntuotannolliset vaikutukset ja kannattavuus. [Verkkosivu]. Metla hanke 3473. [Viitattu 9.9.2010]. Saatavana: <http://www.metla.fi/hanke/3473/index.htm>

Arvio energiapuun kertymästä päätehakkuukohteella

Latvusmassaa voidaan korjata kuivahkoilta kankailta ja niitä viljavammilta kivennäismailta ja vastaavilta turvemailta. Runsaskivisiltä ja kallioisilta mailta latvusmassaa ei suositella korjattavaksi ravinnehävikin välttämiseksi. Boorinpuutoksesta kärsivissä kuusikoissa ravinnetasapaino tulisi korjata latvusmassan korjuun jälkeen terveyslannoituksella. Hakkuutähdekertymään vaikuttaa puulaji, puun määrä, puun järeys ja oksaisuus sekä runkopuun mahdollinen lahon määrä. Latvusmassaa korjataan pääasiassa kuusen uudistusaloilta, mutta tulevaisuudessa hakkuutähteen korjuu ulotetaan mahdollisesti myös reheville mäntykohteille. Keskimäärin kuusen uudishakkuualalta saadaan Etelä- ja Keski-Suomessa 200-250 m³/ha ainespuuta, jonka lisäksi hakkuutähdettä kertyy 70-110 m³. Kolmannes hakkuutähteestä jätetään korjaamatta eli talteen saadaan tuorekuutioina mitattuna keskimäärin 50-80 m³. Haketta tästä saadaan 125-200 i-m³. Kantojen korjuukohteiksi soveltuvat kuusivaltaiset kohteet joilla on suurehko pinta-ala ja järeä puusto. Kohde ei saa olla kivinen, kuljetusetäisyyksien pitää olla lyhyitä ja varastotilojen riittäviä.

Pohdittavaa:

Arvioi kohteen sopivuutta energiapuun korjuuseen. Rajoitteet perustuvat seuraavan puusukupolven kasvun mahdolliseen taantumiseen, ravinnehäiriöihin tai kohteen suojeltaisiin ominaispiirteisiin.



Muuntokertoimia

- k-m³ → 2,5 i-m³

- k-m³ → 2,0 MWh

Mittaa kohteelta kertyvän ainespuun määrä ja sen perusteella latvus- ja kantobiomassan kertymä. Leimikolta kertyvän kantobiomassan määräksi oletetaan 28 % ainespuun määrästä ja hakkuutähteen kertymäksi 20 % ainespuun määrästä. Muunna kiintokuutiot (k-m³) irtokuutioiksi (i-m³) ja tilavuusyksiköt megawattitunneiksi (MWh).



Seinäjoen ammattikorkeakoulu
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus



Euroopan unioni
Euroopan sosiaalirahasto

Kantojen ja latvusmassan korjuu uudistusosalta

Kantojen korjuu

PäätehakkUILTA korjataan energiapuuksi oksat, latvukset sekä runkopuusta ainespuuksi kelpaamattomat hukkapuuosuudet ja lahot tyveykset sekä mahdollisesti kannot. Sekä kantojen että latvusmassan korjuuseen sopivat kuivahkot kankaat ja niitä viljavimmat turve- ja kivennäismaat. Juurikäävän saastuttamien alojen kantojen korjuulla voidaan ehkäistä taudin leviämistä.

Kuusella on pintajuuret, jotka jättävät matalan nostokuopan ja kuusen kannot ovat muiden puulajien kantoja teknisesti helpommin nostettavissa. Noin vuodessa päätehakkuun jälkeen kannon hienoituureet ovat lahonneet niin, että ne on helpompi irrottaa maasta kantoharalla. Hienojakoisilla mailla kantoja tulee jättää vähintään 50 kappaletta hehtaarille, muilla mailla säästökantoja jätetään 25 kpl/ha. Säästökannoiksi valitaan mahdollisuuksien mukaan monipuolisesti eri puulajien kantoja ja ne jätetään hajanaisesti alalle. Aiempien hakkuiden kannot ja kaikki alle 15 cm kannot jätetään nostamatta. Kannonnostosta ei saisi jäädä yli 25 cm syviä kuoppia ja kaikki yli 30 cm syvät kuopat tasoitetaan.

Kannonnoston jälkeen metsän uudistamisen kannalta oikeasta maanpinnan käsittelystä on huolehdittava erikseen. Kannonnostoalueilla tulisi edelleen kiinnittää huomiota laadukkaitten istutusmättäiden riittävyyteen.



Kantojen noston edut ja haitat

- + pienentyneet maanmuokkaukuskustannukset
- + vähentää juurikäävän leviämisen riskiä
- + - lisääntynyt luontaisten taimien määrä uudistusosalalla
- runsas kivennäismaan paljastuminen voi aiheuttaa ravinteiden ja kiintoaineksen vähenemistä kasvupaikalla ja huuhtoutumista vesistöihin
- humuskerroksen väheneminen kaventaa maaperäeliöstön elintilaa
- vähentää järeän lahoppuun määrää

Kantojen ja latvusmassan korjuu uudistusalalta

Kantojen varastointi palstalla ja välivarastossa

Noston jälkeen kannot halkaistaan ja jätetään palstalle kuivumaan pieniin kasoihin noin viikosta kuukauteen. Palstakuivatuksen jälkeen kannot siirretään tien viereen välivarastoon. Hyvin koottu kasa on tarpeeksi korkea, kuitenkin maksimissaan 5 m ja sen seinät ovat lähes pystysuorat vesisateiden ja lumihaittojen ehkäisemiseksi. Ojan päälle sijoitetun kasan kuormaaminen hankaloituu ja kuormaustähteet tukkivat helposti ojan.

Latvusmassan korjuu ja varastointi

Kantojen nostoa palstalla edeltää hakkuutähteen poisto. Kuusella latvusmassan määrä on mäntyyn ja lehtipuihin verrattuna kaksinkertainen, joten hakkuutähdehaketta tuotetaan nimenomaan kuusikoiden päätehakkuilta. Ainespuuta Etelä- ja Keski-Suomen päätehakkuukuusikoista kertyy keskimäärin 200 – 250 m³ / ha. Hakkuutähdettä tästä tulee noin 70-110 m³/ha, josta talteen saadaan 50-80 m³ tuorekuutiota. Haketta määrästä tulee noin 125 - 200 i-m³, jonka energiasisältö on 100-160 MWh.

Vaikka latvusmassaa on harvennusemetsissä suhteellisesti enemmän kuin pääteleimikoissa, ovat päätehakkuut latvusmassan korjuuseen parempia kohteita. Pääteleimikoissa runkopuun hakkuupoistuma on moninkertainen, jolloin latvusmassaa kertyy harvennushakkuisiin verrattuna määrällisesti enemmän. Päätehakkuissa ei jää pystypuita, joille aiheutuisi korjuuvaurioita eivätkä ne jää haittaamaan työskentelyä.

Latvusmassan korjuu parantaa kaivinkoneella tehtävän laikutuksen ja mätästyksen tuottavuutta 15 - 20 %. Myös koneellisen istutuksen tuottavuus paranee hakkuutähteestä korjatuilla kohteilla lähes 20 %. Manuaalisen istutustyön tuottavuuteen latvusmassan poistolla ei ole juuri vaikutusta. Taimien kehitykseen latvusmassan korjuulla ja kantojen poistolla on tutkimusten mukaan positiivisia vaikutuksia; luontainen taimettuminen on runsaampaa ja istutustaimien elossa olo 5-10 vuoden seurantajaksolla hyvä.

Latvustähde tulisi varastoida mahdollisimman kuivalle, tasaiselle ja avoimelle paikalle. Kasan alle ei saa jäädä myöhempää haketusta haittaavaa irtokiveä tai alikasvospuita. Latvuksia ei tule kerätä palstalta niin tarkkaan, että maa-aineksia kulkeutuu haketettavan aineksen mukaan. Myöskään maan vahvistamiseen käytettyjä latvuksia ei kerätä niiden epäpuhtauksien takia energiapuiksi.

Kantojen ja latvusmassan korjuu uudistusalalta



Latvusmassan korjuun edut ja haitat

- + helpottaa maanmuokkausta ja viljelytöitä
- + edistää täystiheän taimikon syntymistä kuusella ja rauduskoivulla
- + vähentää ravinteiden huuhtoutumista vesistöihin
- vähentää etenkin kuusikoissa ravinteiden määrää
- vähentää lahopuun määrää



Kantojen ja hakkuutähteen energiapotentiaali

Kantopuun osuus runkopuun tilavuudesta n. 25 %

Hakkuutähteen osuus runkopuun tilavuudesta n. 25 %

Puun energiasisältö keskimäärin 2 MWh/m³

Kannoista n. 200 MWh/ha

I risutukissa energiaa n. 1 MWh

Hehtaarilta saadaan keskimäärin 100 risutukkia

Pohdittavaa:

Taloudellisesti kannattavan hakkuutähdekohteen ominaisuudet ja vaatimukset?

Laske eri leimikkotietojen perusteella hakkuutähdehakkeen käyttöpaikkakustannukset. Esimerkiksi miten ainespuukertymä, metsä- tai kaukokuljetusmatka vaikuttavat eri menetelmien käyttöpaikkahintaan. Laskurin löydät täältä: http://www.bioenergia.fi/default/www/etusivu/tietoa_bioenergiasta/erilaisia_laskureita/

Kantojen ja latvusmassan korjuu uudistusalalta

Pohdittavaa:

Laske eri leimikkotietojen perusteella kantomurskeen tuotantokustannukset. Laskurin löydät täältä:

http://www.bioenergia.fi/default/www/etusivu/tietoa_bioenergiasta/erilaisia_laskureita/

Lähteet:

Äijälä, O., Kuusinen, M. & Koistinen, A. (toim.) 2010. Hyvän metsänhoidon suositukset energiapuun korjuuseen ja kasvatukseen. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja.

Aiheesta lisää:

Hakkuutähdehake (ei päiväystä). [Verkkosivusto]. PkAMK. [Viitattu 28.10.10]. Saatavana: <http://www.pkamk.fi/bioenergia/hakkuutahdehake/1/1.htm>

Laitila, J. 2010. Kantojen korjuun tuottavuus. [Verkkodokumentti]. Metlan työraportteja 150. [Viitattu 28.10.10]. Saatavana: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2010/mwp150.pdf>

Laitila, J. & Ranta, T. (ei päiväystä). Hakkuutähdehakkeen kustannuslaskentaohjelma. [Verkkosivu]. Metsäntutkimuslaitos. [Viitattu 28.10.10]. Saatavana: http://www.bioenergia.fi/default/www/etusivu/tietoa_bioenergiasta/erilaisia_laskureita/

Laitila, J. 2007. Kantomurskeen tuotantokustannusten laskentaohjelma. [Verkkosivu]. Metsäntutkimuslaitos. [Viitattu 28.10.10]. Saatavana:

http://www.bioenergia.fi/default/www/etusivu/tietoa_bioenergiasta/erilaisia_laskureita/

Rönkkö, R. & Ulander, E. 2010. Työjäljen ja maanmuokkauksen laatu kannonnostokoh-teilla. BioEnergia. Nro: 1/2010. S. 30-31.

Kantojen ja latvusmassan korjuu uudistusosalta

Kantojen korjuu

PäätehakkUILta korjataan energiapuiksi oksat, latvukset sekä runkopuusta ainespuuksi kelpaamattomat hukkapuusuudet ja lahot tyveykset sekä mahdollisesti kannot. Sekä kantojen että latvusmassan korjuuseen sopivat kuivahkot kankaat ja niitä viljavammat turve- ja kivennäismaat. Juurikäävän saastuttamien alojen kantojen korjuulla voidaan ehkäistä taudin leviämistä.

Kuusella on pintajuuret, jotka jättävät matalan nostokuopan ja kuusen kannot ovat muiden puulajien kantoja teknisesti helpommin nostettavissa. Hienojakoisilla mailla kantoja tulee jättää 50 kappaletta hehtaarille, muilla mailla säästökantoja jätetään 25 kpl/ha. Säästökannoiksi valitaan mahdollisuuksien mukaan monipuolisesti eri puulajien kantoja ja ne jätetään hajanaisesti alalle. Aiempien hakkuiden kannot ja kaikki alle 15 cm kannot jätetään nostamatta. Kannonnostosta ei saisi jäädä yli 25 cm syviä kuoppia ja yli 30 cm syvät kuopat tasoitetaan. Kantojen mukana noussut maa ravistetaan kantokuoppaan ja kivennäismaan varistamista ehjän kunnan päälle vältetään. Kannonnostossa tulisi pyrkiä paljastamaan mahdollisimman vähän kivennäis- tai turvemaata.

Kannonnoston jälkeen metsän uudistamisen kannalta oikeasta maanpinnan käsittelystä on huolehdittava erikseen. Kannonnostoalueilla tulisi edelleen kiinnittää huomiota laadukkaitten istutusmättäiden riittävyyteen.



Kantojen noston edut ja haitat

- + pienentyneet maanmuokkaukuskustannukset
- + vähentää juurikäävän leviämisen riskiä
- +lisääntynyt luontaisten taimien määrä uudistus-
alalla
- runsas kivennäismaan paljastuminen voi aiheuttaa ravinteiden ja kiintoaineksen vähenemistä kasvupaikalla ja huuhtoutumista vesistöihin
- humuskerroksen väheneminen kaventaa maaperäeliöstön elintilaa
- vähentää järeän lahopuun määrää



Kantojen energiapotentiaali

Kantopuun osuus runkopuun tilavuudesta n. 25%

Latvusmassan osuus runkopuun tilavuudesta 25%

Puun energiasisältö keskimäärin 2 MWh/m³



Kantojen ja latvusmassan korjuu uudistusosalta

Latvusmassan korjuu

Kantojen nostoa palstalla edeltää hakkuutähteen poisto. Kuusella latvusmassan määrä on mäntyyn ja lehtipuihin verrattuna kaksinkertainen, joten hakkuutähdihaketta tuotetaan nimenomaan kuusikoiden päätehakkuilta.

Päätehakkuukuusikoissa latvusmassan tilavuus on noin 25 % runkopuun osuudesta, mutta koska oksapuu on runkopuuta tiheämpää, on sen osuus kuivapainossa suurempi kuin vastaavan tilavuuden omaavalla runkopuulla. Vaikka latvusmassaa on harvennusemetsissä suhteellisesti enemmän kuin pääteleimikoissa, ovat päätehakkuut latvusmassan korjuuseen parempia kohteita. Pääteleimikoissa runkopuun hakkuupoistuma on moninkertainen, jolloin latvusmassaa kertyy harvennushakkuisiin verrattuna määrällisesti enemmän. Päätehakkuissa ei jää pystypuita, joille aiheutuisi korjuuvaurioita eivätkä ne jää haittaamaan työskentelyä.



Latvusmassan korjuun edut ja haitat

- + helpottaa maanmuokkausta ja viljelytyötä
- + edistää täystiheän taimikon syntymistä kuusella ja rauduskoivulla
- + vähentää ravinteiden huuhtoutumista
- vähentää etenkin kuusikoissa ravinteiden määrää
- vähentää lahopuun määrää

Latvusmassan varastointi

Latvustähde tulisi varastoida mahdollisimman kuivalle, tasaiselle ja avoimelle paikalle. Kasan alle ei saa jäädä myöhempää haketusta haittaavaa irtokiveä tai alikasvospuita. Latvuksia ei tule kerätä palstalta niin tarkkaan, että maa-aineksia kulkeutuu haketettavan aineksen mukaan. Myöskään maan vahvistamiseen käytettyjä latvuksia ei kerätä niiden epäpuhtauksien takia energiapuuksi.

Kantojen varastointi palstalla ja välivarastossa

Noston jälkeen kannot halkaistaan ja jätetään palstalle kuivumaan pieniin kasoihin noin viikosta kuukauteen. Palstakuivatuksen jälkeen kannot siirretään tien viereen välivarastoon. Hyvin koottu kasa on tarpeeksi korkea, kuitenkin maksimissaan 5 m ja sen seinät ovat lähes pystysuorat vesisateiden ja lumihaittojen ehkäisemiseksi. Ojan päälle sijoitetun kasan kuormaaminen hankaloituu ja kuormaustähteet tukkivat helposti ojan.

Pohdittavaa:

Kuviolle on tehty päätehakkuu ja kantojen nosto kesällä 2010. Arvioi alueen pinta-ala. Puuston määrä päätehakkuussa oli 390m³/ha. Arvioi, kuinka paljon energiaa megawattitunteina (MWh) alueen kannoista ja hakkuutähteestä saatiin?

Paljonko hakkuukohteelle on jätetty kantoja hehtaarille? Onko määrä riittävä? Arvioi myös muita ympäristövaikutuksia. Millaisia ovat jättopuuryhmät edustavuudeltaan, onko alalle jätetty lahopuuta, ovatko suojakaistat näiden ympärillä riittäviä?

Mikä on seuraava kuviolla tehtävä toimenpide?

Energiapuun varastointi

Välivaraston teossa huomioitavaa

Pienpuu kuivuu hyvin välivarastossa kesäaikana. Avoimelle paikalle tehdyn varastokasan kosteus alenee alle 40 %:iin jo yhden kuivan kesän aikana. Tärkein kuivumiseen vaikuttava tekijä on varastopaikka aluspuineen.

Välivarasto tulisi tehdä avoimelle paikalle. Hyvä varastopaikka on kantavalla paikalla, kuivapohjainen, muuta ympäristöä korkeammalla, tuulinen ja mielellään etelään päin suuntautuva, jotta kuivuminen olisi tehokkainta. Varastokasan tulisi olla korkea ja ilmavasti pinottu, jotta se säilyttäisi kuivumista edistävän muodon koko varastoinnin ajan. Varastokasa sijoitetaan tien varrelle enintään 5 metrin päähän ajotien reunasta niin, että kasa on hakkurin kuormaimen ulottuvilla.

Reilujen aluspuiden ansiosta ilma pääsee kiertämään varaston alta. Kasan tulisi olla selvästi irti maasta. Järeästä myyntiin kelpaamattomasta haavasta tai lepästä saa koottua hyvän perustan, mutta järeän puun puutteessa myös energiapuun kouranippuja voidaan käyttää aluspuina. Ojien päälle tehtyjen varastokasojen heikkoutena on alapuolisen tuen puuttuminen, jolloin alimmat puut voivat taipuessaan katketa. Tukipuiden katkeaminen vaikuttaa koko pinon ryhtiin ja katkenneet hukkapuut myös tukkivat helposti ojia.

Ryhdykkään pinon aikaansaamiseksi varastoa tulee kasata koko matkalta hieman etunojaan. Varaston päällimmäinen kerros muodostaa kastumiselta suojaavan lipan, jonka tulisi olla 0,5- 1 m ulompana ja vähintään puolen metrin paksuinen. Lipalla estetään alempien rankojen päiden kastuminen ja veden valuminen varaston sisään.

Haketus tapahtuu yleensä talviaikaan, jolloin lämmitystarve on suurin. Metsätietä auki auratessa tulisi varoa, ettei lunta linkoudu energiapuukasaan. Lumen mukana polttoon joutuu epäpuhtauksia, jotka haittaavat haketusta. Lumi myös kastelee pinon, jolloin haketetun puun lämpöarvo pienenee.

Varastokasan peittäminen

Varaston peittämisellä estetään veden pääsy varastopinoon. Etenkin talvella haketettavat pinot voivat jäätä niin, ettei puun haketus onnistu. Peitepaperin, ns. tervapaperin etuna on, että se voidaan hakettaa yhdessä puun kanssa.

Energiapuun varastointi

Muovista katetta ei suositella käytettäväksi, sillä se rikkoutuu helposti pakkasessa ja muovia voi kulkeutua hakkeen mukana poltettavaksi. Pressu voi olla vaihtoehto rangasta kotoille kasoille varsinkin, jos varastoa ei käsitellä pakkasaikana. Pienpuiden varastokasojen peittämisellä saadaan noin 6 prosenttiyksikköä kuivempaa polttohaketta, hakkuutähdekasojen peittämisellä päästään jopa 10-15 prosenttiyksikköä kuivempaan hakkeeseen.

Lähteet:

Hillebrand, K. (toim.) 2004. Metsähakkeen tuotannon kehittäminen nuorista metsistä- osaprojektien loppuraportit. VTT prosessit.

Lepistö, T. (toim.) 2010. Laatuhaakkeen tuotanto-opas. 2. painos. Metsäkeskukset. Vammalan kirjapaino, Sastamala 2010.

Aiheesta lisää:

Hillebrand, K. 2009. Energiapuun kuivaus ja varastointi- yhteenveto aikaisemmin tehdyistä tutkimuksista. [Verkkodokumentti]. Tutkimusraportti VTT. [Viitattu 26.10.10]. Saatavana: http://www.metsakeskus.fi/NR/rdonlyres/11EEFDF5-7781-46C2-AB8A-7590DBA68967/0/Raportti_Energiapuun_kuivaus_ja_varastointi.pdf

Energiapuun varastointi

Välivaraston teossa huomioitavaa

Pienpuu kuivuu hyvin välivarastossa kesäaikana. Avoimelle paikalle tehdyn varastokasan kosteus alenee alle 40 %:iin jo yhden kesän aikana. Tärkein kuivumiseen vaikuttava tekijä on varastopaikka aluspuineen.

Välivarasto tulisi tehdä avoimelle paikalle. Hyvä varastopaikka on kantavalla paikalla, kuivapohjainen, muuta ympäristöä korkeampi, tuulinen ja mielellään etelään päin suuntautuva, jotta kuivuminen olisi tehokkainta. Varastokasan tulisi olla korkea ja ilmavasti pinottu, jotta se säilyttäisi kuivumista edistävän muodon koko varastoinnin ajan.

Reilujen aluspuiden ansiosta ilma pääsee kiertämään varaston alta. Ojien päälle tehtyjen varastokasojen heikkoutena on alapuolisen tuen puuttuminen, jolloin alimmat puut voivat taipuessaan katketa. Tukipuiden katkeaminen vaikuttaa koko pinon ryhtiin ja katkenneet hukkapuut myös tukkivat helposti ojia.



Ryhdykkään pinon aikaansaamiseksi varastoa tulee kasata koko matkalta hieman etunojaan. Varaston päällimmäinen kerros muodostaa kastumiselta suojaavan lipan, jonka tulisi olla 0,5- 1m ulompana ja vähintään puolen metrin paksuinen. Lipalla estetään alempien rankojen päiden kastuminen ja veden valuminen varaston sisään.

Varastokasan peittäminen

Varaston peittämisellä estetään veden pääsy varastopinoon. Etenkin talvella haketettavat pinot voivat jäätyä niin, ettei puun haketus onnistu. Peitepaperin, ns. tervapaperin etuna on, että se voidaan haketta yhdessä puun kanssa. Muovista katetta ei suositella käytettäväksi, sillä se rikkoutuu helposti pakkasessa ja muovia voi kulkeutua hakkeen mukana poltettavaksi. Pressu voi olla vaihtoehto rangasta kootuille kasoille varsinkin jos varastoa ei käsitellä pakkasaikana. Pienpuiden varastokasojen peittämisellä saadaan noin 6 prosenttiyksikköä kuivempaa polttohaketta, hakkuutähdekasojen peittämisellä päästään jopa 10-15 prosenttiyksikköä kuivempaan hakkeeseen.



Metsäenergian hankinnan korjuuketjut ja energiapuun mitta

Korjuuketjut

Energiapuun hankintakustannuksista noin puolet muodostuu korjuusta. Kokopuuna korjatun energiapuun kuljetuskustannukset ovat korkeammat kuin rankapuun, koska rankapuukuormista saadaan kokopuukuormia tiiviimpiä. Metsähaketta ei kannata kuljettaa kovin pitkiä matkoja, koska hakepuun energiatiheys tilavuusyksikköä kohden on pieni. Kannattavinta energiapuun käyttö onkin paikallisena polttoaineena.

Energiapuun korjuuketjuun kuuluu metsäpäässä hakkuu ja hakkuutähteen sekä kantojen korjuu, metsäkuljetus, haketus ja kaukokuljetus polttolaitokselle. Energiapuun kilpailukykyisyys vaatii tehokasta ja toimivaa korjuuketjua. Puupolttoaine voidaan hakettaa tien varressa (välivarastohaketus), terminaalissa tai polttolaitoksella (käyttöpaikkahaketus). Vuosituhannen vaihteessa energiapuuta haketettiin jonkun verran myös hakkuualoilla (palstahaketus).

Välivarastohaketus on yleisin Suomessa käytettävä haketustapa, esimerkiksi lähes kaikki pienpuu haketetaan tienvarressa. Tienvarsihaketusketjussa energijakeet haketetaan joko erillisellä hakkurilla tai integroidulla hakkuri-hakeautolla, jolla tapahtuu myös hakkeen kaukokuljetus. Ennen haketusta puu kuivataan metsässä ja varastopaikalla. Metsäkuljetus ja haketus eivät ole ajallisesti toisiinsa sidottuja ja menetelmä mahdollistaa suuretkin työmaat. Varastopaikan tulisi olla riittävän tilava, jotta hakkuriyksikkö ja kaukokuljetuskalusto mahtuvat haketuspaikalle.

Terminaalihaketuksessa metsähakeraaka-aine kuljetetaan terminaaliin, jossa se haketetaan tai murskataan. Terminaalista hake kuljetetaan käyttöpaikkaan kuorma-autolla, junalla tai laivalla. Pienpuusta haketetaan terminaaleissa vajaa kymmenesosa, hakkuutähteestä hieman yli kymmenen prosenttia kulkee terminaalihaketuksen kautta. Kantojen murskauksessa terminaalit ovat kasvattaneet suosiotaan käyttöpaikkahaketuksen kustannuksella.

Käyttöpaikkahaketusketjussa metsäenergiajakeet kuljetetaan suoraan käyttöpaikalle, jossa ne haketetaan. Käyttöpaikkahaketus on menetelmänä uusi ja kustannustehokas myös kaukokuljetuksessa, kun kuljetetaan paalattua hakkuutähdettä. Hakkuutähdepaalit vaativat vain vähän varastotilaa ja niiden kuljetus onnistuu samoilla kaukokuljetusmenetelmillä kuin ainespuunkin. Hakkurin vuosituotosta ja käyttöastetta voidaan nostaa keskittämällä haketus terminaaliin tai käyttöpaikalle.

Metsäenergian hankinnan korjuuketjut ja energiapuun mittausta



Tuotantoketjun valintaan vaikuttavat useat tekijät. Yhtä ainoa oikeaa ratkaisua ei ole, vaan ketjun valintaan

vaikuttavat mm.:

- korjuuolot
- tienvarsivarastotilat
- kuljetusmatkat
- lämpölaitosten käyttömäärät ja varastotilat
- tuotantokaluston saatavuus
- tuotettava metsähakejake (pienpuuhake, hakkuutähdehake, kantomurske jne.)
- tuotantoketjun kustannukset

Energiapuun mittausta

Energiapuuta mitataan kiintokuutiometreinä ($k\text{-m}^3$), irtokuutiometreinä ($i\text{-m}^3$), massan mukaan tuore- tai kuivamassana (kg) tai energiasisällön mukaan megawattitunteina. Mittaustapa valitaan tarkoituksenmukaisesti - esimerkiksi suoriteperusteisessa työmittauksessa ja energiapuun luovutusmittauksessa voidaan käyttää eri mittasuureita. Energiapuun mittausta perustuu edelleen suosituksiin ja sopimuksiin, sillä puutavaran mittaustilaisissa ei määritellä erikseen energiapuuta. Tulostarkkuuden perusteella mittaustavat jaetaan ensisijaisesti ja toissijaisesti käytettäviin menetelmiin. Ensisijaisia mittausten menetelmiä ovat hakkeen ja murskeen mittausta irtokuutioiden, energiapuun massan mittausta kuormainvää'ällä sekä laatuohjeisiin ja standardeihin perustuvat menetelmät. Näiden mittaustarkkuus on riittävä työ – ja luovutusmittaukseen. Toissijaiset mittausten menetelmät ovat tulostarkkuudeltaan huonompia ja soveltuvat käytettäväksi esimerkiksi ennakkomaksujen perusteena. Tällainen mittausten menetelmä on esimerkiksi energiapuun pinomittausta.

Massan mittausta sopii energiapuun tuoremassan ja kuorellisen kiintotilavuuden määrittämiseen. Se sopii harvennuspuiden, latvuspuun ja kantojen työ- ja luovutusmittaukseen. Tuoremassa punnitaan lähi- tai kaukokuljetuksen yhteydessä kuormainvää'ällä tai punnitsemalla ajoneuvo kuormattuna ja tyhjänä ja laskemalla näiden erotus. Tuoremassa voidaan muuntaa kiintotilavuudeksi tavaralajikohtaisten muuntolukujen avulla.

Metsäenergian hankinnan korjuuketjut ja energiapuun mittausta



Kuormainvaakamittauksen edut:

- tavaraerien erillään pidossa voidaan luopua manuaalisesta merkinnästä → parantaa työturvallisuutta
- samaan kuormaan useampaa eri puutavaraerää → vähentää ajokertoja varastopaikalle
- logistiikka yksinkertaistuu → tienvarsivarasto tyhjäksi yhdellä kertaa
- nopeuttaa tilityksen tekoa metsänomistajalle
- mahdollistaa integroidun puunkorjuun hyödyntämisen tehokkaammin
- mahdollistaa puukaupassa erien erillään pidon joustavasti useamman metsänomistajan puut voidaan mitata samassa kuormassa ja osoittaa tehtaalla mitattu kuorman tilavuus kuormainvaakalla punnittujen kilojen suhteessa



Pohdittavaa:

Mittauserän kuorellinen kiintotilavuus saadaan jakamalla mittauseräkohtainen tuoremassa (kg) tuoretiheydellä (kg/m^3). Ilmoita lopputulos kuutiometrin kymmenesosan tarkkuudella ($0,1 \text{ m}^3$).

a) Harvennusleimikolta korjataan energiapuuta. Hakkuu tehdään tammikuussa ja metsäkuljetus maaliskuussa. Mittauserä, joka koostuu suureksi osaksi (60%) männystä punnitaan metsäkuljetuksen yhteydessä. Rankoihin on tarttunut lunta ja jäätä. Mittauserän massaksi saadaan 62 570 kg. Muunna massa kiintotilavuudeksi (m^3) käyttäen apuna taulukko 1. tuoretiheyslukuja.

b) Nuoren metsän hoitokohteelta korjataan energiapuuta. Hakkuu tehdään maaliskuussa ja metsäkuljetus tehdään syyskuussa. Mittauserä punnitaan metsäkuljetuksen yhteydessä. Mittauserässä on puolet (n. 50%) koivua, loppuerä on muita lehtipuita ja kuusta. Energiapuukasa on kuivunut alle 40% kosteuteen. Punnituksessa mittauserän massaksi saadaan 26 300 kg. Mikä on mittauserän kiintotilavuus?

Metsäenergian hankinnan korjuuketjut ja energiapuun mittausta

Taulukko 1. Harvennusenergiapuun tuoretiheysluvut

Puulaji	Painoluokka*	Kosteus-%	Aikaväli	Tuoretiheys (kg/m ³)
Havupuut	1	≥55	koko vuosi	1000
	2	≥55	koko vuosi	900
	3	40-54	1.5.-30.9	750
	4	<40	1.5.-30.9	600
Koivu	1	≥55	koko vuosi	1000
	2	≥55	koko vuosi	900
	3	35-44	1.5.-30.9	750
	4	<35	1.5.-30.9	700
Sekapuusto**	1	≥55	koko vuosi	1000
	2	≥55	koko vuosi	900
	3	40-49	1.5.-30.9	750
	4	<40	1.5.-30.9	650

*Painoluokat

1. Mittauserän sisältäessä huomattavan määrän lunta tai jäätä

2. Harvennusenergian mittauksissa ympäri vuoden ja silloin kuin mittauserän kosteus ≥55%

** Sekapuusto on kyseessä silloin, kun pääpuulajin osuus on alle 70% mittauserän tilavuudesta

Metsäenergian hankinnan korjuuketjut ja energiapuun mittaus

Lähteet:

Energiapuun korjuuketjut 2010. [Verkkodokumentti]. Motiva. [Viitattu 26.10.2010]. Saatavana: http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/energiapuun/energiapuun_korjuuketju

Hakkuutähteiden palstahaketus 2010. [Verkkodokumentti]. Finbioenergy. [Viitattu 19.10.2010]. Saatavana: <http://www.finbioenergy.fi/teknologiat/fin/6.htm>

Melkas, T. 2009. Kuormainvaakamittaus uudistuu. [Verkkodokumentti]. Metsätehon tulosalvosarja 11/2009. [Viitattu 26.10.2010]. Saatavana: <http://www.metsateho.fi/tuloskalvosarja>

Kuitto, P.-J. (toim.) 2005. Metsästä polttoaineeksi. Polttohakkeen tuotannon puoli vuosisataa. Suomen bioenergiayhdistys FINBIO.

Lauhanen, R. & Laurila J. 2010. Kemera-tukien vaikutus nuoren metsän hoidon erilliskannattavuuteen eri kauppavaihtoehtoissa Etelä-Pohjanmaalla. Teoksessa: Sauvula-Seppälä, T., Ulander, E. & Tasanen, T. (toim.) Kehittyvä metsäenergia. Tutkimusseminaari Seinäjoen Framissa 18.11.2009. Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja B. Raportteja ja selvityksiä 46.

Lindblad, J., Äijälä, O. & Koistinen, A. 2008. Energiapuun mittaus. [Verkkodokumentti]. Tapion ja Metlan julkaisuja. [Viitattu 19.10.2010]. Saatavana: www.metla.fi/metinfo/tietopaketit/mittaus/

Aiheesta lisää:

Hakkuutähteen haketus ja kaukokuljetus 2010. [Verkkodokumentti]. PkAMK. [Viitattu 17.10.2010]. Saatavana: <http://www.pkamk.fi/bioenergia/hakkuutahdehake/2/2.4.1.htm>

MWh-laskin 2010. [Verkkosivu]. Kotimaiset Energiat Oy. [Viitattu 26.10.2010]. Saatavana: <http://www.kotimaisetenergiat.fi/index.php?id=14>

Kärhä, K. 2010. Terminaali- ja käyttöpaikkahaketus kasvoivat. [Verkkodokumentti]. Metsätehon tiedote 8/2010. [Viitattu 26.10.2010]. Saatavana: <http://www.metsateho.fi/tiedotteet/tiedote?id=17540631>

Laurila, J. & Lauhanen, R. 2010. Kokopuu painuu kokoon. BioEnergia. Nro: 1/2010, s. 28-29.

Lämpövoimala

Lämpöyrittäjäyys Suomessa

Maaseudulla ja taajamissa lämpöyrittäjyydelle on tilausta. Vuoden 2009 lopussa Suomessa oli toiminnassa 455 lämpöyrittäjien hoitamaa laitosta, joista 32 oli samana vuonna syntyneitä uusia laitoksia. Lämpöyrittäjäyteen liittyy paikallisen polttoaineen ja työvoiman hyödyntäminen. Kohteita ovat tyypillisesti suuret yksittäiset kiinteistöt tai teollisuushallit sekä kunnalliset alue- ja kaukolämpökohteet, kuten kyläkoulut. Yrittäjän tehtäviin kuuluu lämmityskohteen hakemisen ja laitoksen rakentamisen jälkeen polttoaineen hankinta ja lämpölaitoksen käyttö ja kunnossapito. Asiakkaan kannalta puuhun perustuvan lämmöntuotannon etuna ovat esimerkiksi lämpöhuollon varmuus ja vakaa hintakehitys. Pääpolttoaineena lämpövoimaloissa on tyypillisesti yrittäjän omasta tai lähiseudulta hankittu puu, joten lämpöyrittäjäyys parantaa osaltaan alueen metsänhoitoa ja omatoimisen metsänhoidon kannattavuutta. Lisä- tai varalämmönlähteenä lämpövoimaloissa käytetään esimerkiksi pala- tai jyrshinturvetta, peltobiomassaa, kuten ruokohelpeä tai polttoöljyä.

Biopolttokattilatyytit

Biopolttokattilat on yleensä suunniteltu jonkun pääpolttoaineen mukaan. Arinapolttotekniikka on yleisimmin käytetty polttotekniikka alle 5 MW kattilalehon lämpölaitoksissa. Järjestelmässä on arinan lisäksi polttoaineen ja palamisilman syöttölaitteet. Arinoita on sekä kiinteitä että mekaanisia. Kiinteä arina, kuten taso-, viisto- tai porrassarina sopii pienitehoisiin kattiloihin. Yleensä lämpölaitoksissa käytetään automaattista polttoaineensyöttöä arinalle syöttöruuvin avulla. Arinapolttotekniikassa polttoaine palaa korkeassa lämpötilassa ja päästöjen osalta poltto on puhdasta.

Suuren kokoluokan (>15 MW) laitoksissa on yleensä käytössä kierto- tai leijukerroskattiloita (leijupetikattila). Leijukerroskattila on kehitetty biopolttoaineiden polttoon eikä se aseta suuria laatuvaatimuksia käytettävälle polttoaineelle. Polttotekniikan etuna on se, että kattilassa on mahdollisuus polttaa myös kosteita tai matalan lämpöarvon omaavia polttoaineita. Kantojen polttoon käytetään yleensä leijukerroskattiloita. Leijukerrostekniikassa tulipesän alaosasta syötetään ilmavirtaa, joka saa tulipesän hiekan, tuhkan ja polttoaineen leijumaan. Palaminen tapahtuu näin muodostuvassa pedissä. Poltettavan materiaalin tulee olla niin pientä, että sen leijutus onnistuu.

Lämpövoimala

Hakkeen laadun merkitys

Puupolttoaineen erona fossiilisiin polttoaineisiin on sen ominaisuuksien suuri vaihtelu. Polttoaineen laadulla on vaikutusta hyötysuhteeseen, joten polttoaineen laatuvaihtelut pyritään pitämään mahdollisimman pieninä. Hakkeen keskeisimpiä laatuominaisuuksia ovat lämpöarvo ja kosteus sekä hakkeen käsittelyyn vaikuttavat tekijät, kuten irtokuutiometrin tiheys ja palakoko. Hakkeen irtotiheyteen vaikuttaa mm. hakepalojen muoto ja oksanpätkät. Kosteuden merkitys laatuun on suurin, sillä se vaikuttaa hakkeen lämpöarvoon. Mitä kosteampaa hake on, sitä enemmän kuiva-aineen sisältämästä energiasta kuluu hakkeen sisältämän veden höyrystämiseen ja sitä vähemmän siitä saadaan energiaa.



Kosteuden vaikutus hakkeen kulutukseen

kosteus 20 % → 100 m³

kosteus 30 % → 130 m³

kosteus 50 % → 200 m³



Pienpuuhakkeen kosteusprosentti on hakkuutähdehaketta pienempi ja sen palakoko on tasaisempi. Useimmat arinapolttotekniikkaan perustuvat kattilat on mitoitettu toimimaan hakkeella, jonka kosteus on alle 40 %. Epätasainen hakekoko, tikut ja oksat hakkeen seassa helposti tukkeuttavat ruuvikuljettimen. Varastossa metsähakkeen suuri kosteus aiheuttaa sen lämpösuhteen alenemista, homehtumista sekä hakkeen jäätymistä talvella.

Lämpövoimala

Pohdittavaa:

Kostean polttoaineen tehollisen lämpöarvon laskenta. Laske rankahakkeen tehollinen lämpöarvo 38 %:n kosteudessa. Käytä hakkeen kuiva-aineen keskimääräistä tehollista lämpöarvoa, joka on 19 MJ/kg (=5,3 kWh/kg) (vaihteluväli n. 18,3- 20,0 MJ/kg, 5,1- 5,6 kWh/kg). Muunna vastaus kilowattitunneiksi (1 kWh = 3,6 MJ). Miten kosteuspitoisuuden nousu 43 %:iin vaikuttaa lämpöarvoon?

$$q_{p,net,ar} = q_{p,net,d} \times [(100 - M_{ar})/100] - 0,02443 \times M_{ar}$$

missä

$q_{p,net,ar}$ saapumistilaisen polttoaineen tehollinen lämpöarvo (MJ/kg)

$q_{p,net,d}$ kuiva-aineen tehollinen lämpöarvo (MJ/kg)

M_{ar} polttoaine-erän kokonaiskosteus saapumistilassa (%)

0,02443 MJ veden höyrystymiseen kuluva lämpömäärä (+25°C)

Lähteet:

Ihalainen, T. & Niskanen, A. 2010. Kustannustekijöiden vaikutukset bioenergian tuotannon arvoketjuissa. [verkkodokumentti]. Metlan työraportteja 166. [Viitattu 8.9.2010]. Saatavana: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2010/mwp166.htm>

Kokkonen, A. & Lappalainen, I. (toim.) 2005. Hakelämmöstä yritystoimintaa. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu, Motiva Oy, Työtehoseura. Offsetpaino L. Tuovinen, Kuopio.

Lepistö, T. (toim.) 2010. Laatuhakkeen tuotanto-opas. Kehittyvä metsäenergia-hanke. Vammalan kirjapaino, Sastamala.

Aiheesta lisää:

Energiayrittäjyys 2011. [Verkkosivusto]. Bioenergia-verkkopalvelu. [Viitattu 14.11.2011]

Saatavana: http://www.bioenergia.fi/default/www/etusivu/tietoa_bioenergiasta/energiayrittajyys/

Lämpövoimala

Puhakka, M. (ei päiväystä). Polttoteknologiat. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 8.9.2010].

Saatavana: http://elearn.ncp.fi/materiaali/kainulainens/bioenergiamateriaali04/pdf_materiaali/Polttoteknologiat.htm#Arinapoltto

Symbolit ja lyhenteet (ei päiväystä). [Verkkodokumentti]. Finbio. [Viitattu 14.12.2011].

Saatavana: <http://www.finbioenergy.fi/default.asp?sivulD=9173>

Tanskanen, H. 2003. Kantomurskeen käytettävyys Saarijärven kaukolämpö oy:n leijupeti-kattilassa. Asiantuntijuushanke, [Verkkodokumentti]. Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

[Viitattu 8.9.2010]. Saatavana: <https://www.doria.fi/handle/10024/43145>

Teknologiat (ei päiväystä). [Verkkodokumentti]. Finbio. [Viitattu 14.12.2011]. Saatavana:

<http://www.finbioenergy.fi/default.asp?sivulD=14485>

Ähtärin energiaosuuskunta

3 lämpölaitosta:

Tuomarniemi, Varikko ja Ritoniemi

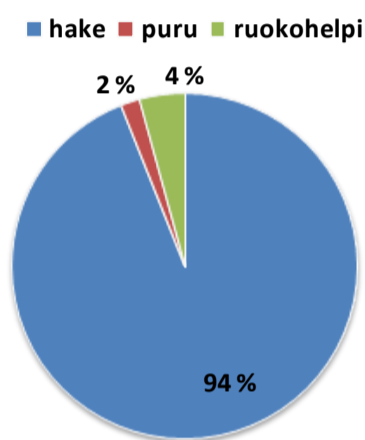
Kattilateho Tuomarniemellä 1 MW

(kiinteä viestoporrassarina)

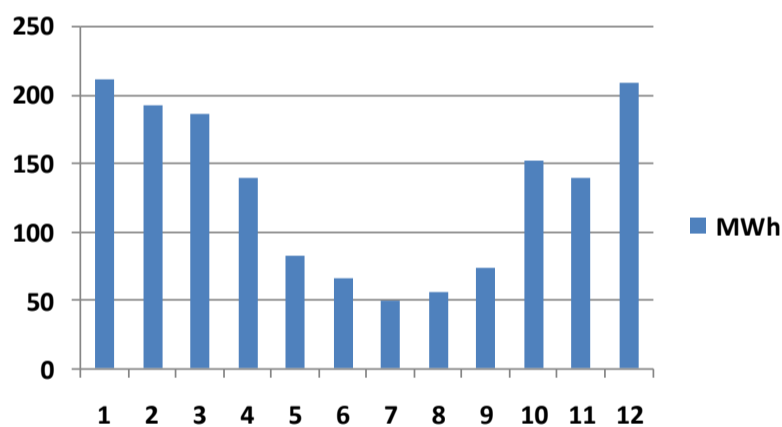
Polttoaineen kulutus n. 5000 i-m³/v.

Pääasiassa kokopuuhaketta, myös sahanpurua, ruokohelpeä ja polttoöljyä

Polttoaineiden osuudet v. 2009



Energiantuotanto kuukausittain v. 2009



Puupolttoaineen erona fossiilisiin polttoaineisiin on sen ominaisuuksien suuri vaihtelu. Puupolttoaineen kosteus, tiheys ja tehollinen lämpöarvo vaihtelevat käyttöerittäin.



Kosteuden vaikutus hakkeen kulutukseen:

kosteus 20 % → 100 m³

kosteus 30 % → 130 m³

kosteus 50 % → 200 m³

Arinapolttotekniikka

Arinapolttotekniikka on yleisimmin käytetty polttotekniikka alle 5 MW kattilatehon lämpölaitoksissa. Järjestelmässä on arinan lisäksi polttoaineen ja palamisilman syöttölaitteet. Alasyöttöarinnassa polttoaine syötetään ruuvilla arinalle ja palaminen on jatkuva prosessi. Päästöjen osalta alapalokattiloiden poltto on hyvin puhdasta.

Hakkeen laadun merkitys

Hakkeen keskeisimpiä laatuominaisuuksia ovat lämpöarvo ja kosteus sekä sen käsittelyyn vaikuttavat tekijät, kuten irtokuutiometrin tiheys ja palakoko. Hakkeen irtotiheyteen vaikuttaa mm. hakepalojen muoto ja oksanpätkät. Kosteuden merkitys laatuun on suurin, sillä se vaikuttaa hakkeen lämpöarvoon. Mitä kosteampaa hake on, sitä enemmän kuiva-aineen sisältämästä energiasta kuluu hakkeen sisältämän veden höyrystämiseen ja sitä vähemmän siitä saadaan energiaa.

Pienpuuhakkeen kosteusprosentti on hakkuutähdehaketta pienempi ja sen palakoko on tasaisempi. Useimmat arinapolttotekniikkaan perustuvat kattilat on mitoitettu toimimaan hakkeella, jonka kosteus on alle 40 %. Epätasainen hakekoko, tikut ja oksat hakkeen seassa helposti tukkeuttavat ruuvikuljettimen. Varastossa metsähakkeen suuri kosteus aiheuttaa sen lämpösuhteen alenemista, homehtumista sekä hakkeen jäätymistä talvella.



Energiapuu ja metsien monimuotoisuus

Metsien monimuotoisuuden turvaaminen on ollut tärkeä osa talousmetsien kestävän hoidon periaatetta ja monimuotoisuus pyritäänkin ottamaan huomioon kaikissa metsätalouden toimenpiteissä. Kaikki metsänhoidolliset toimenpiteet vaikuttavat metsälajistoon samoin kuin luonnon omat häiriötekijät, kuten myrskyt ja tulipalot. Energiapuun korjuussa biomassaa korjataan talteen ainespuuhakkuuta tehokkaammin ja sen lisävaikutuksista metsäluontoon ei ole vielä selkeää näyttöä. Energiapuun korjuun suositukset on annettu varovaisuusperiaatteella, jotta metsien kestävän käytön periaate toteutuisi useamman kiertoajan yli. Tutkimuksia energiapuun korjuun vaikutuksista monimuotoisuuteen on tehty kolmessa laajassa eliöryhmässä, joihin tehostetun biomassan korjuun vaikutukset selkeimmin näkyvät. Suorat vaikutukset kohdistuvat voimakkaimmin kasvilajeihin ja lahoppuulla eläviin lajeihin sekä maaperäeliöihin.

Kasvillisuuden osalta jo avohakkuulla on suuri vaikutus lajistoon, ja hakkuutähteen poistolla alalta on vain vähäinen lisävaikutus. Eniten uusia lajeja kasvupaikalle ilmestyy kun maaperän käsittely on voimakkainta eli kantojen nostossa. Hakkuutähteen poiston vaikutus putkilokasvilajistoon on enimmäkseen riippuvainen neulasten ravinnevaikutuksesta, jolloin niiden jättäminen palstalle saa tyypeä suosivat kasvit, kuten maitohorsman ja vadelman runsastumaan. Hakkuutähteen poisto taas suosii mm. varpukasveja, kuten puolukkaa ja kanervaa. Kannonnosto, kuten pelkkä maanmuokkaus, vähentää suvuttomasti lisääntyvän mustikan määrää. Mustikka on ravintokasvi monelle hyönteislajille, jotka edelleen ovat tärkeää ravintoa mm. metson poikueille.

Lahopuun väheneminen metsistä on yksi tärkeimpiä metsälajien uhanalaistumisen syitä. Etenkin järeää, läpimitaltaan yli 10 cm, lahoppuuta vaativat lajit ovat kärsineet nykyisistä ja nykyistä edeltävistä metsätalouskäytännöistä. Ekologisen kestävyuden kannalta lahoppu onkin tärkein yksittäinen ekosysteemin monimuotoisuutta kuvaava tekijä. Tutkimuksissa on todettu, että energiapuukohteilla hakkuualueelle jäävän lahoppuun määrä on muita kohteita selvästi pienempi. Energiapuun korjuu vaikuttaa lahoppuun määrään kolmella tavalla; pieniläpimittaisen hakkuutähteen ja kantojen määrää vähentämällä, pelkässä ainespuukorjuussa alalle jäävää järeää lahovikaista puuta tai hukkapuuta vähentämällä sekä murskaamalla lahoja maapuita. Maapuiden tuhoutuminen johtuu energiapuun korjuualoilla tehtävästä koneajokertojen lisääntymisestä.

Energiapuu ja metsien monimuotoisuus

Lehtipuiden, etenkin haavan, hakkuutähteillä on merkitystä monen lahpuulajin lisääntymispaikkana. Hyvän metsänhoidon suosituksissa energiapuun korjuuseen ja kasvatukseen suositellaan haapojen oksa- ja latvusmassan korjaamatta jättämistä.

Energiapuun korjuussa tulee huomioida arvokkaiden elinympäristöjen ominaispiirteet. Lähtökohtaisesti arvokkaat elinympäristöt rajataan kokonaan energiapuun korjuun ulkopuolelle. Kannonnostossa elävien puiden, lahpuiden, luontokohteiden ja mm. muurahaiskekojen ympärille täytyy jättää vähintään kolmen metrin suojakaista. Metsäluonnon monimuotoisuutta turvataan energiapuuharvennuksissa jättämällä leimikkoon lehtipuusekoitusta ja säästämällä edellisen päätehakkuun säästöpuita sekä mm. raitaa, pihlajaa ja tervaleppää. Kaadettujen haapojen runkoja ja latvuksia jätetään mahdollisuuksien mukaan korjaamatta. Harvennusalalle voidaan tehdä taloudellisesti vähäarvoisista puulajeista tai teknisesti korjuukelvottomista rungoista tekopötkelöitä.



Metsälain erityisen tärkeät elinympäristöt:

Lähteiden, purojen ja pysyvän vedenjuoksu-uoman muodostamien norojen sekä pienten lampien välittömät lähiympäristöt

Ruoho-, heinä-, saniais- ja lehtokorvet sekä Lapin läänin eteläpuoliset letot

Rehevät lehtolaidut

Ojittamattomien soiden kangasmetsäsaarekkeet

Rotkot, kurut ja jyrkänteet, jyrkänteiden välittömät alusmetsät

Karukkokankaita puuntuotannollisesti vähätuottoisemmat hietikot, kalliot, kivikot, louhikot, vähäpuustoiset suot ja rantaluhdat

Energiapuu ja metsien monimuotoisuus



PEFC-metsäsertifiointistandardin 10. kriteerin C-luokan elinympäristöt:

Supat ja luontaisesti puuttomat tai vähäpuustoiset paahderinteet

Ojittamattomat korvet

Ojittamattomat lettorämeet

Ojittamattomat letot Lapin läänissä

Lehtipuuvaltaiset lehdot

Puustoltaan vanhat metsät



Tapion Hyvän metsänhoidon suosituksissa kuvatut muut elinympäristöt:

Elinympäristöt, joissa on monimuotoisuudelle tärkeitä rakennepiirteitä, kuten kuollutta tai palanutta puustoa tai jaloja lehtipuita

Ruohoiset suot

Perinneympäristöistä hakamaat ja metsäniityt

Energiapuu ja metsien monimuotoisuus

Lähteet:

Kuusinen, M., Ilvesniemi, H. 2008. Johtopäätökset. Teoksessa:

Kuusinen, M., Ilvesniemi, H. (toim.) Energiapuun korjuun ympäristövaikutukset. Tutkimusraportti. [Verkkodokumentti]. Tapion ja Metlan julkaisuja. [Viitattu 25.10.10]. Saatavana: www.metsavastaa.net/energiapuu/raportti.

Siitonen, J. 2008 Energiapuun korjuun vaikutukset metsälajiston monimuotoisuuteen.

Teoksessa: Kuusinen, M., Ilvesniemi, H. (toim.). Energiapuun korjuun ympäristövaikutukset, tutkimusraportti. [Verkkodokumentti]. Tapion ja Metlan julkaisuja. [Viitattu 25.10.10]. Saatavana: www.metsavastaa.net/energiapuu/raportti.

Äijälä, O., Kuusinen, M. & Koistinen, A. (toim.) 2010. Hyvän metsänhoidon suositukset energiapuun korjuuseen ja kasvatukseen. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja.

Aiheesta lisää:

Lehto-Isokoski H. 2008. Monimuotoisuuden turvaaminen on muutakin kuin tiukkaa suojelua. [Verkkosivu]. [Viitattu 25.10.10]. Saatavana: <http://www.forest.fi/smyforest/forest.nsf/allbyid/DF0A3DA04A09A3CCC2256F34004117FA?Opendocument>

Energiapuun korjuun vaikutus metsien ravinnetalouteen

Metsämaan puuntuotoskykyyn vaikuttavat useat tekijät. Yleisesti käytettyjä indikaattoreita ovat maan orgaanisen aineksen määrä, kokonaistypen sekä muiden puustolle käyttökelpoisessa muodossa olevien ravinteiden määrä sekä maaperän happamuus. Muita kasvupaikan tuotoskykyyn vaikuttavia ominaisuuksia ovat mm. puuston käsittelyhistoria, pintakasvillisuuden kilpailu, geneettiset ominaisuudet sekä metsätuhojen vaikutukset puuston kasvuun.

Parhaiten kasvupaikan tuotoskykyä kuvanee humuskerroksen ja kivennäismaan pintaosan kokonaistypen (N) sekä kalsiumin (Ca) ja magnesiumin (Mg) pitoisuudet. Kalsiumin tai magnesiumin ei ole havaittu rajoittavan metsiemme kasvua, sen sijaan typpi on yleensä kangasmetsien minimiravinne. Turvemaileda minimiravinteet ovat kalium ja boori, joita on erityisen runsaasti neulasissa. Valtaosa maaperän kokonaistypestä on orgaanisissa yhdisteissä, josta maaperän hajottajat vapauttavat typpeä kasveille käyttökelpoiseen muotoon, ammoniumtypeksi (NH_4^+) ja nitraatiksi (NO_3^-). Karikkeen mukana kiertoön palautuvat ravinteet ovat pidemmän päälle tärkeitä maan viljavuuden säilyttämiseksi. Etenkin turvemaileda energiapuuta korjattaessa tulisi huolehtia riittävän neulasmassan jäämisestä alalle, jotta kaliumin ja boorin saatavuus turvataan. Orgaanisella aineella on muitakin positiivisia vaikutuksia maaperän eliöstölle ja maaperän veden pidätyskykyyn.

Hakkuutähteiden korjuu voi vaikuttaa maaperää happamoittavasti. Puiden ravinteiden otossa emäskationit (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+) ovat vallitsevia. Ravinteiden otossa kasvit vaihtavat maan ravinnekationeja vetyioneihin (H^+), jolloin maaperän pH laskee. Happamoitumista voidaan näin ollen pitää luonnollisena prosessina. Suuri osa emäskationeista on sitoutuneena puun biomassaan ja ne palaavat karikkeen mukana ravinnekiertoon. Kun hakkuualalta korjataan hakkuutähteet pois, myös ravinteita poistuu biomassan mukana. Ravinnevaikutuksen lisäksi emäskationit edistävät maamikrobiston toimintaa metsäekosysteemissä vaikuttamalla maaperän pH-arvoon.

Harvennushakkuikäisessä metsässä suuri osa puun biomassasta on latvuksessa. Laskennallisesti kokopuun korjuussa alalta poistuu ravinteita 2-6 kertaa enemmän kuin

Energiapuun korjuun vaikutus metsien ravinnetalouteen

pelkän ainespuun korjuussa. Tutkimusten mukaan tällä ei kuitenkaan ole juuri ollut vaikutusta puuston kasvuun, sillä ainoastaan 20 prosentissa koelaloilla oli havaittu kasvun pienentyneen, joillakin koelaloilla jopa kasvaneen. Tämän perusteella voidaan päätellä, ettei energiapuun korjuu vaaranna kasvupaikan puuntuotoskykyä ainakaan lyhyellä ajanjaksolla.

Tällä hetkellä olemassa olevat tutkimustulokset eivät kuitenkaan kata kaikkia kasvupaikkatyyppisiä ja Suomesta ei vielä ole saatavissa valmiita tuloksia energiapuun korjuun pitkäaikaisista vaikutuksista metsämaan viljavuuteen. Energiapuun korjuun kestävyden turvaamiseksi onkin syytä noudattaa varovaisuusperiaatetta. Kokopuuta korjattaessa hakkuualalle suositellaan jätettäväksi noin kolmannes latvusmassasta, ja sen tulisi sijoittua mahdollisimman tasaisesti koko korjuualalle. Käytännössä tätä voidaan toteuttaa jättämällä noin 1-2 metriä latvuksesta metsään ja karsimalla joidenkin puiden latvukset kourakasojen ulkopuolella. Kokopuu voidaan myös kuivattaa palstalla kourakasoissa, jolloin neulaset ja lehdet kuivuvat ja varisevat maahan. Pakkasaikana tehtävissä hakkuissa on oletettu, että jäinen puiden latvusto murskaantuu kaadon yhteydessä niin, että riittävä määrä neulamassaa jää kasvupaikalle. Uusien tutkimustulosten valossa on kuitenkin suositeltavaa, että 30 prosentin latvusmassaosuuden jättäminen tulisi koskea kaikkia kohteita vuodenajasta riippumatta. Energiapuun korjuuta ei tulisi tehdä useammin kuin kerran puuston kiertoaikana.

Lähteet:

Helmisaari, H-S., Finér, L., Kukkola, M., Lindroos, A-J., Luiro, J., Piirainen, S., Saarsalmi, A., Smolander, A. & Tamminen, P. 2008. Energiapuun korjuu ja metsän ravinnetase. Teoksessa: Kuusinen, M. & Ilvesniemi, H. (toim.). Energiapuun korjuun ympäristövaikutukset. Tutkimusraportti. [Verkkodokumentti]. Tapion ja Metlan julkaisuja. [Viitattu 28.10.10]. Saatavana: www.metsavastaa.net/energiapuu/raportti.

Energiapuun korjuun vaikutus metsien ravinnetalouteen

Kuusinen, M. & Ilvesniemi, H. 2008. Johtopäätökset. Teoksessa:

Kuusinen, M. & Ilvesniemi, H. (toim.) Energiapuun korjuun ympäristövaikutukset, tutkimusraportti. [Verkkodokumentti]. Tapion ja Metlan julkaisuja. [Viitattu 26.10.10]

Saatavana: www.metsavastaa.net/energiapuu/raportti.

Wall, A. 2010. Metsäenergian korjuu ja maan puuntuotoskyky. Teoksessa: Sauvula-Seppälä, T., Ulander, E. & Tasanen, T.(toim). Kehittyvä metsäenergia. Tutkimusseminaari Seinäjoen Framissa 18.11.2009. Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja B. Raportteja ja selvityksiä 46.

Äijälä, O., Kuusinen, M. & Koistinen, A. (toim.) 2010. Hyvän metsänhoidon suositukset energiapuun korjuuseen ja kasvatukseen. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja.

Aiheesta lisää:

Lehto-Isokoski, H. 2008. Hakekeruun vaikutuksia selvitetään. [Verkkosivu]. [Viitattu 26.10.10]. Saatavana: <http://www.forest.fi/smyforest/forest.nsf/tiedotteetlookup/F1E11B49FCE39F90C22574790034053C#jos%20neulaset%20vied%C3%A4%C3%A4n%20poistuu%20typ>

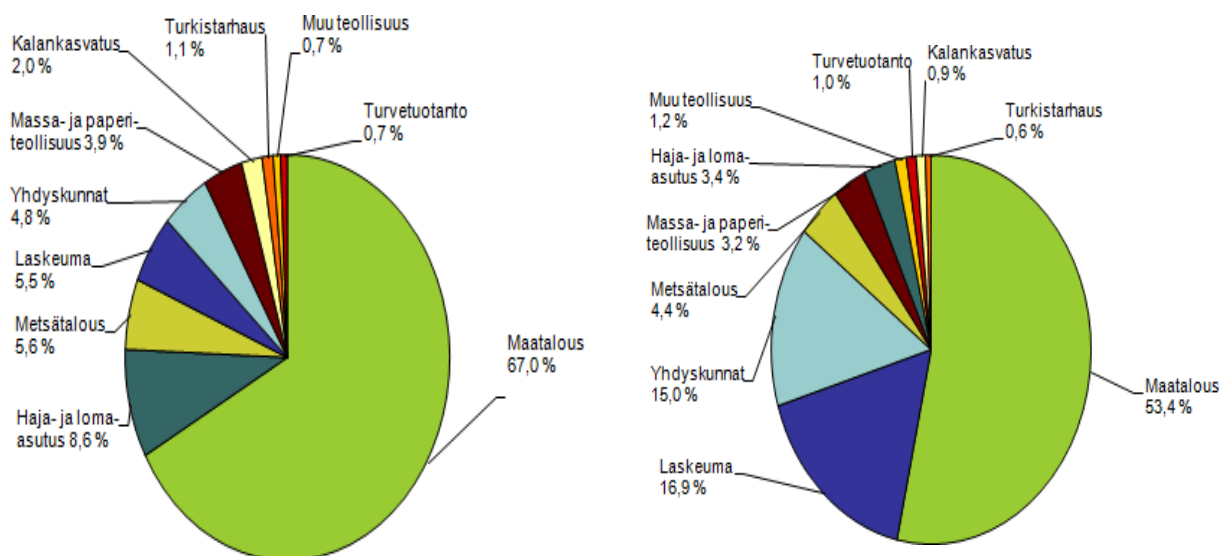
Vesiensuojelu energiapuun korjuussa

Ravinteita kulkeutuu vesistöihin pistemäisenä kuormituksena teollisuuden ja yhdyskuntien jätevesistä sekä hajakuormituksena maa- ja metsätaloudesta. Vesistöjä rehevöittävästä ravinteista tärkeimpiä ovat typpi ja fosfori. Ravinnelisyys lisää hapen kulutusta ja voimistaa vesistöjen rehevöitymistä, joka puolestaan vähentää vesiluonnon monimuotoisuutta ja laskee vesistöjen virkistysarvoa. Ravinnekuormituksen lisäksi vesistöjen pohjaan painuva kiintoaines huonontaa pohjaeliöstön elinympäristöjä ja kalojen kutupaikkoja. Metsätalouden toimenpiteistä ojitus, lannoitus ja maaperän muokkaus sekä avohakkuu kuormittavat vesistöjä. Metsätalouden suojavyöhykkeen pintakasvillisuuden tarkoitus on vähentää ja estää kiintoaineksen sekä ravinteiden huuhtoutumista hakkuualalta vesistöön.

Vesistöjen suojakaistan tulee olla vähintään 7 metriä leveä ja pienvesien, kuten purojen, norojen, lähteiden ja lampien varrella vähintään 5 metriä. Ojien varsillakin on säilytettävä vähintään 3 metrin muokkaamaton vyöhyke. Uudistushakkuissa latvusmassa korjataan suojavyöhykkeiltä. Minimietäisyyksiä leveämpi kaista on tarpeen hienojakoisilla mailla ja leimikon sijaitessa rinteessä.

Energiapuun korjuussa vesiensuojelu huomioidaan esimerkiksi keräämällä vesistöjen ja ojien varsille jäänyt latvusmassa mahdollisimman tarkasti pois. Kannonnostokohteet ovat tyypillisesti vesiensuojelun kannalta haasteellisilla, hienojakoisilla ja viljavilla kasvupaikoilla. Pohjavesialueilla kantoja ei nosteta, sen sijaan latvusmassaa voidaan korjata energiakäyttöön. Latvusmassan poisto vähentää vesistöihin valuvia ravinnehuuhtoumia. Eroosioherkillä rinteillä kantoja korjattaessa tehdään nostokatkoja pääkaltevuussuuntaan tai jätetään kannot kokonaan korjaamatta. Ojituksia tehtäessä alueelle jätetään kaivukatkoja ja tehdään lietekuoppia, laskeutusaltaita tai pintavalutuskenttiä. Energiapuuta varastoitaessa latvusmassan ja kantojen varastointia ojien päälle vältetään. Viimeistään työn päätyttyä ojiin mahdollisesti joutuneet hakkuutähteet ja hakepalat poistetaan.

Vesiensojelu energiapuun korjuussa



Vesistöjen fosforipäästölähteet v. 2008.

Vesistöjen typpipäästölähteet v. 2008

(Lähde: SYKE <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=8568&lan=fi>)

Lähteet:

Pitkänen, H., Kotilainen, P. & Kauppila, P. (ei päivystä). Rehevöittävä kuormitus. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 9.9.2010]. Saatavana: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=1823&lan=fi>

Äijälä, O., Kuusinen, M. & Koistinen, A. (toim.) 2010. Hyvän metsänhoidon suositukset energiapuun korjuuseen ja kasvatukseen. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisu.

Aiheesta lisää:

Vesistöjen kuormitus (ei päivystä). [Verkkosivu]. [Viitattu 9.9.2010]. Saatavana: www.ymparisto.fi/kuormitusvesiin