

AINESPUUN JA KARSITUN ENRGIAPUUN KERTYMIEN
EROJA HARVENNUSHAKKUISSA

Joonas Tikkanen

Opinnäytetyö
Metsätalouden koulutusohjelma
Metsätalousinsinööri (AMK)

2014

LAPIN AMMATTIKORKEAKOULU

Luonnonvara- ja ympäristöala

Metsätalouden koulutusohjelma

Opinnäytetyö

**AINESPUUN JA KARSITUN ENERGIAPUUN KERTY-
MIEN EROJA HARVENNUSHAKKUISSA**

Joonas Tikkanen

2014

Toimeksiantaja L&T Biowatti Oy

Ohjaaja Oiva Hiltunen

Hyväksytty _____ 2014 _____

Luonnonvara- ja ympäristöala
Metsätalous

Tekijä	Joonas Tikkanen	Vuosi	2014
Toimeksiantaja	L&T Biowatti Oy		
Työn nimi	Ainespuun ja karsitun energiapuun kertymien eroja harvennushakkuissa		
Sivumäärä	46		

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada selville, millaisesta metsästä karsittua energiapuuta kannattaa korjata. Kannattavuutta mitattiin karsitun energiapuun kertymän lisäyksellä pelkkään ainespuuhun nähden. Mittauksia varten valittiin neljä erityylistä metsikköä. Kohteita analysoitiin harvennuksen yhteydessä poistuneiden runkojen keskitilavuuden ja rinnankorkeusläpimittojen perusteella. Kohteita käsitellään yksi kerrallaan. Niistä esitellään aluksi yleiskuvausta ja sen jälkeen mittaustuloksia.

Puiden tilavuuksia mitattiin elektronisilla mittasaksilla. Puut mitattiin hakkuukoneen tekemistä puista talvella 2014. Hakkuukoneenkuljettaja oli tehnyt puut karsituksi energiapuiksi. Yhdeltä kohteelta mitattiin noin sata runkoa. Puut mitattiin aluksi ainespuuosalta, ja sen jälkeen mahdollinen ainespuuksi kelpaamaton latvaosa mitattiin omana kappaleenaan. Puiden tilavuuksien mittaaminen tapahtui metrin välein otetuin ristikkäisin läpimitoin. Elektronisilta mittasaksilta mittaustiedot purettiin Excel-taulukkolaskentaohjelmaan, jolla pystyttiin tekemään erilaisia laskelmia. Puiden tilavuudet laskettiin Huberin kaavan avulla.

Tulokset antavat suuntaviivan karsitun energiapuun korjuun kannattavuudelle poistuman ollessa järeysalueella 30–90 kuutiodesimetriä. Parhaimmalla kohteella karsitun energiapuun kertymä oli 20 prosenttia pelkkää ainespuukertymää suurempi. Tässä tapauksessa puhutaan jo merkittävästä lisäyksestä. Kaikki kohteet eivät olleet kuitenkaan järkeviä karsitun energiapuun korjuuseen.

Rinnankorkeusläpimittaluokissa 6 – 15 senttimetriä olevat koivut näyttäisivät lisäävän karsitun energiapuun saantoa. Myös runsas muu lehtipuusto lisää saantoa, koska se ei kelpaisi ainespuuksi. Juokseva latvus on suuri tekijä karsitun energiapuun korjuuta mietittäessä. Työ antaa hyvän pohjan jatkotutkimuksille, joita energiapuun korjuun kannattavuuden mallintaminen tarvitsee.

Energiapuun korjuun kannattavuus on sidottu vielä voimakkaasti tukien vaaraan. Kestävän metsätalouden rahoituslakia ollaan muuttamassa ja tuskin parempaan suuntaan. EU:n säännökset määräävät paljon lain sisällön.

Avainsanat

ainespuu, energiapu, energiapuuhakkuu

School of Forestry and rural industries
Forestry Programme

Author	Joonas Tikkanen	Year	2014
Commissioned by	L&T Biowatti Oy		
Subject of thesis	Industrial wood and pruned energy wood deposits in the differences between the thinnings		
Number of pages	46		

The purpose of the thesis is to find out what kind of forest is the most suitable for harvesting pruned energy wood. The profitability was measured by accrual increase of pruned energy wood in comparison with industrial wood. Four different types of forests were selected for the measurement. Analysis of the thinning yield subjects is based on average volume of the trunk and the tree diameter at breast height. Subjects are processed separately. At first the overview is presented and then results of measurements.

The tree volumes were measured with an electronic caliper. The trees measured were those felled by harvester in winter 2014. The harvester operator had cut the trees as pruned energy wood. About a hundred trunks were measured from one site. The trees were measured as industrial wood first, and then the potential unusable industrial wood treetops were measured as separate pieces. The measurement of the volumes of the trees were taken at intervals of one meter with contradictory diameters. The electronic caliper measurement data was transfer Excel spreadsheet program, which was able to make various calculations. The tree volumes were calculated using the Huber's formula.

The results give the guideline to the profitability of the harvest of pruned energy wood when the loss is in the sturdiness area of 30 – 90 cubic decimeters. At the best site the accrual for pruned energy wood was 20 percent bigger than the accrual for industrial wood. In this case, we are talking about a substantial increase. However, all sites were not reasonable for harvesting pruned energy wood.

At breast height diameter classes between 15-6 centimeter birches seem to be increasing the accrual of the pruned energy wood. Also abundant other deciduous trees adds the accumulation, because deciduous trees are not valid as industrial wood. A slowly tapered trunk is a big factor in the case of harvesting pruned energy wood. The work provides a good basis for further studies, which are energy wood harvesting profitability modelling needs.

The profitability of energy wood harvesting is still strongly tied to the supports. The financing law of the sustainable forestry is being changed and hardly to better direction. EU rules dictate a lot of the content of the law.

Key words energy wood, industrial wood, energy wood harvesting

SISÄLLYSLUETTELO

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO	1
1 JOHDANTO.....	3
2 ENERGIA- JA ILMASTOPOLITIikka	5
2.1 ENERGIANKÄYTTÖ SUOMESSA.....	5
2.2 UUSIUTUVA ENERGIA JA HAKE	5
2.3 METSÄHAKKEEN RAAKA-AINELÄHTEET	6
3 ENERGIAPUUN KORJUU, TUET JA MITTAUS	8
3.1 ENERGIAPUUHARVENNUS	8
3.2 HUKKARUNKOPUU	9
3.3 KORJUUMENETELMÄT	10
3.4 KOKOPUU JA KARSITTU ENERGIAPUU	11
3.5 KESTÄVÄN METSÄTALouden RAHOITUSLAKI	13
3.6 ENERGIAPUUN MITTAUS	15
4 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS.....	17
4.1 TUTKIMUKSEN TAVOITE JA TUTKIMUSTEHTÄVÄT	17
4.2 AINEISTON KERUU	17
4.3 MITTAUSMENETELMÄT	18
5 TUTKIMUSTULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	20
5.1 KOHDE YKSI.....	20
5.1.1 Poistuman rakenne	20
5.1.2 Kertymät.....	22
5.1.3 Hakkuukone- ja kuormainvaakamittaus	24
5.2 KOHDE KAKSI.....	24
5.2.1 Poistuman rakenne	25
5.2.2 Kertymät.....	27
5.2.3 Hakkuukone- ja kuormainvaakamittaus	29
5.3 KOHDE KOLME.....	29
5.3.1 Poistuman rakenne	30
5.3.2 Kertymät.....	32
5.4 KOHDE NELJÄ	34
5.4.1 Poistuman rakenne	34
5.4.2 Kertymät.....	36
5.4.3 Hinnoittelu esimerkki	38
5.5 TULOSTEN TARKASTELU	39
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	42
LÄHTEET	44

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

KUVIO 1. METSÄHAKKEEN KÄYTTÖ JA TAVOITTEET	5
TAULUKKO 1. HOITAMATTOMAN NUOREN KASVATUSMETSÄN TAVOITERUNKOLUVUT	
ENERGIAPUUHARVENNUKSEN JÄLKEEN	9
KUVIO 2. HUKKARUNKOPUUN OSUUS POISTUMASTA	10
KUVIO 3. SUOSITELTAVAT KOKOPUUKORJUUKOhteet	12
KUVIO 4. KESTÄVÄN METSÄTALouden RAHOITUSLAKIIN PERUSTUVAT TUKIVYÖHYKKEET	14
KUVIO 5. EPPU- ENERGIAPUUN MITTAUSLASKURI	16
KUVIO 6. HUBERIN KAAVA.....	19
KUVIO 7. MITATTUJEN PUIDEN KESKITILAVUUDET	20
KUVIO 8. MITATTUJEN PUIDEN RINNANKORKEUSLÄPIMITTALUOKKAJAKAUMA.....	21
KUVIO 9. PUULAJEITTAIN MÄÄRITETYT PROSENTTIOSUUDET KOKONAISTILAVUUDESTA	21
KUVIO 10. PUULAJEITTAIN MÄÄRITETYT PROSENTTIOSUUDET POISTETUIDEN RUNKOJEN MUKAAN	22
KUVIO 11. PROSENTTIOSUUDET AINES- JA ENERGIAPUUN KOKONAISTILAVUUKSISTA PUULAJEITTAIN .	22
KUVIO 12. AINES- JA ENERGIAPUUN KERTYMIEN JAKAUTUMINEN RINNANKORKEUSLÄPIMITTALUOKKIIN	
.....	23
KUVIO 13. MITATTUJEN PUIDEN KESKITILAVUUDET PUULAJEITTAIN.....	25
KUVIO 14. RINNANKORKEUSLÄPIMITTALUOKKAJAKAUMA MITATUISTA PUISTA	26
KUVIO 15. PUULAJIEN PROSENTTIOSUUDET KOKONAISTILAVUUKSIIEN MUKAAN	26
KUVIO 16. PUULAJIEN PROSENTTIOSUUDET POISTETUIDEN RUNKOJEN MUKAAN	27
KUVIO 17. AINES- JA ENERGIAPUUN KERTYMÄT KOKONAISTILAVUUKSISTA PUULAJEITTAIN	27
KUVIO 18. MITATTUJEN PUIDEN AINES- JA ENERGIAPUUMÄÄRÄT	
RINNANKORKEUSLÄPIMITTALUOKITTAIN.....	28
KUVIO 19. POISTUMAN KESKITILAVUUDET PUULAJEITTAIN	30
KUVIO 20. MITATTUJEN RUNKOJEN RINNANKORKEUSLÄPIMITTALUOKKAJAKAUMA.....	31
KUVIO 21. MITATTUJEN PUIDEN PROSENTTIOSUUDET KOKONAISTILAVUUKSIIEN MUKAAN.....	31
KUVIO 22. MITATTUJEN PUIDEN PROSENTTIOSUUDET POISTETUIDEN RUNKOJEN MUKAAN.....	32
KUVIO 23. PUULAJIEN PROSENTTIOSUUDET AINES- JA ENERGIAPUUN KOKONAISTILAVUUKSISTA.....	32
KUVIO 24. MITATTUJEN PUIDEN AINES- JA ENERGIAPUUMÄÄRÄT LÄPIMITTALUOKISSA.....	33
KUVIO 25. POISTUMAN KESKITILAVUUDET PUULAJEITTAIN	34
KUVIO 26. RINNANKORKEUSLÄPIMITTALUOKKAJAKAUMA MITATUISTA PUISTA	35
KUVIO 27. MITATTUJEN PUIDEN PROSENTTIOSUUDET KOKONAISTILAVUUDEN MUKAAN.....	36

KUVIO 28. MITATTUJEN PUIDEN PROSENTTIOSUUDET POISTETUIDEN RUNKOJEN MUKAAN.....	36
KUVIO 29. MITATTUJEN PUIDEN AINES- JA ENERGIAPUUN PROSENTTIOSUUDET PUULAJEITTAIN	37
KUVIO 30. MITATTUJEN PUIDEN AINES- JA ENERGIAPUUN JAKAUTUMINEN LÄPIMITTALUOKKIIN.....	37

1 JOHDANTO

Suomessa uusiutuvan energian käyttöä ollaan lisäämässä kansallisen energia- ja ympäristöstrategian mukaisesti. Sen mukaan Suomessa sähkön ja lämmön tuotannosta 38 prosenttia tulisi olla uusiutuvista energialähteistä vuoteen 2020 mennessä. Metsähakkeen käytön lisäys on suuressa roolissa tähän tavoitteeseen pyrittäessä. Vuonna 2012 metsähaketta käytettiin ennätysmäärä 8,5 miljoonaa kuutiometriä, kuitenkin vuoden 2020 noin 13 miljoonan kuutiometrin tavoitteeseen on vielä matkaa. (Metsäteollisuus ry 2013a.)

Suomessa käytetään paljon puuta energiantuottamiseen. Kaikista Suomessa käytetystä uusiutuvasta energiasta 80 prosenttia on puuperäisiä polttoaineita. Puuenergian käyttö on muihin Euroopan unionin maihin nähden korkeaa ja Suomi on kärkimaita puuenergian käytössä. Puuenergian käytön lisääminen on ilmastonmuutosta hillitsevä asia, ja sen myötä syntyy uusia alan yrityksiä ja työpaikkoja. (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2012.)

L&T Biowatti Oy on yksi alalla vahvasti mukana oleva yritys. Yhtiö hyödynääkin metsästä saatavia puupolttoaineita, joista saadaan puhdasta uusiutuvaa suomalaista energiaa ja sitä kautta yhtiö on mukana ilmastonmuutoksen hillinnässä. L&T Biowatin ostamilta leimikoilta korjataan kokopuuta, karsittua energiapuuta ja ainespuuta. Myös päätehakkuiden latvusmassan talteenotto ja kannonnosto kuuluvat palveluvalikoimaan. (Lassila & Tikanoja 2013.)

Asian tiimoilta tarjoutui mahdollisuus tehdä opinnäytetyö, jossa pääasiallinen tarkoitus on kerätä puustoaineisto ja vertailla sen pohjalta kuinka paljon enemmän karsittua energiapuuta saadaan verrattuna pelkkään ainespuuhun, harvennushakkuilta. Opinnäytetyn aihe on siis ainespuun ja karsitun energiapuun kertymien eroja harvennushakkuissa. Karsittua energiapuuta ei kannata korjata kaikenlaisista metsistä, sillä sen lisäys verrattuna ainespuuhun voi olla vähäinen. Mikäli karsitun energiapuun kertymä on riittävän paljon suurempi, saa metsänomistaja tuloja enemmän kuin pelkästä ainespuusta. Karsitun energiapuun hinta on hieman ainespuuta matalampi, mutta suurempi kertymä takaa suuremman tulon. Työn tilaajana toimii L&T Biowatti Oy ja heidän yhteyshenkilönä työssä on Jari Raaterova.

Tutkimukselle oli selvästi tarvetta, koska kyseisiä tutkimuksia tällä tavalla ei ole liiemmin tehty. Aikaisemmat aiheeseen liittyvät tutkimukset on pääasias-
sa suoritettu aika- ja kannattavuustutkimuksina. Ainespuun ja karsitun ener-
giapuun kertymien eroja samalta kohteelta, ei ole siis paljoa tutkittu. Laasa-
senahon runkokäyrämallien avulla pystytään laskemaan keskimääräisesti
rungon jakautuminen, mutta paikallisesti tarkempiin tuloksiin päästään mit-
taamalla konkreettinen mittausaineisto ja tekemällä aineistosta tulkintaa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada selville millaisesta metsästä karsittua
energiapuuta on kannattava korjata. Harvennuksen poistuman keskijäreys ja
rinnankorkeusläpimittaluokkajakauma määräävät karsitun energiapuun lisä-
yksen pelkkään ainespuuhun verrattuna. Tieto on hyödyllinen tilaajalle L&T
Biowatti Oy:lle, joka ostaa ja korjaa paljon energiapuuleimikoita. Leimikoista
käydään kovaa kilpailua muiden ostajien kanssa. Niin energiapuun ostajat
kuin ainespuun ostajatkin kilpailevat samoista leimikoista ja silloin leimikosta
saatavan energianpuun määrä on ratkaisevassa osassa tarjouksen jättämi-
sen suhteen L&T Biowatti Oy:lle.

Työ rajattiin käsittämään vain pelkän ainespuun ja karsitun energiapuun ker-
tymien erojen vertailua. Korjuukustannukset ja ajanmenekit ovat jätetty työn
ulkopuolelle.

Tutkimusaineiston keräyksessä käytettiin Masser oy:n valmistamia elektroni-
sia mittasaksia. Masser oy asensi myös mittasaksille developer - ohjelmiston,
jolla pystyttiin määrittämään mitattavat asiat. Puut mitattiin ristikkäisin läpimi-
toin metrin pätkissä kuuteen senttimetriin asti, eli ainespuun mitat täyttävään
kohtaan asti. Kuudesta senttimetristä eteenpäin latva mitattiin omana kapp-
leena, jolloin saatiin selville karsitun energiapuun tuoma lisätilavuus. Rin-
nankorkeusläpimitta oli myös tärkeä mitattava asia, koska puut luokiteltiin
rinnankorkeusläpimitan mukaan luokkiin.

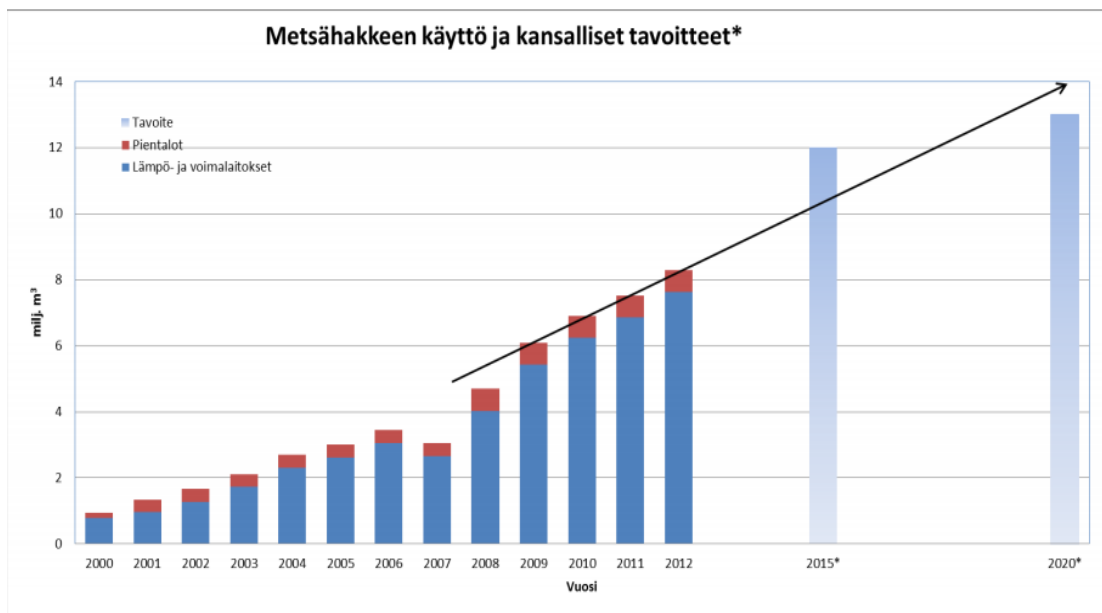
2 ENERGIA- JA ILMASTOPOLITIIKKA

2.1 Energiankäyttö Suomessa

Suomen näkökulmasta tarkasteltuna maailman energiantarve ja ilmastonmuutoksen syyt näyttävät valtavilta. Maailman kasvihuonepäästöistä vuonna 2008 aiheutettiin Suomessa vain kaksi promillea ja koko maailman energian kulutuksestakin vain seitsemän promillea käytettiin Suomessa. Tästäkin huolimatta Suomen on osallistuttava kansainvälisesti päätettyihin energian- ja ilmaston säästötalkoisiin. Näyttämällä esimerkkiä muulle maailmalle, Suomella on mahdollisuuksia viedä omaa osaamistaan ja teknologiaansa kansainvälisille markkinoille ja vahvistaa samalla omaa talouttaan. (Asikainen ym. 2012, 17.)

2.2 Uusiutuva energia ja hake

EU:n säätämien ilmasto- ja energiapoliittisten tavoitteiden mukaan Suomessa energian kokonaiskulutuksesta 38 prosenttia tulisi olla uusiutuvalla energialla tuotettua vuoteen 2020 mennessä. Suomen energiankäytöstä 38 prosenttia vastaa 134 Terawattituntia, josta metsähakkeen osuus tulisi olla 25 terawattituntia, joka on noin 13 miljoonaa kuutiometriä metsähaketta. Nykyisellä kehitystahdilla tavoite on hyvin saavutettavissa. (Metsäteollisuus ry 2013a.) Kuviossa 1 on esitetty tarkemmin metsähakkeen käytön kehityskaari.



Kuvio 1. Metsähakkeen käyttö ja tavoitteet (Metsäteollisuus Ry 2013b, 1.)

Edellisestä kuviosta nähdään hyvin kuinka metsähakkeen käyttö on noussut 2000 luvun taitteesta tasaisesti ja samalla kehityssuuntauksella tavoite on mahdollista täyttää. Suurin uusiutuvan energian lisäyspotentiaali on juuri metsähakkeen käytössä. (Metsäteollisuus ry 2013a.)

Vuonna 2012 lämpö- ja voimalaitokset käyttivät harvennushakkuista peräisin olevasta pienpuusta valmistettua metsähaketta 3,6 miljoonaa kuutiometriä, joka on lähes puolet laitosten hakkeen käyttömäärästä. Hakkuutähteistä tehtyä haketta käytettiin 2,6 miljoonaa kuutiometriä ja kannoista tehtyä haketta 1,1 miljoonaa kuutiometriä. Metsähakkeen käyttöä lisätään Suomessa energiapuun korjuutuella. Hakkeen käyttöä pyritään parantamaan myös uusiutuville energialähteille tarkoitetulla sähkön tuotantuella. Voimalaitoksille jotka käyttävät metsähaketta maksetaan tukea sähkön markkinahinnan päälle niin sanottuna syöttöpremioina. (Ylitalo 2013, 274–275.)

Energiapuumarkkinoiden kehittyessä ja uusiutuvan energian käytön velvoitteiden myötä kilpailu ensiharvennuspuiden lisääntymisen ja perinteisen ainespuuhakkuun rinnalle tulee vaihtoehto myydä puut energiapuiksi. Puun jalostusarvon optimointi ja raaka-aine resurssin oikea kohdentaminen tuovat haastetta uudentyyppiselle puunkorjuulle. (Maa- ja metsätalousministeriö 2010, 18.)

2.3 Metsähakkeen raaka-ainelähteet

Metsähaketta saadaan eniten hakkuutähteistä, kannoista ja pienpuusta. Pienpuu, johon kuuluu karsittu ranka, karsimaton pienpuu ja kuitupuuta on suurin metsähakkeen raaka-aine. Pienpuun lisäys on yksi metsäenergian käytön suurimmista kasvupotentiaaleista. (Metsäteollisuus ry 2013a.)

Metsähaketta voidaan tehdä monista eri puunosista. PäätehakkUILTA kerätään usein talteen latvusmassat. Latvusmassaan kuuluvat oksat, neulaset, lehdet ja ainespuuksi kelpaamaton latvaosa. Etenkin kuusikoissa latvusmassan talteenotto on kannattavaa. Viljavilla mailla hakkuutähteitä saadaan karuja kasvupaikkoja runsaammin, sillä rehevä maapohja saa puut kasvattamaan runsaasti oksia, neulasia ja lehtiä. (Hakkila 2004, 29.) Hakkuutähteistä tehtyä haketta poltetaan suurissa ja keskisuurissa voima- ja lämpölaitoksissa. Hak-

kuutähdehake ei sovellu pieniin tulisijoihin, koska oksien, neulasten ja lehtien mukanaolo tekee hakkeen laadusta epätasaista.

Päätehakkuualoilta voidaan kerätä myös talteen puiden kannot ja niiden mukana juuret. Parhaiten kannot ovat kerättävissä kuusivaltaisista metsistä. Kuusen juuristot ovat pinnanmyötäiset, kun taas mänty kasvattaa syvän paa-lujuuren. Tämän vuoksi kuusen kanto on helpompi irrottaa maasta ja paloitel-la pienemmäksi. (Hakkila 2004, 33.) Kantojen mukana tulee runsaasti epä-puhtauksia, joten ne täytyy murskata tylpillä terillä. Kannoista tehty murska on epäpuhdasta ja epätasaista ja sen vuoksi se soveltuu poltettavaksi vain suurissa laitoksissa.

Omien kokemusten mukaan haketta tehdään myös järeistä ainespuuksi kelpaamattomista puista. Puut eivät kelpaa ainespuuksi esimerkiksi lahovian takia. Järeä runkopuu tulee päätehakuista. Lahovikaisista rungoista tehtyä haketta käytetään suurissa ja keskisuurissa laitoksissa.

Harvennuksilta hakkeen raaka-ainetta saadaan pienpuista. Pienpuulla tarkoi-tetaan harvennuskohteilta korjattavia pieniläpimittaisia runkoja (UPM metsä 2014, 2). Pienpuusta tehty hake on tasalaatuista ja se soveltuu hyvin myös pieniin lämpölaitoksiin. Pienpuusta voidaan tehdä kokopuuta. Kokopuuhun kuuluu mukaan runko, oksat, lehdet ja neulaset. Kokopuusta tehtävä hake on tasalaatuista ja laadultaan hyvää.

Pienpuusta voidaan tehdä myös karsittua energiapuuta. Omien kokemusten mukaan karsittu energiapuu on laadullisesti parasta hakkeen raaka-ainetta. Siinä ei ole mukana oksia, neulasia eikä lehtiä. Tämän vuoksi siitä tehty hake on tasalaatuista ja soveltuu poltettavaksi pienimmissäkin tulisijoissa ja kattiloissa. Karsittu energiapuu ei tarvitse välttämättä suurta ja voimakasta hake-tuskalustoa, koska ne ovat kevyitä liikutella ja pieniläpimittainen puu menee helposti pienemmistäkin hakkureista läpi.

3 ENERGIAPUUN KORJUU, TUET JA MITTAUS

Suomen tämänhetkinen puuston kokonaistilavuus on 11 valtakunnan metsien inventoinnin mukaan 2,9 miljardia kuutiometriä. Kasvua on vuosittain 104,5 miljoona kuutiometriä. Vuosittaiset hakkuut ovat kuitenkin vain 70 prosenttia kestävästä hakkuumahdollisuuksista, joten harvennusrästejä pääsee syntymään runsaasti. Harvennusrästejä syntyy etenkin nuorissa ensiharvennusemetsissä. Ensiharvennukset koetaan usein kannattamattomiksi huonon kertymän vuoksi. (Metsäntutkimuslaitos 2013a.)

Valtakunnan metsien inventoinnin mukaan Suomessa on lähes 1,6 miljoonaa hehtaaria taimikoita ja nuoria kasvatusmetsiä, joissa hoitotoimenpiteet ovat laiminlyöty. Ylitiheissä nuorissa metsissä puiden järeytyminen hidastuu ja aiheuttaa hakkuutulojen pientymistä sekä korjuukustannusten kasvua tulevissa hakkuissa. (Metsäntutkimuslaitos 2013a.) Näissä metsissä piilee runsaat puuvarat, joita tulisi käyttää hyödyksi energiapuun korjuussa.

Energiapuun korjuu eroaa hieman tavallisesta ainespuun korjuusta. Olen opinut sen, että kokopuukorjuu ei sovellu kaikenlaisille kohteille, mutta taas karsittua energiapuuta voidaan korjata samoilla ohjeilla kuin ainespuuta. Karsittu energiapuu eroaa kuitupuusta siten, että kuitupuuta on tehty latvaläpimitaltaan kuuteen senttimetriin, kun taas energiapuu pyritään tekemään kolmeen senttimetriin asti. Kuitupuulla on olemassa yhtiökohtaiset mitta- ja laatuvaatimukset, mutta karsituksi energiapuuksi käyvät kelot, lahot, mutkaiset, lepät, raidat ja kaikki puu mistä on mahdollista tehdä haketta.

3.1 Energiapuuharvennus

Energiapuuharvennuksiksi kutsutaan usein sellaista nuoren metsän kunnostuskohdetta, jossa puutavara korjataan kokonaan tai pääosin energiapuuksi (Hynynen – Valkonen – Rantala 2005, 158). Energiapuuharvennuksilla tähdätään samaan lopputulokseen kuin normaalissa ainespuuhakkuussa. Sen tavoitteena on keskittää puuston kasvu laadullisesti ja kasvullisesti parhaisiin yksilöihin. Harvennuksen jälkeen saadaan aikaan elinvoimainen ja tuhoja hyvin kestävä metsikkö. (Äijälä – Kuusinen – Koistinen 2010, 15–16.)

Pääsääntöisesti energiapuuharvennus toteutetaan alaharvennuksena, jossa jätetään kasvamaan laadullisesti parhaita valta- ja lisävaltapuita. Tällä tavoin

taataan hyvälaatuisen tukkipuun kasvun edellytykset. Usein energiapuuharvennukset tehdään nuorissa kasvatusmetsissä, missä taimikonhoito on ollut puutteellista tai sitä ei ole tehty ollenkaan. (Äijälä ym. 2010, 15–16.) Seuraavassa taulukossa on ilmoitettu suositeltavat kasvatustiheydet hoitamattomalle nuorelle kasvatusmetsälle energiapuuharvennuksen jälkeen.

Taulukko 1. Hoitamattoman nuoren kasvatusmetsän tavoiterunkoluvut energiapuuharvennuksen jälkeen (Äijälä ym. 2010, 6)

Puuston valtapituus 8–14 metriä

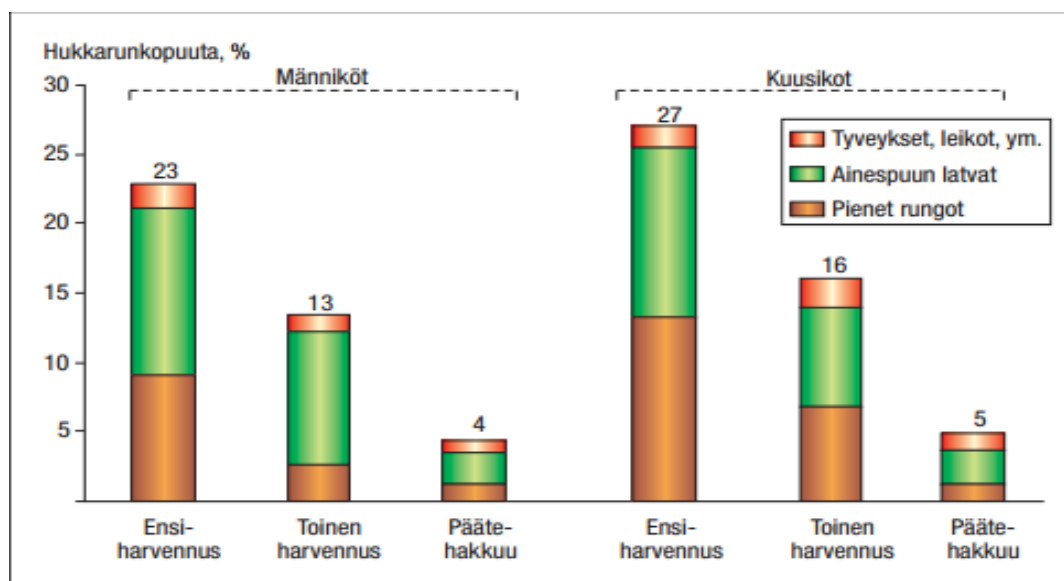
Puulaji	Kasvupaikka	Kpl/ha
Mänty	Tuore kangas, mustikkaturvekangas	1 400–1 000
	Kuivahko kangas, puolukkaturvekangas	1 300–900
	Kuiva kangas, varputurvekangas	1 100–800
Kuusi	Lehtomainen tai tuore kangas, ruoho- tai mustikkaturvekangas	1 300–1 000
Rauduskoivu	Lehtomainen tai tuore kangas	1 100–700
Hieskoivu	(Lehtomainen tai tuore kangas) Ruoho- tai mustikkaturvekangas	1 400–1 100

Hoitamattoman nuoren kasvatusmetsän tavoiterunkoluvut eroavat hieman hoidetun nuoren kasvatusmetsän tavoiterunkoluvuista ensiharvennuksen jälkeen. Hoitamaton metsä suositellaan harvennettavaksi hieman varovaisemmin, koska se on kasvanut tiheässä ja siksi puiden juuristot eivät ole kehittyneet samalla tavalla kuin hoidetussa metsässä. Liian voimakas harvennus voi aiheuttaa sen, että puuston heikkojen juuristojen takia metsässä voi esiintyä harvennuksen jälkeen runsaasti tuuli ja lumituhoja.

3.2 Hukkarunkopuu

Normaalissa ainespuuhakkuussa ainespuuosan täytyttyä puusta jää aina loppu hukkarunkopuuta. Hukkarunkopuun määrä riippuu kuitupuun minimiläpimitasta. Tekesin tekemän tutkimuksen (1997) mukaan ensiharvennuksilla hukkarunkopuun osuus on 20–30 prosenttia (Kuvio 3), jos minimiläpimita on männyllä ja koivulla seitsemän senttimetriä ja kuusella kahdeksan senttimetriä. Päätehakkuissa osuus on vain 4–5 prosenttia. Mitä pienempi puu, sitä suurempi on hukkarunkopuun osuus. Pienissä ensiharvennuksissa on siis suhteellisesti paljon hukkarunkopuuta, koska latvat kapenevat niissä hitaasti. (Hakkila 2004, 27–28.) Tutkimus on toteutettu vuonna 1997 ja sen

jälkeen kuitupuun minimilatvaläpimittoja on pienennetty, joten hukkarunkopuun osuus on nykyisillä minimilatvaläpimitoilla hieman pienempi.



Kuvio 2. Hukkarunkopuun osuus poistumasta (Hakkila 2004, 28.)

Niin sanottu hukkarunkopuu on potentiaalista energiapuuta. Asutusten läheisyydessä hukkarunkopuu kerätään usein polttopuiksi. Kauempana asutuksista hukkarunkopuu jää kuitenkin usein metsään lahoamaan. Myyntitarkoituksessa pelkän hukkarunkopuun kerääminen energiapuiksi ei ole kaikilla kohteilla kannattavaa, joten energiapuuhun tulee sisältyä myös ainespuuksi kelpaavaa puutavaraa. Jos kohteella ainespuukertymä on pientä, kaikki puutavara kannattaa korjata energiapuiksi, jolloin hakkuusta tulee kannattava ja harvennusrästit tulevat hoidettua. (Hakkila 2004, 28.)

3.3 Korjuumenetelmät

Nuoren metsän harvennuksessa käytetään monenlaisia korjuumenetelmiä. Perinteinen erilliskorjuu, missä korjataan vain pelkkää ainespuuta tai energiapuuta on saanut rinnalleen uusia korjuumenetelmiä. (Kärhä – Mutikainen – Keskinen – Petty 2010.) Erilliskorjuuta voidaan tehdä joko yksinpuin tai joukkokäsittelynä. Erilliskorjuu on saanut myös vahvan haastajan integroidusta korjuusta, jossa tehdään samanaikaisesti sekä ainespuuta että energiapuuta. (Kärhä 2011, 12.)

Joukkokäsittelyssä kuljettaja ottaa kouraan useamman kuin yhden rungon. Joukkokäsittelyn tarkoituksena on saada työskentely tehostumaan ja tuottavuus nousemaan, näin ollen yksikkökustannukset laskevat. Joukkokäsittely

on tehokkainta kun samankokoisia runkoja on lähekkäin, jolloin niitä on helppo poimia samaan taakkaan. Ahtaissa paikoissa ja isojen puiden läheisyydessä kannattaa hakata yksinpuin, jolloin välttyään korjuuvaurioilta. Isot, oksaiset ja mutkaiset, niin sanotut susipuut kannattaa myös hakata yksinpuin. Joukkokäsittelyn etuja on myös se, että korjuujälki paranee kun nosturia ei tarvitse liikutella yhtä paljon kuin yksinpuin hakattaessa. (Metsäteho oy 2011.)

Integroidussa korjuussa puutavara tehdään sekä ainespuuksi että energiapuuksi. Tämä niin sanottu kahden kasan menetelmä on yleistynyt muutamien vuosien aikana huomattavasti. Hakkuutavassa ainespuu ja energiapuu hakataan eri kasoihin, jolloin kertymää saadaan enemmän kuin pelkässä ainespuuhakkuussa. (Kärhä – Mutikainen 2009, 2.) Tätä korjuutapaa tehdään kahdella eri tapaa. Yleisemmässä tavassa ainespuu tehdään normaalisti ja latvaosa laitetaan eri kasaan karsimattomana eli kokopuuna. Toinen tapa on tehdä ainespuu normaalisti, ja karsia myös latvaosa ja laittaa se erilleen ainespuusta. Tätä puutavaralajia kutsutaan karsituksi energiapuuksi. (Kärhä 2011, 12.)

3.4 Kokopuu ja karsittu energiapuu

Energiapuun kokopuukorjuussa on hyviä ja huonoja puolia. Se soveltuu parhaiten mänty- ja lehtipuuvaltaisiin metsiin, jotka ovat viljavuustasoltaan vähintään kuivahkoja kankaita tai vastaavia turvemaita. Kokopuukorjuuta ei suositella karuille kasvupaikoille eikä kuusikoille (Kuvio 4.), koska metsästä poistuu runsaasti oksia ja neulasia. Juuri näissä osissa on merkittävä osa puun sisältämistä ravinteista. Kokopuunkorjuu heikentää siis jonkin verran metsään jäävien ravinteiden määrää, mikä voi näkyä kasvun heikentymisenä. (Äijälä ym. 2010, 13–14.)

Kyllä = suositellaan korjuukohteeksi Ei = ei suositella korjuukohteeksi	Kokopuun korjuu
Kuivahkot kankaat ja niitä viljavammat kivennäismaat sekä vastaavat turvemaat	Kyllä
Kuivat kankaat ja karukkokankaat sekä vastaavat turvemaat	Ei
Kivennäismaiden kuusivaltaiset metsät, joissa kuusen osuus runkoluvusta on ennen harvennusta yli 75 %	Ei

Kuvio 3. Suositeltavat kokopuukorjuukohteet (Äijälä ym. 2010, 13.)

Kokopuukorjuussa kertymät ovat karsittuun energiapuuhun verrattuna suuremmat, koska siinä hyötykäyttöön menevät myös oksat, neulaset ja lehdet. Metsätehon ja Työtehoseuran tutkimuksen (2/2010) mukaan karsitun energiapuun korjuu, on myös kokopuukorjuuta kalliimpaa. Karsitun energiapuun korjuuta puoltavat kuitenkin monet asiat. Sen kustannukset jäävät kokopuuhun verrattuna matalammiksi metsäkuljetuksessa, kaukokuljetuksessa ja haketuksessa. (Kärhä ym. 2010.)

Metsäkuljetuksessa kustannukset saadaan pienemmiksi suuremmalla kuormakoolla, koska karsitut rangat menevät kuormaan tiiviisti eikä näin ollen kuljeteta ilmaa kuten kokopuulla. Kaukokuljetuksessa kustannukset jäävät matalammiksi samasta syystä. Karsittua energiapuuta voidaan myös kuljettaa normaalilla puutavara-autolla, toisin kuin kokopuuta, johon tarvitaan energiapuulaidoin varustettu puutavara-auto. Haketus sujuu myös jouhevammin ja nopeammin, koska haittaavana tekijänä ei ole oksikkaita puita. (Kärhä ym. 2010.)

Karsitun energiapuun korjuu onnistuu myös ravinneherkillä kohteilla, esimerkiksi kuusikoissa ja karuilla kasvupaikoilla, sillä oksat ja neulaset jäävät metsään ravinteiksi. Suot voidaan myös hyödyntää tehokkaammin energiapuun tuotannossa, etenkin karsitun energiapuun osalta. Turvemaat ovat usein pehmeitä ja tarvitsevat oksapeitteen koneiden pinnalla pysymiseksi. (Kärhä ym. 2010.) Karsitusta energiapuusta saadaan myös laadukkaampaa polttohaketta verrattuna kokopuuhun. Laadukasta polttohaketta voidaan polttaa pienkattiloissa, jotka tarvitsevat tasakokoista haketta toimintavarmuuden ylläpitämiseksi. (Heikkilä ym. 2005, 3.)

3.5 Kestävän metsätalouden rahoituslaki

Energiapuun korjuun kannattavuus perustuu tällä hetkellä hyvin voimakkaasti valtion tukien varaan. Kestävän metsätalouden rahoituslaki tukee energia-puun korjuuta tietyin ehdoin.

Kestävän metsätalouden rahoituslain mukaisesti voidaan rahoittaa metsien kestävää hoitoa ja käyttöä edistäviä toimenpiteitä. Toimenpiteitä ovat

- puuntuotannon kestävyden turvaaminen,
- metsien biologisen monimuotoisuuden ylläpitäminen,
- metsäluonnon hoitohankkeet
- muut edellä mainittuja tukevat edistämistoimet.

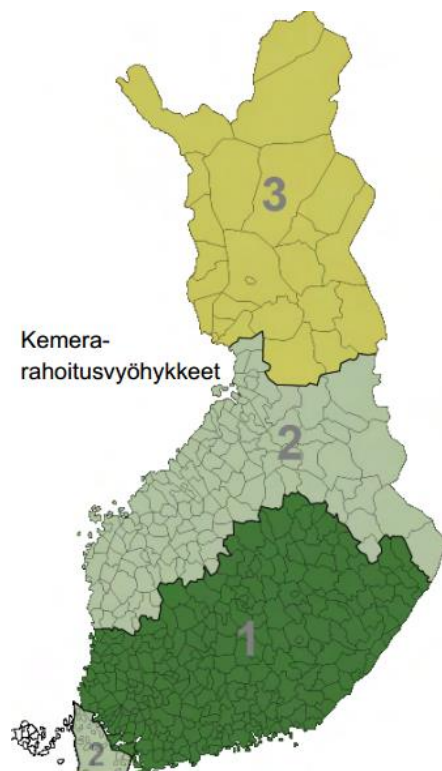
Rahoituslain piiriin kuuluvat yksityiset maanomistajat, jotka voivat hakea rahoitusta hakemuksen perusteella. (Kemera-opas 2009, 5.)

Kestävän metsätalouden rahoituslain myöntämistä varoista **nuoren metsän hoitoa** voidaan tukea, kun metsikössä on selvä metsänhoidollinen tarve. Kehitysluokan 2. metsässä tukea saa puuston harvennukseen ja puunkorjuuta haittaavan pieniläpimittaisen puuston poistoon, sillä edellytyksellä että laissa esitetyt vaatimukset täyttyvät. Minimipinta-alaksi tuettavalle kohteelle on asetettu yksi hehtaari. (Kemera-opas 2009, 17.)

kehitysluokan 2. metsässä on asetettu tiukat rajat rahoituksen saamiseksi. Metsän käsittelyn jälkeen puuston valtapituus ei saa olla havupuumetsiköissä yli 14 metriä eikä lehtipuumetsiköissä yli 15 metriä, kuitenkin jos korjattava puu käytetään kokonaan energiapuuksi valtapituus saa olla näitä arvoja suurempi. Kehitysluokan 2. metsikössä puuston rinnankorkeusläpimitta on 8-16 senttimetrin välillä (Kolehmainen 2006, 85), joten myös rahoituksen ehtona on että käsittelyn jälkeen kasvatettavan puuston rinnankorkeusläpimitta on alle 16 senttimetriä. Kohteella poistuman on oltava yli 1000 runkoa/hehtaari, kantoläpimitaltaan yli neljän senttimetrin puita. Lisäksi kohteelle ei saada jäädä välitöntä ensiharvennustarvetta. (Kemera-opas 2009, 17.)

Tuen suuruus määräytyy metsikön sijainnin perusteella. Suomi on jaettu kolmeen tukivvyöhykkeeseen, siten että pohjoisessa tuki on suurempi kuin etelässä. Tuki määräytyy keskimääräisten toteutuskustannusten perusteella.

Vyöhykkeellä yksi tuki on 50 prosenttia, vyöhykkeellä kaksi tuki on 60 prosenttia ja vyöhykkeellä kolme 70 prosenttia keskimääräisistä toteutus-
kustannuksista. (Kemera-opas 2009, 18.) Seuraavassa kuviossa on esitetty tukivyöhykkeet Suomen kartalla.



Kuvio 4. Kestävän metsätalouden rahoituslakiin perustuvat tukivyöhykkeet (Metsäkeskus 2011)

Koko Lappi kuuluu tukivyöhykkeeseen, jossa keskimääräisistä kustannuksista rahoitetaan 70 prosenttia. Tämä jaottelu on reilu, koska Etelä-Suomessa metsätalouden kannattavuus on Pohjois-Suomea huomattavasti parempaa. Vyöhykkeillä taataan tasapuolinen kohtelu kaikille metsänomistajille.

Energiapuun korjuuseen on myös saatavana kestävän metsätalouden rahoituslain mukaista **energiapuun korjuutukea**. Tukea saa kun nuoren metsän hoitohankkeesta korjataan energiapuuta ja se luovutetaan energiakäyttöön. Tuen saannin edellytys on että energiakäyttöön luovutettavan puuerän vähimmäismäärä on 20 kuutiometriä. Tuki myönnetään kasaukseen ja metsäkuljetukseen (molemmille 3,5 euroa/kuutiometri eli yhteensä seitsemän euroa/kuutiometri). (Kemera-opas 2009, 20–21.)

3.6 Energiapuun mittaus

Puutavaranmittauslaki ei koskenut aiemmin energiapuun mittausta. Energiapuun mittaus oli vuoden 2008 alusta lähtien järjestetty sopimusperusteisesti alan keskeisten toimijoiden ja edunvalvojen välillä. Vuoden 2014 alusta lähtien energiapuun mittaus kuuluu puutavaran mittaukselle annetun lain piiriin. (Metsäntutkimuslaitos 2013b.) Lain piiriin kuuluvat energiapuun tilavuuden, tuorepainon ja kuivapainon mittaus. Energiasisällön ja lämpöarvon määrittäminen eivät kuulu lain piiriin. Tällä muutoksella on haluttu yhdenmukaistaa aines- ja energiapuun mittausta. Lain myötä energiapuukaupan osapuolten oikeusturva paranee, koska erimielisyys tilanteissa voidaan energiapuulle tehdä virallinen mittaus, jonka suorittaa Metsäntutkimuslaitoksen työntekijä. Virallinen mittaus tehdään, jos osapuolet eivät pääse yksimielisyyteen mittaustuloksesta. (Korri 2013, 5-7.)

Kuormainvaakamittaus on yleistynyt energiapuunmittauksessa vauhdilla. Se sopii hyvin energiapuutavaralajeille. Mittaus tapahtuu joko lähi- tai kaukokuljetuksen yhteydessä. Lähikuljetuksen yhteydessä mittaus tapahtuu metsätraktorin kuormaimen asennetulla puntarilla ja kaukokuljetuksessa puntari on asennettuna puutavara-auton kuormaimen. Mittauksessa kourataakat punnitaan kuormauksen tai kuorman purkamisen yhteydessä. Kuormainvaakamittaus sopii hyvin työmittaukseen, jossa määritetään tavarantoimituksen määrää korvauksen maksua varten puunkorjuu- tai kuljetusyrittäjälle. Menetelmä sopii myös luovutusmittaukseen, jossa puutavaran määrä todetaan kauppahinnan maksua varten maanomistajalle. (Lindblad – Äijälä – Koistinen 2013, 7, 26–28.)

Muuntoluvut auttavat kiintotilavuuden määrittämisessä. Kuormainvaakamittauksessa saadut massat muutetaan kuorelliseksi kiintotilavuudeksi tuoretiheyslukujen avulla. Metsäntutkimuslaitoksen määräyksessä (2/2013) on asetettu tarkat tuoretiheysluvut kaikille yleisille puu- ja puutavaralajeille. (Metsäntutkimuslaitos 2013c.) Tuoretiheysluvut vaihtelevat alueittain, sillä Pohjois-Suomessa kuivumiskausi on Etelä-Suomea lyhyempi. Tuoretiheysluvut löytyvät alueellisista ja puulajikohtaisista taulukoista. (Lindblad ym. 2013, 9.)

Metsäntutkimuslaitos on kehittänyt energiapuun mittausta helpottavan **Eppu – energiapuun mittauslaskurin**. Sovellus määrittää automaattisesti oikean

tuoretiheysluvun, jolloin taulukoiden selausta ei enää tarvita. Sovellus on laadittavissa ilmaiseksi Metsäntutkimuslaitoksen web-sivuilta (Metsäntutkimuslaitos 2013d.), ja se on yleisesti käytössä jo esimerkiksi L&T Biowatti Oy:llä.

Sovelluksen käyttö on helppoa ja oikeilla tiedoilla saadaan entistä helpommin kuormainvaakamittauksessa saatu massa muutettua kuorelliseksi kiintotilavuudeksi. Tarvitsee tietää vain hakkuuajankohta, mittaajajankohta, alue, energiapuutavaralaji, puulaji ja kuormainvaakamittauksessa saatu massa. (Metsäntutkimuslaitos 2013d.) Seuraavassa kuviossa nähdään sovelluksen käyttöperiaate.

The screenshot shows the EPPU – Energiapuun mittaaslaskuri web application interface. It is organized into several sections:

- Valitse alue:** Radio buttons for Etelä-Suomi, Pohjanmaa, Kainuu - Koillismaa, Lappi (selected), and Ylä-Lappi. A 'Kartta' button is next to it.
- Hakkuuajankohta:** Input fields for Päivä (10) and Kuukausi (3).
- Mittaajajankohta:** Input fields for Päivä (25), Kuukausi (3), and Vuosi (2014).
- Varastointiaika:** 15 vrk (maksimiaika = 365 vrk).
- Lisätarkenteet:** Checkboxes for 'Tuore, jossa lunta tai jäätä', 'Lumi ja sulamisvesi on vaikuttanut palstakasojen kuivumiseen', and 'Palstakasoissa ja/tai niiden alla on jatkuvasti lunta tai jäätä'. A 'Määritelmä' button is next to the second checkbox.
- Energiapuutavaralaji:** Radio buttons for Harvennusenergiapuu (selected) and Latvusmassa.
- Valitse puulaji:** Radio buttons for Havupuu (selected), Koivu, Muu lehtipuu, and Sekapuusto.
- Buttons:** LASKE, VIE RAPORTTIIN, and LOPETA.
- ENERGIAPUUN TUORETIHEYSLUKU:** Input field showing 930 kg/m³. A 'Taulukko 19' button and 'Painoluokka: 2' are also present.
- Painon muunto tilavuudeksi:** A calculation showing Paino (10000 kg) / Tuoretiheys (930 kg/m³) = Kiintotilavuus (10,8 m³).

Kuvio 5. EPPU – Energiapuun mittaaslaskuri (Metsäntutkimuslaitos 2013d.)

4 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

4.1 Tutkimuksen tavoite ja tutkimustehtävät

Opinnäytetyössäni tutkin ainespuun ja karsitun energiapuun kertymien eroja, samalla kohteella. Tutkimus toteutettiin yhteistyössä Lapin ammattiopiston ja L&T Biowatti Oy:n kanssa. Mitattaviksi kohteiksi valittiin neljä erityylistä metsikköä, jolloin saatiin vertailua erityylisten kohteista. Kaikki kohteet sijaitsivat Rovaniemen alueella.

Tavoitteena oli saada selville, kuinka paljon prosentuaalisesti karsittua energiapuuta saadaan enemmän samalta kohteelta, kuin pelkkää ainespuuta. Tarkoituksena oli myös selvittää neljän metsikön avulla, minkä tyyppisestä metsästä karsittua energiapuuta saadaan prosentuaalisesti riittävän paljon enemmän, jolloin sitä kannattaa lähteä korjaamaan ainespuun sijasta. Tiedoista on hyötyä tilaaja L&T Biowatti Oy:lle, joka toimii vahvasti energiapuun oston ja korjuun parissa.

4.2 Aineiston keruu

Aineisto kerättiin talvella 2014. Alkuperäisenä ajatuksena oli kerätä kaikki aineisto Lapin ammattiopiston korjaamista kohteista ja puutavarasta. Heillä oli tarjota kuitenkin vain yksi kohde mittauksia varten. Muut kolme mittauskohteista löytyi Biowatin omista hakkuukohteista. Kohteiksi pyrittiin löytämään mahdollisimman erilaisia metsiköitä, jolloin eroja on helpompi tarkastella. Kohteissa ei kuitenkaan ollut hirveästi valinnanvaraa, joten oli tyydyttävä niihin mitä oli tarjolla.

Puut mitattiin Masser Oy:n valmistamilla elektronisilla mittasaksilla. Puista tarvittiin selvittää rinnankorkeusläpimitta, ainespuuosuus ja energiapuuosuus. Näiden tietojen mittaamista varten sain Masser Oy:ltä käyttööni developer -ohjelmiston, joka asennettiin mittasaksille mittauksien helpottamiseksi. Ohjelman avulla kaikki mittausdata pystyttiin purkamaan kätevästi Excel - taulukkolaskentaohjelmalle ja siitä pystyttiin tarkastelemaan esimerkiksi puiden rinnankorkeusläpimittoja helposti.

Aineisto mitattiin hakkuukoneen tekemistä puista. Puut olivat tehty selkeästi erilleen ja siten, että samasta rungosta tehdyt kappaleet olivat erotettavissa.

Jokaisesta kohteesta mitattiin noin 100 runkoa, joka pystyttiin toteuttamaan yhden päivän aikana.

4.3 Mittausmenetelmät

Puiden tilavuudet määritettiin mittaamalla puut metrin pätkissä elektronisilla mittasaksilla. Ensimmäinen mittauskohta puussa oli 50 senttimetrin päästä tyvestä, ja sen jälkeen mittauskohdat olivat metrin välein. Puut eivät tietenkään olleet kaikki tasamittaisia, joten viimeinen läpimitta otettiin mittaamattoman puunosan puolivälistä. Myös rinnankorkeusläpimitta, eli 1,3 metriä tyvestä mitattiin ja se jäi siten saksien muistiin. kaikista mittauskohdista otettiin ristikkäiset läpimitat, koska puut ovat monesti hieman soikeita. Mittauskohdan läpimitaksi saatiin siten kahden mittauksen keskiarvo. Lopuksi mittasaksille syötettiin puun pituus.

Mitattavat puut olivat pyritty tekemään karsituksi energiapuuksi, eli latvaläpimitaltaan alle kuuteen senttimetriin. Puut mitattiin aluksi kuitenkin vain ainespuuosuudelta, eli latvaläpimitaltaan kuuteen senttimetriin asti. Tämän jälkeen kuudesta senttimetristä eteenpäin latva mitattiin omana kappaleena, jolloin saatiin selville karsitun energiapuun tuoma lisätilavuus.

Mittauksia varten ei tarvinnut määrittää erillisiä koealoja. Hakkuukoneenkuljettajalle annettiin vain ohjeeksi hakata noin 100 runkoa erilleen toisistaan. Puut hakattiin siten, että kaikki kappaleet olivat selkeästi erillään ja samasta rungosta tehdyt kappaleet pystyttiin erottamaan. Rungot täytyi pystyä erottamaan toisistaan, koska kertymiä tarkasteltiin rinnankorkeusläpimittojen mukaan. Tärkein mittauksen perusteella saatu tunnus oli poistuman keskijäreys. Poistuman keskijäreiden avulla poistetun puuston kokoa on helpompi hahmottaa.

Kahdella kohteella mitatuista puista saatiin myös hakkuukoneen mittalista, jolloin voitiin vertailla kuinka hyvin hakkuukoneen koura pystyy mittaamaan pieniläpimittaisia latvoja ja puita. Toisaalta pystyttiin vertaamaan, kuinka luotettavasti elektronisilla mittasaksilla on pystytty mittaamaan samat puut. Puut mitattiin vielä myös kuormainvaakamittauksella, jonka pitäisi antaa tarkan tuloksen puiden painosta ja sitä kautta voidaan määrittää tarkka kuorellinen kiintotilavuus.

Mittasaksilta tiedot purettiin Excel – taulukkolaskentaohjelmaan. Mittasakset eivät laskeneet puiden tilavuuksia itse, joten laskelmat piti suorittaa Excelin avulla. Tilavuuksien laskennassa käytin Huberin kaavaa, jolla pystytään laskemaan puun tilavuus pätäkissä. Kaavassa tarvitsee tietää pätjän pituus ja pätjän halkaisija sen puolivälillä. Metrin pätjät ja latvapätjä mitattiin erikseen ja sen jälkeen summattiin yhteen, jolloin saatiin koko puun tilavuus. Alla on esitelty tarkemmin Huberin kaava.

$$v_i = \frac{\pi}{4} \cdot d_{,5}^2 \cdot l_i$$

v_i = yhden pätjän tilavuus

$d_{,5}$ = halkaisija yhden pätjän keskivälillä

l_i = yhden pätjän pituus

Kuvio 6. Huberin kaava (Rovaniemen ammattikorkeakoulu 2011.)

5 TUTKIMUSTULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

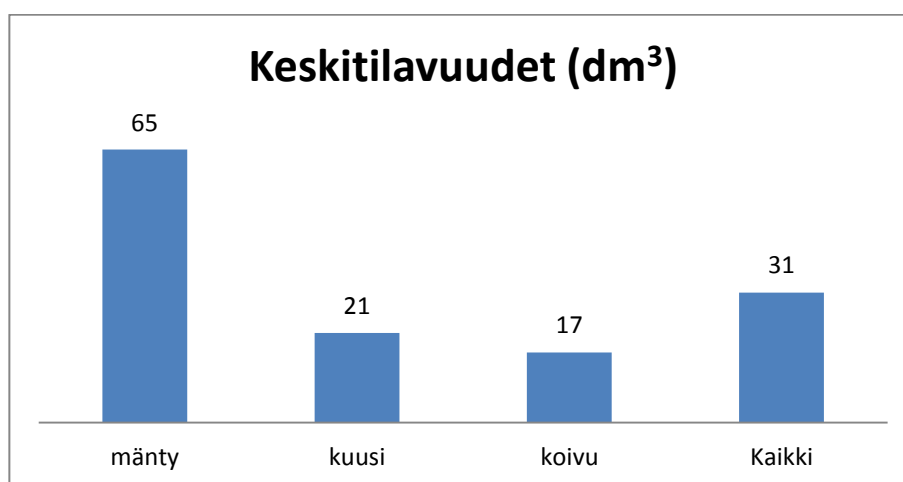
Tutkimustuloksia käsitellään kohteittain. Jokainen kohde on erilainen ja niistä käydään läpi tärkeimmät mittaustulokset. Kohde aloitetaan yleiskuvauksella, ja sen jälkeen mennään tarkemmin tuloksiin.

5.1 Kohde yksi

Ensimmäinen kohde sijaitsi Rovaniemen Hirvaalla, jossa Lapin ammattiopiston opiskelijat hakkasivat karsittua energiapuuta. Kohde oli tuoretta kangasta ja noin 35 vuotias nuori kasvatusmetsä. Pääpuulajina oli mänty, joka oli viljelty istuttamalla aurasalueelle. Seassa kasvoi pieniläpimittaista koivua, ja kuusta löytyi myös. Alueelle oli tehty aiemmin taimikonhoito, ja puuston kasvu on hyvää.

5.1.1 Poistuman rakenne

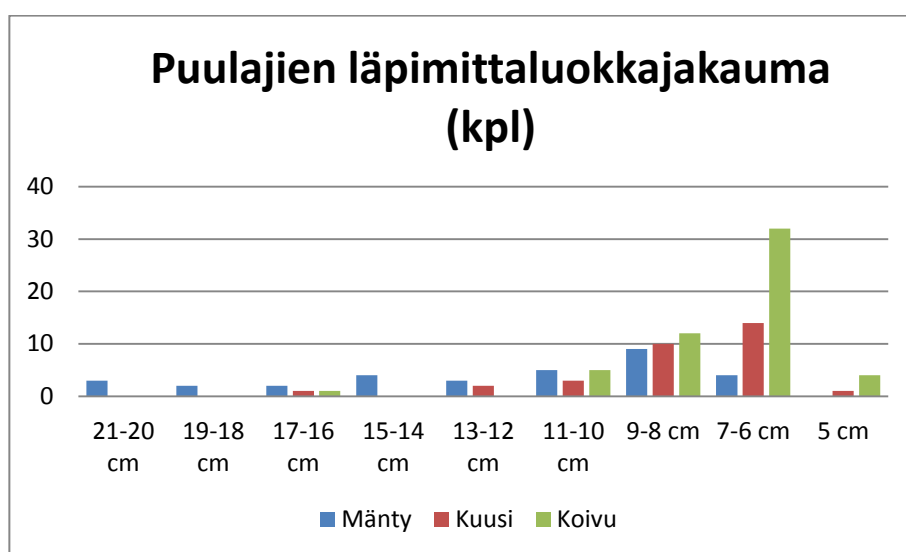
Puulajien välillä poistuman keskitilavuuksissa oli huomattavia eroja. Männyllä keskitilavuus oli suurin, ollen 65 kuutiodesimetriä. Koivut ja kuuset olivat mäntyjä huomattavasti pienempiä, joten näiden puulajien keskitilavuudet jäivät todella alhaisiksi. Kaikkien puulajien poistuman keskitilavuudeksi tuli 31 kuutiodesimetriä. Kuviossa 7. nähdään kaikkien puulajien poistuman keskitilavuudet.



Kuvio 7. Mitattujen puiden keskitilavuudet

Poistuma oli rakenteeltaan pientä, ja paras puusto jäi metsään kasvamaan. Mitattujen puiden rinnankorkeusläpimitat vaihtelivat välillä 5 – 21 senttimetriä. Eniten runkoja oli rinnankorkeusläpimittaluokassa 6 – 7 senttimetriä, joka kertoo sekin poistuman pienuudesta. Tästä läpimittaluokasta ei juuri aines-

puuta saada, joten lähes kaikki tämän läpimittaluokan puut menevät energia-puuksi. Tässä tapauksessa kannattaa miettiä onko poistuma liian pientä kar-situn energiapuun korjuuseen, vai olisiko järkevämpi tehdä energiapuu koko-puuna, jolloin kertymät saataisiin kasvamaan suuremmiksi. Mäntyjä oli lähes kaikissa läpimittaluokissa tasaisesti. Koivut ja kuuset olivat pieniä ja niitä oli vain pienimmissä läpimittaluokissa mäntyjä enemmän. Koivuja oli runsaasti etenkin rinnankorkeusläpimittaluokassa 6 – 7 senttimetriä, joka käy ilmi hyvin kuviosta 8.



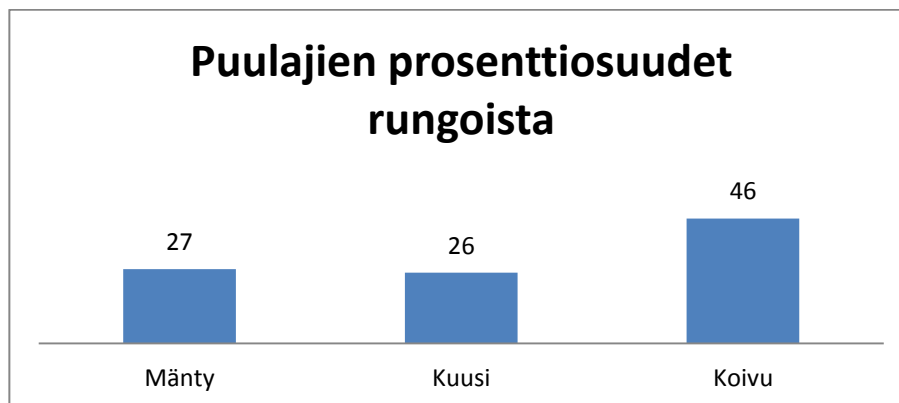
Kuvio 8. Mitattujen puiden rinnankorkeusläpimittaluokkajakauma

Pelkkää tilavuutta tarkasteltuna Mäntyä oli kertymästä eniten. Runkokohtaisesti tarkasteltuna koivua oli puolestaan poistetuista rungoista eniten. Mäntyn suurempi keskitilavuus, ja puolestaan koivun pieni keskitilavuus selittävät tämän ilmiön. Kuvioista 9. ja 10. selviävät puulajien prosentuaaliset osuudet molemmilla tavoilla määritettynä.



Kuvio 9. Puulajeittain määritetyt prosenttiosuudet kokonaistilavuudesta

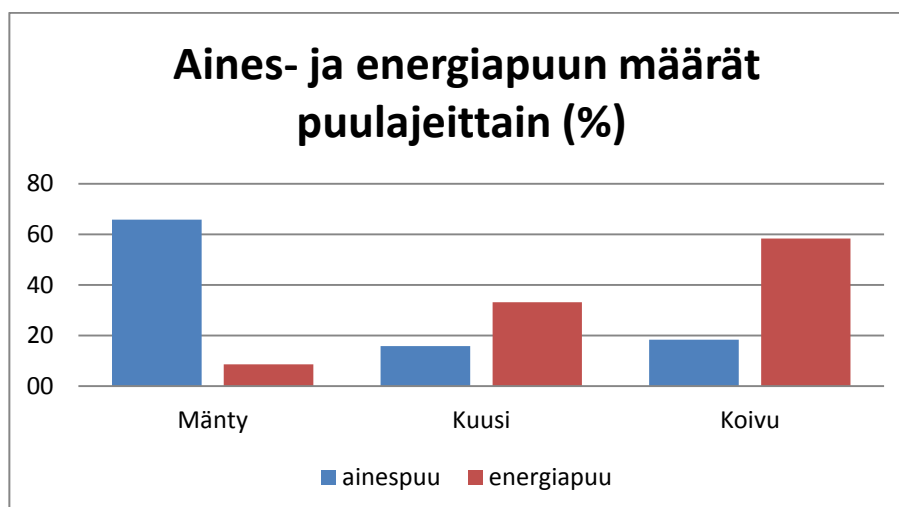
Harvennuksen yhteydessä pyrittiin säästämään hyväkasvuisia mäntyjä. Männyille tehtiin tilaa kasvaa poistamalla koivuja, joita kohteella oli runsaasti. Harvennustavan vuoksi, koivun osuus nousi havupuita suuremmaksi runkoja tarkasteltaessa.



Kuvio 10. Puulajeittain määritetyt prosenttiosuudet poistettuiden runkojen mukaan

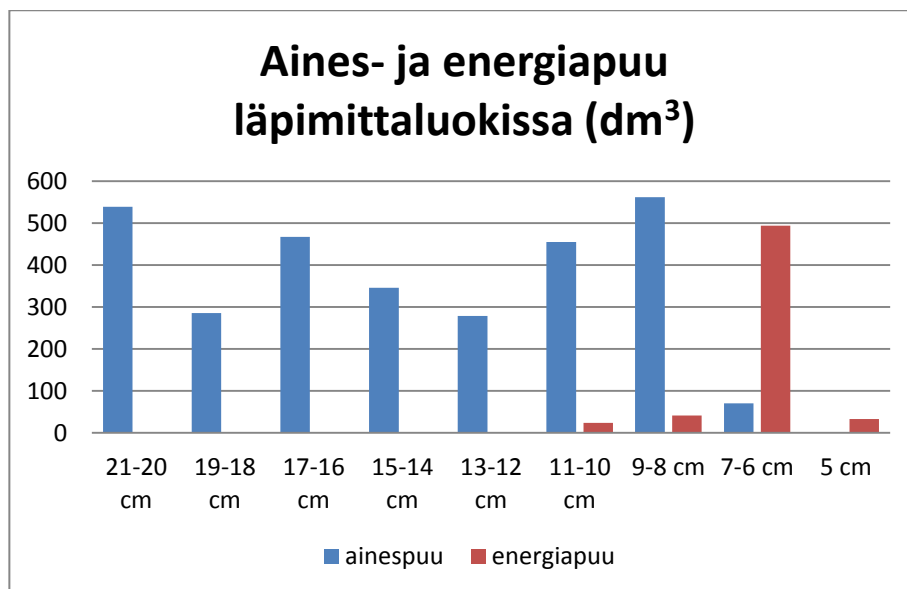
5.1.2 Kertymät

Aines- ja energiapuun kertymät puulajeittain vaihtelivat paljon. Männyllä suurin osa oli ainespuuksi kelpaavaa puuainesta, kun taas koivulla asia oli juuri toisinpäin. Kohteen männyt eivät olleet runkomuodoltaan kovin juoksevia, joten latvasta saatavan karsitun energiapuun lisäys, oli vähäistä. Energiapuun kertyi kaikilla puulajeilla lähinnä pienistä ainespuuksi kelpaamattomista rungoista. Kuvio 11. tarkentaa puulajeittain aines- ja energiapuun kertymät prosentuaalisesti.



Kuvio 11. Prosenttiosuudet aines- ja energiapuun kokonaistilavuuksista puulajeittain

Rinnankorkeusläpimittaluokittain tarkasteltuna ainespuuta kertyi suhteellisen tasaisesti kaikissa paitsi kahdessa pienimmässä läpimittaluokassa. Kaksi viimeistä luokkaa ovat 6 – 7 ja 5 senttimetriä (kuvio 12). Normaalissa ainespuuharvennuksessa tällaiset rungot jäävät metsään pystyyn, mutta energiapuuharvennuksessa kaikki puutavara käytetään hyödyksi korjuussa. Rungot ovat tosin jo liian pieniä karsitun energiapuun korjuuseen korjuukustannussyistä, ja parempi vaihtoehto on korjata tällaisessa tapauksessa energiapuu kokopuuna. Kokopuussa oksat, lehdet ja neulaset tulisivat kertymään mukaan ja näin saataisiin kertymää nousemaan ja puut tulisivat hyötykäyttöön lämmön ja sähkön tuotannossa. Alla oleva kuvio 12 selvittää kaikkien läpimittaluokkien aines- ja energiapuukertymät.



Kuvio 12. Aines- ja energiapuun kertymien jakautuminen rinnankorkeusläpimittaluokkiin

Mitattuja runkoja oli yhteensä 117 ja rungoista tehtyjä kappaleita 138. Kokonaiskertymäksi saatiin 3 594 kuutiodesimetriä eli noin 3,6 kuutiometriä. Tästä määrästä ainespuunosuus oli 3 001 kuutiodesimetriä, ja energiapuunosuus 593 kuutiodesimetriä. Tällä kohteella energiapuun osuus on merkittävä kokonaiskertymästä. Ainespuunosuus on 84 prosenttia ja energiapuulla osuus on 16 prosenttia kokonaistilavuudesta. Verrattaessa kuinka paljon enemmän karsittua energiapuuta saadaan pelkkään ainespuuhun nähden, tulokseksi saadaan noin 20 prosenttia ($3\,594 \cdot 100 / 3\,001 = 119,76$). Keskitilavuuden pienyydestä johtuen, karsitun energiapuun korjuu ei kuitenkaan ole välttämättä paras vaihtoehto kyseiselle kohteelle.

5.1.3 Hakkuukone- ja kuormainvaakamittaus

Vertailtaessa hakkuukoneella saatuja ja mittasaksilla saatuja tilavuuksia keskenään, huomataan että ero on hyvin pieni. Hakkuukoneella saatu tilavuus puista oli 3 560 kuutiodesimetriä ja mittasaksilla saatu tilavuus oli 3 594 kuutiodesimetriä, joten voidaan puhua luotettavasta mittauksesta. Hakkuukoneilla on usein vaikeaa saada tarkkaa mittausta ohuista puista ja latvasta, mutta tässä tilanteessa mittaus on onnistunut hyvin. On mahdollista myös, että saksilla tehdyissä mittauksissa on tullut virhemittauksia ja virhekirjauksia, jotka voivat heittää kokonaistilavuutta hieman absoluuttisesta totuudesta.

Samat puut mitattiin myös kuormainvaakamittauksella. Tuloksena oli 3 420 kilogrammaa, joka muutetaan sekapuuston tuoretiheysluvulla kuorelliseksi kiintotilavuudeksi. Tuoretiheysluku on 900, joten massa jaettuna tuoretiheysluvulla saadaan tilavuudeksi 3 800 kuutiodesimetriä. Tämä poikkeaa mittasaksilla saatuun tulokseen 206 kuutiodesimetriä.

Mitatut puut merkittiin maastoon selkeästi sinisellä kuitunauhalla, joten samat puut ovat todennäköisesti tulleet mukaan kuormainvaakamittaukseen. Eroavaisuuksiin voi olla monia syitä. Pienet inhimilliset virheet saksien käytössä voivat selittää asian, tai sitten myös kuormainvaakamittauksessa on tapahtunut pieniä virheitä. Todennäköisesti virheet johtuvat kuitenkin kaikkien virhelähteiden yhteistekijöistä.

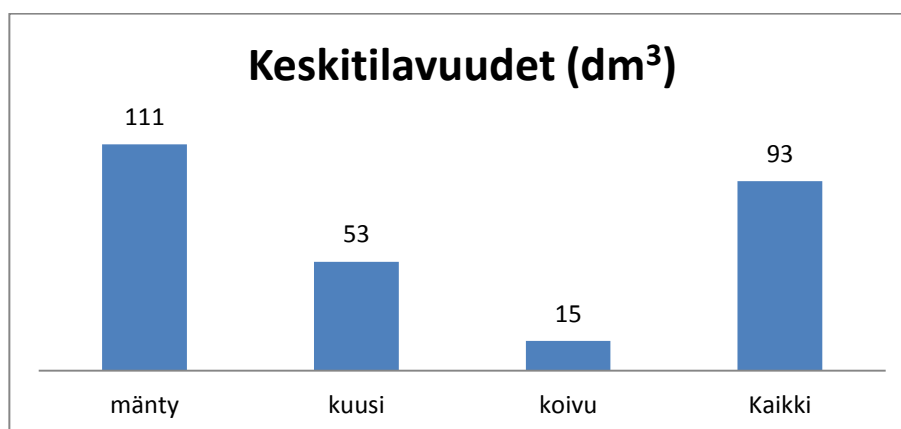
5.2 Kohde kaksi

Toinen mittauskohde sijaitsi Rovaniemellä Leipeen kylässä. Alueelta korjattiin ainespuuta ja energiapuuta kokopuuna. Mittausta varten hakkuukoneenkuljettaja teki noin 100 runkoa karsituksi energiapuuksi, jotka ajettiin erikseen kuormatraktorilla. Puiden massa mitattiin myös kuormatraktorissa olevalla kuormainvaakamittalaitteella.

Kohde oli hoitamaton, eli sille ei ollut tehty aiemmin taimikonhoitoa eikä ensiharvennusta. Kehitysluokaltaan metsä oli 03 varttunut kasvatusmetsä. Puusto oli luontaisesti syntynyttä. Kohde oli kuivahkoa kangasta ja pääpuulajina oli mänty. Kuusta esiintyi myös jonkin verran, mutta koivu lähes puuttui. Puusto oli monikerroksista ja päävaltapuiden lisäksi lisävaltapuita, välipuita ja aluspuita esiintyi paikoitellen.

5.2.1 Poistuman rakenne

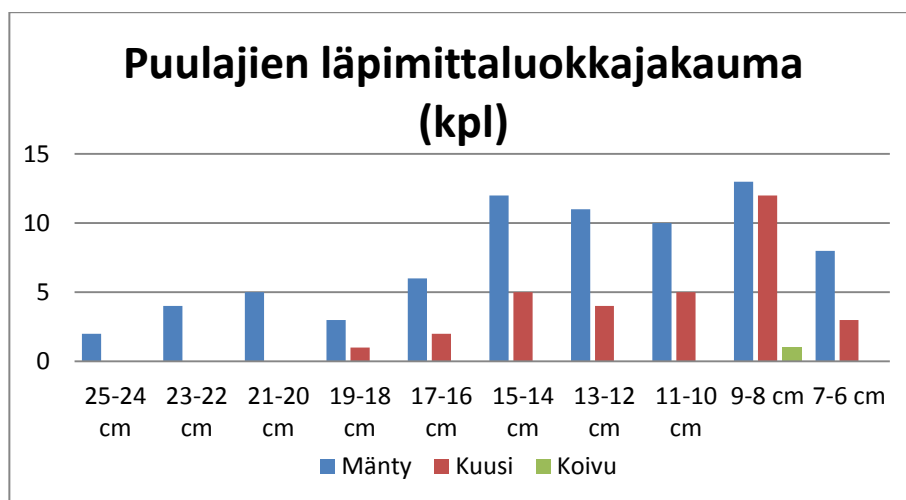
Poistuman keskitilavuus nousi suureksi. Männyllä keskitilavuus oli yli 100 kuutiodesimetriä (kuvio 13). Kaikkien puiden keskitilavuus oli vain hieman pienempi, ollen 93 kuutiodesimetriä. Monikerroksisuudesta kertoo hyvin se, että runkojen tilavuuksien vaihteluväli oli suurta. Pienimmän mitatun puun tilavuus oli seitsemän kuutiodesimetriä, kun taas suurimman puun tilavuus oli 395 kuutiodesimetriä. Seuraavassa pylväskaaviossa on esitetty mitattujen puiden keskitilavuudet.



Kuvio 13. Mitattujen puiden keskitilavuudet puulajeittain

Rakenteeltaan poistuma oli suurta, ottaen huomioon puuston monirakenteisuuden. Pientä puustoa oli valtapuiden alla jonkin verran ja ne kaikki lähtivät harvennuksessa pois. Valtapuita otettiin myös pois harvennuksen yhteydessä, joten ne nostivat poistuman keskitilavuuden suureksi. Jäljelle jäi kuitenkin vielä hyvä kasvava mäntyvaltainen varttunut kasvatusmetsikkö.

Mitattujen puiden rinnankorkeusläpimitat vaihtelivat välillä 6 – 25 senttimetriä (kuvio 14). Eniten mitatuista rungoista kuului rinnankorkeusläpimittaluokkaan 8 – 9 senttimetriä. Tasaisemmin runkoja oli läpimittaluokissa 15 – 10 senttimetriä. Yli 15 senttimetrin runkoja oli huomattavasti vähemmän, mutta suuremmat puut kerryttivät kokonaistilavuutta mukavasti. Seuraavassa kuviossa 14 mitatut rungot ovat sijoitettu puulajeittain läpimittaluokkiin.



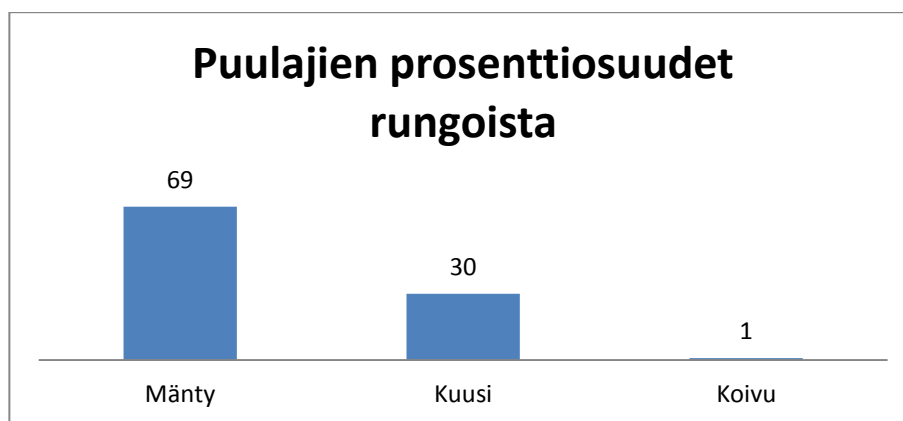
Kuvio 14. Rinnankorkeusläpimittaluokkajakauma mitatuista puista

Kohteen pääpuulaji oli mänty, joten sitä oli myös poistumasta eniten, niin tilavuutta kuin runkoja tarkasteltaessa (kuviot 15 ja 16). Kohde oli kuivahkoa kangasta, ja taimikkovaiheessa mänty oli kasvanut tiheässä asennossa. Muille puulajeille ei siis ollut jäänyt paljoa tilaa kasvaa, eikä kasvupaikkaluokaltaan kuivahko kangas ole koivun tai kuusen ominaisinta kasvualustaa. Kuvioissa 15 ja 16 selviää puulajien prosentuaaliset osuudet poistumasta, tilavuutta ja runkoja tarkasteltaessa.



Kuvio 15. Puulajien prosenttiosuudet kokonaistilavuuksien mukaan

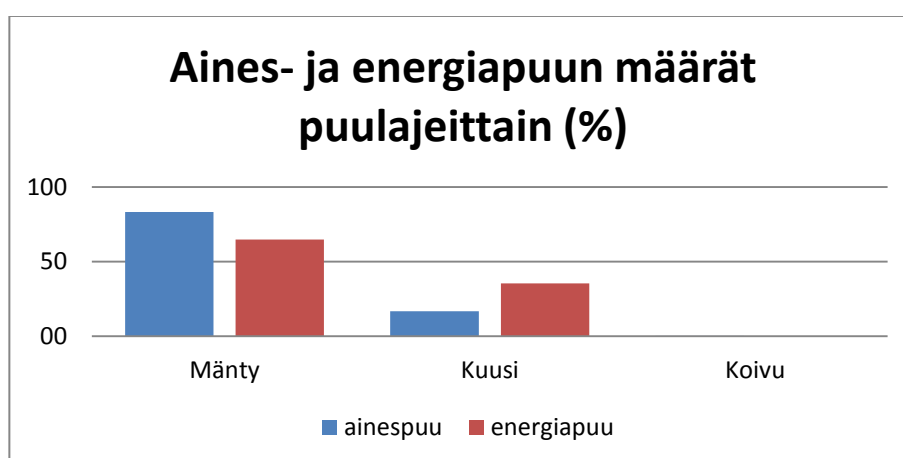
Toisin kuin kohteella yksi, tällä kohteella kuusi ja koivu tulevat tasaisesti männyn perässä, sekä tilavuuksia että runkoja tarkasteltaessa. Kuusen osuus nousee hieman runkoja tarkasteltaessa. Kasvupaikkaluokan mukaan mänty sopii sinne parhaiten, joten kuusia pyrittiin ottamaan pois harvennuksessa. Näin saatiin männynille tilaa ja valoa järeytyä päätehakkuuseen asti.



Kuvio 16. Puulajien prosenttiosuudet poistettuiden runkojen mukaan

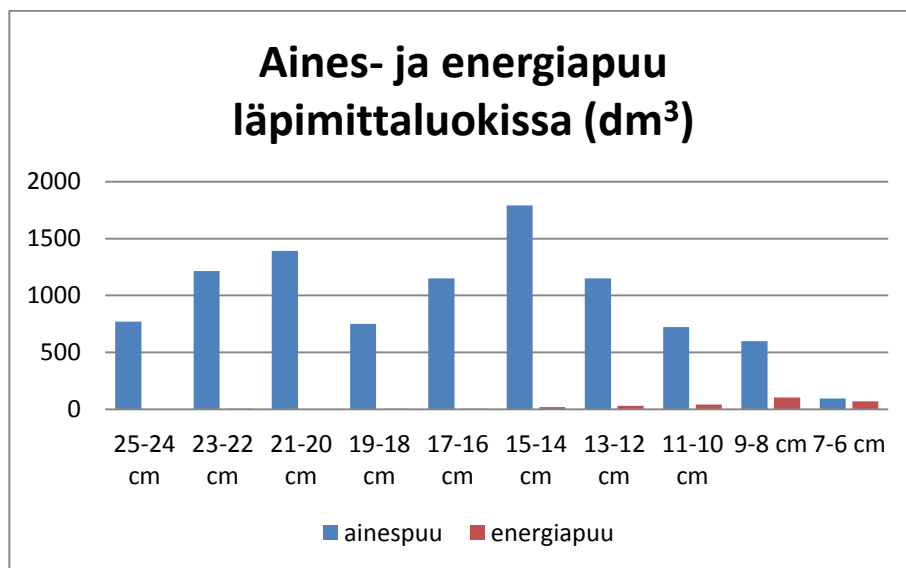
5.2.2 Kertymät

Ainespuusta mäntyä oli yli 80 prosenttia ja energiapuustakin yli 60 prosenttia (kuvio 17). Suurin osa poistumasta oli ainespuuksi kelpaavaa puuta. Kohde oli myös sen verran järeää, että tukkiakin kertyi jonkin verran. Vähäinen energiapuuosuus kertyi lähinnä puiden latvakappaleista, mitkä eivät kelpaa enää ainespuuksi. Latvoja ei myöskään ollut ajettu aivan tavoiteltavaan kolmeen senttimetriin asti, mikä vähentää hieman energiapuuosuutta. Hakkuukoneen koura ei ilmeisesti ollut suunniteltu pieniin läpimittoihin, joten koura ei ollut parhaimmillaan latvan karsinnassa. Toisaalta ohuissa latvakappaleissa on hyvin vähän tilavuutta, joka nostaisi energiapuuosuutta. Puusto ei ollut myöskään järin juoksevaa, vaikka olikin kasvanut tiheässä asennossa. Seuraava kuvio 17 esittää aines- ja energiapuun kertymät prosentuaalisesti kokonaistilavuuksista puulajeittain.



Kuvio 17. Aines- ja energiapuun kertymät kokonaistilavuuksista puulajeittain

Rinnankorkeusläpimittaluokittain katsottuna ainespuun kertymät olivat suhteellisen tasaisia kaikissa paitsi pienimmissä läpimittaluokissa (kuvio 18). Kappalemäärällisesti runkoja on eniten läpimittaluokassa 8 – 9 senttimetriä. Hoitamattomuuden vuoksi kohteella oli tällaisia väli- ja aluspuita runsaasti, joista ei kuitenkaan kerry tilavuutta samalla tavalla kuin isommista rungoista. Normaalisissa alaharvennuksessa, mikä myös kohteelle tehtiin, tällaiset puut otetaan kaikki pois ja jäljelle jää kasvamaan isot ja laadullisesti parhaat puut. Kuvio 18 selvittää kaikkien rinnankorkeusläpimittaluokkien aines- ja energia- puukertymät.



Kuvio 18. Mitattujen puiden aines- ja energiapuumäärät rinnankorkeusläpimittaluokittain

Mitattuja runkoja oli yhteensä 107 ja niistä tehtyjä kappaleita 210. Kohteen puusto oli niin järeää, että karsitun energiapuun määrä oli vähäinen. Mitattujen puiden kokonaiskertymä oli 9 930 kuutiodesimetriä, josta ainespuun osuus oli 9 640 kuutiodesimetriä (97 %) ja energiapuun osuus 290 kuutiodesimetriä (3 %). Kokonaisuudessaan karsittua energiapuuta saatiin kolme prosenttia enemmän kuin pelkkää ainespuuta. Prosenttiosuus on niin vähäinen, että sen takia normaali ainespuuhakkuu on kannattavampaa.

Tämän kohteen puiden latvat eivät jatkuneet kovin tasaisesti ja jouhevasti, vaan päättyivät nopeasti ainespuuosuuden täytyttyä. Karsitun energiapuun tuoma lisätilavuus oli siksi vähäinen. Pienemmistä rungoista tuli myös juuri yksi ainespuu, joten sieltäkään ei saatu energiapuuosuutta nousemaan.

Kohteelta ei varsinaisesti tehtykään karsittua energiapuuta. Puut olivat tehty vain mittausta varten karsituksi energiapuuksi. Kohteen puutavaralajeina oli tukki ja kuitu sekä näiden lisäksi energiapuu kokopuuna. Tehdyt puutavaralajivalinnat olivat tälle kohteelle hyviä, koska karsittua energiapuuta ei ollut kannattava korjata kyseiseltä kohteelta.

5.2.3 Hakkuukone- ja kuormainvaakamittaus

Samaisista puista saatiin myös tietoon hakkuukoneen mittaustulos. Hakkuukoneella saatu tulos oli 8 771 kuutiodesimetriä, ja mittasaksilla tulos oli 9 930 kuutiodesimetriä. Eroa on, 1 159 kuutiodesimetriä. Eron syitä on vaikea sanoa. Kappalemääriä molemmissa mittauksissa oli saman verran, joten samat puut olivat kuitenkin mitattu myös mittasaksilla. Ero on kuitenkin hyvin suuri ja voi olla, että hakkuukoneen kourassa oli jokin vika.

Kuormainvaakamittaustulos näytti eroa puolestaan toisinpäin. Kuormainvaakamittauksessa mäntytukin painoksi oli saatu 1 795 kilogrammaa ja havukuidulle 7 305 kilogrammaa. Muutettaessa massat kuorelliseksi tilavuudeksi, saadaan yhteistilavuudeksi 10 164 kuutiodesimetriä, eli 10,16 kuutiometriä. Tulos eroaa mittasaksilla saatuaan tulokseen 234 kuutiodesimetriä, joka on huomattavasti pienempi ero, verrattaessa hakkuukoneen ja mittasaksien eroon. Ero on jo niin pieni, että pienillä virheillä ero on selitettävissä. Virheitä on voinut tapahtua molemmissa mittauksissa, ja todennäköisesti juuri tämän takia ero on muodostunut.

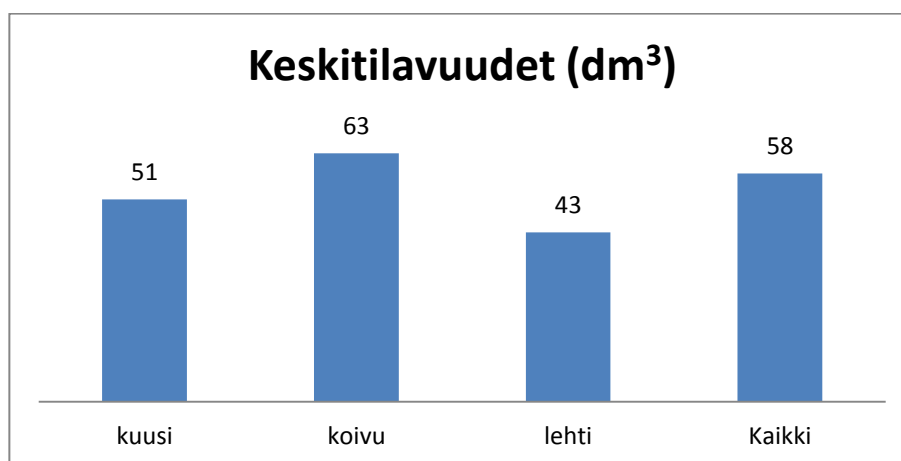
5.3 Kohde kolme

Kohde kolme sijaitsi Rovaniemen Haukitaipaleella. Kohde oli ojitettua korpea, ja Haukijoki kulki muutaman kymmenen metrin päässä. Metsä oli varttunutta kasvatusmetsää, ja pääpuulajina oli kuusi. Seassa kasvoi pienempää koivua, ja muutamia haapojakin löytyi. Puusto oli luontaisesti syntynyttä, eikä kohteelle ollut luultavasti tehty taimikonhoitoa tai aiempia harvennuksia.

Kohde hakattiin kouralla jossa oli giljotiinikatkaistu. Mitatuista puista ei saatu hakkuukonemittausta, koska kourassa ei ollut käytössä mittalaitetta. Myöskään kuormainvaakamittaustulosta ei saatu.

5.3.1 Poistuman rakenne

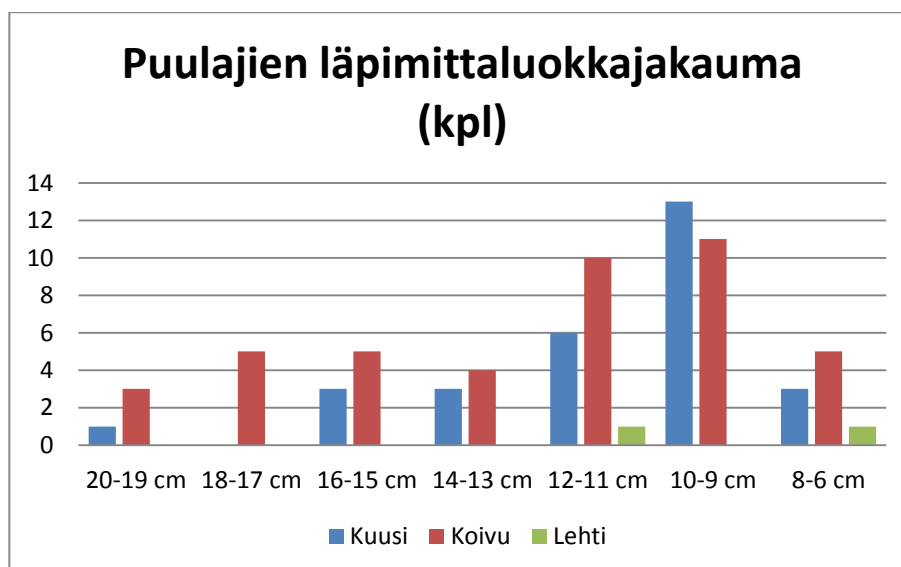
Poistuman keskitilavuuksien erot eri puulajien välillä olivat pieniä. Koivulla keskitilavuus oli kuusta suurempi. Lähes kaikki koivut otettiin harvennuksen yhteydessä pois, joten se nosti koivun keskitilavuuden kuusta suuremmaksi. Kohteen puusto oli rakenteeltaan monikerroksista ja sen vuoksi runkojen tilavuuksissa oli suurta vaihtelua. Pienin runko oli tilavuudeltaan vain 10 kuutiodesimetriä, ja suurimman rungon tilavuus oli 204 kuutiodesimetriä. Seuraava kuvio 19 selventää kaikkien puulajien keskitilavuudet.



Kuvio 19. Poistuman keskitilavuudet puulajeittain

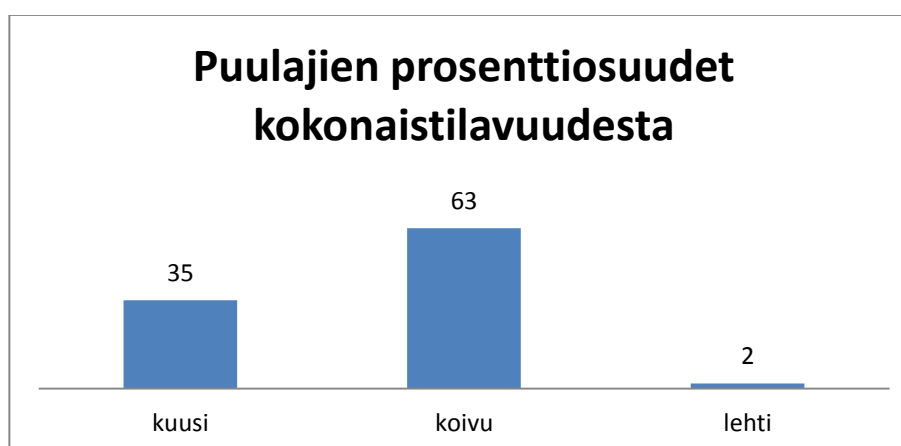
Poistuman rakenne oli vaihtelevaa, eivätkä keskitilavuudet nousseet kovin korkeiksi. Mitattujen kuusten keskitilavuus 51 kuutiodesimetriä tarkoittaa puuta joka on pituudeltaan 9 metriä ja rinnankorkeusläpimitaltaan 12 senttimetriä (Ärölä 2008, 280). Valtapuut olivat huomattavasti suurempia ja ne jäivät harvennuksen jälkeen metsään kasvamaan.

Poistuman rinnankorkeusläpimitat vaihtelivat kuuden senttimetrin ja 20 senttimetrin välillä (Kuvio 20). Suurin osa poistetuista rungoista oli 9 – 12 senttimetrin läpimittaluokissa, jota myös keskitilavuudet puoltavat. Muissa läpimittaluokissa runkoja oli tasaisemmin. Joka kohteelta pyrittiin saamaan mitattuja runkoja 100 kappaletta, mutta tällä kohteella tavoitteesta hieman jäätettiin. Kuvio 20 esittelee tarkemmin runkojen jakaantumisen rinnankorkeusläpimittaluokkiin puulajeittain.



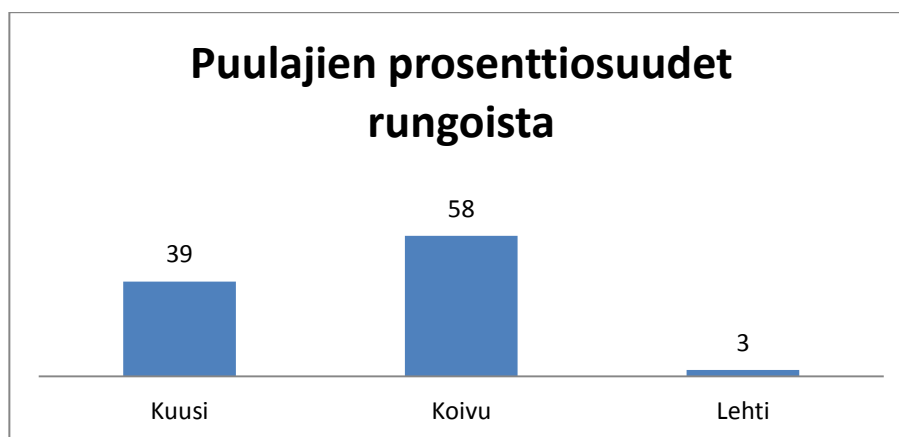
Kuvio 20. Mitattujen runkojen rinnankorkeusläpimittaluokkajakauma

Kohteen pääpuulaji oli kuusi, mutta poistumasta eniten oli koivua (kuviot 21 ja 22). Harvennuksen yhteydessä koivuja pyrittiin ottamaan pois enemmän kuin kuusia, ja tässä myös selvästi onnistuttiin. Kuusella kasvu oli vielä hyvää, mutta koivun kasvu oli alkanut selvästi heikentyä. Ajouralle sattui myös raita ja haapa, jotka molemmat kelpaavat energiapuuksi. Ajouran ulkopuolella raitoja ja haapoja pyritään säästämään monimuotoisuuden turvaamiseksi. Kuviot 21 ja 22 osoittavat prosenttiosuudet kaikille puulajeille, tilavuuden ja runkojen mukaan.



Kuvio 21. Mitattujen puiden prosenttiosuudet kokonaistilavuuksien mukaan

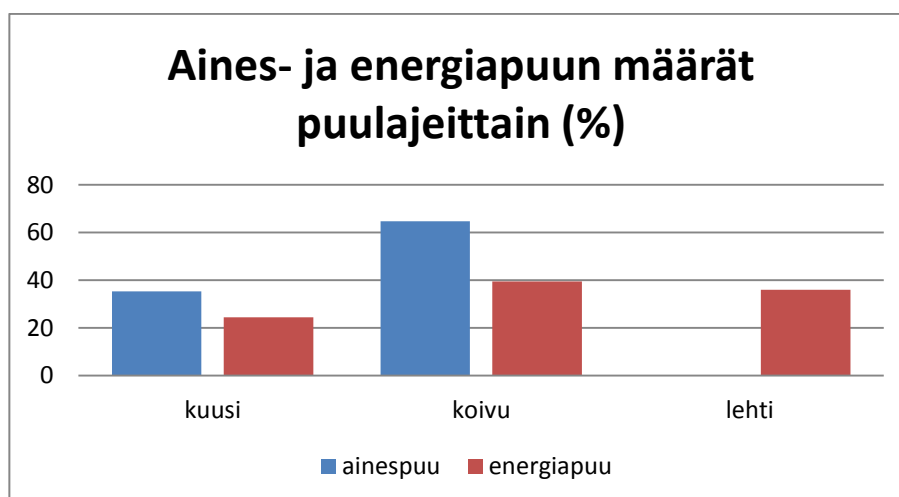
Hieskoivun kasvu on rajallista etenkin turvemaidilla. Harvennuksen yhteydessä tehtiin oikeita puuvalintoja, jotka johtivat koivun suureen osuuteen poistumasta. Valtapuita pienemmät kuuset pyrittiin saamaan myös pois harvennuksessa. Se johti kuusen osuuden nousuun runkoja tarkasteltaessa.



Kuvio 22. Mitattujen puiden prosenttiosuudet poistettuiden runkojen mukaan

5.3.2 Kertymät

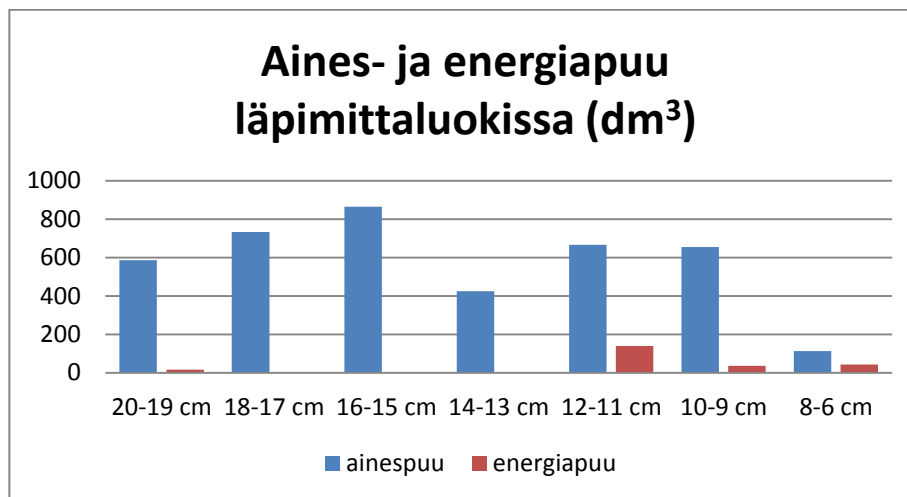
Ainespuuksi kelpaavasta puusta koivua oli yli 60 prosenttia, ja kuusella vastaavasti hieman alle 40 prosenttia. Energiapuusta koivua oli myös eniten, mutta lehtipuu nousi lähes koivun rinnalle. Lehtipuita ei ollut kuin pari runkoa, mutta ne eivät kelpaisi ainespuuksi, joten kaikki mitattiin energiapuuksi. Jos lehtipuuta olisi kohteella runsaasti, nostaisi se helposti energiapuun määrää merkittävästi. Seuraava kuvio 23 esittää kohteen kolme aines- ja energiapuun prosenttiosuudet puulajeilla kokonaistilavuuksista.



Kuvio 23. Puulajien prosenttiosuudet aines- ja energiapuun kokonaistilavuuksista

Poistuma oli rakenteeltaan sellaista, että kaikissa paitsi viimeisessä läpimittaluokassa ainespuuta kertyi melko tasaisesti (kuvio 24). Energiapuuosuus kertyi latvakappaleista ja pienistä ainespuuksi kelpaamattomista puista. Energiapuun osuus oli suurimmillaan 11 – 12 senttimetrin läpimittaluokassa. Koivun latvat olivat rakenteeltaan mutkikkaita ja oksaisia, joten niistä oli hyvin

vaikea saada talteen kaikki energiapuusisältö. Energiapuu olisi ollut paremmin kerättävissä kokopuuna, jolloin latvukset olisivat tulleet mukaan kertymään. Alla olevassa kuviossa nähdään kuinka aines- ja energiapuu jakautuu läpimittaluokkiin.



Kuvio 24. Mitattujen puiden aines- ja energiapuumäärät läpimittaluokissa

Muista kohteista poiketen, tällä kohteella ei päästy tavoitteeseen eli sataan mitattuun runkoon. Pienistä ongelmista johtuen tavoitteeseen ei päästy. Runkoja mitattiin kuitenkin 74, ja niistä tehtyjä kappaleita 112. Kokonaiskertymäksi saatiin 4 282 kuutiodesimetriä. Ainespuuksi kelpaavan puun osuus oli 4 044 kuutiodesimetriä (94 %), ja energiapuunosuus 238 kuutiodesimetriä (6 %).

Tältä kohteelta karsittua energiapuuta saatiin kuusi prosenttia enemmän, kuin jos kohteen puut olisi tehty pelkäksi ainespuuksi. Prosenttiosuus ei ole kovin suuri. Kuusi prosenttia tarkoittaa sitä, että jos ainespuuta lähtisi 1 000 kuutiometriä, karsittua energiapuuta lähtisi vastaavasti 1 060 kuutiometriä.

Kohteella hakattavat järkevämmät puutavaralajit olisivat olleet kuitu ja tukki, eli normaali ainespuu hakkuu. Karsitun energiapuun tuoma lisätilavuus on sen verran vähäistä, ettei se ole välttämättä kannattavaa. Ainespuun lisäksi olisi voitu korjata energiapuu kokopuuna, mutta kuusikossa se ei ole suositeltavaa. Kuusi kärsii herkästi kokopuunkorjuusta aiheutuvista ravinnetappioista ja sen kasvu saattaa heikentyä.

5.4 Kohde neljä

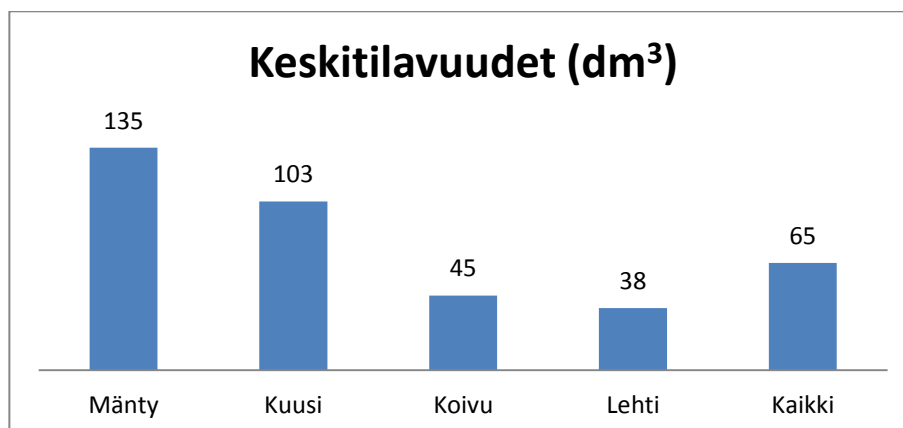
Viimeinen mittauskohde sijaitsi Rovaniemen Songan kylästä hieman pohjoiseen. Alue on vaaraista seutua. Alueelta korjattiin karsittua energiapuuta sekä energiapuuta kokopuuna.

Mittauskohde oli 03 varttunut kasvatusmetsikkö. Pääpuulaji oli kuusi ja seassa kasvoi pienempiä koivuja. Mäntyjä ja haapoja esiintyi harvakseltaan. Kohde oli kasvupaikkatyypiltään tuorekangas, ja metsikkö oli luontaisesti syntynyt. Taimikonhoitoa ja aiempaa harvennusta ei ollut tehty, ja sen vuoksi metsikkö kasvoi tiheässä asennossa. Mitatuista puista ei saatu hakkuukonemittausta eikä myöskään kuormainvaakamittausta, joten vertailua niiden ja saksien välillä ei voitu tehdä.

5.4.1 Poistuman rakenne

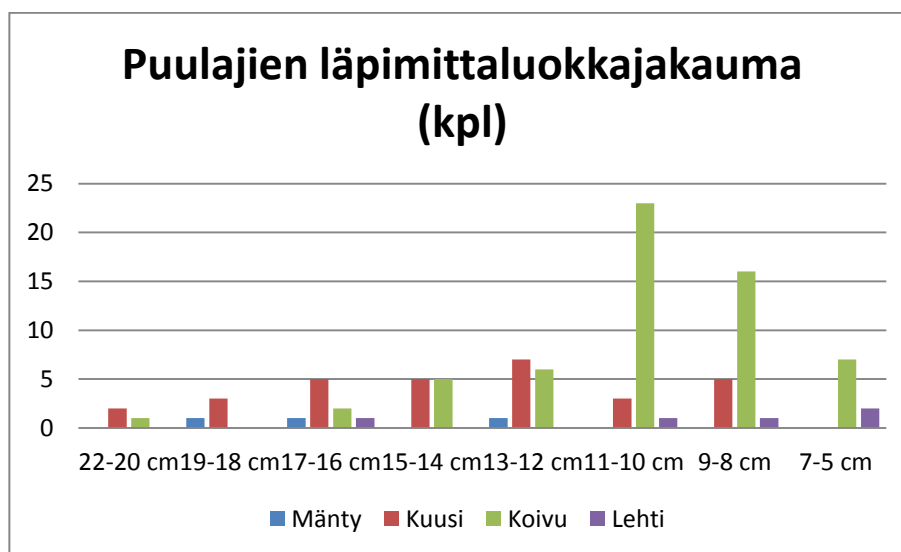
Puulajien välillä poistuman keskitilavuudet vaihtelivat suuresti. Koivut olivat syntyneet pääpuulaji kuusta myöhemmin, ja ne kasvoivat lisävaltapuina sekä välipuina. Koivun poistuman keskitilavuus jäi siksi alle puoleen kuusen poistuman keskitilavuudesta (Kuvio 25). Kuusella poistuma oli 103 kuutiodesimetriä. Suurin poistuman keskitilavuus oli kuitenkin männyllä.

Monikerroksisesta metsästä kertoo hyvin se, että runkojen välillä oli suurta vaihtelua. Suurin mitattu runko oli kuusi ja sen tilavuus oli 271 kuutiodesimetriä. Pienin runko sen sijaan oli haapa, jolla tilavuutta oli vaivaiset 8 kuutiodesimetriä. Poistuman keskitilavuus kaikkien puulajien osalta oli 65 kuutiodesimetriä, joka on hyvä keskitilavuus näillä korkeuksilla ensiharvennuksella.



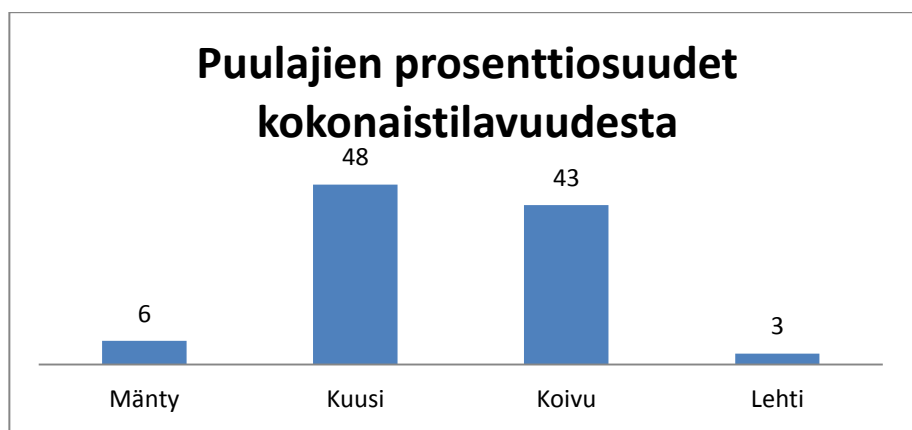
Kuvio 25. Poistuman keskitilavuudet puulajeittain

Rinnankorkeusläpimitat vaihtelivat poistumassa viiden ja 22 senttimetrin välillä (kuvio 26). Selvästi eniten runkoja oli 10 – 11 senttimetrin läpimittaluokassa. Varsinkin koivua oli juuri tässä läpimittaluokassa runsaasti. Seuraavaksi eniten runkoja oli läpimittaluokassa 8 – 9 senttimetriä. Tämän läpimittaluokan puut ovat sen verran pieniä, että rungoista tulleissa kappaleissa jäätin edelliselle läpimittaluokalle selvästi. Suurimmasta läpimittaluokasta eteenpäin poistettuiden runkojen määrä kasvoi tasaisesti, aina kymmeneen senttimetriin asti. Kuvio 26 esittää mitattujen runkojen rinnankorkeusläpimittaluokkajakauman.



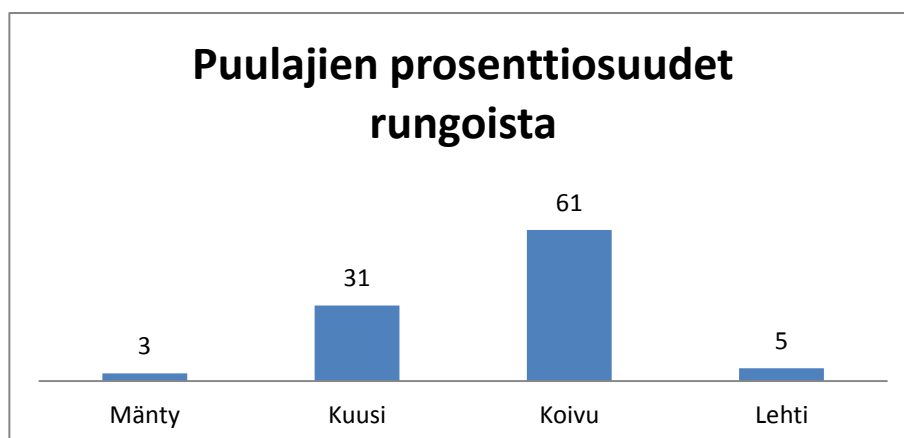
Kuvio 26. Rinnankorkeusläpimittaluokkajakauma mitatuista puista

Kohteella pääpuulaji oli kuusi ja sitä oli myös poistumasta eniten tilavuutta tarkasteltaessa (kuvio 27). Harvennus tehtiin alaharvennuksena ja harvennuksen jälkeen kohteelle jäi hyvin kasvava kuusivaltainen kuusi-koivu sekametsikkö, jossa seassa oli myös muutama mänty. Muutama lehtipuu jäi myös lisäämään monimuotoisuutta. Kuvioista 27 ja 28 nähdään tarkemmin mitattujen runkojen puulajiosuudet kokonaistilavuuden ja runkojen mukaan.



Kuvio 27. Mitattujen puiden prosenttiosuudet kokonaistilavuuden mukaan

Koivua oli eniten runkoja tarkasteltaessa (kuvio 28), sillä koivu oli huomattavasti kuusta pienempää ja pienet koivut lähtivät kaikki pois normaalin alaharvennuksen yhteydessä. Näin ollen kuusen osuus tippui runkomäärällisesti poistumaa arvioitaessa.



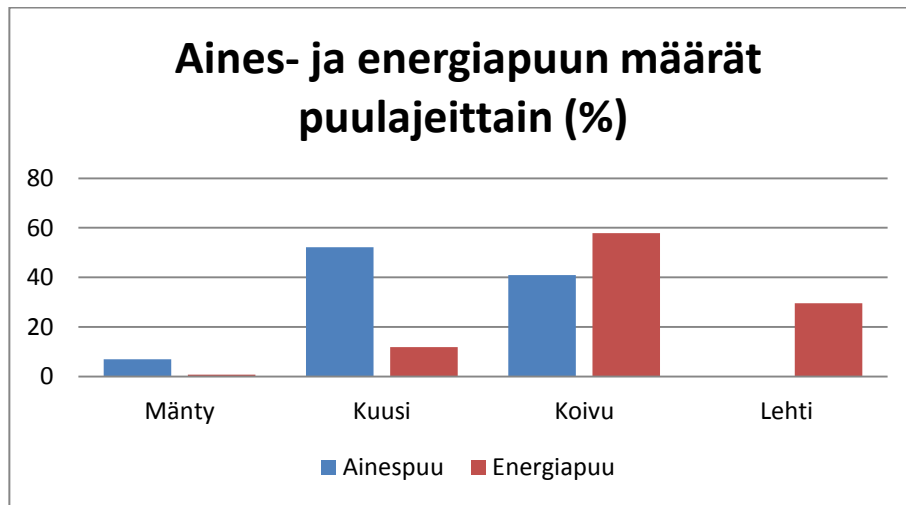
Kuvio 28. Mitattujen puiden prosenttiosuudet poistettuiden runkojen mukaan

5.4.2 Kertymät

Kohteen kertymää kartuttivat pääsääntöisesti kuusi ja koivu. Ainespuusta kuusta oli hieman yli 50 prosenttia, ja koivun osuus oli puolestaan noin 40 prosenttia (kuvio 29). Energiapuusta koivu nousi selvästi suurimmaksi puulajiksi. Sitä oli lähes 60 prosenttia energiapuusta. Lehtipuun osuus energiapuusta oli 30 prosenttia, joka on merkittävä osa kokonaiskertymää.

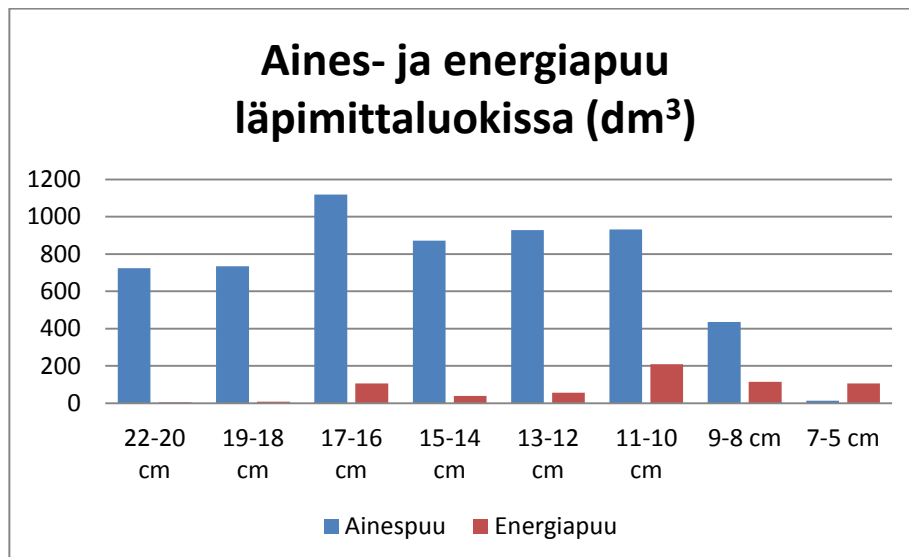
Kuuset eivät olleet latvasta kovin juoksevia, joten niissä latvasta saatava energiapuuosuus jäi pieneksi. Koivut olivat sen sijaan hieman juoksevampia, ja latvasta saatiin energiapuuta. Energiapuuta kertyi niin pienistä ainespuuksi kelpaamattomista rungoista, kuin alle kuuden senttimetrin latvakappaleista.

Lehtipuulla energiapuuta tuli koko rungosta, koska ne eivät kelpaa ainespuuksi. Alla oleva kuvio 29 selventää kaikkien puulajien aines- ja energiapuun prosenttiosuudet.



Kuvio 29. Mitattujen puiden aines- ja energiapuun prosenttiosuudet puulajeittain

Ainespuuta kertyi tasaisesti kaikissa paitsi kahdessa viimeisessä rinnankorkeusläpimittaluokassa (kuvio 30). Eniten kuitenkin läpimittaluokassa 16 – 17 senttimetriä. Tästä läpimittaluokasta löytyy myös jonkin verran pelkäksi energiapuuksi kelpaava puuta, tämä johtuu läpimittaluokkaan sattuneesta lehtipuusta.



Kuvio 30. Mitattujen puiden aines- ja energiapuun jakautuminen läpimittaluokkiin

Energiapuun osuus on suurimmillaan läpimittaluokassa 10 – 11 senttimetriä. Tässä luokassa puut olivat juoksevia ja latvaosasta kertyi hyvin pelkäksi energiapuuksi kelpaavaa puutavaraa. Hakkuukoneen kouran ominaisuudet

näyttivät sopivan hyvin ohuiden latvojen käsittelyyn, koska latvat olivat suhteellisen hyvin saatu ajettua pieneen latvaläpimittaan.

Kohteella mitattiin kaikkiaan 98 runkoa, ja niistä tehtyjä kappaleita 180. Mitatuista puista kertymää saatiin yhteensä 6 396 kuutiodesimetriä, joka oli toiseksi eniten mitattujen kohteiden kertymistä. Ainespuuosuutta tästä oli 5 756 kuutiodesimetriä (90 %), ja pelkäksi energiapuuksi kelpaavaa puuta kuutiodesimetriä (10 %). Verrattaessa kuinka paljon enemmän karsittua energiapuuta saadaan pelkkään ainespuuhun nähden, tulos on 11,12 prosenttia.

5.4.3 Hinnoittelu esimerkki

Tällä kohteella kyseinen korjuu on järkevää. Tukiksi kelpaavat puut tehtiin tukiksi, ja latvasta ja pienistä rungoista tehtiin kuidun sijasta karsittua energiapuuta. Energiapuuta karsittuna rankana jättää ravinteita metsämaahan, joita erityisesti kuusi tarvitsee kasvun turvaamiseksi. Tukeista metsänomistaja saa saman rahamäärän kuin pelkässä ainespuuhakkuussa. Karsitusta energiapuusta voidaan maksaa hieman vähemmän kuin kuidusta, ja metsänomistaja saa silti kokonaisuudessaan enemmän rahaa.

Esimerkkinä tältä kohteelta saatava määrä on 1 000 kuutiometriä pelkäksi ainespuuksi korjattuna. 11 prosenttia enemmän tarkoittaa 1 111 kuutiometriä karsituksi energiapuuksi korjattuna. Tukkia tästä määrästä arvioidaan olevan viisi prosenttia. Kuidun osuus olisi silloin 950 kuutiometriä, ja vastaavasti karsitun energiapuun osuus olisi 1061 kuutiometriä. Tukista maksettaisiin 45 euroa/kuutiometri, ja kuidun hinta olisi 13 euroa/kuutiometri. Ainespuuhakkuussa tukki ja kuitu yhteenlaskettuna tekisi 14 600 euroa.

Päästäkseen samaan tai hiukan parempaan summaan, karsitusta energiapuusta pitäisi maksaa 11,65 euroa/kuutiometri. Tällä yksikköhinnalla, sekä samalla tukin hinnalla saataisiin tulokseksi 14 610,65 euroa. Näin metsänomistaja saisi karsitusta energiapuusta saman ja jopa hiukan paremman kokonaishinnan. Puu menisi myös energiantuotantoon, ja näin ollen voitaisiin vähentää uusiutumattomien energialähteiden käyttöä.

Energiapuusta maksettava hinta on pitkälti kestävän metsätalouden rahoituslain mukaisten tukien varassa. Tällä kohteella tukea ei saa, koska metsikön

jäävä puusto ylittää rinnankorkeusläpimitaltaan 16 senttimetriä. Metsikkö on siis varttunut kasvatusmetsä, eikä nuori kasvatusmetsä, joka on ehtona energiapuun korjuutuen ja nuoren metsän hoidon pinta-alatuen maksamiselle.

5.5 Tulosten tarkastelu

Tuloksien valossa tarkasteltuna näyttäisi siltä, että poistuman ollessa rinnankorkeusläpimitaluokissa 6 – 15 senttimetriä, ja koivuvaltainen, karsitun energiapuun saanti on parhaimmillaan. Koivun runkomuoto on usein juokseva ja latvaosa jatkuu tasaisesti, joka on edellytys karsitun energiapuun kannattavalle korjuulle. Koivun runkomuoto sopii yleisesti hyvin energiapuun korjuuseen. Joskus koivut ovat kuitenkin latvasta oksikkaita ja mutkaisia, kuten kohteen kolme koivut olivat, silloin latva on vaikea karsia, ja tällaisessa tapauksessa ei karsittua energiapuuta kannata korjata.

Poistuman rinnankorkeusläpimitan ollessa 12 senttimetriä ja alle, karsittua energiapuuta saadaan merkittävästi enemmän, kuin pelkkää ainespuuta. Puun juoksevuudella on myös suuri merkitys asiaan.

Näiden mittausten perusteella voidaan sanoa, että kaikilta kohteilta ei ole kannattava korjata karsittua energiapuuta. Ilman korjuukustannusten ja aines- ja energiapuun yksikköhintojen selvittämistäkin voidaan sanoa, että esimerkiksi kohteen kaksi karsitun energiapuun tuoma kolmen prosentin lisätilavuus, ei ole riittävä. Siellä poistuman keskijäreys nousi liian korkeaksi (93 dm³) ja tällaisen poistuman ainespuuosuudesta yli jäävä hukkarunkopuuosuus on pieni.

Paras karsitun energiapuun tuoma lisäys, oli kohteella yksi. Siellä karsittua energiapuuta saatiin 20 prosenttia enemmän. Kohteen kaikkien puiden keskimääräiseksi tilavuudeksi tuli 31 kuutiodesimetriä. Siellä runkopoistumasta 46 prosenttia oli koivua, 27 prosenttia mäntyä ja 26 prosenttia kuusta. Koivu oli pientä, ja koivun keskimääräinen tilavuus oli 17 kuutiodesimetriä. Tällainen runko ei kelpaa ainespuuksi, koska se ei täytä ainespuun mitta- ja laatuvaatimuksia. Energiapuuksi runko kyllä kelpaa, ja siksi energiapuunosuus nousi suureksi.

Kohteella neljä energiapuuta saatiin 11 prosenttia ainespuuta enemmän. Tällä kohteella poistuman kaikkien puulajien yhteenlaskettu keskitilavuus oli 65 kuutiodesimetriä. Kohteen runkopoistumasta yli puolet oli koivua, kuusta oli vajaa kolmannes sekä lehtipuuta ja mäntyä oli hieman. Rinnankorkeusläpimittaluokkajakauma oli vaihtelevaa ja vaihteleva puusto sopii hyvin energiapuun korjuuseen. 10 – 11 senttimetrin läpimittaluokassa energiapuun määrä oli runsaimmillaan. Kohteen koivun hyvä runkomuoto, lehtipuun mukanaolo sekä pienet ainespuuksi kelpaamattomat puut saivat energiapuuosuuden nousemaan 11 prosenttiin.

Hakkuukoneenkuljettajalla on myös merkitystä karsitun energiapuun saantiin. Latvat ovat joskus haastavia saada ajettua pieneen läpimittaan. Oksaiset ja mutkaiset latvat tuottavat eniten ongelmia. Hakkuukoneen kouran ominaisuudet vaikuttavat myös latvan karsintaan. Jotkut kourat ovat suunniteltuja pienille puille ja pienille läpimitoille. Tällaiset kourat ovat hyviä karsitun energiapuun korjuuseen.

Samaa asiaa on tutkittu myös Suomen, Ruotsin ja Norjan yhteistyöprojektissa (forestpower.net). Projektin yhtenä osana oli tutkia karsitun energiapuun tuomaa lisätilavuutta pelkkään ainespuuhun verrattuna, nuoren kasvatusmetseen harvennuksessa. Aineistona käytettiin Keski-Pohjanmaan kymmenennen valtakunnan metsien inventoinnin aineistoa. Siinä tehtiin keskimääräiselle hoidetulle nuorella kasvatusmetsälle laskennallinen ensiharvennus. Kuitupuun minimilatvaläpimitat olivat männyllä kuusi senttimetriä, ja koivulla ja kuusella seitsemän senttimetriä. Karsitun energiapuun laskennallinen minimilatvaläpimita oli kolme senttimetriä. Tulokset ovat samansuuntaisia tämän opinnäytetyön kanssa. Koivu- ja kuusivaltaisilla kohteilla karsitun energiapuun tuoma lisäys, oli jopa 30 prosenttia ja mäntyvaltaisilla 20 prosenttia pelkkään ainespuunkorjuuseen verrattuna. (Räisänen 2012.)

Tuloksia ei voi suoraan verrata Lapissa tehtäviin ensiharvennuksiin. Lapissa puut ovat runkomuodoltaan usein hiukan muuta maata erilaisia. Kasvukauden lyhyys ja karut kasvupaikat muokkaavat puista lyhyitä ja tyvekkäitä. Laskennallisissa tuloksissa ei oteta huomioon myöskään karsitun rangan kolmen senttimetrin minimilatvaläpimitan toteutumista. Se ei käytännössä toteudu korjuussa läheskään kaikilla puilla. Tutkimuksessa käytettiin koivulla ja kuu-

sella eri ainespuun minimilatvaläpimittaa, kuin tässä opinnäytetyössä. Yhden senttimetrin ero lisää entisestään koivusta ja kuusesta saatavaa energiapuuosuutta.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää minkä tyyppisestä metsästä karsittua energiapuuta on kannattava korjata. Arviot kannattavuudesta perustuvat poistuman rakenteeseen. Poistuman keskitilavuudet, rinnankorkeuslämpimitat sekä puulajisuhteet määräävät paljon energiapuun saannin.

Tähän opinnäytetyöhön saatiin neljä erilaista kohdetta mittauksien suorituspaikaksi. Paikkojen suhteen valinnanvaraa ei liiemmin ollut, joten kaikki tarjolla oleva oli otettava vastaan. Olisin toivonut hieman useamman nuoren kasvatusmetsän mittauskohteen. Erityisesti puhtaan juoksevan nuoren kasvatusmetsän männikkö, olisi ollut mukava saada vertailuun mukaan. Sellaisia löytyy Suomesta jonkin verran. Nyt vain yksi mittauskohde oli nuori kasvatusmetsä. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että vain tuolle kohteelle olisi saatavissa kestävän metsätalouden rahoituslain mukaista tukea. Juuri tämä tuki on edellytys useimmiten energiapuun kannattavalle korjuulle. Kuitenkin jos samassa leimikossa on nuoren kasvatusmetsän kuvioita, voidaan myös varttuneiden kasvatusmetsien kuvioita korjata energiapuuksi.

Opinnäytetyö antaa peruskäsityksen sille, millaisesta metsästä karsittua energiapuuta kannattaa korjata. Poistuman keskijäreys ei saa nousta kovin korkeaksi ja koivun runkomuoto sopii hyvin energiapuun korjuuseen. Muiden lehtipuiden mukana olo nostaa helposti energiapuun määrää, koska ne eivät kelpaa ainespuuksi. Haavikoiden ja lepikeiden hyödyntäminen energiapuunkorjuussa nostaa näidenkin puiden arvoa, ja niitä voidaan jatkossa hyödyntää korjuussa tehokkaammin. Männyt ja kuuset tulee olla latvasta juoksevia, jotta karsittua energiapuuta saadaan merkittäviä määriä enemmän, kuin pelkkää ainespuuta.

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin vain ainespuun ja karsitun energiapuun kertymien eroja samalla kohteella, joten jatkotutkimuksia tarvitaan. Vielä nykypäivänäkin energiapuunkorjuu mielletään usein risukkojen hoidoksi, mutta myös tässä korjuutavassa tulosta pitää syntyä ja siksi kaikki risukot eivät kelpaa korjuukohteiksi. Karsitun energiapuun korjuukohteet tulee valita huolella, korjuun kannattavuutta mietittäessä.

Työ antaa hyvän pohjan jatkotutkimuksille. Esimerkiksi korjuukustannusten vaikutuksia tulisi tutkia tämän lisäksi. Myös kaukokuljetusta ja haketusta tulisi

tutkia ajanmenekkinä ja kustannusten vertailujen kautta. Puutavaralajien hinnoitteluun tulisi myös kiinnittää huomiota. Karsitun energiapuun ainespuuta suurempi kertymä tulee kompensoida siitä maksettavan huonomman hinnan.

Ainespuusta maksettavat yksikköhinnat ovat hyvin tiedossa. Niiden hinnat vaihtelevat markkinatilanteen mukaan, mutta niiden seuraaminen on kuitenkin helppoa. Energiapuun yksikköhinnat määräytyvät paljon mahdollisten tukien mukaan. Metsänomistajat eivät välttämättä tiedä, täyttävätkö heidän suunnittelemansa hakkuukuviot nuoren metsän hoidon ja energiapuun korjuun tukiehtoja. Metsäammattilaisten ammattitaito ja neuvonta korostuvat energiapuun korjuuta mietittäessä.

Energiapuunkorjuutuesta on puhuttu paljon ja tässä muodossa se on luultavasti päättymässäkin. Nuoren kasvatusmetsän hoidon pinta-alatuki on luultavasti säilymässä, mutta energiapuun korjuuseen ollaan kehittämässä uudenlaista tukijärjestelmää. Toivoa sopii, että tukiasioissa ei mentäisi ainakaan huonompaan suuntaa, sillä muuten energiapuun korjuu voi kokea alamäen. Energiapuun korjuuta täytyisi tehostaa, jotta tavoiteltuihin uusiutuvan energian käyttömääriin päästäisiin. Ainakin vielä pienpuusta saatava energiapuu on sen verran kallista korjata, että valtiovallan ja EU:n on tehtävä hyviä päätöksiä uuden toimivan pienpuunenergiatuen aikaansaamiseksi.

LÄHTEET

- Asikainen, A. – Ilvesniemi, H. – Sievänen, R. – Vapaavuori, E. – Muhonen, T. 2012, 17. Bioenergia, ilmastonmuutos ja Suomen metsät. Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research Institute publishes preliminary research results and conference proceedings. Osoitteessa <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2012/mwp240.pdf>. 28.8.2012.
- Hakkila, P. 2004, 29. Puuenergian teknologiaohjelma 1999–2003. Teknologiaohjelmaraaportti. Loppuraportti Osoitteessa http://www.tekes.fi/julkaisut/puuenergian_teknologiaohjelma.pdf. 5/2004.
- Heikkilä, J. – Laitila, J. – Tantt, V. – Lindblad, J. – Siren, M. – Asikainen, A. – Pasanen, K. – Korhonen, K. 2005. Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research Institute. Karsitun energiapuun korjuuvaihtoehdot ja kustannustekijät. Osoitteessa <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2005/mwp010.pdf>. 29.4.2005.
- Hynynen, J. – Valkonen, S. – Rantala, S. 2005. Tuottava metsänkasvatus. Metsäntutkimuslaitos. Metsäkustannus. Hämeenlinna: Karisto oy.
- Kemera-opas 2009. Pirkanmaan metsäkeskus ja Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Osoitteessa http://www.metsavastaa.net/files/metsavastaa/pdf/amm_kemeraj.pdf. 9.11.2009.
- Kolehmainen, I. 2006. Hyvän metsänhoidon suositukset. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Helsinki: Lönnberg Print.
- Korri, J. 2013. Laki puutavaran mittauksesta uudistui: vaikutukset lämpörittäjäyteen. TTS - Työtehoseura Ry. Motivan lämpörittäjäpäivät Tampere 24.10.2013. Osoitteessa http://www.motiva.fi/files/8283/Laki_puutavaran_mittauksesta_uudistui_vaikutukset_lampoyrittajyyteen.pdf. 24.10.2013.
- Kärhä, K. 2011. Koneyrittäjien energiapäivät 4.2.2011, Sokos Hotel Ilves, Tampere. Metsäteho oy. Tehoa vai tuhoa energiapuun korjuubusineeseen joukkokäsittelyllä ja integroidulla korjuulla? Osoitteessa http://www.koneyrittajat.fi/ajankohtaista/epaivat/Integroitu_korjuu_Karha_Metsateho2.pdf. 4.2.2011.
- Kärhä, K. – Mutikainen, A. – Keskinen, S. – Petty, A. 2010. Integroidusti vai erilliskorjuuna – koko- vai rankapuuna? Metsätehon tulosalvosarja 2/2010. Osoitteessa http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Tuloskalvosarja/Tuloskalvosarja_2010_02_Integroidusti_vai_erilliskorjuuna_kk_1.pdf. 15.2.2010.

- Kärhä, K. – Mutikainen, A. 2009. Moipu 400 ES ensiharvennusmännikön integroidussa hakkuussa. Metsätehon tulosalvosarja 2/2009. Osoitteessa http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Tulosalvosarja/Tulosalvosarja_2009_02_Moipu_400ES_kk.pdf. 27.1.2009.
- Lassila & Tikanoja 2013. Metsäpalveluiden tavoitteena on tuottava metsä. Osoitteessa <http://www.lassila-tikanoja.fi/palvelut/lt-biowatti/metsapalvelut/>. 20.2.2014.
- Lindblad, J. – Äijälä, O – Koistinen, A. 2013. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio ja Metsäntutkimuslaitos. Energiapuun mittausopas. Osoitteessa <http://www.metla.fi/julkaisut/isbn/978-952-5694-28-4/energiapuun-mittausopas-2013.pdf>. 26.3.2013.
- Maa- ja metsätalousministeriö 2010. Kansallinen metsäohjelma 2015. Metsälästä biotalouden vastuullinen edelläkävijä. Valtioneuvoston periaatepäätös 16.12.2010. Osoitteessa http://www.mmm.fi/attachments/metsat/kmo/5ywLDJ2Uy/Kansallinen_metsaohjelma_2015_Valtioneuvoston_periaatepaatos_16.12.2010.pdf. 16.12.2010.
- Metsäkeskus 2011. Kemera- rahoitusvyöhykkeet. Osoitteessa http://www.metsakeskus.fi/fi_FI/c/document_library/get_file?uuid=00140449-588f-46f7-a495-490d10cb52dc&groupId=10156. 20.2.2014.
- Metsäntutkimuslaitos 2013a. Metsien kasvu on jatkunut hyvänä. Osoitteessa <http://www.metla.fi/tiedotteet/2013/2013-09-16-vmi-metsien-kasvu.htm> 16.9.2013.
- Metsäntutkimuslaitos 2013b. Energiapuun mittaus. Osoitteessa <http://www.metla.fi/metinfo/tietopaketit/mittaus/mittaus-energiapuu.htm>. 27.6.2013.
- Metsäntutkimuslaitos 2013c. Metsäntutkimuslaitoksen määräys 2/2013 puutavaran mittaukseen liittyvistä yleisistä muuntoluvuista. Osoitteessa http://www.metla.fi/metinfo/tietopaketit/mittaus/FI_08012014.pdf. 8.1.2014.
- Metsäntutkimuslaitos 2013d. EPPU-energiapuun mittauslaskuri. Osoitteessa <http://www.metla.fi/metinfo/tietopaketit/mittaus/mittaus-eppu-energiapuulaskuri.htm>. 27.6.2013.
- Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2012. Perustietoa energiapuusta. Osoitteessa <http://www.metsavastaa.net/perustietoa-energiapuusta>. 20.2.2014.
- Metsäteho Oy 2011. Metsäteho Oy opetusvideo. Aines- ja energiapuun integroidun korjuun mahdollisuudet. Osoitteessa http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Joukkokasittely/opetusvideo_2011_1b.wmv. 20.2.2014.

- Metsäteollisuus ry 2013a. Metsähakkeen käyttö vahvassa kasvussa. Osoitteessa <http://www.metsateollisuus.fi/uutishuone/uutiset/Metsahakkeen-kaytto-vahvassa-kasvussa-1160.html> 3.7.2013.
- Metsäteollisuus ry 2013b. Metsähakkeen käyttö ja kansalliset tavoitteet. Osoitteessa <http://www.metsateollisuus.fi/mediabank/617.pdf>. 20.2.2014.
- Rovaniemen ammattikorkeakoulu 2011. Metsän mittaus. Yksittäisen puun mittaus. Kaavakokoelma.
- Räisänen, T. 2012. Suomen, Ruotsin ja Norjan yhteistyöprojekti ForestPower. Biomassan tehostettu hyödyntäminen. Karsitun energia-puun kertymä nuorten metsien harvennushakkuissa. Osoitteessa <http://www.forestpower.net/Bulletin.aspx?bid=2022&main=1>. 7.2.2012.
- UPM metsä 2014. Puhdasta ja edullista energiaa nyt ja tulevaisuudessa. Osoitteessa: <https://www.metsamaailma.fi/fi/ForestInformation/ForestLibrary/Documents/Mets%C3%A4energia%20UPM.pdf>. 16.5.2014.
- Ylitalo, E. (toim.) 2013. Metsätilastollinen vuosikirja 2013. Metsäntutkimuslaitos. Sastamala: Vammalan kirjapaino oy.
- Äijälä, O – Kuusinen, M – Koistinen, A. 2010. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Hyvän metsänhoidon suositukset energiapuun korjuuseen ja kasvatukseen. Osoitteessa http://www.tapio.fi/files/tapio/Aineistopankki/Energiapuusuositukset_verkkoon.pdf. 27.5.2010.
- Ärölä, E. 2008. Metsävarojen mittaus ja arviointi. – Teoksessa Tapion taskukirja. (toim. S. Rantala), 271- 316. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio ja metsäkustannus Oy. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy.