

OPINNÄYTETYÖ
SAMI VENGASAHO 2013

**KANNATTAVAN KANNONNOSTON
KRITERISTÖ STORA ENSO METSÄN
POHJOIS-SUOMEN HANKINTA-ALUEELLA**



Rovaniemen
ammattikorkeakoulu
University of Applied Sciences
LUC

METSÄTALouden KOULUTUSOHJELMA

ROVANIEMEN AMMATTIKORKEAKOULU

LUONNONVARA- JA YMPÄRISTÖALA

Metsätalouden koulutusohjelma

Opinnäytetyö

**KANNATTAVAN KANNONNOSTON KRITERISTÖ
STORA ENSO METSÄN POHJOIS-SUOMEN
HANKINTA-ALUEELLA**

Sami Vengasaho

2013

Toimeksiantaja Stora Enso Metsä

Ohjaaja Oiva Hiltunen

Hyväksytty _____ 2013 _____

Työ ladattavana Theseuksesta

Tekijä	Sami Vengasaho	Vuosi	2013
Toimeksiantaja Työn nimi	Stora Enso Metsä Kannattavan kannonnoston kriteeristö Stora Enso Metsän Pohjois-Suomen hankinta-alueella		
Sivu- ja liitemäärä	36		

Metsäenergian raaka-aineiden käytön kannattavuuden paraneminen on lisännyt kantojen hyödyntämistä energiantuotannossa. Kantojen nostoa energiankäyttöön on toteutettu Etelä-Suomessa jo pidemmän ajanjakson ajan ja nyt sitä on alettu toteuttaa myös Pohjois-Suomen alueilla. Kannattavuuden kriteereistä on kuitenkin vain vähän tietoa, joten Stora Enso Metsä tarjosi aihetta tutkittavakseni ollessani siellä harjoittelemassa. Työn tavoitteena oli muodostaa kannattavan kannonnoston kriteeristö ja laskuri oston hankintaesimiehille kannattavien kohteiden selvittämiseksi.

Tutkimukseen tarvittava kannonnostoaineisto oli valmiina olemassa Stora Enso Metsän tietokannoissa, mistä se koostettiin yhdeksi aineistoksi analysoitavaksi. Tutkimuksessa käytin SPSS-tilasto-ohjelmaa kannonnostolle merkitsevimmiksi osoittautuneiden muuttujien selvittämisessä ja laskuriin tarvittavien kaavojen muodostamisessa. Muuttujat selvitettiin lineaarisella regressioanalyysillä.

Merkitsevimmiksi muuttujiksi kannonnoston kannattavuudelle osoittautuivat havupuun määrä, kaukokuljetusmatka ja metsäenergiasta maksettu hinta. Myös pinta-ala ja murskaushinnoittelu vaikuttavat kannattavuuteen. Kaavat laskuriin valittiin pääasiassa näiden kaikkien edellä mainittujen muuttujien pohjalta.

Havupuun vähimmäismäärä lyhyillä kaukokuljetusmatkoilla tulee olla noin 100 kiintokuutiota hehtaarilla. Määrän täytyy kasvaa kaukokuljetusmatkan etäisyyden kasvaessa. Hieman yli 100 kilometrin etäisyydeltä käyttöpaikasta, kantoja ei kannata enää nostaa. Nostettaviksi kohteiksi pääpiirteiltään soveltuvat kuusivaltaiset, yli hehtaarin kokoiset päätehakkuaalat. Pienehköjä kohteita tulee olla useita lähekkäin.

Työn bioenergia-aihepiiri oli hyvin ajankohtainen. Käsitykseni metsäenergian hankinnasta parani työni myötä huomattavasti. Aihealue on hyvä tuntee mahdollista alan työelämäni varten.

Avainsanat kantojen nosto, kriteeristö, Pohjois-Suomi
Muita tietoja -

Author	Sami Vengasaho	Year	2013
Commissioned by	Stora Enso Forest		
Subject of thesis	Profitability criteria of stump lifting in procurement region of northern Finland for Stora Enso Forest		
Number of pages	36		

The utilization of stumps for energy production has increased because the viability of the use of forest energy raw material is better than before. Stump lifting for energy use has been done in southern Finland for some time and now the work has also started in northern Finland. There is little information of the criteria of viability therefore I was given the topic by Stora Enso Forest during my practical training period. The aim of this thesis was to construct the criteria for viability of stump lifting and a counter for the purchasing manager to determine the viability of objects.

The necessary stump lifting material for the thesis existed in the Stora Enso Forest database and it was compiled into research material for the analysis. The SPSS statistical program which solves the most significant variables in stump lifting and creates formulas for counters was used. Variables were solved by linear regression analysis.

The most significant variables for viability of stump lifting turned out to be the amount of conifer, long-distance transport distance and the price paid for forest energy. Also areas size and costs of stump crushing had an effect on viability. Formulas for the counter selected were from these variables.

The minimum amount of conifer in short long-distance transport range must be about 100 cubic meters per hectare. The amount must be increased when the long-distance transport distance grows. When the distance is a little bit over 100 kilometers from the place of use, stump lifting is not viable anymore. Stump lifting is suitable on spruce-dominated felling areas bigger than one hectare. If areas are small, they have to be near each other.

The topic of the thesis is very current. My knowledge of forest energy procurement increased due to the thesis and this will be a benefit in my future work.

Key words stump lifting, criteria, northern Finland
Special remarks -

SISÄLLYS

TAULUKKO- JA KUVIOLUETTELO	1
1 JOHDANTO	2
2 METSÄENERGIAN TUOTANTO	4
2.1 YLEISESTI METSÄENERGIASTA	4
2.2 METSÄENERGIAN KORJUJ.....	5
2.2.1 <i>Energiapuusuositukset</i>	5
2.2.2 <i>Metsähakkeen tuotantoketjut.....</i>	6
2.2.3 <i>Kantomurskeen tuotantoketjut.....</i>	7
2.2.4 <i>Tuottavuudet</i>	9
3 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	13
3.1 AINEISTO	13
3.1.1 <i>Kohteet.....</i>	13
3.1.2 <i>Kannonnostoketju.....</i>	15
3.2 AINEISTON KÄSITTELY JA TUTKIMUSMENETELMÄT	17
4 TULOKSET	19
4.1 VAIKUTTAVIMMAT MUUTTUJAT.....	19
4.1.1 <i>Kantomäärään vaikuttavat muuttujat</i>	19
4.1.2 <i>Nostokustannuksiin vaikuttavat muuttujat.....</i>	21
4.1.3 <i>Lähikuljetuskustannuksiin vaikuttavat muuttujat</i>	23
4.1.4 <i>Kaukokuljetus- ja murskauskustannuksiin vaikuttavat muuttujat.....</i>	25
4.1.5 <i>Muihin kustannuksiin vaikuttavat muuttujat.....</i>	25
4.1.6 <i>Tuloihin vaikuttavia muuttujia.....</i>	25
4.2 ANALYYSSEISTÄ SAADUT YHTÄLÖT LASKUREIHIN	25
4.3 TULOSTEN TARKASTELU	28
5 JOHTOPÄÄTÖKSET	32
LÄHTEET	34

TAULUKKO- JA KUVIOLUETTELO

Taulukko 1. Kantojen noston tuottavuus kantoläpimitan mukaan (Mukaillen Laitila ym. 2007, 14)	10
Taulukko 2. Lähikuljetuksen tuottavuudet ja kustannukset (Mukaillen Laitila ym. 2007, 22).....	11
Taulukko 3. Kaukokuljetuskustannukset 75 euron käyttötuntihinnalla (Mukaillen Ihalainen-Niskanen 2010, 12,14; Laitila–Asikainen–Pasanen 2012, 180).....	11
Taulukko 4. Kohteiden perustiedot	14
Taulukko 5. Kohteiden työlajikohtaiset kustannukset (€/kantokuutio) suhteutettuna keskiarvoon 100	15
Taulukko 6. Havupuun määrän selitysaste kantomäärälle	19
Taulukko 7. Havupuun määrän ja pinta-alan selitysaste kantomäärälle.....	21
Taulukko 8. Vaikuttavimmat muuttujat ja niiden selitysasteet nostokustannuksille koko aineistolla.....	21
Taulukko 9. Vaikuttavimmat muuttujat ja selitysasteet ilman kohdetta viisi	22
Taulukko 10. Kantomäärän (m ³ /ha) vaikutus nostohintaan (€/m ³) koko aineistolla .	23
Taulukko 11. Kantomäärän (m ³ /ha) vaikutus nostohintaan (€/m ³) karsitulla aineistolla	23
Taulukko 12. Koko aineistolla selittävimmät muuttujat lähikuljetuksen kustannuksille	24
Taulukko 13. Selittävin muuttuja ja selitysaste lähikuljetuksen kustannuksille ilman kohdetta viisi	24
Taulukko 14. Pääkriteerit.....	31
Kuvio 1. Kantojen käyttöpaikkamurskausketju.....	8
Kuvio 2. Havupuun määrän vaikutus kantomäärään selitysasteella 91.....	19
Kuvio 3. Havupuumäärän (m ³ /ha) vaikutus kantomäärään (m ³ /ha) selitysasteella 26.5.....	20
Kuvio 4. Kantomäärään (m ³ /ha) vaikutus nostohintaan (€/m ³) selitysasteella 66	22
Kuvio 5. Pinta-alan vaikutus lähikuljetuksen kokonaiskustannuksiin indeksiarvoilla	24

1 JOHDANTO

Suomen valtioneuvoston 3.11.2008 hyväksymän pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia on kiihdyttänyt uusiutuvan energian käyttöä Suomessa merkittävästi. Strategian tavoitteena on ollut lisätä uusiutuvan energian käytön osuutta kokonaisenergian kulutuksesta 38 prosenttiin vuoteen 2020 mennessä erilaisten kannustavien tukitoimenpiteiden avulla. Strategian yhtenä linjauksena on ollut, että metsähakkeen käyttöä pyritään lisäämään vuonna 2006 käytetystä 3,6 miljoonasta kiintokuutiometristä yli 12 miljoonaan kiintokuutiometriin vuoteen 2020 mennessä. (Tem 2008, 9,37.)

Poliittisten päätösten seurauksena on ollut havaittavissa bioenergian markkina-aseman parantuminen, mikä on lisännyt puuperäisten energialähteiden käytön kannattavuutta (FINBIO ry 2010a). Vastuuntuntoisena ja globaalina yhtiönä, Stora Enson tavoitteena on ollut lisätä bioenergian käyttöä kotimaassa ja olla samalla vähentämässä fossiilisten tuontipolttoaineiden käyttöä sekä pienentämässä hiilijalanjälkeä (Stora Enso 2013). Omien tavoitteiden ja puuperäisten energialähteiden käytön kannattavuuden paranemisen yhteisvaikutuksesta, Stora Enso Metsän tavoitteena on kasvattaa kannattavan metsäenergian hankintaa koko Suomessa (Marjakangas 2013).

Metsästä saatavien energiaraaka-aineiden käytön kannattavuuden paraneminen näkyy myös Stora Enso Metsän Pohjois-Suomen hankinta-alueen kiinnostuksena erilaisille metsäenergian muodoille. Metsäenergiaa on hankittu Pohjois-Suomen hankinta-alueella jo kymmenen vuoden ajan hakkuutähteiden muodossa. Nyt viimeisimpänä mielenkiinto on kohdistunut kantoihin, joita on käytetty Etelä-Suomen hankinta-alueilla polttotarkoitukseen jo pidempään. Stora Enso Metsälle kantojen korjuu Pohjois-Suomessa on vielä suhteellisen uusi asia verrattuna hakkuutähteiden korjuuseen. Tämän takia tietoa kannonnoston kannattavuudesta Pohjois-Suomen alueella on ehtinyt kertyä vain vähän. (Marjakangas 2013.)

Stora Enson Metsän tarve saada tietoa kannattavan kannonnoston kriteereistä Pohjois-Suomen hankinta-alueella, johti opinnäytetyöaiheen syntyyn. Olin suorittamassa työharjoittelua Pohjois-Suomen hankinta-alueella kesällä 2012, kun yhteisissä kokoontumisissa tuli ilmi, että kannonnostoon

liittyvä opinnäytetyönaihe olisi tarjolla. Tartuin tilaisuuteen ja selvittelimme lopullisen aiheen ja vaatimukset työltä Stora Enso Metsän Kari Marjakankaan, Matti Härkösen ja Aki Poijulan kanssa syksyn aikana. Opinnäytetyön pääaineiston koostamisen hoiti Matti Härkönen. Itse en voinut koostaa aineistoa, koska se piti kerätä Stora Enson sisäisten tietojärjestelmien tietokannoista. Aineisto oli koostettuna marraskuun loppupuolella, minkä jälkeen pääsin siihen itse käsiksi.

Alkuvaiheen analysoinnit johtivat muutamien tietojen täydentämisiin ja tarkennuksiin. Myöhemmin työn edetessä huomattiin, että muutamat tiedot olisivat vaatineet hieman tarkennuksia, joita saadaan vain lumettoman maan aikaan tehdyllä maastokäynnillä. Aineisto oli kuitenkin muuten niin kattava, että sitä pystyttiin käyttämään hyödyksi hyvällä luotettavuudella.

Opinnäytetyön tavoitteena oli muodostaa kriteeristö koko kannonnostoketjun muuttujille kannonnostosta käyttöpaikalle asti, kun murskaus toteutetaan käyttöpaikalla. Kriteeristön muodostamiseen käytettiin 24 kannonnostokohteelta saatuja tietoja ja kriteerit muodostettiin aineiston perusteella merkittäviksi osoittautuneille muuttujille. Alkuoletuksena oli, että merkittäviä muuttujia olisivat puuston keskijäreys, kantopoistuma, lähi- ja kaukokuljetusmatka sekä kantojen kuivatusaika. Koska tutkimusaineisto perustuu toteutuneeseen tietoon, antaa se realistisen kuvan todellisista kriteereistä olettaen aineiston olevan luotettava.

Toisena tavoitteena oli, että kriteeristön pohjalta muodostettaisiin laskuri selvittämään kannonnostokohteiden kannattavuus. Laskuri tuli koota useammasta osatekijälaskurista, jotta sitä pystytään muokkaamaan hintojen vaihteluiden mukaan. Ennen laskureiden muodostamista, välitavoitteena oli selvittää merkitsevimmät kaavat SPSS-tilasto-ohjelmalla. Laskurit muodostettiin saaduista kaavoista.

Kannonnosto Suomessa on todennäköisesti vielä niin uusi asia, että siitä ei löytynyt perusteellisia tutkimuksia, joissa kaikki tarvittava tieto olisi ollut yksissä kansissa. Aiheesta on tehty pienempiä tutkimuksia, jotka toimivat osittain tämän tutkimuksen tiedonlähteinä. Tutkimukset oli julkaistu yleensä tiedotustyyppisesti pelkästään verkossa, minkä vuoksi käyttämistäni lähteistä suurin osa on sähköisiä lähteitä.

2 METSÄENERGIAN TUOTANTO

2.1 Yleisesti metsäenergiasta

Metsäenergiaa tuotetaan metsästä saatavilla ensi- ja toisasteisilla puuperäisillä polttoaineilla (Hakkila 2013, 1). Metsäenergiaa tuotetaan metsähakkeesta, joka luokitellaan ensiasteiseksi metsäenergiaksi. Metsähaketta saadaan metsien hakkuiden seurauksena latvussmassasta, kannoista sekä kuitupuuksi kelpaamattomasta pienpuustosta. Metsänhoidollisista hakkuista ja ensimmäisistä kasvatushakkuista voidaan saada metsäenergiaa myös kokopuun muodossa. Metsäenergian raaka-ainejakeita on käytettävissä monessa muodossa. Merkittävimpiä toisasteisia energijakeita ovat metsäteollisuuden tuotannosta ja puunkäytöstä tulevat sivutuotteet kuten puunkuori ja sahanpuru, sekä sellunkeitosta syntyvä mustalipeä. (Energiateollisuus 2013; FINNBIO ry 2002.)

Metsähakkeen käyttö lämpö- ja voimalaitoksissa oli vuonna 2011 noin 6,8 miljoonaa kiintokuutiometriä, kun kaikkien kiinteiden puupolttoaineiden käyttö yhteensä oli 16,8 miljoonaa kiintokuutiometriä. Kun laskuun huomioidaan pientalojen käyttämä metsähakemäärä, hakkeen kokonaiskäyttö oli yhteensä seitsemän ja puoli miljoonaa kiintokuutiometriä. Kasvu oli huimat kymmenen prosenttia edellisen vuoden käyttömäärään nähden. Metsähakkeen käyttö on kasvanut voimakkaasti koko 2000-luvun ajan. Käyttömäärän kasvu on kiihtynyt erityisesti vuodesta 2007 lähtien, jolloin käyttömäärä oli noin kolme miljoonaa kuutiometriä. Kaikkien puupolttoaineiden käyttö ajoi öljytuotteiden käyttömäärän edelle vuoden 2012 ensimmäisellä vuosipuoliskolla. (Ylitalo 2013, 275,287,291.)

Hakkeen määrä ilmoitetaan yleensä irtokuutioina, kiintokuutioina tai tonneina. Metsähakkeen muunnosyksiköt (Bioenergiapörssi 2013) ovat keskimäärin seuraavanlaiset:

$$- 1 \text{ i-m}^3 = n. 0,25 \text{ t} = 0,4 \text{ m}^3$$

$$- 1 \text{ m}^3 = 2,5 \text{ i-m}^3 = 0,625 \text{ t}$$

$$- 1 \text{ t} = 4 \text{ i-m}^3 = 1,6 \text{ m}^3$$

Kantomurskeen energiasisältö on hieman suurempi, kuin muilla metsähakkeilla. Kantomurskeen energiasisällöt irto- ja kiintokuutioilla ovat keskimäärin seuraavanlaiset:

$$- 1 \text{ i-m}^3 = 0,7\text{--}1,0 \text{ MWh}$$

$$- 1 \text{ m}^3 = 2,125 \text{ MWh}$$

2.2 Metsäenergian korjuu

2.2.1 Energiapuusuositukset

Energiapuuharvennuskohteiksi soveltuvat hoidetut ja hoitamattomat nuoret kasvatusmetsät. Hyvän metsänhoidon suositusten mukaisesti energiapuun korjuukohteiksi soveltuvat kuivahkot kankaat ja niitä ravinteisuudeltaan paremmat kivennäismaat sekä vastaavat turvemaat, jos korjuu tehdään kokopuukorjuuna. Rankapuuna ja integroituna korjuuna energiapuuta voidaan korjata kaikilla harvennuskohteilla talousmetsissä. Mahdollisista ravinnepuutoksista kärsiville kohteille suositellaan ravinnetasapainoa ylläpitävää lannoitusta. Ravinnetasapainoltaan normaaleille kohteille kokopuun korjuussa suositellaan jättämään jonkin verran vihermassaa. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi jättämällä latvusta 1–2 metrin matkalta metsään tai karsimalla osa latvuksen vihreästä osasta oksina metsään. (Äijälä–Kuusinen–Koistinen. 2010, 13,17.)

Kantojen ja latvusmassan korjuuseen päätehakkuualoilta soveltuvat kuivahkot kankaat ja niitä ravinteikkaammat kasvupaikat ja sekä vastaavanlaiset turvemaat. Poikkeuksena suositellaan nostamaan kannot kaikilta juurikäävän vaivaamilta alueilta karukkokankaita lukuun ottamatta. Boorin puutoksista kärsiviltä kuusen uudistushakkuualoilta voidaan kerätä latvusmassa ja kannot, jos kohteelle tehdään boorin ravinteisuustasoa parantava lannoitus. (Äijälä ym. 2010, 18.)

Kantojen ja latvusmassan korjuu on perusteltua, koska maanmuokkaus nopeutuu ja muokkauksen jälki on myös laadukkaampaa korjuun ansiosta. Samalla viljelytyö helpottuu, koska haittaavia risuja ja kantoja ei ole. Kantojen korjuulla voidaan vaikuttaa juurikäävän leviämiseen ja esiintymiseen, joten korjuu on erityisen hyvin perusteltua juurikäävän vaivaamilta alueilta.

Kantojen nostossa paljastuva kivennäismaa on hyvä taimettumisalusta luonnontaimille, mikä edesauttaa tiheämmän taimikon syntymistä. Suurimpana haittana kantojen ja latvusmassan korjuussa on ravinteiden poistuminen korjattavan massan mukana. Ravinteiden poistumista alueelta lisää myös kantojen nostosta aiheutuva kivennäismaan paljastuminen. (Äijälä ym. 2010, 18, 20.)

Hyvän metsänhoidon suosituksien mukaisesti kantojen ja latvusmassan korjuulle on asetettu muutamia suosituksia turvaamaan taloudellista, ekologista, kulttuurillista ja sosiaalista kestävyyttä. Ennen latvusmassan keräämistä suositellaan, että neulaset ja lehdet karisutetaan antamalla niiden kuivua. Kantoja ei suositella nostettavaksi jyrkiltä rinteiltä, kallioisilta tai kivisiltä alueilta, vesistöjen suojakaistoilta ja penkereiltä, muinaismuistoalueilta, retkeilyreiteiltä, ja näitä vastaavilta alueilta. Kantojen nostossa suositellaan jättämään läpimitaltaan kaikki alle 15 senttimetriä paksut kannot maahan. Näiden lisäksi tulisi jättää tasaisesti hehtaarille 25 kappaletta yli 15 senttimetriä paksuja kantoja, poikkeuksena hienojakoisille maille 50 kappaletta hehtaarille. Yleisesti korjuussa tulee välttää rikkomasta turhaan maanpintaa tai muuten olla jättämättä jälkiä. (Äijälä ym. 2010, 5–21.)

2.2.2 Metsähakkeen tuotantoketjut

Metsäteho on tutkinut 2000-luvulla useamman kerran metsähakkeen tuotantoketjuja. Vuonna 2010 Metsäteho kartoitti metsähakkeen tuotantoon käytettyjä tuotantoketjuja kantomurskeelle, hakkuutähdehakkeelle, pienpuuhakkeelle ja järeistä lahovikaisista puista tuotetulle hakkeelle. Tuotantoketjun määrittelevä osa on tuotannossa käytettävä haketus- tai murskauspaikka. Metsähakkeen tuotantoketjun nimi tulee palsta-, tienvarsi-, terminali- tai käyttöpaikkahaketuksesta tai -murskauksesta. (Kärhä 2011, 1–23). Käytettävän menetelmän valintaan vaikuttavat muun muassa olosuhteet, käytettävissä olevat koneet ja niiden käyttökustannukset, tuotettavan raaka-aineen laji ja määrä sekä kaukokuljetusmatkan pituus (Ihalainen–Niskanen 2010, 7).

Palstahaketuksessa hakettava aines voidaan hakettaa palstalla siihen erikseen kehitetyillä koneilla. Hakkuri hakettaa tähteet suoraan koneen kyydissä olevaan konttiin tai vastaavaan tilaan, minkä jälkeen sama

hakkurikone kuljettaa hakkeen tienvarteen odottamaan kaukokuljetusta käyttöpaikalle. (FINBIO ry 2010b.) Palstahaketuksen suosio on vähäistä, koska se on vaatimuksineen yleisesti hankalaa, minkä takia taloudellinen kannattavuus huononee. Ongelmakohtia ovat muun muassa pitkät metsäkuljetusmatkat, kivisyys, maaston kaltevuus ja lumen aiheuttamat ongelmat. (Hakonen 2013, 22.)

Tienvarsihaketus tehdään tienvarressa liikuteltavalla autohakkurilla, minkä jälkeen hake kuljetetaan tehtaalle hakeautolla. Tienvarsihaketus on ollut Metsätehon 6/2011 tulosalvon mukaan yleisin metsähakkeen tuotantoketju (Kärhä 2011, 1–23). Tienvarsihaketus on logistiselta vaativuudeltaan ”kuuma”, koska yleensä toinen autoista, hakkuri- tai hakeauto, joutuu odottamaan. Odotusaikoihin vaikuttaa kaukokuljetusmatkan pituus. Lisäämällä ketjuun hakeautoja, vähenee hakkuriauton odottelu, mutta toisaalta hakeautojen odottelu saattaa lisääntyä kuormausta odotellessa. (Asikainen–Ilvesniemi–Sievänen–Vapavuori–Muhonen 2012, 175.)

Terminaalihaketusketjussa hakettava aines kuljetetaan palstalta semmoisenaan terminaaliin, jossa se haketetaan tehokkaalla hakkurilla tai murskaimella. Terminaalista hake voidaan kuljettaa käyttöpaikalle laivalla, junalla tai autolla riippuen terminaalien sijainnista. Käyttöpaikkahaketuksessa raaka-aine kuljetetaan yleensä hakeautoilla käyttöpaikalle hakettavaksi ja käytettäväksi. (Kärhä 2011, 1–23)

2.2.3 Kantomurskeen tuotantoketjut

Kantomurskeen tuotantoketjut määräytyvät samoin periaattein kuin muutkin metsäenergian tuotantoketjut. Palstahaketusta kannoilla ei tehdä (Kärhä 2011, 17). Kantomurskeen tuotanto aloitetaan nostamalla kannot kohteelta tela-alustaisella kaivinkoneella, joka on yleisin nostokone kantojen nostossa. Noston päävaiheita ovat kannon nostaminen ylös maasta, pilkkominen pienemmäksi ja kasaus palstakasoihin (Laitila–Ala-Forssi–Vartiamäki–Ranta–Asikainen 2007, 6–7).

Toisessa vaiheessa kannot lähikuljetetaan tienvarteen (Kärhä 2008, 12). Lähikuljetuksessa käytetään tavallisia metsätraktoreita mahdollisin lisävarustein. Lisävarusteluun kuuluu lähinnä kuljetuskapasiteetin

kasvattaminen erilaisin tavaratilan laajennusratkaisuin (Muhonen 2012, 6–7). Esimerkiksi metsäkonevalmistaja Ponsse on tuonut markkinoille laajennettavan kuormatilaratkaisun, joka vähentää lähikuljetuksen kustannuksia (Ponsse 2013).

Samoin kuin muut energiapuuraaka-aineet, niin myös kannot voidaan murskata tienvarressa, terminaalissa tai käyttöpaikalla. Tienvarsimurskaus tehdään kuljetettavalla murskaimella ja murske kuljetetaan käyttöpaikalle hake-autoilla. (Kärhä 2008, 5–14). Metsätehon vuonna 2011 tekemän selvityksen mukaan tienvarsimurskaus on vasta kolmanneksi yleisintä kantomurskeen tuotannossa. Tienvarsimurskauksen määrät ovat selvityksen mukaan kuitenkin nousseet vuodesta 2008 lähtien. Vuonna 2010 tienvarsimurskauksen osuus oli noin kymmenen prosenttia (Kärhä 2011, 17).

Terminaalimurskausketjussa toteutus tapahtuu samalla tavalla kuin muilla metsäenergian raaka-aineilla. Kannot kuljetetaan semmoisenaan terminaaliin murskattavaksi, mistä valmis murske lähtee käyttöpaikalle junalla, laivalla tai hakeautolla. (Kärhä 2008, 12). Vuonna 2010 terminaalimurskausmenetelmän osuus kantomurskeen tuotannossa oli 41 prosenttia (Kärhä 2011, 16). Tienvari- ja terminaalimurskaus kuuluvat periaatteessa molemmat välivarastomurskausmenetelmään. Välivarastomurskauksen tai -haketuksen hyötyihin kuuluu, että hakeauton kapasiteetti saadaan paremmin hyödynnettyä, minkä seurauksena kuormakoot kasvavat ja kaukokuljetuskustannukset pienenevät. (Asikainen ym. 2012, 175–176).

Käyttöpaikkamurskausketju (kuvio 1) on yleisin menetelmä kantomurskeen tuotannossa. Vuonna 2010 kantomurskeen tuotannosta toteutettiin 51 prosenttia käyttöpaikkamurskausmenetelmällä. (Kärhä 2011, 16). Käyttöpaikkamurskauksessa kannot ajetaan kantoautoilla käyttöpaikalle murskattavaksi ja käytettäväksi. (Kärhä 2008, 13).



Kuvio 1. Kantojen käyttöpaikkamurskausketju

2.2.4 Tuottavuudet

Kohteilta saatavaan kantomäärään vaikuttaa Jalava tutkimuksen mukaan puuston määrä kohteella ja erityisesti kuusen määrä (Jalava 2007, 14). Kuusen kannon tilavuus koko puun tilavuudesta on noin 24 prosenttia (Hakkila 2004, 27). Jos puuston määrä on noin 150 kiintokuutiota hehtaarilla, saadaan kantojen määräksi hieman päälle 40 kiintokuutiometriä hehtaarilla käytettäessä Hakkilan tutkimuksen kantoprosenttia.

Metlan 2007 tekemän selvityksen mukaan kantojen noston ajanmenekkiin ja sitä myötä tuottavuuteen vaikuttaa eniten kantojen läpimitta ja kappalemäärä hehtaarilla. Tutkimuksessa käytettiin 17,5 tonnin kaivinkonetta, jossa oli Kantokunkku-niminen nostopää. Tutkimuksessa tutkittiin yhdistetyn kantojen noston ja maanmuokkauksen tuottavuuksia, mutta tuloksista voidaan vetää johtopäätöksiä myös pelkän noston tuottavuuksiin vaikuttavista tekijöistä. (Laitila ym. 2007, 6,15)

Tutkimustulosten mukaan, jos nostettavia kantoja oli 500 kappaletta hehtaarilla ja nosto tehtiin ilman maanmuokkausta, nostovauhti koneella oli noin viisi kiintokuutiota tunnissa kantoläpimitan ollessa 20 senttimetriä, kahdeksan kiintokuutiota tunnissa läpimitan ollessa 25 senttimetriä, 11 kiintokuutiota tunnissa läpimitan ollessa 30 senttimetriä ja 13 kiintokuutiota tunnissa läpimittavälillä 35–40cm. Kantoläpimitan ollessa yli 40 senttimetriä, tuottavuus kääntyi laskuun johtuen koneen järeystä. (Laitila ym. 2007, 14) Näiden tietojen perusteella voidaan itse laskea, että jos nostokoneen käyttökustannus on 75 euroa tunnilta, saadaan sen kantokuutiokohtaisiksi käyttökustannuksiksi ilman muita kustannuksia, pelkän noston osalta taulukosta 1 nähtävät tulokset (Ks. s.10). Taulukossa 1 olevia nostohintoja euroa kiintokuutiolta ei ole saatu Laitilan tutkimuksesta, vaan ne on laskettu itse nostomäärien perusteella ja nostohinta 75 euroa tunnilta on asetettu summittain.

Taulukko 1. Kantojen noston tuottavuus kantoläpimitan mukaan (Mukaillen Laitila ym. 2007, 14)

Kantoläpimitta cm	Nostomäärä m ³ /h	Nostohinta €/m ³
20	5	15,0
25	8	9,4
30	11	6,8
35-40	13	5,8
45	12	6,3
55	9	8,3

Saman tutkimuksen mukaan lähikuljetuksen tuottavuuteen vaikutti oleellisesti lähikuljetusmatkan pituus. Kuormakoon kasvu ei merkittävästi lisännyt lähikuljetuksen tuottavuutta etenkin lyhyillä matkoilla, koska kuormattuna ajon ajanmenekki oli suhteellisen pieni lähikuljetuksen koko ajanmenekkiin nähden. Pitemmällä matkoilla kuormakoolla oli enemmän merkitystä, koska seitsemän kiintokuution ja 13 kiintokuution kuormien välillä tuottavuusero oli 500 metrin lähikuljetusmatkalla noin yksi kiintokuutio tunnissa isomman kuorman hyväksi. Kantojen hehtaarikertymällä ei ollut myöskään juuri merkitystä lähikuljetuksen tuottavuudelle. Tutkimuksessa lähikuljetukseen oli käytetty kuusipyöräistä 13,8 tonnin metsätraktoria, jonka kantavuus oli noin 12 tonnia. Lisävarusteluina koneessa oli kuormakokoa kasvattava säädeltävä mekanismi ja esteet kantojen tippumiselle pankkojen välistä telojen päälle. Muuten kuormatila oli vakiomallia ja koura oli malliltaan hakkuutähdekoura. (Laitila ym. 2007, 22–24).

Laitilan tutkimuksen mukaan keskimääräinen tuottavuus 100 metrin lähikuljetusmatkalla oli noin yhdeksän kiintokuutiota tunnissa, 200 metrin matkalla kahdeksan ja puoli kiintokuutiota tunnissa, 300 metrin matkalla kahdeksan kiintokuutiota tunnissa, 400 metrin matkalla seitsemän ja puoli kiintokuutiota tunnissa ja 500 metrin matkalla noin seitsemän kiintokuutiota tunnissa. Tuottavuus vaihteli hieman riippuen kuorman koosta. (Laitila ym. 2007, 22). Tuottavuus laskee lähestulkoon lineaarisesti lähikuljetusmatkan pituuden kasvun mukaan. Siten kustannukset ja tuottavuudet lähikuljetukselle olisivat Laitilan tutkimukseen pohjautuen taulukon 2 mukaiset, kun metsätraktorin käyttökustannukseksi asetetaan 75 euroa tunnilta ilman muita kustannuksia (Ks. s.11). Taulukon 2 kustannustiedot on laskettu itse ja käytetty tuntihinta on viitteellinen.

Taulukko 2. Lähikuljetuksen tuottavuudet ja kustannukset (Mukaiillen Laitila ym. 2007, 22)

Lähikuljetusmatka metriä	Tuottavuus kanto- m ³ /h	Lähikuljetuksen hinta €/kanto-m ³
100	9	8,3
200	8,5	8,8
300	8	9,4
400	7,5	10,0
500	7	10,7

Kaukokuljetuksen tuottavuudesta oli sovellettavissa tietoa Metlan 2010 tekemästä tutkimuksesta. Kun perävaunullinen kantoauto on varustettuna normaaleilla kantolaidoilla ja pohjalla, autoon mahtuu kantoja kerrallaan noin 25–30 kiintokuutiota (Ihalainen–Niskanen 2010, 14.) Haketta ja mursketta täysperävaunurekalla pystytään kuljettamaan noin 44 kiintokuutiota (Asikainen ym. 2012, 180). Kanto- ja hakeauton käyttökustannukset tunnilta ovat noin 75 euroa (Ihalainen–Niskanen 2010, 12). Jos kaukokuljetusmatka olisi esimerkiksi 35 tai 70 kilometriä, olisi kustannukset näillä tiedoilla taulukon 3 mukaiset. Taulukossa 3 olevat kustannustiedot on laskettu itse aiempiin tutkimustietoihin pohjautuen. Kaukokuljetusmatkalla on Metlan 2010 selvityksen mukaan suuri merkitys kannonnonstion kannattavuudelle. (Ihalainen–Niskanen 2010, 26).

Taulukko 3. Kaukokuljetuskustannukset 75 euron käyttötuntihinnalla (Mukaiillen Ihalainen–Niskanen 2010, 12,14; Laitila–Asikainen–Pasanen 2012, 180)

Matka km	Kuormaus/purku yht. h	Ajoaika h	Hinta €	Kantoina €/k-m ³	Murskeena €/k-m ³
35	2	1	225	7,5	5,11
70	2	2	300	10	6,8

Murskauksien tuottavuudesta Metsäteho on tehnyt tutkimuksen vuonna 2011. Tutkimuksessa tutkittiin kantojen esimurskauksen tuottavuutta ja esimurskatun kantomassan lopullisen murskauksen tuottavuutta. Esimurskatun massan murskauksen tuottavuus vaihteli 110–170 irtokuutiota tunnissa riippuen käytetystä esimurskaimesta ja varsinaisesta murskaimesta. Esimurskauksen tuottavuus vaihteli välillä 60–170 irtokuutiota tunnissa. Tästä voidaan karkeasti arvioida murskauksen tuottavuuden olevan parhaillaan noin 85 irtokuutiota tunnissa. Tämä edellyttää esimurskauksessa 500x320 millimetrin seulan käyttöä ja varsinaisessa murskauksessa 120x120

millimetrin seulan käyttöä. Tuottavuus laskee sen mukaan, kuinka tiheää seulaa käytetään. Kantojen esimurskaus suoraan 120x90 millimetrin seulan läpi antoi tuottavuudeksi noin 56 irtokuutiota tunnissa. 120x90 millimetrin seulan läpi menevä murske olisi periaatteessa käytettävissä monessa voimalaitoksessa sellaisenaan, koska varsinaisessa murskauksessakaan ei käytetä tämän tiheämpiä seuloja Metsätehon tutkimuksesta päätellen. (Kärhä–Hautala–Mutikainen 2011, 30–31).

Murskauksen kustannus käyttöpaikalla oli Metlan 2010 tutkimuksen mukaan kantomurskeella kolme euroa kiintokuutiolta ja terminaalimurskauksella vastaavasti seitsemän ja puoli euroa. Kokonaiskustannukset kantomurskeella käyttöpaikkamurskauksella oli tutkimuksen mukaan noin 31,5 euroa ja terminaalimurskauksella 36,8 euroa. (Ihalainen–Niskanen 2010, 15).

3 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

3.1 Aineisto

3.1.1 Kohteet

Tähän tutkimukseen tarvittava aineisto oli olemassa jo ennestään valmiina Stora Enson Metsän tietokannoissa. Aineiston kokoaminen lähti liikkeelle siitä, että Stora Enson Metsän Pohjois-Suomen hankinta-alueen yrittäjäesimies Matti Härkönen koosti aineiston yhdeksi Excel-tietokannaksi. Myöhemmin Excel-aineistoa täydennettiin havaittujen oleellisten puutteiden osalta.

Aineisto koostui 24 kannonnostokohteen tiedoista, jotka sijaitsivat Oulun ja Kemin lähikuntien alueella. Sijainnit olivat valikoituneet Stora Enson Oulun ja Kemin voimaloiden hankinta-alueiden vaikutuksesta. Merkittävä vaikutus nostokohteiden sijaintiin on ollut myös Lapin kolmion alueella, jossa sijaitsee paljon potentiaalisiksi kannonnostokohteiksi soveltuvia reheviä kuusivaltaisia metsiköitä (Metla 2012.) Kannonnostokohteiden metsiköt oli hakattu vuosien 2008–2011 välisenä aikana ja kantojen nosto oli toteutettu vuosien 2009–2012 välisenä ajankohtana

Kohteet ovat päätyneet tutkimukseen sen mukaan, millaisia kannonnostokohteita pääpiirteiltään haetaan. Aiempi ohje soveltuviksi kannonnostokohteiksi Stora Enso Metsällä on ollut, että kantoja voidaan nostaa järeäpuustoisilta kuusivaltaisilta päätehakkualoilta, jotka sijaitsevat alle tietyn matkan päässä kantojen käyttöpaikasta. Pinta-ala on täytynyt olla mielellään yli hehtaarin ja pienikokoisia kohteita on täytynyt olla useita lähekkäin. Aineistosta oli jätetty pois ne kohteet, jotka poikkesivat tyypillisistä haettavista kohteista. Näitä olivat esimerkiksi pellonraivausalueet tai vastaavat alueet, miltä nostetaan kaikki kannot puulajista tai läpimitasta riippumatta.

Aineisto sisälsi kohdekohtaiset tiedot, joita olivat muun muassa metsikkö- ja puustotunnukset. Lisäksi aineisto sisälsi tiedot noston, lähikuljetuksen, murskauksen ja kaukokuljetuksen kustannuksista, sekä näihin oleellisesti vaikuttavista tiedoista, kuten kuljetusmatkoista ja kantomääristä.

Puustotiedot aineistoon saatiin hakkuukoneiden mittalistoista. Kohteet tutkimukseen pyrittiin valitsemaan niin, että mittalistoilla ei ole muiden kuin nostettavien alojen puustotietoja. Kantomäärät on saatu siten, että kannot on vaaittu ensin, jonka jälkeen painotiedot on muunnettu kuutiokohtaisiksi painotuoretiheys- taulukon avulla. Kuljetusmatkat laskettiin kartalta mittaamalla lukuun ottamatta lähikuljetusmatkoja, jotka ajokoneenkuljettaja on ilmoittanut mittalistoisiin. Pinta-alana käytettiin hakatun alueen pinta-alaa, koska tarkkaa nostopinta-alaa ei ollut saatavilla talvella. Tämä aiheuttaa jonkin verran epäluotettavuutta todellisiin nostopinta-aloihin. Todellinen nostopinta-ala voi olla pienempi kuin mitä hakattu pinta-ala on. Kohteiden tärkeimmät tiedot näkyvät taulukoissa 4 ja 5.

Taulukko 4. Kohteiden perustiedot

Kohde	Pinta-ala (ha)	Keskijäreys (l)	Havupuu (m ³ /ha)	Kantoja (m ³ /ha)
1	4,48	366	143	35,7
2	2,35	189	27	27,7
3	1,09	358	143	63,3
4	5,29	226	121	68,1
5	26,71	225	98	35,6
6	19,92	176	132	43,4
7	9,06	175	143	36,3
8	5,38	245	164	39,0
9	5,7	147	140	43,7
10	1,81	254	214	102,2
11	0,65	183	157	83,1
12	1,99	407	99	21,6
13	0,71	296	141	49,3
14	3,65	124	90	45,2
15	1,69	222	136	29,6
16	3,94	180	150	53,8
17	3,2	165	170	40,6
18	5,98	136	134	38,1
19	1,99	113	118	40,2
20	1,31	131	146	45,8
21	4,52	233	198	71,9
22	1,99	125	140	75,4
23	6,73	290	126	74,3
24	1,4	114	124	85,7

Tässä tutkimuksessa kantojen nosto ja lähikuljetus oli tehty tuntitaksalla. Määrälliset muuttujat, kuten matka tai kantomäärä, eivät siten ole yksiselitteisiä vaikuttajia noston tai lähikuljetusmatkan kustannuksiin, vaan

siihen vaikuttavat myös olosuhteet, koneet ja kuljettajat, joiden vaikutuksen suuruutta ei voitu päätellä tällä aineistolla. Noston ja lähikuljetuksen tiedot on koottu tilitystiedoista. Kaukokuljetuskustannukset perustuvat euroa tonni yksikkömaksuun, joka nousee portaittain kaukokuljetusmatkan pidentyessä. Murskauskustannukset perustuvat terminaalmurskauksella joko euroa tonni tai euroa irtokuutio hintaan kulloinkin käytetyn sopimuksen mukaan. Kustannukset näkyvät indekseinä taulukossa 5.

Taulukko 5. Kohteiden työläjikohtaiset kustannukset (€/kantokuutio) suhteutettuna keskiarvoon 100

Kohde	Nosto	Lähikuljetus	Kantojen hinta	Autokuljetus	Murskaus i-m ³ tai t taksalla
Keskiarvo	100	100	100	100	100
1	115	84	100	91	100
2	206	110	93	91	100
3	46	123	71	100	100
4	78	120	48	117	100
5	47	83	70	180	100
6	78	120	104	144	100
7	112	184	168	198	100
8	100	115	104	67	100
9	115	43	88	75	100
10	67	68	42	91	100
11	68	89	149	108	100
12	212	180	188	108	100
13	91	165	230	108	100
14	100	86	49	83	100
15	137	107	95	83	100
16	103	59	78	83	100
17	119	96	72	83	100
18	116	123	99	108	100
19	114	89	49	83	100
20	95	145	129	67	100
21	69	79	91	75	100
22	73	71	198	75	100
23	80	32	37	108	100
24	61	30	46	75	100

3.1.2 Kannonnostoketju

Kannonnostoketju koostui kantojen nostosta, lähikuljetuksesta, kaukokuljetuksesta ja terminaalmurskauksesta. Tässä tapauksessa

terminaali sijaitsee pääkäyttöpaikalla. Käytännössä murskaus toteutetaan käyttöpaikkamurskauksena, jolloin kustannuksia terminaalista käyttöpaikalle ei ole. Stora Enso toimittaa jonkin verran haketta muille voimaloille terminaalistaan, jolloin ketjuun kuuluisi vielä hakkeen kuljetus loppukäyttöpaikalle. Tutkimuksessa käytetään kuitenkin käyttöpaikkamurskausmenetelmää laskentoihin ja analyysihin.

Kaikissa työvaiheissa käytettiin Stora Enson yrittäjien käytössä olevaa konekalustoa. Kohteille koneet olivat valikoituneet sen mukaan, kenen yrittäjän urakointialueella nostokohde oli sattunut olemaan. Kohteiden välillä on ollut tehokkuudeltaan erilaisia koneita kussakin työvaiheessa, minkä vaikutus ei näy tässä tutkimuksessa. Kannot on nostettu tela-alustaisilla kaivinkoneilla, joiden painot ovat vaihdelleet jonkin verran. Kohteilla on käytetty muun muassa 17 ja 20 tonnin kaivinkoneita varusteltuna 900 kiloa painavalla Terosa kk 900-nimisellä kannonnostokouralla. Osalla kohteista on käytetty myös Pallari-nimistä kannonnostokouraa, joka on ollut kiinni 20 tonnin kaivinkoneessa.

Suosituksien mukainen nosto-ohje kuljettajille on ollut, että kaikki alle 15 senttimetriä läpimitaltaan olevat kannot ja lisäksi lehtipuiden kannot jätetään maahan. Nostettavat kannot ovat olleet nostalojen järeimpiä kuusen ja männyn kantoja. Pienimmät kannot oli halkaistu keskeltä ja suurempien kantojen pilkkomista oli lisätty järeiden mukaan. Kannot kasattiin nostokasoihin, joissa ne saivat kuivua ja puhdistua vaihtelevan ajanjakson ajan. Tämä ajanjakso vaihteli 1–2 viikosta muutamaan kuukauteen.

Kuivatusajan vaikutusta ei voitu huomioida tutkimuksessa saatavilla olevasta aineistosta johtuen. Kannoista saadun tulon laskemiseen, kantojen energiatiheudeksi asetettiin kantojen keskimääräinen energiatiheys 0,85 megawattia yhdessä irtokuutiossa. Hyvissä olosuhteissa, kolmen neljän viikon kuivatusajalla, kuusen kantojen noin 50 prosentin nostokosteusprosentti laskee jopa 25 prosenttiin (Jahkonen–Lindblad–Sirkiä–Lauren 2012, 28), jolloin kantohakkeen energiasisältö yhdessä irtokuutiossa on noin yhden megawatin verran (Bioenergiapörssi 2013). Tästä päätellen 0,85 megawatin energiatiheys irtokuutiossa, pitäisi olla kohtuudella saavutettavissa huonommissakin olosuhteissa.

Nostovaiheen jälkeen kannot lähikuljetettiin tienvarteen odottamaan kaukokuljetusta. Lähikuljetus toteutettiin pääsääntöisesti samoilla metsätraktoreilla, joilla normaali puutavara kuljetetaan. Lisävarusteluina metsätraktoreissa on käytetty yhtä tai kahta ylimääräistä karikkaparia ja takasermiä. Kaukokuljetus hoidettiin kantoautoilla, jotka ovat olleet varusteltuna laidoilla ja pohjalla. Kantojen murskaus tapahtui käyttöpaikalla suurilla mobiilihakkureilla.

3.2 Aineiston käsittely ja tutkimusmenetelmät

Aineiston käsittely aloitettiin laskemalla Exceliä apuna käyttäen tietoja eri yksiköitä kohden, kuten esimerkiksi hehtaarikohtaisia tilavuuksia, puustomääriä, kantomääriä, keskijäreysiksi tai kustannuksia, mistä päätiedot näkyvät taulukoissa 1 ja 2. Eniten laskettiin kanto- tai puukuutiota kohden olevia euromääräisiä tietoja. Tietoja laskettiin lisää työn aikana niiltä osin, mille huomattiin olevan tarvetta. Aineiston ollessa valmiina tarkoituksenmukaisessa käyttömuodossaan, tehtiin sen perusteella erilaisia analyysejä vaikuttavimmista muuttujista SPSS-tilasto-ohjelmalla. Tukena käytettiin Microsoft Excel-ohjelmaa laskentoihin ja graafisiin päättelyihin.

Analyysit tehtiin joko lineaarisen- tai käyrämallin regressioanalyysinä. Regressioanalyysillä voidaan päätellä yhden tai useamman muuttujan vaikutusta selitettävään muuttujaan (Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto 2008). Regressioanalyysillä voidaan tutkia esimerkiksi lähikuljetuksen kustannuksiin vaikuttavia muuttujia kuten lähikuljetuksen matkaa tai kantomäärää. Tällä periaatteella tutkittiin kantojen noston, lähikuljetuksen, kaukokuljetuksen ja murskauksen kustannuksiin vaikuttavia muuttujia.

Merkitsevimmit selittävät muuttujat kartoitettiin askeltavalla menetelmällä (Stepwise method). Merkitsevimmät muuttujat tiedettiin oikaistun selitysasteen (Adjusted R Square) avulla, joka kertoo mallin yhteensopivuuden otokseen prosentteina. Malli on regressiosuora, johon muuttujat vaikuttavat. Käytännössä selitysaste kertoo, että kuinka hyvin selittävien muuttujien malli, selittää selitettävän muuttujan arvon. (Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto 2008). Analyysejä tehtiin koko aineistolla ja osittain myös karsitulla aineistolla, josta oli poistettu poikkeava kohde. Kun selitettävää muuttujaa parhaiten selittävät muuttujat olivat tiedossa, valittiin

näistä käyttötarkoitukseen sopivin yksi tai useampi muuttuja malleineen yhtälöihin.

Analyyseistä saaduista lineaarisen regressiosuoranyhtälöistä muodostettiin laskuri jokaiselle kustannuserälle. Yhtälössä selittävä muuttuja on selitettävää lopputulosta kohottava tai laskeva tekijä. Selittävän muuttujan positiivinen kulmakerroin kohottaa lopputulosta ja negatiivinen laskee. Kustannuserälaskureilla pystyttiin laskemaan, että kuinka paljon tulee maksamaan kukin kustannuserä tai kuinka paljon se saa maksaa. Jos laskurissa oli vaikuttajana useampi kuin yksi muuttuja, esimerkiksi X ja Y, niin laskuriin asetettiin aluksi muuttujan X aineistosta saatuja arvoja ja muuttujaa Y muutettiin asteittain, jolloin pystyttiin päättämään muuttujan Y:n arvon muuttumisen vaikutus lopputulokseen. Tällä perusteella pystyttiin tarkastelemaan kunkin muuttujan kriteereitä kannattavalle kannonnostolle.

Kannattavuuden selvittämiseksi täytyi muodostaa vielä kustannusten vastapainoksi laskuri kannoista saataville tuloille. Tulolaskurissa käytettiin energianhintana viimeisintä metsähakkeesta maksettua hintatietoa, joka oli 19,12 euroa megawatilta. Kun kaikki osatekijälaskurit oli muodostettu, yhdistettiin laskurit yhdeksi kokonaisuudeksi. Tämä oli opinnäytetyön lopullinen tavoite eli kannattavuuslaskuri, oston hankintaesimiehien aputyökalu kannattavan kannonnoston selvittämiseen. Tällä laskurilla muodostettiin myös kriteeristö kannattavalle kannonnostolle.

4 TULOKSET

4.1 Vaikuttavimmat muuttujat

4.1.1 Kantomäärään vaikuttavat muuttujat

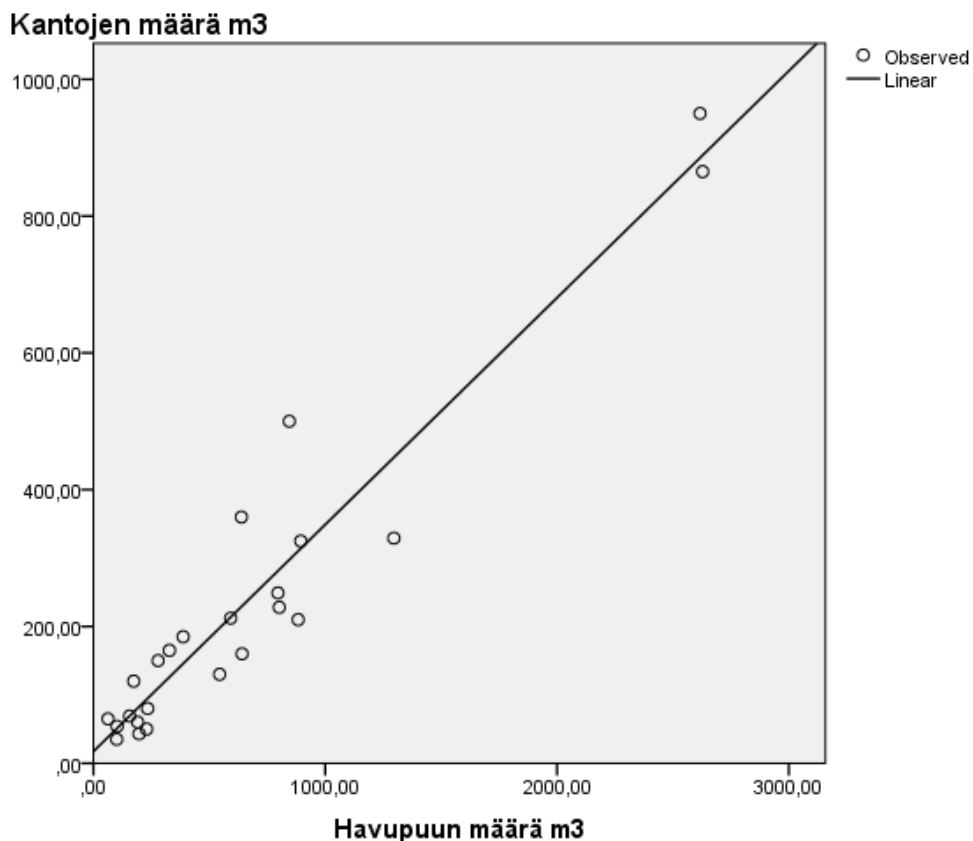
Kantomäärään vaikuttavien muuttujien kartoitukseen käytettiin koko aineistoa. Kantomäärää parhaiten selittävä muuttuja oli ainoastaan havupuun kokonaismäärä 91.0 prosentin oikaistulla selitysasteellaan (taulukko 6). Oikaistun selitysasteen prosentti nähdään Adjusted R Square sarakkeesta.

Taulukko 6. Havupuun määrän selitysaste kantomäärälle

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,956 ^a	,914	,910	71,47100

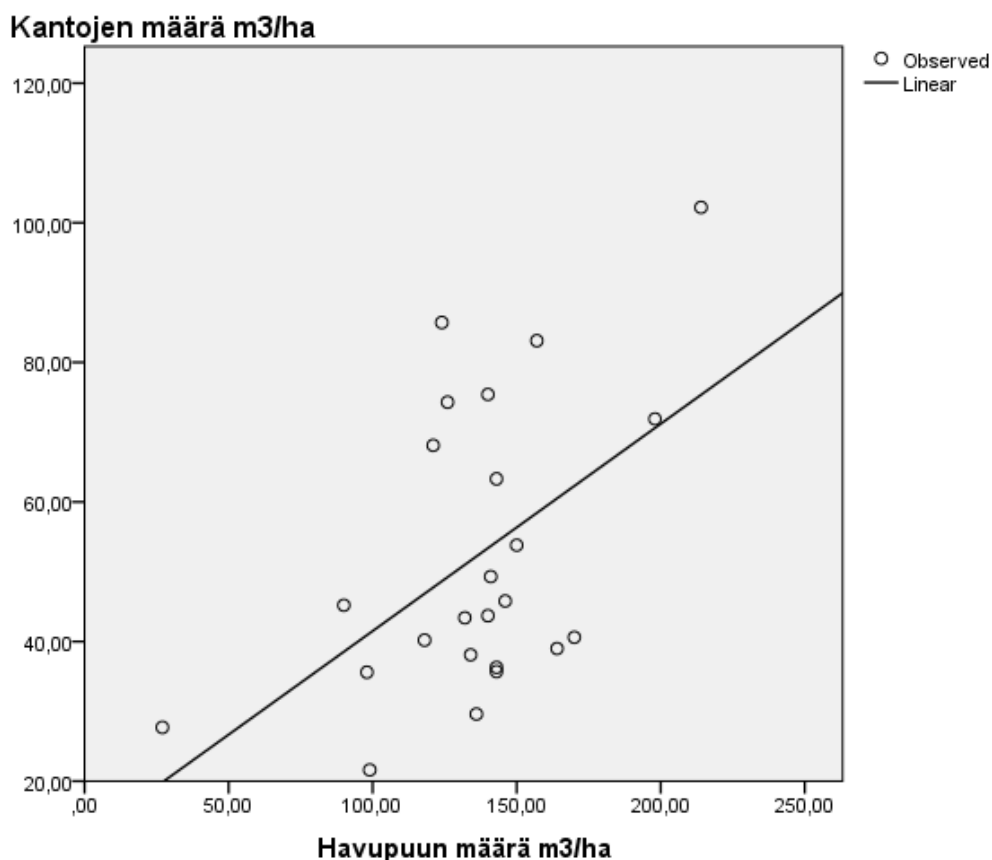
a. Havupuun määrä m³

Havupuun kokonaismäärän lineaarinen vaikutus kantojen kokonaismäärään on todettavissa kuviosta 2. Selitysaste kuviolle 2 on erittäin hyvä.



Kuvio 2. Havupuun määrän vaikutus kantomäärään selitysasteella 91

Hehtaarikohtaisen havupuumäärän vaikutus hehtaarikohtaiseen kantomäärään nähdään kuviosta 3. Selityssaste tälle on matala, mutta kuviosta nähdään kuitenkin suuntaa sille, että hehtaarikohtaisella havupuumäärällä on vaikutusta hehtaarikohtaiselle kantomäärälle.



Kuvio 3. Havupuumäärän (m^3/ha) vaikutus kantomäärään (m^3/ha) selityssasteella 26.5

Selityssastetta kokonaiskantomäärälle pystyttiin parantamaan hieman ottamalla mukaan toiseksi selittäväksi muuttujaksi pinta-alan, jolloin selityssasteeksi tuli 92.0 (Ks. taulukko 7 s.21). Selityssaste ei merkittävästi nouse, mutta pinta-alan huomioiminen tuo kantomäärän arviointiin tasaisuutta hyvin pienillä ja suurilla kohteilla, kun havupuun määrä ei ole yksistään selittävänä muuttujana kokonaiskantomäärälle. Vaikka selityssasteen nousu suoraan kantomäärälle ei ole kovin merkittävä, on sen merkitys suuri etenkin murskauksen ja kaukokuljetuksen kustannuksille, jotka pohjautuvat täysin kantomäärään. Näin ollen kantomäärän tarkkuuden arvioimiseksi ovat kaikki pienetkin vaikuttavat asiat merkittäviä niille kustannusosa-alueille, missä kantomäärä on selittävänä muuttujana.

Taulukko 7. Havupuun määrän ja pinta-alan selitysaste kantomäärälle

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,963 ^a	,927	,920	67,74034

a. Havupuun määrä m³, Pinta-ala ha

4.1.2 Nostokustannuksiin vaikuttavat muuttujat

Koko aineistolla selittävin muuttuja kannonnoston kustannuksille oli ainespuun kokonaiskuutiomäärä 86,0 prosentin selitysasteella. Selitysaste nousi vaiheittain, kun ainespuumäärän lisäksi huomioitiin pinta-ala, ainespuun hehtaarikohtainen kuutiomäärä ja kantojen kokonaismäärä. Viimeisessä vaihtoehdossa, jossa huomioidaan kaikki edellä mainitut muuttujat, oikaistu selitysaste on 96,1 (taulukko 8).

Taulukko 8. Vaikuttavimmat muuttujat ja niiden selitysasteet nostokustannuksille koko aineistolla

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,931 ^a	,866	,860	763,46956
2	,943 ^b	,890	,879	708,13458
3	,965 ^c	,931	,921	574,13416
4	,984 ^d	,968	,961	400,35033

a. Ainespuun määrä m³

b. Ainespuun määrä m³, Pinta-ala ha

c. Ainespuun määrä m³, Pinta-ala ha, Ainespuun määrä m³/ha

d. Predictors: (Constant), Ainespuun määrä m³, Pinta-ala ha, Ainespuun määrä m³/ha, Kantoja m³

Selitysaste tuommoisenaan olisi ollut jo melko hyvä. Selitysastetta saatiin kuitenkin korotettua poistamalla aineistosta nostokustannuksiltaan poikkeava kohde numero viisi (Ks. taulukko 9 s.22).

Taulukko 9. Vaikuttavimmat muuttujat ja selitysasteet ilman kohdetta viisi

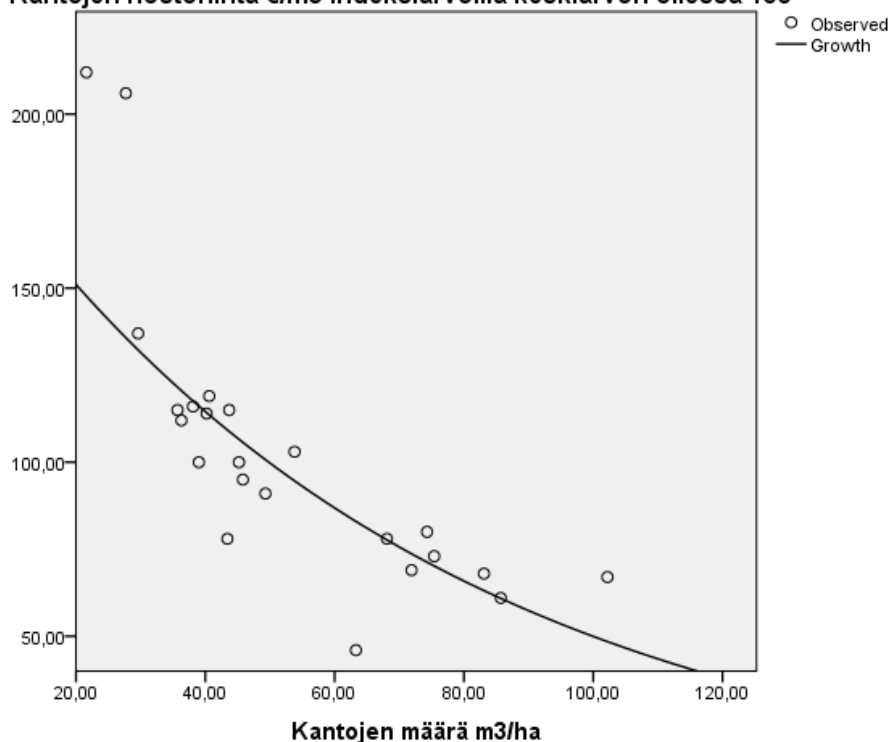
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,963 ^a	,927	,923	543,02180
2	,978 ^b	,957	,952	427,82144
3	,983 ^c	,966	,961	387,05416

a. Pinta-ala ha

b. Pinta-ala ha, Kantojen määrä m³

c. Pinta-ala ha, Kantojen määrä m³, Kantojen määrä m³/ha

Kohteen viisi hehtaarikohtainen havupuumäärä oli yksi matalimmista ja silti sen nostohinta euroa kantokuutiota kohden oli toiseksi pienin (taulukko 1 ja 2.) Hehtaarikohtainen havupuumäärä on merkittävin selittävä muuttuja nostohinnalle euroa kantokuutiolta, koska havupuumäärä selittää hyvin pitkälle kantomäärän. Näin ollen kohteen numero viiden nostohinta euroa kantokuutiolta olisi pitänyt olla teoriassa korkeampi noin pienellä havupuumäärällä. Jos kohde numero viisi olisi mukana kuviossa 4, sijoittuisi se vaaka-akselilla kohtaan 36 ja pystyakselilla kohtaan 47 ollen lineaarisesta käyrästä eniten poikkeava.

Kantojen nostohinta €/m³ indeksiarvoilla keskiarvon ollessa 100Kuvio 4. Kantomäärään (m³/ha) vaikutus nostohintaan (€/m³) selitysasteella 66

Viidennen kohteen poikkeavuuden osoittaa myös selitysasteen (R Square) paraneminen hehtaarikohtaisen kantomäärän ollessa selittävänä muuttujana nostohinnalle euroa kantokuutio. Koko aineistolla selitysaste tälle on 45,7 prosenttia (taulukko 10).

Taulukko 10. Kantomäärän (m³/ha) vaikutus nostohintaan (€/m³) koko aineistolla

Nostohinta €/m³

Equation	Model Summary					Parameter Estimates	
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1
Growth	,457	18,552	1	22	,000	5,174	-,012

Kantoja m³/ha

Selitysaste nousee noin 20 prosenttia, kun aineistosta poistetaan kohde numero viisi (taulukko 11).

Taulukko 11. Kantomäärän (m³/ha) vaikutus nostohintaan (€/m³) karsitulla aineistolla

Nostohinta €/m³

Equation	Model Summary					Parameter Estimates	
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1
Growth	,661	40,886	1	21	,000	5,294	-,014

Kantoja m³/ha

Selitysaste ilman kohdetta numero viisi on kaikelta osin paljon parempi, mikä osoittaa sen, että kohde on poikkeava. Siksi kohdetta ei huomioitu aineistossa tarkasteltaessa lopullisia kantojen noston hintaan vaikuttavia tekijöitä.

Karsitulla aineistolla merkittävimäksi muuttujaksi nostokustannuksille osoittautui pinta-ala oikaistulla selitysasteellaan 92,3. Seuraavaksi merkittävimpiä muuttujia olivat kokonaiskantomäärä ja kantomäärä kuutiota hehtaarilla. Edellä mainituilla muuttujilla selitettynä selitysaste nousee 96,1 prosenttiin. Selitysaste nousisi vielä vähän huomioitaessa kuusen ja havupuun määriä, mutta nousu ei ole tässä tapauksessa merkittävä (Ks. taulukko 9 s.22).

4.1.3 Lähikuljetuskustannuksiin vaikuttavat muuttujat

Lähikuljetukselle merkittävimäksi selittäväksi muuttujaksi osoittautui havupuun määrä selitysasteella 87 (Ks. taulukko 12 s.24).

Taulukko 12. Koko aineistolla selittävimmät muuttajat lähikuljetuksen kustannuksille

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,938 ^a	,880	,875	605,88713
2	,954 ^b	,911	,903	534,58314

a. Havupuun määrä m³

b. Havupuun määrä m³, Kuusen osuus m³

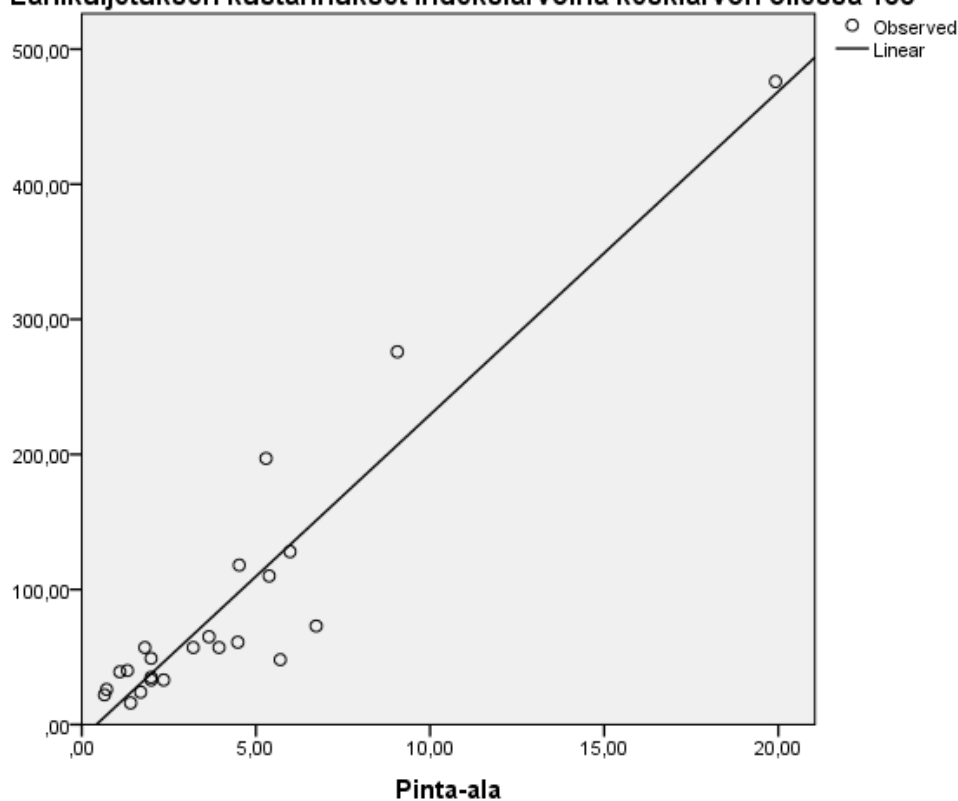
Poistamalla aineistosta kohde numero viisi, merkittävimäksi muuttujaksi vaihtui pinta-ala samalla 87 selitysasteellaan (taulukko 13).

Taulukko 13. Selittävin muuttuja ja selitysaste lähikuljetuksen kustannuksille ilman kohdetta viisi

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,938 ^a	,879	,874	547,19537

a. Pinta-ala ha

Kuviosta 5 näkyy pinta-alan selkeä vaikutus lähikuljetuksen hintaan. Kuvion 5 selitysaste on 88 prosenttia.

Lähikuljetuksen kustannukset indeksiarvoina keskiarvon ollessa 100**Kuvio 5. Pinta-alan vaikutus lähikuljetuksen kokonaiskustannuksiin indeksiarvoilla**

4.1.4 Kaukokuljetus- ja murskauskustannuksiin vaikuttavat muuttujat

Kaukokuljetuksen kustannuksiin vaikuttavat muuttujat ovat kantomäärä ja kaukokuljetusmatka. Kaukokuljetuskustannusmuuttujat ovat merkittävässä asemassa, koska kaukokuljetuskustannukset kattavat noin 20–30 prosenttia kokonaiskustannuksista

Murskauksen kustannuksiin vaikuttavat kantomäärä ja käytetty murskaushinnoittelu. Hinnoitteluvaihtoehtoja ovat irtokuutio- tai tonnipoijainen hinnoittelu.

4.1.5 Muihin kustannuksiin vaikuttavat muuttujat

Muita kustannuksia ovat kannoista maksettu hinta kantojen myyjälle ja kiinteät kustannukset. Kantojen hintaan vaikuttavat ostoiesimiehen asettama hintakerroin ainespuumäärälle ja ainespuun määrä.

Kiinteät kustannukset perustuvat ainoastaan kantokuutiota kohti asetettuun kiinteään kustannukseen. Kiinteille kustannuksille asetettu yksikköhinta oli asetettu suhteellisen korkeaksi muihin kustannuksiin nähden. Tällä vältytään negatiivisilta yllätyksiltä kustannuksissa.

4.1.6 Tuloihin vaikuttavia muuttujia

Kannoista saataviin tuloihin vaikuttavia muuttujia olivat metsähakkeesta maksettu energianhinta, kantojen energiasisältö ja määrä. Tulojen muuttujia ei tarvinnut analysoida SPSS-ohjelmalla, koska ne olivat tiedossa jo aiemmin.

Tuloilla tarkoitetaan tässä kohdassa kannoista saatavaa bruttotuloa, josta ei ole otettu kustannuksia pois. Nettotulo saadaan poistamalla bruttotuloista kustannukset.

4.2 Analyyseistä saadut yhtälöt laskureihin

Kertoimien ja muutamien muuttujien todellisia arvoja ei kerrota yhtälöissä salassapidollisista syistä johtuen. Yhtälöissä muuttujia on kuvailtu joko sanallisesti kirjoittamalla muuttujan nimi tai kirjaimilla Y-kirjaimesta eteenpäin. Kertoimet on kuvailtu kirjaimilla A-kirjaimesta lähtien.

Kantomäärän arviointiin käytettävään laskuriin valittiin parhaat selittävät muuttujat eli havupuun kokonaismäärä ja pinta-ala. Näille muuttujille tiedot saadaan metsäsuunnitelmasta ja mahdollisesta maastokäynnistä kohteella. Arvioinnit ja mittaukset näille kahdelle muuttujalle pitää olla mahdollisimman tarkat, jotta tulokset ovat luotettavia. Kantomäärälaskurin muodostamiseen käytetty yhtälö oli seuraavanlainen:

$$\text{Kantomäärä} = 26,579 + A * (\text{Havupuumäärä}) + B * (\text{Pinta-ala})$$

Yhtälössä A on kulmakerroin havupuumäärälle ja B kulmakerroin pinta-alalle.

Nostokustannuslaskuriin valittiin karsitulla aineistolla saadut muuttujat ja yhtälö. Nostokustannuslaskuriin valitut vaikuttavat muuttujat ovat pinta-ala, kantojen kokonaismäärä ja kantojen määrä hehtaarilla. Pinta-ala ja kantojen kokonaismäärä olivat nostokustannuksia kohottavia tekijöitä ja hehtaariohtainen kantomäärä oli nostokustannuksia laskeva tekijä. Nostohintalaskurin muodostamiseen käytetty yhtälö oli seuraavanlainen:

$$\text{Nostohinta} = 1171,998 + A * (\text{Pinta-ala}) + B * (\text{Kokonaiskantomäärä}) - C * (\text{Kantoja } m^3/\text{ha})$$

Yhtälössä A on pinta-alan kulmakerroin, B kokonaiskantomäärän kulmakerroin ja C on kantojen hehtaariohtaisen määrän kulmakerroin.

Lähikuljetuskustannuslaskuriin valittiin karsitulla aineistolla saatu merkitsevin muuttuja pinta-ala. Toisena vaihtoehtona oli koko aineistolla saatu merkitsevin muuttuja havupuun kokonaismäärä, mutta tämä hylättiin epäloogisempana vaihtoehtona. Selitysaste oli molemmissa sama 87, joten se ei heikennyt karsinnan seurauksena. Lähikuljetuskustannuslaskurin muodostamiseen käytetty yhtälö oli seuraavanlainen:

$$\text{Lähikuljetuskustannus} = -147,099 + D * (\text{Pinta-ala})$$

Yhtälössä D on pinta-alan kulmakerroin.

Kaukokuljetuksen ja murskauksen kustannuksille selittävät muuttujat olivat jo tiedossa, joten niitä ei tarvinnut kartoittaa SPSS-analyyysien avulla. Kaukokuljetuskustannus saadaan euroa tonnilta yksikkömaksusta, joka

nousee portaittain kuljetusmatkan pidentyessä. Yhtälö kaukokuljetuskustannuslaskurille oli seuraavanlainen:

$$\text{Kaukokuljetushinta (€)} = X * Y$$

Yhtälössä X on kaukokuljetusmatkan yksikköhinta euroa tonnilta ja Y on kantojen tonnimäärä.

Murskaus perustuu kiinteään yksikköhintaan euroa tonnilta tai euroa irtokuutiolta hintaan. Yhtälö murskauksen kustannuslaskurille oli seuraavanlainen:

$$\text{Murskaushinta} = X * Y$$

Yhtälössä X on murskauksen yksikköhinta euroa tonnilta tai euroa irtokuutiolta ja Y kantojen määrä tonneina tai irtokuutioina.

Kantojen hinnalle (kantojen myyjälle maksettu hinta) selittävät muuttujat ovat olleet myös tiedossa, joten niille ei tarvinnut etsiä selittäviä tekijöitä analyyseillä. Kantojen hintaan vaikuttavat oston hankintaesimiehen kulloinkin asettama hintakerroin euroina ja ainoastaan nostettavien pinta-alojen havupuumäärä. Kantojen myyjälle maksettu hinta perustuu täysin korjattuun havupuumäärään eikä varsinaiseen toteutumaan kantojen suhteen. Yhtälö kantojen hinnalle oli seuraavanlainen:

$$\text{Kantojen hinta} = X * E$$

Yhtälössä X on havupuun kokonaismäärä ja E kantojen hintakerroin.

Muille kustannuksille selittävänä muuttujina ovat kantomäärä ja kiinteä yksikköhinta kantokuutiota kohti. Yhtälö kiinteille kustannuksille oli seuraavanlainen:

$$\text{Kiinteät kustannukset} = X * Y$$

Yhtälössä X on kantomäärä irtokuutioina ja Y yksikköhinta euroa irtokuutiolta.

Kokonaiskustannuksiin vaikuttavat kaikki edellä mainitut osakustannuksiin vaikuttavat muuttujat. Kokonaiskustannuslaskuri saadaan summaamalla yhtälöt yhteen. Kokonaiskustannuslaskurin kaava oli seuraavanlainen:

$$\begin{aligned}
\text{Kokonaiskustannus} &= ((1171,998 + A * \text{Pinta-ala}) + (B * \text{Kantojen} \\
&\text{kokonaismäärä}) + (C * \text{Kantoja } m^3/\text{ha})) \\
&+ (-147,099 + D * \text{Pinta-ala}) \\
&+ (\text{Kaukokuljetusmatkan yksikköhinta } \text{€}/t * \text{kantojen määrä } t) \\
&+ (\text{murskauksen yksikköhinta } \text{€}/t \text{ tai } \text{€}/i\text{-}m^3 * \text{kantojen} \\
&\text{kokonaismäärä } t \text{ tai } i\text{-}m^3) \\
&+ (\text{Ainespuun kokonaismäärä } m^3 * E)
\end{aligned}$$

Kokonaiskustannuskaavassa A on pinta-alan kulmakerroin nostokustannuksissa, B kantojen kokonaismäärän kulmakerroin, C kulmakerroin kantojen hehtaarikohtaiselle kuutiomäärälle, D pinta-alan kulmakerroin lähikuljetuskustannuksissa ja E hintakerroin kantojen hinnalle.

Tulolaskuriin valittiin siihen vaikuttavimmat muuttujat. Tulolaskuriin käytetty yhtälö oli seuraavanlainen:

$$Tulo = X * Y * Z$$

Yhtälössä X on kantojen määrä irtokuutioina, Y on kantojen energiasisältö megawattia irtokuutiolta ja Z on metsähakkeesta maksettu hinta euroa megawatilta.

Kun kaikki kannattavuuteen vaikuttavat muuttujat olivat tiedossa, voitiin muodostaa niiden perusteella kokonaiskannattavuuslaskuri. Kokonaiskannattavuuslaskurin yhtälö oli seuraavanlainen:

$$\text{Kokonaiskannattavuus} = X - Y$$

Kokonaiskannattavuusyhtälössä X on kannoista saatava tulo ja Y on kokonaiskustannukset.

4.3 Tulosten tarkastelu

Kokonaisuutta katsottaessa yksi merkitsevimmistä muuttujista oli havupuun kokonaismäärä. Havupuun määrä selitti hyvin pitkälle kohteen kokonaiskantomäärän, jonka selvittämisen apuna on myös pinta-ala muuttuja. Havupuun määrällä tarkoitetaan kohteen kuusen ja männyn

yhteistä ainespuumäärää. Tässä pitää kuitenkin huomioida se, että aineisto perustui kuusivaltaisiin kannonnostokohteisiin jolloin nostettavat kannot ovat olleet enimmäkseen kuusen kantoja. Huolimatta siitä, että kuusen osuus ei osoittautunut kovin merkittäväksi tekijäksi kannonnostolle, on kantoja edelleen syytä nostaa kuusivaltaisilta päätehakkuualoilta aineiston lähtökohtien mukaisesti. Aiempien tutkimusten mukaan kantomäärään vaikuttaa muun muassa kuusen määrä, joka on yhtenevä tämän tutkimuksen kanssa, koska havupuumäärästä suurin osa oli kuusta.

Havupuun määrän ohella kaukokuljetusmatkan pituudella oli suuri merkitys kannattavuuteen, koska portaittainen euroa tonnilta yksikkökustannus kasvaa suhteellisen rajusti kaukokuljetusmatkan pituuden kasvuun nähden. Näin ollen kaukokuljetusmatkan kasvaessa täytyy myös hehtaarikohtaisen havupuumäärän kasvaa, että kannonnosto on kannattavaa. Kaukokuljetuksen merkitys tämän tutkimuksen tulosten perusteella on siten Ihalainen–Niskasen tutkimuksen tulosten kanssa yhtenevät.

Kaukokuljetusmatkan pysyessä samana, pinta-alan vaikutus kokonaiskannattavuuteen oli lopulta maltillinen etenkin pienillä hehtaarikohtaisilla havupuumäärillä ja irtokuutiopohjaisella taksalla murskatessa. Pinta-alan merkitys kasvaa suurilla hehtaarikohtaisilla havupuumäärillä, ja kun murskaushinta perustuu tonnipohjaiseen taksaan. Suurillakaan pinta-aloilla ei ole merkittävää vaikutusta, jos havupuun määrä hehtaarilla on pieni. Pinta-alan kohdallakin täytyy kuitenkin muistaa, että ennen tutkimusta minimi pinta-alana on pidetty noin yhtä hehtaaria ja pieniä kohteita on täytynyt olla useita lähekkäin. Aineistosta ei siksi erotu pienet kohteet kannattomina, koska niiden lähellä on ollut useampia muita pieniä kohteita. Pinta-ala on kuitenkin tärkeä osa hehtaarikohtaisen havupuun ja kantomäärän selvittämisessä, joten se on siksi mukana laskureissa.

Saadut vaikuttavimmat muuttujat poikkeavat siitä, mitä normaalisti pidetään kannonnoston kannattavuuteen vaikuttavina muuttujina. Oletetut vaikuttavat muuttujat mainitaan johdannon loppuosassa. Syynä tähän on aineiston kohteiden pienehkö kappalemäärä. Näin pienellä kohdemäärällä oletettavien muuttujien vaihteluväli oli suuri ja samanarvoisia muuttujia vähän. Isommilla kohdemäärillä kunkin muuttujan vaikutus alkaisi näkyä selkeämmin, kun

kussakin muuttujassa oli useita samankokoisia arvoja. Esimerkiksi keskijäreyden arvot vaihtelivat niin paljon, että sen selityssaste kantomäärälle tai kantojen noston hinnalle oli pieni. Luokittelemallakaan keskijäreyden vaikutuksen selvittäminen ei onnistunut, koska luokkiin tulevien kohteiden kappalemäärä oli SPSS-analyysin mukaan yleensä liian pieni. Huonoimmissa tapauksissa analyysi ei antanut välttämättä minkäänlaista selityssastetta luokitellulle aineistolle, ja jos antoi, oli se matala. Näin kävi tutkimuksen alussa merkittäviksi oletetuista muuttujista keskijäreydelle ja lähikuljetusmatkalle. Laajemmalla aineistolla keskijäreydellä olisi todennäköisesti enemmän merkitystä, koska kantojen tilavuus luonnollisesti kasvaa keskijäreyden kasvaessa.

Kannonnoston kannattavuuden kriteeristö perustuu tässä tutkimuksessa käytetyn aineiston perusteella merkitsevimmiksi osoittautuneisiin muuttujiin ja niistä muodostetulla kokonaiskannattavuuslaskurilla saatuihin tuloksiin. Kriteerit määrittelee hyvin pitkälle kannoista saatu energiahinta. Energianhinnalla on suuria kausittaisia vaihteluja, joten kriteeristöä tulee tarkastella mahdollisten hinnan muutosten osalta uudelleen.

Tulosten tarkastelussa aiemmin ilmenevistä syistä johtuen, pääkriteeristö voitiin muodostaa vain kaukokuljetusmatkalle ja havupuun määrän minimivaatimuksille hehtaarilla. Pääkriteerit kannattavalle kannonnostolle näkyvät taulukosta 14 (Ks. 31). Kannattavan kannonnoston kriteereihin sisältyy myös, että kantoja nostetaan kuusivaltaisilta päätehakkuualoilta ja hehtaarin kokoisia minimi pinta-aloja tulee olla useita lähekkäin.

Taulukko 14. Pääkriteerit

Kaukokuljetus- matka km	Murskaus i-m ³ taksalla	Havupuuta m ³ /ha	*Murskaus tonnitaksalla	*Havupuuta m ³ /ha
<30	x	110	x	80-100
50	x	130	x	120
60	x	150	x	130
70	x	170	x	140
80	x	200	x	160
90	x	230	x	180
100	x	270<	x	210
120	-	-	x	300<
>140	-	-	-	-
x = Kannattava kohde				
- = Ei kannattava kohde				

Tuloksien luotettavuus on ihan hyvä siltä kannalta tarkasteltaessa, että aineistossa oli joitakin puutteellisuuksia. Vaikka aineisto ei ollut ehkä paras mahdollinen, pystyttiin sitä käyttämään hyvin hyödyksi kriteeristön ja laskurin muodostamisessa.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Viimeisten vuosien aikana on puhuttu paljon bioenergian mahdollisuuksista Suomessa. Alan toimijat ovat viritelleet käyntiin hankkeita bioenergiankäytön lisäämiseksi energiantuotannossa. Hankkeet ovat lisänneet tutkimustarpeita erilaisille energiantuotannon raaka-ainelähteille, joita Suomesta on saatavilla etenkin metsistä. Tässä opinnäytetyössä tutkittavat asiat osoittautuivat siten hyvin ajankohtaisiksi asioiksi.

Alkuun opinnäytetyö vaikutti hyvin yksinkertaiselta ja nopealta toteuttaa, koska ymmärsin heti alkuun pääpiirteet siitä, mitä Stora Enso halusi opinnäytetyöltä. Opinnäytetyön edetessä tilanne mutkistui johtuen osittain hieman epätarkoista tiedoista aineistossa. Luotettavuuden parantamiseksi, aineiston käsittelyä piti tehdä enemmän. Myös SPSS-analyyseillä saatujen laskurikaavojen testailu vei yllättävän paljon aikaa. Kaavojen testaaminen ei sinällään ollut vaikeaa, mutta niitä piti tehdä määrällisesti paljon. Muuten työ vaikutti heti alkuun mielenkiintoiselta ja oli sitä myös itse työskentelyn aikana. Jos tekisin tutkimuksen uudestaan, käyttäisin samoja tutkimusmenetelmiä ja toteuttaisin sen pääpiirteiltään muutenkin samalla tavalla. Ainoastaan aineistoon pyrkisin saamaan lisätietoja joillekin osa-alueille.

Opinnäytetyön tavoite täyttyi. Selittävimmit muuttujat saatiin selville ja niistä pystyttiin muodostamaan muunneltava laskuri. Luotettavuus sille, että tuloksiksi saadut vaikuttavimmat muuttujat ovat oikeasti merkittävimpiä muuttujia kannonnostolle, on ihan hyvä. Kannattavuuslaskurin luotettavuus on kohtalainen. Laskurilla lasketut kustannukset erosivat todellisista kustannuksista keskimäärin noin 18 prosenttia. Tämä on ihan hyvä tarkkuus antamaan suuntaa kohteiden kannattavuudesta. Laskurilla kannattomimmat kohteet ja suurin osa vähemmän kannattamattomista kohteista tulee esille. Laskuri voi antaa joillekin kohteille positiivisen tuloksen, vaikka se ei todellisuudessa välttämättä ole sitä. Toisaalta jokin kohde on huomattavasti kannattavampi mitä laskuri antaa olettaa, mikä tasoittaa nostettavaksi kohteiksi osoittautuneita kannattamattomia kohteita.

Luotettavuus edellyttää, että kantoja nostetaan tehokkuudeltaan vähintään samantasoisilla koneilla ja kuljettajilla kuin ennenkin. Myös olosuhteiden on oltava suunnilleen samanlaiset eli normaalit.

Opinnäytetyö kehitti tutkimus- ja tiedonhakutaitojani merkittävästi. Myös metsäenergian raaka-aineiden hankinta tuli luonnollisesti tutuksi. Opinnäytetyön aikana tulleista uusista näkökulmista ja työskentelytaidoista on tulevaisuudessa varmasti hyötyä mahdollisessa alan työelämässä.

Luulisin, että myös työn toimeksiantaja Stora Enso Metsä hyötyy työn tuloksista. Kohtuullisen luotettava kriteeristö ja laskuri auttavat hahmottamaan paremmin kannattavat kannonnostokohteet. Nyt kannonnostokohdetta mietittäessä saadaan selvitettyä suuntaa antava tulos kohteen kannattavuudesta. Laskurista ei ole varmastikaan heti kovin laaja-alaiseen käyttöön ennen kuin sitä on kokeiltu lisää ihan käytännössä ja vertailtu sillä saatuja tuloksia toteutuneisiin tuloksiin. Laskurin luotettavuutta voidaan nostaa muuttamalla kaavojen kulmakertoimien suuruutta, jos vertailuissa huomataan olevan sille tarvetta.

Työstä on toimeksiantajalle myös siinä mielessä hyötyä, että jos he päätyvät joskus tekemään lisää tarkempia jatko- tai lisätutkimuksia aiheesta, on heillä nyt tieto siitä, että mitä muita seikkoja pitää ottaa huomioon uutta tutkimusta suunnitellessa. Tämänkin tutkimuksen kannalta olisi ollut parempi, että työ olisi suunniteltu ennen aineiston keräämistä, koska tutkimusaineistossa muutamat tiedot olivat hieman vajaita. Mahdollisissa uusissa ja tarkempaa tietoa vaativissa tutkimuksissa, aineiston keräämisen ajankohta tutkimusprosessissa osataan ottaa huomioon tarkemmin tämän tutkimuksen pohjalta esiin tulleiden asioiden perusteella.

Opinnäytetyönteon aikana mieleeni tuli muutamia lisätutkimusaiheita. Yksi aihe voisi olla nostokaluston ja kuljettajien vaikutus kannonnoston tuottavuudelle. Myös olosuhteiden merkityksestä voisi tehdä lisätutkimuksen, kuten esimerkiksi maaperän vaikutuksesta kannonnoston tuottavuudelle ja kertymille. Näitä edellä mainittuja seikkoja ei voitu huomioida tässä tutkimuksessa, mikä herätti mielenkiinnon näiden asioiden vaikutuksesta kannonnostolle.

LÄHTEET

- Asikainen, A. – Ilvesniemi, H. – Sievänen, R. – Vapavuori, E. – Muhonen, T. 2012. Bioenergia, ilmastonmuutos ja Suomen metsät. Metlan työraportteja 240. Osoitteessa <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2012/mwp240.pdf>. 28.1.2013
- Bionenergipörssi 2013. Eri puupolttoaineiden ominaisuus vertailu. Osoitteessa <http://www.bioenergiaporssi.fi/k%C3%A4sitteet-ja-laskurit/puu-polttoaineena>. 23.4.2013
- Energiateollisuus 2013. Metsäenergia. Osoitteessa <http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/energialahteet/metsaenergia>. 15.4.2013
- FINBIO ry 2010a. Bioenergiassa on myönteisyyttä. Osoitteessa <http://www.finbioenergy.fi/default.asp?sivuID=9164>. 22.4.2010
- FINBIO ry 2010b. Metsäpolttoaineiden tuotanto uudistushakkuista. Hakkuutähteiden palstahaketus. Osoitteessa <http://www.finbioenergy.fi/teknologiat/fin/6.htm>. 22.4.2010
- FINNBIO ry 2002. Puupolttoaineiden termejä. Osoitteessa <http://www.finbioenergy.fi/default.asp?SivuID=9204>. 26.9.2002
- Hakkila, P 2013. Bioenergia-alan termejä. Osoitteessa http://www.puuenergia.fi/files/kk_hakkilatermit.pdf. 15.4.2013
- Hakkila, P. 2004. Puuenergian teknologiaohjelma 1999-2003. Teknologiaohjelmaraportti 6/2004. Osoitteessa http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.tekes.fi%2Ffi%2Fdocument%2F43273%2Fpuuenergian_teknologiaohjelma_pdf&ei=Dxx-UeviJMav4QTts4GQCQ&usg=AFQjCNG4uwkpG3IB_CDnH-Av6KJJyUeh4Q&bvm=bv.45645796,d.bGE. 30.4.2013
- Hakonen, L. 2013. Bioenergiaterminaalin hankintaketjujen kannattavuus eri kuljetusetäisyyksillä ja –volyymeillä. Pro gradu –tutkielma. Oulun yliopisto: Taloustieteiden tiedekunta.
- Ihalainen, T. – Niskanen, A. 2010. Kustannustekijöiden vaikutukset bioenergian tuotannon arvoketjuissa. Metlan työraportteja 166. Osoitteessa <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2010/mwp166.pdf>. 15.4.2013
- Jahkonen, M. – Lindblad, J. – Sirkiä, S. – Lauren, A. 2012. Energiapuun kosteuden ennustaminen. Metlan työraportteja 241. Osoitteessa <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2012/mwp241.pdf>. 23.4.2013

- Jalava, K. 2007. Kantojen korjuun kustannusten selvittäminen metsänhoitoyhdistys metsolle. Tutkintotyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Luonnonvara- ja ympäristöala. Metsätalouden koulutusohjelma.
- Kärhä, K. 2011. Metsähakkeen tuotantoketjut Suomessa vuonna 2010. Osoitteessa http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Tuloskalvosarja/Tuloskalvosarja_2011_06_Metsahakkeen_tuotantoketjut_2010_kk.pdf 21.4.2013
- Kärhä, K. 2008. Metsähakkeen tuotantoprosessikuvaukset. Osoitteessa http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Tuloskalvosarja/Tuloskalvosarja_2008_03_Metsahakkeen_tuotantoprosessi_kk.pdf 21.4.2013
- Kärhä, K. – Hautala, A. – Mutikainen, A. 2011. Crambo 5000 kantojen tienvarsimurskauksessa. Osoitteessa http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Tuloskalvosarja/Tuloskalvosarja_2011_04_Crambo_5000_kantojen_tienvarsimurskauksessa.pdf 30.4.2013
- Laitila, J. – Ala-Forssi, A. – Vartiamäki, T. – Ranta, T. – Asikainen, A. 2007. Kantojen noston ja metsäkuljetuksen tuottavuus. Metlan työraportteja 46. Osoitteessa <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2007/mwp046.pdf> 7.1.2009
- Marjakangas, K. 2013. Stora Enso Metsän metsäpalvelu- ja energiapäällikön haastattelu 24.5.2013
- Metla 2012. Lapin kolmio. Osoitteessa <http://www.metla.fi/metsat/kivalo/luonto/lapink.htm> 21.3.2013
- Muhonen, L. 2012. Kuorman koon kasvattamisvaihtoehtojen vertailu energiapuun maastokuljetuksessa. Metsäteknologian pro gradu-tutkielma. Helsingin yliopisto: Metsätieteiden laitos.
- Ponsse 2013. Muuttuvat kuormatilat. Osoitteessa <http://www.ponsse.com/fi/tuotteet/bioenergy/muuttuvat-kuormatilat> 21.4.2013
- Stora Enso 2013. Myy energiapuuta puukaupan ja metsänhoidon yhteydessä. Osoitteessa http://www.storaensometsa.fi/Metsanomistajat/Palvelut/Puukauppa/Energiapuun-hankinta?snsrsrc=aws_b23461c00888429713b19b2abdb76af724488421341&snkw=mets%C3%A4energia&gclid=CKr0y6aHmrYCFQR2cAodO14Amg 26.3.2013
- Tem 2008. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 6. päivänä marraskuuta 2008. Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia. Osoitteessa

http://www.tem.fi/files/20585/Selontekoehdotus_311008.pdf.
15.1.2013

Yhteiskuntatieteellinen tietarkisto 2008. Regressioanalyysi. Harjoitus
1.Osoitteessa
<http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/regressio/harjoitus1.html>
25.6.2008

Ylitalo, A. 2013. Energia. – Teoksessa Metsätilastollinen vuosikirja 2012,
275-298. Metsäntutkimuslaitos. Sastamala: Vammalan
Kirjapaino Oy

Äijälä, O. – Kuusinen, M. – Koistinen, A. (toim) 2010. Hyvän metsänhoidon
suositukset energianpuun korjuuseen ja kasvatukseen.
Osoitteessa
[http://tapio.fi/files/tapio/Aineistopankki/Energiapuusuositukset_v
erkkoon.pdf](http://tapio.fi/files/tapio/Aineistopankki/Energiapuusuositukset_v
erkkoon.pdf). 20.4.2013