

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Metsätalouden koulutusohjelma
Kaisa-Maria Tähtinen

Tutkintotyö

Kaisa-Maria Tähtinen

**MENO-PALUUKULJETUSPOTENTIAALIN KARTOITTAMINEN KOSKITUKKI
OY:SSÄ**

Työn ohjaaja

MMM Jukka Tohu

Työn teettäjä

Koskitukki Oy, valvojana MMM Jouni Vantaala

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Metsätalouden koulutusohjelma

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Metsätalous

Monitavoitteinen metsäsuunnittelu

Tähtinen, Kaisa-Maria Meno-paluukuljetuspotentiaalın kartoittaminen Koskitukki Oy:ssä

Tutkintotyö 22 sivua+ 3 liitettä

Työn teettäjä Koskitukki Oy

Työn valvoja Jukka Tohu MMM

Asiasanat meno-paluukuljetus, logistiikka, kaukokuljetus, kuljetusten optimointi

TIIVISTELMÄ

Puunhankinnan kokonaiskustannuksista kaukokuljetus on merkittävä kustannustekijä. Kuljetusten optimoinnilla, joka sisältää myös meno-paluukuljetukset, voidaan saavuttaa kustannussäästöjä, kun kuljetuskalusto on tehokkaammassa käytössä ja tyhjänäajomatkat ovat lyhyempiä.

Tässä työssä on pyritty kartoittamaan Koskitukki Oy:n meno-paluukuljetuspotentiaalia lineaariseen optimointiin perustuvan mallin avulla, puuvirtojen ja toimituspisteiden visuaalisella tarkastelulla ja tyhjänäajon minimointiin perustuvalla laskennalla.

Työssä on esitelty Koskitukin meno-paluukuljetuspotentiaali vuonna 2006 toteutuneiden kuljetusten perusteella. Optimoidusta aineistosta meno-paluukuljetuksina kuljetettiin 34,7 % meno-paluukuljetuksina.

Tulevaisuudessa meno-paluukuljetusten määrään osuutta kaukokuljetuksesta voidaan lisätä kuljetustenohjausta keskittämällä, jolloin meno-paluukuljetusvaihtoehtojen määrä kasvaa. Tietotekniikan kehittyminen edesauttaa myös meno-paluukuljetuspotentiaalın parempaa hyödyntämistä, kun varastotiedot ja toimitusmäärät kulkevat järjestelmässä reaaliaikaisesti.

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Metsätalouden koulutusohjelma

Kaisa-Maria Tähtinen

Tähtinen, Kaisa-Maria, Survey of Backhauling Potential in Koskitukki Oy

Engineering Thesis 22 pages, 3 appendices

Thesis Supervisor Jukka Tohu (MSc)

Commissioning Company Koskitukki Oy. Supervisor: Jouni Vantaala (MSc)

March 2008

Keywords Backhauling, Two-way transportation, Routing

ABSTRACT

In wood procurement timber transportation from forest to the mill is a significant cost factor. By optimizing the transportations it is possible to decrease costs when transport equipment is in more effective use and there is less empty routing.

The target of this engineering thesis was to explore backhauling potential in Koskitukki. The methods that have been used were linear optimization based model, visual based inspection of the volume of timber and location of the mills and spreadsheet to minimize empty routing.

In this thesis there have been introduced backhauling potential in Koskitukki on the grounds of all the transportations that were completed in 2006. Of these optimized transportations 34, 7 % were two-way transportations.

In the future it will be possible to increase the number of backhauling of all the transportations because of the future developments of control systems. In this case the development means focusing the guidance system of transportations. By way of centralization there will be more backhauling possibilities. The improvements of the information technology help exploiting the backhauling potential when there will be real time knowledge of timber reserves and storages.

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO.....	5
2 AINEISTON KÄSITTELY JA OPTIMOINTI.....	11
2.2 Käytetyn optimointimallin kuvaus	11
3 TULOKSET	13
4 TULOSTEN TARKASTELU	17
4.1 Tulosten hyödyntäminen ja käyttökelpoisuus	17
4.2 Mahdollisia virhelähteitä tuloksissa	19
LÄHTEET	22
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Autokuljetuksella on keskeinen merkitys metsäteollisuuden raaka-ainekuljetuksissa. Puutavaran kaukokuljetus metsävarastolta tehtaalle alkaa lähes aina autokuljetuksella. Puutavara kuljetaan joko suoraan tehtaalle tai kuljetusmuoto vaihtuu rautatiekuljetukseen, uittoon tai aluskuljetukseen. Käytännöllisesti katsoen kaikki puutavara on kuljetusketjun jossain vaiheessa autokuljetuksessa. (Puutavaran autokuljetus, Metsätehon opas)

Kauhasen (2004) mukaan raakapuusta 81,1 % toimitettiin autolla suoraan käyttöpaikalle. Rautatiekuljetuksen osuus oli 14,6 % ja uiton ja vesitiekuljetuksen yhteensä 4,3 %. Kuljetuskustannuksista 84 % syntyi autokuljetuksesta, 13 % rautatiekuljetuksesta ja 3 % vesitiekuljetuksesta.

Palander ym. (2002a) määrittelee puutavaralogistiikan tarkoittavan kaikkia niitä puunhankinnan toimenpiteitä sekä niihin liittyvää informaatio- ja rahavirtaa, joilla tuotantolaitoksille voidaan toimittaa oikea määrä halutunlaista raaka-ainetta, oikeaan aikaan ja mahdollisimman kustannustehokkaasti. Puunhankinnan näkökulmasta kuljetusongelmassa on kyse tiimien tienvarsivarastoissa olevista puutavaralajeista, jotka tulee kuljettaa niitä käyttäville tehtaalle mahdollisimman pienin kustannuksin.

Puunhankinnan kokonaiskustannuksista kaukokuljetuksen osuus on suuri. Pelkät menokuljetukset ovat tyypillisin puutavaran kaukokuljetusten muoto Suomessa. Kun auto palaa tienvarsivarastolle vietyään kuorman tehtaalle, on tämä tyhjänä ajettu matka se, joka muodostaa ns. turhia kustannuksia, joita tulisi minimoida. Eräänä keinona tähän ongelmaan on esitetty meno-paluukuljetuksia, jotka ovat olleet moni-pistekuljetusten ohella keskustelun aiheena kuljetusten suunnittelussa.

Palanderin (2002a) mukaan suurin osa puutavaran maantiekuljetuksista on kannattavinta suorittaa nykyisen käytännön mukaisesti pelkinä menokuljetuksina.

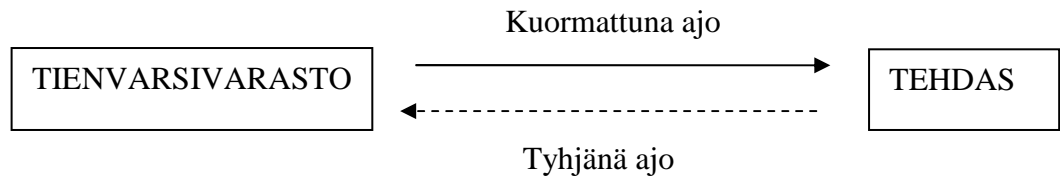
Vaikka menopaluukuljetusten käyttö tuntuu houkuttelevalta ajatukselta, sisältyy siihen monia rajoitteita, joita voivat Palanderin (2002a) mukaan olla mm. sopivien paluukuljetusalueiden vähyys ja tehtaiden sijainti. Tämä siksi, etteivät paluukuljetukset ole kannattavia muualta kuin paluureittien ja tehtaiden läheisyydestä.

Kuljetusten ohjauksella tarkoitetaan järjestelmiä, joilla puutavaraerille määritetään kuljetusosoite, kuljetusajankohta ja kuljetuksen suorittava yksikkö. Ohjausjärjestelmät koostuvat atk-ohjelmistoista, jotka sisältävät matemaattisia optimointimalleja, karttajärjestelmän, auton satelliittipaikannuksen ja langattoman tiedonsiirtoyhteyden. Kuljetuksen ohjausjärjestelmillä pyritään kaluston määrän ja käytön optimointiin, tyhjänä ajon vähentämiseen, tuotelähtöisen puunhankinnan tehostamiseen, puunhankinnan reaaliaikaiseen seurantaan, puuraaka-aineen tuoreuden varmentamiseen, varastojen määrän, kierron ja sijainnin optimointiin, varastoihin sitoutuneen pääoman vähentämiseen ja työnohjoituskustannusten alentamiseen. (Puutavaran autokuljetus, Metsätehon opas)

Kauhasen (2004) mukaan kuljetusten ohjausjärjestelmät perustuvat tietoon varastojen puumääristä, varastojen sijainnista, tehtaiden kysynnästä, eri kuljetusvaihtoehdoista ja niiden välisistä etäisyyksistä. Näitä tietoja tarkentavia rajoitteita ovat mm. varastopaikkojen kuljetettavuus, kiireellisyys ja tehdasvastaanottojen aikataulut.

Koska kuljetusten osuus on merkittävä raakapuun tehdashinnassa, ovat puun kuljetuskustannukset luonnollisesti kiinnostaneet eri puunhankintayhtiöitä. Yhtenä vaihtoehtona autokuljetuskustannusten alentamiseen ja kaluston käytön lisäämiseen voidaan pitää meno-paluukuljetuksia.

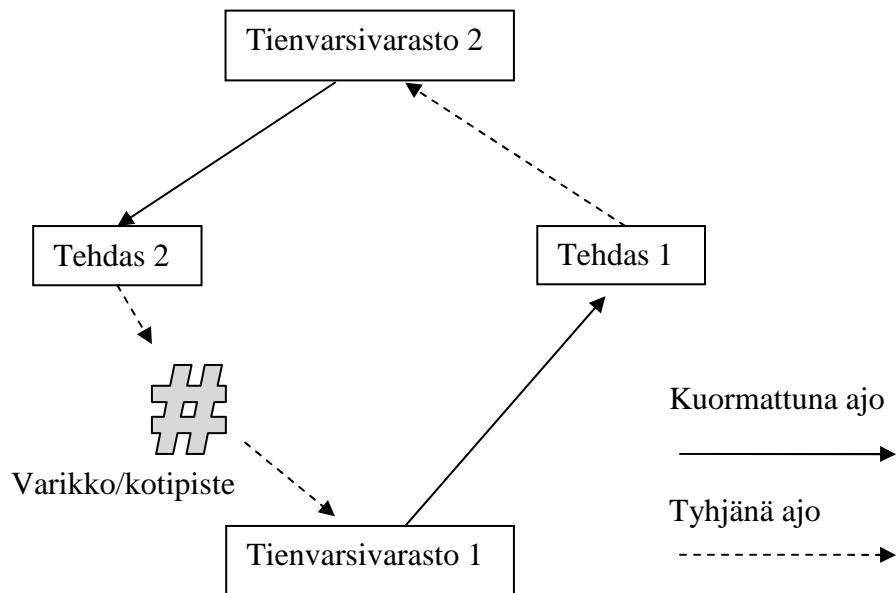
Kauhanen (2004) kuvaa puutavaran autokuljetusta tapahtumana, jossa puutavara-auto vie kuorman varastolta tehtaalle ja palaa tyhjänä hakemaan uutta kuormaa samalta tai eri varastolta, joten tyhjänä ajo matkaksi muodostuu kulloisellekin kuormalle sama matka kuin kuormattuna ajomatkaksi.



Kuva 1 Yhdensuuntainen kuljetus, jossa tyhjänä ajo ja kuormattuna ajo ovat yhtä pitkät

Tyhjänä ajon osuus kokonaismatkasta on kuitenkin lähes poikkeuksetta yli puolet, sillä auto lähtee varikolta tai kotipisteestä ensimmäiselle varastolle.

Menopaluu kuljetuksen Kauhanen (2004) määrittelee kuljetukseksi, jossa puutavara-auto voi ajaa kuormattuna myös palatessaan alkuperäiselle lähtöalueelle. Kannattavuuden edellytyksenä on lisäksi se, että tyhjänä ajo jää lyhyemmäksi kuin kuormattuna ajo.



Kuva 2 Meno-paluukuljetuksen periaate

Meno-paluukuljetuksessa on puutavara-autolle etsittävä kuorma myös paluumatkaksi, jolloin paluukuorman tyhjänä ajomatkaksi muodostuu matka menotehtaalta seuraavalle varastolle. Menokuormalle tyhjänä ajomatka muodostuu matkasta paluutehtaalta lähtövarastolle.

Kauhanen (2004) olettaa, että reitti on sitä parempi, mitä lyhyemmällä tyhjänä ajolla saadaan mahdollisimman pitkä kuormattuna ajo, kuitenkin niin, että pysytään tehtaan kuljetusalueoptimoinnilla muodostetun toimitusalueen sisällä. Kauhanen (2004) jatkaa edellä mainitun tapauksen määrittelyn koskevan varmuudella malleja, joissa on kysymyksessä lineaarisella mallilla tuotetun kuljetusalueoptimoinnin hyödyntäminen meno-paluusuunnittelussa. Meno-paluukuljetus, jossa on useampi kuin yksi paluukuljetus kutsutaan monipistekuljetukseksi eli mopiksi. Tässä opinnäytetyössä meno-paluukuljetukset sisältävät myös mopi-kuljetuksia.

Meno-paluukuljetuksissa hyötykuorma pienenee kahdesta kolmeen tonnia, sillä kuormainta on välttämätöntä kuljettaa mukana edellisen ja seuraavan kuormauksen tapahtuessa eri varastopaikoissa. Kuormauksen kokonaisaika lisääntyy kokonaiskuorman käytetystä ajasta, jos kokonaisen kuorman saamiseksi joudutaan käymään usealla varastolla. Varastojen välinen ajo on yleensä hitaampaa kuin varaston ja toimituspisteen välinen ajo.

Puutavaran autokuljetuksen suorittavat pääasiassa yksityiset yrittäjät. Kuljetukset hoidetaan Suomessa noin 1400 puutavara-autolla, joista suurin osa on 7-akselisia täysperävaunuyhdistelmiä. Vetoauton ja perävaunun lisäksi yhdistelmään kuuluu puutavaranosturi. (Puutavaran autokuljetus, Metsätehon opas)

Koskitukilla on suorat kuljetussopimukset jokaisen kuljetusyrittäjän kanssa. Sopimuksessa määritetään kuljetuskalusto, joka on puunhankintaorganisaation käytössä omia kuljetuksiaan varten. Autot ovat pääsääntöisesti toimineet kotiautoina eli yksi auto vastaa tietyn alueen kaikista puunkuljetuksista. Kuljetuksista vastaava toimihenkilö lähettää autoon ajomääräykset, mutta kuljetusten suunnittelu ja organisointi jää paljolti kuljetusyrittäjien vastuulle. Näin ollen kuljetusten tehokkuus perustuu pitkälti kuljetusyriytysten ja yksittäisten

autoilijoiden omaan tehokkuuteen. Vuonna 2006 Koskitukilla oli kuljetussopimukset kolmenkymmenen kuljetusyrittäjän kanssa.

Koskitukki Oy on Koskitukki-konsernin emoyhtiö, joka vastaa puunhankinnasta tytäryhtiöilleen Koskisen Oy:lle ja Vilkon Oy:lle. Järvelässä sijaitsevat havusaha ja sahatuotteiden jatkojalostus ja vaneri- ja lastulevytehdas. Hirvensalmella sijaitsee Vilkon Oy, jossa on koivusaha ja koivuviilutehdas. Vierumäellä sijaitsee konsernin talotuoteteollisuuden yksikkö, Herrala-talot. Yhtiön liikevaihdosta noin puolet koostuu vaneri- ja koivutuoteteollisuuden tuotteista. Järvelän Koskisen Oy:n vaneritehdas on Suomen suurin koivuvaneritehdas ja Vilkon Oy on Suomen suurin koivusaha. Vuosittainen puunhankinta määrä on 1.3 miljoonaa m³.

Koskitukin puunhankinnassa koivulla on suuri merkitys. Koivuvaltaisia leimikoita pyritään ostamaan kotimaasta koko hankinta-alueelta.

Koskitukki käyttää ainoana Suomessa osarunkomenetelmää, jossa havupuista tukkiosa otetaan yhtenä tukkina talteen minimilatvaläpimitaan saakka. Koskitukin tavoitteena on korjata tällä menetelmällä aina kun puun laatu sekä korjuu- ja kuljetusolosuhteet sen sallivat. Osarunkojen kuljetukseen tarvittava kalusto poikkeaa muiden puutavaralajien kuljetuskalustosta, joten osarunkojen menopaluu- ja kuljetuskelpoisuutta ei voida tarkastella yhdessä muiden puutavaralajien kanssa. Koskitukki ostaa tukkipuun lisäksi kuitupuuta, joka toimitetaan erisellutehtaille voimassa olevien sopimusten mukaisesti.

Puunhankinnasta vastasi vuonna 2006 14 hankintaesimiestä, joiden jokaisen hankinta-alue käsittää keskimäärin viiden kunnan alueen eli yhtä ostomiestä kohden hankinta-alue on verrattain laaja. Hankintaesimiehet hoitavat koko ketjun eli puunoston lisäksi myös korjuu- ja kuljetussuunnittelun mahdollisesti avustavan korjuu- ja kuljetusesimiehen kanssa kuukausittain Järvelässä laadittavan kuljetusohjelman mukaisesti. Kuljetusohjelma laaditaan kuukausittain ja se sisältää tavoitteet siitä, kuinka paljon kultakin hankinta-alueelta kuljetetaan puuta mihinkin päätevarastoon ja milloin.

Autoilijat työskentelevät joko yhden tai useamman hankintaesimiehen alueella. Suurimmalla osalla alueista autot ovat kotiautoilijoita, jotka tuntevat oman alueensa erittäin hyvin. Lisäksi autoilijat tekevät alueesta riippuen niin sanottuja ”keikkakuljetuksia” esimerkiksi Koskitukin hankinta-alueen itäisemmissä ja pohjoisimmissa osissa.

Tutkimuksen lähtöaineistona käytettiin Koskitukilla vuoden 2006 aikana toteutuneita kuljetuksia. Aineisto koottiin Access-tietokantaohjelmaan tauluihin. Eri tauluissa olivat tiedot jokaisen kunnan keskipisteiden ja tehtaiden koordinaatit, jokaisesta kunnasta jokaiseen tehtaaseen kuljetetut puutavaralajimäärät ja välimatkat jokaisesta kunnasta jokaiseen toimituspisteeseen. Tutkimusaineistona käytettiin pelkkinä autokuljetuksina toteutuneita kaukokuljetuksia. Näin ollen puut, jotka kuljetettiin toimituspisteisiin rautateitse, eivät sisälly tähän tarkasteluun.

Tarkoituksena oli kartoittaa Koskitukin meno-paluukuljetusten potentiaalia kokonaiskuljetuksista ja löytää sopivia ja käyttökelpoisia meno-paluureittejä.

Käytettävässä mallissa keskityttiin ainoastaan kuljetusten optimointiin. Sitä olisiko meno-paluukuljetus ollut ajallisesti mahdollinen, ei otettu huomioon. Todellisuudessa eri korjuuajankohdan vuoksi kaksi tienvarsivarastoa ei välttämättä olisi kohdannut, mutta mallissa tätä ei huomioitu. Lisäksi yksinkertaistetussa mallissa jätettiin huomiotta tien kantavuus, mikä ymmärrettävästi sulkee todellisuudessa monia meno-paluukuljetusmahdollisuuksia pois. Tien kantavuus liittyy ajalliseen funktioon, talvi- ja kesäleimikot eivät ajallisesti kohtaa vaikka muuten järkevä meno-paluukuljetus olisi teoriassa mahdollista muodostaa. Autonkuljettajien ajo- ja lepoaikasäädösten mahdollisesti luomat rajoitteet on myös jätetty tarkastelun ulkopuolelle.

2 AINEISTON KÄSITTELY JA OPTIMOINTI

2.1 Aineiston kokoaminen

Aineisto koottiin vuonna 2006 Koskitukilla toteutuneiden kuljetusten perusteella. Access-tauluihin koottiin seuraavat tiedot:

- Toimituspisteet ja niiden koordinaatit
- Kuntien keskipisteiden koordinaatit
- Välimatkat jokaisesta kunnasta jokaiseen toimituspisteeseen
- Jokaisesta kunnasta kuljetettu puumäärä puutavaralajeittain toimituspisteittäin

Aineiston optimointiin, jonka jälkeen aineisto ”suomennettiin” eli koodit muutettiin Excelissä ymmärrettävään muotoon, minkä jälkeen aineisto siirrettiin Accessiin. Aineisto sisälsi paljon opinnäytetyön kannalta tarpeetonta tietoa, joten tässä vaiheessa aineistosta jätettiin pois tieto, joka oli opinnäytetyön tavoitteen eli sopivien menopaluu kuljetusreittien löytämisen kannalta tarpeetonta. Toimituspisteet, erityisesti kuitupuiden, sijaitsevat lähellä toisiaan, joten tehtaita oli mahdollista yhdistää ilman, että meno-paluukuljetuskuljetusten reittien löytäminen epäonnistuisi.

2.2 Käytetyn optimointimallin kuvaus

Aineiston optimointi suoritettiin Teijo Palanderin kehittämällä meno-paluukuljetusten optimointimallilla. Käytetty malli perustuu dynaamiseen lineaariseen optimointiin (DLP, Dynamic Linear Programming). Perinteisen LP-optimoinnin (Linear Programming) lisäksi malli ottaa huomioon tapahtumien dynaamisuuden, ajallisen funktion (Palander 2002b). Tässä tutkimusaineistossa ajallista funktiota ei otettu huomioon. Malli minimoi auton tyhjänä ajomatkan. Ajosuunnittelu tapahtuu taktisella tasolla. Ongelman mallintamisen lähtökohtana ovat tiedot tehtaiden puuntarpeesta ja eri alueiden puuntoimituskyvystä kunkin suunnittelujakson aikana. Tässä opinnäytetyössä kausittaista vaihtelua ei huomioitu, sillä toteutuneita kuljetuksia tarkasteltiin vuosi- eikä kuukausitasolla.

Palanderin käyttämä malli perustuu yleisesti käytettyyn puutavaran kuljetusten allokointimalliin. Malli optimoi kaksi erilaista kuljetussuunnitelmaa meno-paluukuljetuksille. Ensimmäinen suunnitelma sisältää rajoitteen etäisyyksien minimoinnista, ja toisessa suunnitelmassa tätä rajoitetta ei ole. Soveltamalla ensimmäistä mallia, jossa tyhjänä ajoa on pyritty minimoimaan, parhaat paluureitit autoille määritetään etukäteen vähemmän vaihtoehtoin, minkä jälkeen optimointi tehdään ilman etäisyysrajoitetta. (Palander ym. 2002b)

Kaikille lineaariseen optimointiin perustuville malleille on Palanderin (2005) ym. mukaan yhteistä seuraavat tekijät

1. Päätös- tai tavoitemuuttujista koostuva minimoitava tavoitefunktio
2. Mallin muotoon formuloitavasta systeemistä johtuvat reunaehtojen mukaiset tavoitteet, jotka määritetään malleissa rajoitteiksi
3. Ehto, jonka mukaan päätösmuuttujat voivat saada vain positiivisia kvantitatiivisia arvoja

Meno-paluukuljetuspotentiaalia kartoitettiin lisäksi visuaalisella puuvirtojen tarkastelulla, jossa optimoinnin avulla saatujen puuvirtojen suuruutta kuvattiin väriskaalan avulla.

Potentiaalisia meno-paluureittejä pyrittiin kartoittamaan lisäksi kolmella eri reittivaihtoehdolla tyhjänäajoprosenttia minimoimalla. Tämä tarkastelu tehtiin Excel-taulukon avulla niin, että pyrittiin löytämään ne kunnat, joista meno-paluukuljetus olisi kannattavinta eli tyhjänäajon osuus jäisi mahdollisimman pieneksi. Reittivalinnat tehtiin suurten puuvirtojen ja sopivien toimituspisteiden perusteella reiteiltä, joissa jo ennestään tiedettiin olevan meno-paluukuljetuspotentiaalia.

3 TULOKSET

Koska optimointimallin avulla ei saatu toivotunlaisia tuloksia, meno-paluukuljetuspotentiaalin kartoitusta pyrittiin laajentamaan yksinkertaisen Excel-laskentataulukkopohjan avulla. Johdannossa esitellyt menopaluuikuljetustaksat ja meno-paluualennusprosentin määrittävä kaava määrittivät meno-paluukuljetuskelpoisuutta. Taksarakenne on tehty niin, että meno-paluukuljetus on sitä kannattavampi, mitä lyhyempi tyhjänä ajon osuus on kokonaiskuljetusmatkasta. Taulukkoa lähdettiin rakentamaan käytössä olevien. Tarkoituksena oli kartoittaa, kuinka laajalta alueelta paluukuorma on mahdollista hakea, jotta kuljetus olisi meno-paluukuljetuskelpoinen.

Tässä tarkastelussa meno-paluukuljetuspotentiaalin kartoitus rajattiin seuraaviin reitteihin:

1. Järvelä- Myllykoski- Järvelä
2. Heinola- Vilkon Oy- Heinola
3. Järvelä – Kaipola/Jämsänkoski- Järvelä

Ensimmäisellä reitillä, jossa auton kotipiste on Järvelä, on meno-paluu-potentiaali seuraavanlainen, kun tyhjänäajoprosentti on määrittävän tekijänä. Jos tyhjänäajoprosentti on pienempi kuin 38 %, on kuljetus edullisempi ajaa menopaluuikuljetuksena kuin kahtena erillisenä kuljetuksena. Meno-paluukelpoisuutta ja -kuljetuksen kannattavuutta on kuvattu kuntakohtaisesti. Taulukossa 1 on kuvattu meno-paluukuljetusjärjestystä kuntakohtaisesti eli mitä pienempi tyhjänäajoprosentti on kuvatulla reitillä, sitä kannattavampi meno-paluukuljetus on. Toisin sanoen taulukossa on kuvattu paluukuorman kuntakohtaista paremmuusjärjestystä niin, että kuorma otetaan kyytiin kunnasta, jossa tyhjänäajon osuus on pienin. Jos kuormaa ei ole mahdollista ottaa kyytiin Anjalankoskelta, otetaan paluukuorma kyytiin Kouvolasta ja niin edelleen taulukon seuraavilta riveiltä. (Taulukko 1).

Edellä kuvatulla reitillä kannattavinta on ottaa paluukuorma kyytiin seuraavassa järjestyksessä:

Kunta	Tyhjänäajoprosentti
Anjalankoski	5
Kouvola	7
Kuusankoski	10
Valkeala	11
Elimäki	12
Kotka	14
Pyhtää	15
Iitti	16
Ruotsinpyhtää	18
Jaala	20
Lapinjärvi	20
Loviisa	23
Artjärvi	24
Mäntyharju	27
Liljendal	27
Pernaja	28
Myrskylä	30
Heinola kk	32
Heinola, Vierumäki	33
Porvoo	34
Orimattila	36

Taulukko 1 Kuntakohtaiset tyhjänäajoprosentit reitillä 1

Kuljetusjärjestys on tehty pelkästään tyhjänäajoprosentin perusteella yhdelle autolle. Rannikon ja tien 6 varressa (liite 1) olevat kunnat ovat parempia

paluukuorman ottopaikkoja Sunilasta palaavalle autolle kuin Myllykoskelta palaavalle autolle.

Toinen tutkittava reitti oli Heinola-Hirvensalmi-Heinola. Kotipiste tässä tarkastelussa on Lusin kylä Heinolassa. Tällä reitillä kuntakohtainen meno-paluukuljetusjärjestys on seuraava:

Kunta	Tyhjänäajoprocentti
Mikkeli	15
Mäntyharju	19
Ristiina	21
Pertunmaa	23
Joutsa	28
Suomenniemi	28
Hartola	37

Taulukko 2 Kuntakohtaiset tyhjänäajoprocentit reitillä 2

Koivukuitu Hirvensalmen pohjoispuolelta viedään Varkauteen, joten paluukuorma Heinolaan kannattaa hakea Hirvensalmen eteläpuolelta. Meno-paluukuljetuspotentiaali ei ole tällä reitillä yhden kotipisteen tarkastelussa kovin suuri, vaikka meno-paluupotentiaalia reitillä on (kuva 4).

Heinola- Hirvensalmi-Heinola reitillä meno-paluukuljetuspotentiaalia lisäksi tärkeä kuljetusten tehostamismenetelmä on välivarastointi. Kun autoilija vie Vilkon Oy:lle menokuormana koivutukkia, paluukuorma voisi olla koivukuitua tai vaneritukkia, joka kuljetettaisiin Järvelään.

Kolmannessa reittitarkastelussa tutkittiin reittiä, jossa auton kotipiste on Lammin kirkonkylän keskustassa. Tässä tarkastelussa pyrittiin löytämään paluukuormaa Järvelään, kun autoilija on vienyt kuusikuitukuorman Kaipolaan tai Jämsänkoskelle. Jämsän seudun kuitutehtaiden ja Järvelän välillä on meno-paluupotentiaalia suurten puuvirojen ja sopivien toimituspisteiden ansiosta.

Kun autoilija on vienyt kuusikuitukuorman Jämsänkoskelle, paluukuorma on kannattavinta ottaa kyytiin niin läheltä ensimmäistä toimituspaikkaa kuin mahdollista.

Kunta	Tyhjänäajoprosentti
Jämsä	1
Jämsänkoski	4
Korpilahti	9
Längelmäki	11
Mänttä	12
Kuhmoinen	17
Orivesi	19
Ruovesi	22
Luhanka	22
Juupajoki	21
Padasjoki	29
Pälkäne	35
Sysmä	36
Sahalahti	28
Asikkala	38
Luopioinen	31
Kuhmalhti	25
Valkeakoski	37

Taulukko 3 Kuntakohtaiset tyhjänäajoprosentit reitillä 3

4 TULOSTEN TARKASTELO

4.1 Tulosten hyödyntäminen ja käyttökelpoisuus

Lineaarisella optimoinnilla saatujen tulosten hyödyntäminen jäi hyvin vähäiseksi, sillä malli ei antanut käyttökelpoisia meno-paluukuljetusreittivaihtoehtoja. Puuvirtojen perusteella piirretyt kartat osoittavat kunnat, joissa meno-paluukuljetuspotentiaalia on, mutta meno-paluureittien löytäminen piti päätellä visuaalisen tarkastelun ja tiedossa olevien toimitusmäärien avulla.

Optimointi suoritettiin tutkimuksellisella mallilla, jota ei ole ennen käytetty organisaatiokohtaisten kuljetusten optimointiin, joten mallin ongelmat ja puutteet eivät olleet tiedossa. Mallista ei saatu ratkaisuja meno-paluukuljetuspotentiaalnin kartoittamiseen ennakko-odotusten mukaisesti.

Meno-paluukuljetusten luulisi ilman muuta alentavan puutavaran kuljetuksen kokonaiskustannuksia. Väätäisen (2001) mukaan meno-paluukuljetusten tutkimusperinteen vähäisyyden vuoksi mahdollisia kustannussäästöjä ei ole voitu tutkimuksen avulla kiistattomasti osoittaa. Kuljetuksen tehokkuuden Kauhanen (2004) määrittelee kuormattuna ajettujen kilometrien osuutena kokonaiskilometreistä. Tämän määritelmän pohjalta tyhjänä ajo-osuuden pienenytessä kuljetuksen kannattavuus kasvaa, jos se pystytään toteuttamaan meno-paluukuljetuksena. Meno-paluu kuljetusten kannattavuuteen vaikuttaa luonnollisesti se, kuinka hyvin kuljetus on suunniteltu ja toteutettu. Pelkkä kuljetuksen meno-paluukelpoisuus ei tee kuljetuksesta kannattavaa. Hyvin järjestellyissä meno-paluukuljetuksissa tehokkuus on oletettavasti parempi kuin pelkissä menokuljetuksissa. Opinnäytetyössä tuli hyvin esille, ettei pelkkä tyhjänä ajo-osuuden minimointi tee kuljetuksesta kannattavaa, vaan meno-paluukuljetuksen kannattavuuden tarkastelussa tulee ottaa huomioon lisäksi toimituspisteiden sijainti ja muu käytettävissä oleva kuljetuskalusto.

Koskitukin hankinta-alue on laaja. Kuljetusolosuhteet vaihtelevat alueen sisällä paljon. Meno-paluukuljetusten hyödyntäminen ei onnistu kuin osalla alueesta. Tukit

kuljetetaan Järvelään lukuun ottamatta Vilkon Oy:lle meneviä koivutukkeja. Näin ollen hankinta-alueen pohjoisimmista osista puuvirtojen suunta on alaspäin valuva, sillä niin tukkien kuin kuitupuiden toimituspisteet sijaitsevat etelämpänä. Näin ollen sopivaa paluureittiä ei ole mahdollista muodostaa.

Esimerkki 5.

Joroisista tuodaan tukkikuorma Järvelään. Auto palaa tyhjänä kotialueelleen, sillä järkevää meno-paluukuljetusta ei synny pohjoiseen päin. Teoriassa hyvä meno-paluukuljetus syntyisi, jos autoilija ottaisi kyytiin kuitukuorman esimerkiksi nelostien varrelta Heinolasta ja veisi sen Varkauteen palatessaan kotialueelle. Käytännössä Varkauden kauppa pystytään täyttämään lähempääkin, ja Heinolan alueen kuitukuormat kuljetetaan lähempänä oleville Kymenlaakson alueen kuitutehtaille.

Esimerkki 6.

Hirvensalmelta tuodaan tukkikuorma Järvelään. Kärkölästä olisi mahdollista ottaa kyytiin pikku- ja toimitustukkikuorma, joka kuljetettaisiin Hirvensalmelle, Kissakosken sahalle. Kuitenkin Järvelän ympäristöstä pikku- ja toimitustukit tehdään lähempänä sijaitsevien tuotantolaitosten mitoilla. Jos kannattavan ja toimivan meno-paluukuljetusreitin mahdollisuus olisi olemassa, ja Kissakoskelle toimitettavien tukkien hinnat kilpailukykyiset, meno-paluukuljetuksen hyödyntäminen olisi tällä reitillä varteenotettava vaihtoehto, sillä Hirvensalmella sijaitsee myös konsernin oma tuotantolaitos Vilkon Oy. Puutavaralajit, joita Vilkon oy käyttää ovat sahakoivu ja erikoistyvikoivu. Näitä puutavaralajeja kertyy yleensä leimikoilta vähäisiä määriä, mutta niitä pyritään tekemään aina kun laatuvaatimukset täyttyvät. Vilkon Oy:n käyttämät koivutukit ovat niukkuusartikkeli. Kuljetuksen kannalta ongelmana on niiden pieni määrä yhdellä varastolla. Jotta Vilkon Oy:lle saisi täyden kuorman, joutuu autoilija käymään usealla varastolla. Tämä lisää kuljetuksen kustannuksia. Jos autoilija ottaa Kissakosken sahalle menevää toimitus- ja pikkutukkia kuormaan mukaan, täysi kuormaa saadaan nopeammin aikaiseksi. Kissakosken sahan kauppa ei ole niin suuri, että koko hankinta-alueelta kannattaisi apteerata pikku- ja toimitustukit heidän mitoillaan. Jos leimikolta pystytään tekemään saha- ja erikoistyvituukkeja,

Kissakosken sahan mittojen käyttäminen voisi olla järkevää nykyistä toimitusalueetta kauempaakin.

Meno-paluukuljetusten määrän kasvattaminen nykyisellä käytännöllä vaatisi entistä enemmän hankintaesimiesten ja autoilijoiden välistä yhteydenpitoa. Kuljetustenohjauksen keskittämällä ja kuljetusjärjestelmiä kehittämällä voitaisiin jatkossa hyödyntää meno-paluukuljetuspotentiaali entistä tehokkaammin. Palander ym. (2006) toteaa, että tutkimusten mukaan tietotekniikan kehitys ja kuljetusten tehokkuus kulkevat käsi kädessä. Palander ym.(2006) jatkaa kuljetusten keskittämisen saavan aikaan yhdistämishyötyjä. Kuljetusvaihtoehdot lisääntyvät, kun reaaliaikaiset varasto- ja toimitustiedot ovat käytettävissä. Kustannuksia voisi karsia muodostamalla paluukuormia ja – reittejä. Nykyisin meno-paluukuljetuksia vähentää potentiaalisten reittien vähyys. Keskittämällä voitaisiin Palanderin ym. (2006) mukaan saada lisää päätösvaihtoehtoja. Koska jokainen hankinta- tai kuljetusesimies hoitaa vain oman alueensa kuljetusta, jäävät edellä kuvatut päätösvaihtoehdot vähäiseksi. Jos kahdella hankintaesimiehellä ei ole selkeää käytäntöä autoilijan kanssa meno-paluukuljetuksista, saattaa monia mahdollisia meno-paluukuljetuksia jäädä toteutumatta.

4.2 Mahdollisia virhelähteitä tuloksissa

Virheitä tuloksiin saattoivat aiheuttaa tietojen syöttämisen manuaalisuus eri työvaiheissa. Optimoitavaa aineistoa kasatessa ja Access tauluja muodostaessa syötiin tiedot käsin, joten huolellisuutta ja tarkkavaisuutta noudattaessakin inhimillisen virheen mahdollisuus on olemassa, varsinkin aineiston ollessa laaja.

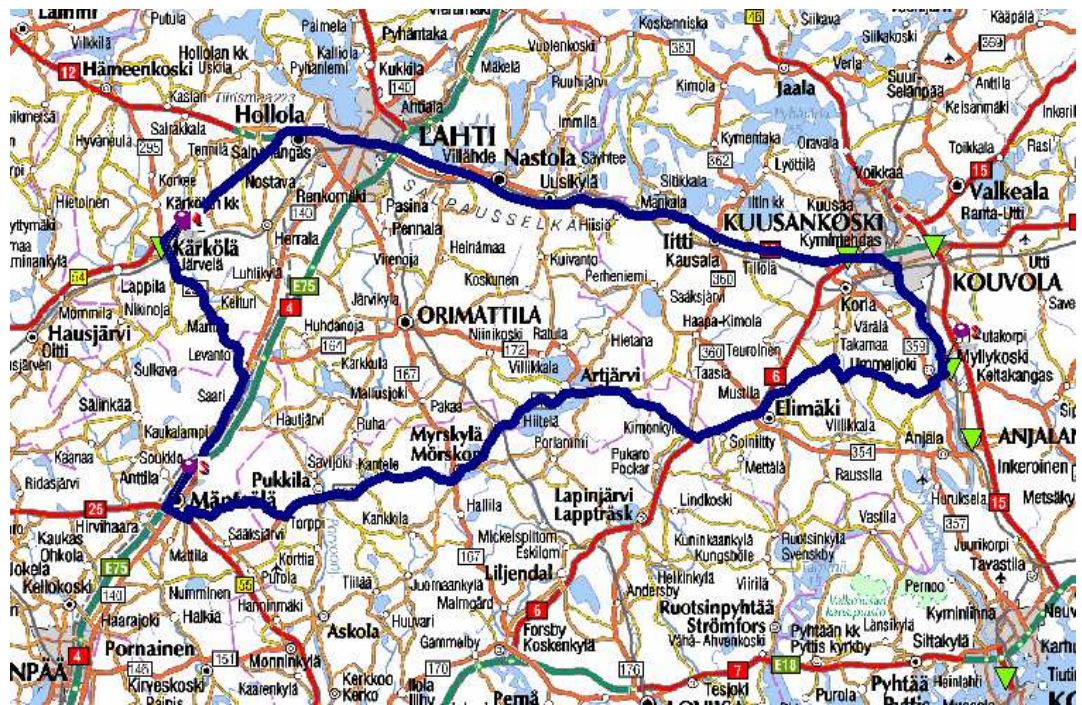
Osarungot ja mäntypylväät olivat mukana aineistossa, vaikka ne eivät ole meno-paluukelpoisia kuljetuskaluston ollessa eri kuin muilla puutavaralajeilla. Osarunkoja pyritään tekemään päätehakuilta havupuista aina, kun se on laadun puolesta ja korjuu- ja kuljetusteknisesti mahdollista. Näin ollen osarungot muodostavat havutukkien kokonaistilavuudesta merkittävän osan. Vuonna 2006 koko havutukkimäärästä osarunkojen osuus oli 11,8 %. Optimointi kuitenkin antoi

useita meno-paluukuljetus vaihtoehtoja, joista toinen puutavaralaji oli menokuorman osalta joko kuusi- tai mäntyosarunko.

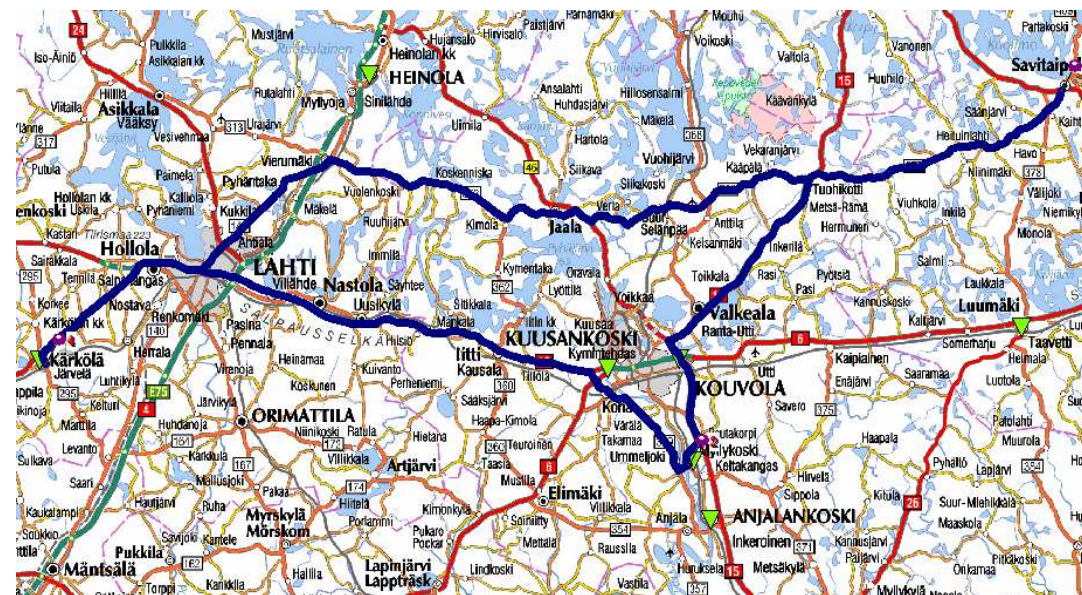
Puuvirtojen optimointi alkaa tehtaiden puuntarpeesta ja toimittajien eli kuntien toimituskyvystä. Optimoinnissa tehtaiden toimitusmäärät ovat suuremmat jokaisella tehtaalla kuin toteutuneet. Tämä johtui todennäköisesti siitä, että aineisto optimoitiin ilman mitään rajoitteita, joten malli toi tehtaille kaiken puun, joka tien varressa oli toimitettavissa.

Tyhjänäajoprosentin minimoimiseen perustuvassa tarkastelussa tutkittiin kolmea eri reittivaihtoehtoa niin, että autoilijan kotipiste oli aina sama eli toisin sanoen yksi auto ajoi kyseessä olevaa reittiä. Tässä tarkastelussa taksarakenteen vuoksi pelkkä tyhjänäajoprosentin tarkastelu ei kerro meno-paluukuljetuksen kannattavuudesta koko totuutta, sillä autoja on todellisuudessa ajamassa enemmän. Vaikka tietty kuljetus olisi kannattava jollekin autolle, voi se olla vielä kannattavampi toisen auton ajettavaksi. Yhden auton näkökulmasta tehtävä tarkastelu on liian kapeaa, sillä meno-paluukuljetuspotentiaali yhden auton osalta kasvaa liian suureksi. Taksarakenne on suunniteltu niin, että tyhjänäajoprosentti on meno-paluukuljetuksen kannattavuutta määrittävä tekijä. Pelkkää tyhjänäajoprosenttia tarkastelemalla meno-paluupotentiaalnin tarkastelun tulokset vääristyvät.

Käytössä olevan taksarakenteen mukaan tyhjänäajoprosentti määrittää meno-paluukuljetuksen kannattavuuden. Yhden auton näkökulmasta tämä aiheuttaa ongelmia. Esimerkiksi edellä kuvatulla reitillä 1 autoilija vie kuorman Myllykoskelle, ja ottaa paluukuorman Mäntsälästä kyytiin, jolloin tyhjänäajoprosentiksi muodostuu 43 %. Tämä kuljetus ei täytä meno-paluukuljetuksen kriteerejä. Jos paluukuorma Myllykoskelta lähdettäessä otetaan kyytiin esimerkiksi Savitaipaleelta, muodostuu tyhjänäajoprosentiksi 28, joten taksarakenteen mukaan jälkimmäinen on edellistä kannattavampi meno-paluukuljetus. Kuvassa 6 on havainnollistettu tilannetta, jossa Mäntsälästä otetaan paluukuorma ja kuvassa 7 Savitaipaleelta.



Kuva 6 Kuljetus, joka ei ole meno-paluukuljetuskelpoinen



Kuva 7 Kuljetus, joka on meno-paluukuljetuskelpoinen

Kuvista 6 ja 7 voidaan havaita, ettei ainoana kriteerinä meno-paluukuljetuksen kannattavuuden tarkastelussa voi olla tyhjänäajoprosentti.

LÄHTEET

Kauhanen, Janne, Meno-paluukuljetuspotentiaalin kartoitus raakapuukuljetuksessa pro Gradu 2004 Joensuun Yliopisto

Palander, Teijo-Väätäinen, Janne – Laukkanen, Sanna- Malinen, Jukka, Modeling Backhauling on Finnish Energy-Wood Network Using Minimizing of Empty Routes. International Journal of Forest Engineering 2002B

Palander, Teijo – Väätäinen, Janne – Harstela, Pertti, Metsätieteen, Puunhankinnan meno-paluukuljetusten optimointimalli, Tutkimusartikkeli Metsätieteen aikakauskirja 1/2002a

Palander, Teijo- Väätäinen, Janne, Impacts of interenterprise collaboration and backhauling on wood procurement in Finland, artikkeli 2005

Palander, Teijo – Väätäinen, Janne – Laukkanen, Sanna- Harstela, Pertti, Backhauling optimization model for finnish wood procurement 2002

Puutavaran autokuljetus. Metsätehon opas. 1997

Väätäinen Janne, Meno-paluukuljetusten huomioiminen puunhankinnan taktisessa suunnittelussa ja kuljetusten operatiivisessa ohjauksessa, pro Gradu 2001 Joensuun yliopisto

Vantaala, Jouni, hankintapäällikkö. Haastattelu 18.12.2006. Koskitukki. Järvelä.

