

**VAASAN YLIOPISTO
TEKNILLINEN TIEDEKUNTA
TUOTANTOTALOUS**

Olli-Pekka Perttunen

**PUUPOLTTOAINEIDEN JA TURPEEN TOIMITUSKETJUN VÄLISET
SYNERGIAEDUT**

Tutkimuskohteena Vapo Oy

Tuotantotalouden
pro gradu -tutkielma

VAASA 2016

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Tutkielman tavoitteet ja rajaus.....	7
1.2	Työn sisältö.....	7
2	TOIMINTAYMPÄRISTÖ.....	9
2.1	Yleinen kehitys.....	9
2.2	Energiantuotanto Suomessa.....	11
2.3	Vapo Oy.....	13
3	TOIMITUSKETJUT.....	14
3.1	Ketjujen rakenteet.....	14
3.2	Logistiikkaketjut.....	15
3.3	Toimitusketjujen hallinta.....	16
3.3.1	Varastointi.....	18
3.3.2	Kysynnän vaikutus tuotanto- ja toimitusketjuihin.....	19
3.3.3	Toimitusketjun toimivuus.....	21
3.4	Arvoketjut.....	22
3.5	Mittarit ja tunnusluvut.....	24
3.6	Puupolttoaineiden toimitusketjut.....	25
3.6.1	Keskitetyn haketuksen menetelmä.....	28
3.6.2	Hajautetun haketuksen menetelmä.....	29
3.6.3	Haketus- ja kuljetussopimukset.....	30
3.6.4	Kustannustekijät.....	31
3.7	Turpeen toimitusketjut.....	33
3.7.1	Toimitus- ja kuljetussopimukset.....	35
3.7.2	Kustannustekijät.....	36
3.8	Laadunhallinta.....	36

3.8.1	Laadun vaikutukset toimitusketjussa.....	38
3.8.2	Laadunhallinta varastopaikoilla.....	40
4	TUTKIMUSMENETELMÄT	42
4.1	Monistrateginen tutkimusote	42
4.2	Tutkielman lähestymistavat ja menetelmät.....	43
4.2.1	Laadullinen ja määrällinen aineisto	44
4.2.2	Kustannuslaskenta	45
5	SYNERGIAEDUT	47
5.1	Analyysimenetelmät	49
5.2	Strategiset synergiat	50
5.3	Johtamissynergiat.....	51
5.4	Taloudelliset synergiat	52
5.5	Operatiiviset synergiat	53
5.6	Yhteenveto	55
6	LASKENTASOVELLUS.....	57
6.1	Lähtökohdat	58
6.2	Laskentasovelluksen toiminta.....	59
6.3	Kuljetustaksojen tarkastelua	66
7	TULOKSET JA ANALYSOINTI.....	69
7.1	Suora tienvarsihaketusetju ja tienvarsihaketusetju terminaalin kautta	69
7.2	Suora tienvarsihaketusetju ja terminaalihaketusetju.....	77
7.2.1	Toimintasäteiden vertailu ketjujen välillä	79
7.2.2	Potentiaaliset säästöt toimitusetjujen kesken.....	92
7.3	Herkkyysanalyysit	102
7.4	Tulosten yhteenveto.....	109
8	POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	113

9	YHTEENVETO	119
	LÄHTEET	123

Käsitteet:

Bioenergia: Sähkö- ja lämpöenergia sekä liikenteen kuluttama energia, joka tuotetaan biopolttoaineilla.

Biomassa: Biologista alkuperää oleva aines. Biomassoihin lasketaan kasvi-, hedelmä- ja puubiomassa.

Biopolttoaineet: Joko kiinteitä, nestemäisiä tai kaasumaisia polttoaineita, jotka on valmistettu biomassasta.

Energiapuu: Puu tai puutavara, joka on tarkoitettu polttoon tai muuhun energiakäyttöön.

Hakkuutähdehake: Runkopuun hakkuun yhteydessä metsään jäävästä puuaineksesta, kuten oksista, latvuksista ja karsimattomasta latvakuitupuusta, tehty hake.

Kokopuuhake: Koko maanpäällisestä biomassasta tehty hake, sisältäen runkopuun, oksat, lehdet ja neulaset.

Käyttöpaikka: Polttoaineketjun viimeisenä vaiheena oleva voima- tai lämpölaitos.

Metsähake: Yleisnimitys ranka-, kokopuu- ja hakkuutähdehakeelle tai -murskeelle.

Rankahake: Karsitusta runkopuusta tehty hake.

Terminaali: Osana polttoaineen logistiikkaketjua oleva keskitetty varasto- ja valmistusalue.

VAASAN YLIOPISTO
Teknillinen tiedekunta**Tekijä:**

Olli-Pekka Perttunen

Tutkielman nimi:

Puupolttoaineiden ja turpeen toimitusketjujen väliset synergiaedut. Tutkimuskohteena Vapo Oy.

Ohjaaja:

Petri Helo

Tutkinto:

Kauppatieteiden maisteri

Pääaine:

Tuotantotalous

Opintojen aloitusvuosi:

2010

Tutkielman valmistumisvuosi:

2016

Sivumäärä: 129

TIIVISTELMÄ: Puupolttoaineiden kysynnän kasvun myötä niiden toimitusketjuilta vaaditaan entistä parempaa kykyä vastata asiakkaiden kokonaistarpeisiin. Tämä vaatii osaltaan vaihtoehtoisten toimintatapojen pohtimista, joiden kautta voidaan saavuttaa kilpailuetua. Tutkielman tutkimusongelmana onkin tarkastella puupolttoaineiden ja turpeen toimitusketjuja siitä näkökulmasta, millaisia synergiaetuja ne mahdollistavat toisilleen. Tutkielman tapausyrityksenä on puupolttoaineita ja turvetta voima- ja lämpölaitosiakkailleen toimittava Vapo Oy.

Tutkimusmenetelmät sisälsivät sekä laadullisen että määrällisen aineiston elementtejä. Esitutkimus aiheesta tehtiin haastattelujen ja kyselylomakkeen pohjalta, joiden perusteella yhdeksi merkittäväksi yhteistoiminnan muodoksi nousi käytössä olevan kuljetuskaluston tehokas hyödyntäminen metsähakkeen toimitusketjuissa. Tämän olettamuksen perusteella rakennettiin Excel-pohjainen laskentasovellus, jolla on mahdollista tarkastella kolmen erilaisen toimitusketjun yksikkökustannusrakenteita. Turpeen toimituksessa käytettävän kuljetuskaluston mahdollisuuksia metsähakkeen toimituksissa tarkasteltiin terminaaleista käyttöpaikoille tapahtuvien kuljetusten osalta. Tähän vaihtoehtoon pohjautuvia toimitusketjuja verrattiin metsähakkeen tuotannon perusmenetelmänä pidettyyn tienvarsihaketusketjuun. Laskentasovelluksen aineistona käytettiin Vapon voimassaolevia kuljetus- ja haketustaksoja. Lisäksi osana aineistoa olivat muista tietojärjestelmistä saatavat tilastot, kuten myyntiluvut.

Laskentasovelluksella tehtyjen laskelmien tulokset osoittivat, että terminaalihaketusketju on monissa tilanteissa edullisempi vaihtoehto ainoastaan rankahakkeen toimituksissa. Sen sijaan hakkuutähde- ja kokopuuhakkeiden toimituksissa on kannattavampaa käyttää tienvarsihaketusmenetelmää. Rankahakkeen osalta terminaalihaketusketjun käyttäminen tienvarsihaketusketjun vaihtoehtona voi tulosten perusteella mahdollistaa merkittäviä kokonaisvaikutuksia; sen lisäksi, että toimintasädetä on mahdollista laajentaa ilman yksikkökustannustason nousua, todellisia kustannussäästöjä on myös mahdollista saada aikaan. Säästöjen tasoon vaikuttavat eniten kuljetusmatkat, terminaalin sijainti sekä kosteus.

AVAINSANAT: Synergia, metsähake, polttoturpe, toimitusketjut, toimintolaskenta

UNIVERSITY OF VAASA**Faculty of technology****Author:**

Olli-Pekka Perttunen

Topic of the Master's Thesis:

Synergies between supply chains of wood fuels and peat. Case Vapo Oy. Petri Helo

Instructor:**Degree:**Master of Science in Economics and Business Administration
Industrial Management**Major:****Year of the Entering the University:**

2010

Year of the Completing the Master's Thesis:

2016

Pages: 129

ABSTRACT:

Due to the growth in demand for wood fuels, supply chains are required to have a better ability to respond to customer's overall needs. That requires the consideration of alternative methods which help to achieve competitive advantage. The research problem of this thesis is to examine what kind of synergies supply chains of wood fuels and peat enable each other. The case company of this thesis is Vapo Oy which supplies wood fuels and peat to heat and power plants.

Research methods contain both qualitative and quantitative characteristics. Pre-study was based on interviews and the questionnaire that indicated an efficient use of current transport vehicles is one of the most significant forms of co-operation. Based on this assumption an Excel-based calculation application was built to examine unit cost structures of three different types of supply chain. Possibilities of using peat delivery transport vehicles for wood chips deliveries were examined regarding transportation between terminals and power plants. Scenarios based on this option were compared to chains with chipping beside the road that is said to be the basic method of wood chip production. Material for calculations was used existing transportation and chipping costs. In addition, the statistics, as sales, from other information systems were the part of the research material.

The results of the calculations proved that supply chains with chipping in terminals are more profitable option in many conditions only for delivery of stem wood chips. Instead, delivery of chips produced of logging residues and whole trees is more profitable via supply chains with chipping beside the road. Based on the results, the use of supply chains with terminal chipping, as alternative to supply chains with roadside chipping, may enable significant impacts. It is possible to expand operational range without an increase in the unit cost level. Additionally, real cost savings are also possible to achieve. The profitability of supply chains with terminal chipping is affected by total transport distances, the location of a terminal as well as moisture content of stem wood chips.

KEYWORDS: Synergism, wood chips, fuel peat, delivery chains, activity-based cost accounting

1 JOHDANTO

Suomi lukeutuu maailman johtaviin uusiutuvien energialähteiden käyttäjiin. Uusiutuvat energialähteet kattavat reilun neljänneksen Suomen koko energiantuotannosta. Uusiutuvista energiamuodoista merkittävimpiä ovat bioenergia, vesivoima, tuulivoima, aurinkoenergia sekä maalämpö. Kansallinen energia- ja ilmastostrategia linjaa Suomen tavoitteeksi lisätä uusiutuvien energialähteiden käyttöä ja osuutta energian kulutuksesta. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2013.) Tämä tulee tulevaisuudessa kasvattamaan kotimaisten energialähteiden käyttöä voimalaitoksissa.

Viimeisten vuosikymmenten aikana bioenergiaan liittyvä liiketoiminta on kehittynyt ja kasvanut nopeasti. Esimerkiksi metsähakkeen vuotuinen käyttö on lähes kaksikymmenkertain viimeisen puolentoista vuosikymmenen aikana. Uusia markkinoita on luotu kattamaan koko Suomen alueen. Metsäpolttoaineiden hankinta- ja tuotantoketjut koostuvat monista erikokoisista toimijoista. Ketjun toimijat vaihtelevat yhden hengen kuljetusyrityksistä suuriin energiateollisuuden yrityksiin. (Ikonen, Jahkonen, Pasanen & Tahvanainen 2013: 5.) Tämän vuoksi kaikkien ketjun osapuolten toiminnan ja vaatimusten yhteensovittaminen vaatii hyvää toimitusketjujen hallinnan tasoa.

Vapo Oy:n (myöhemmin Vapo) strategisena tavoitteena on tuoda arvoa asiakkailleen olemalla maailman paras osaja lähienergian arvoketjussa (Vapo 2015a). Tähän tavoitteeseen liittyen Vapo on yhdistänyt aiemmin organisaatiossa erillään olleet Turvetuotteet- ja Puupolttoaineet – liiketoiminta-alueet yhdeksi Polttoaineet-liiketoiminta-alueeksi. Tällä pyritään vastaamaan asiakkaiden kokonaistarpeisiin paremmin. Osana tätä kokonaisuutta puupolttoaineiden ja energiaturpeen toimitusketjuja tarkastellaan siinä valossa, millaisia yhteisvaikutuksia ketjuilla voidaan saavuttaa. Tämän tutkielman tutkimuskysymys sekä sitä tarkentavat alakysymykset ovatkin:

- Mitä synergiaetua puupolttoaineiden ja turpeen tuotanto- ja toimitusketjut mahdollistavat toisilleen?
 - Mitkä osatekijät puupolttoaineiden ja turpeen tuotanto- ja toimitusketjuissa ovat sellaisia, joita voidaan hyödyntää molemmin puolin?
 - Ovatko em. osatekijöiden yhteisvaikutukset suurempia kuin osiensa summa?

1.1 Tutkielman tavoitteet ja rajaus

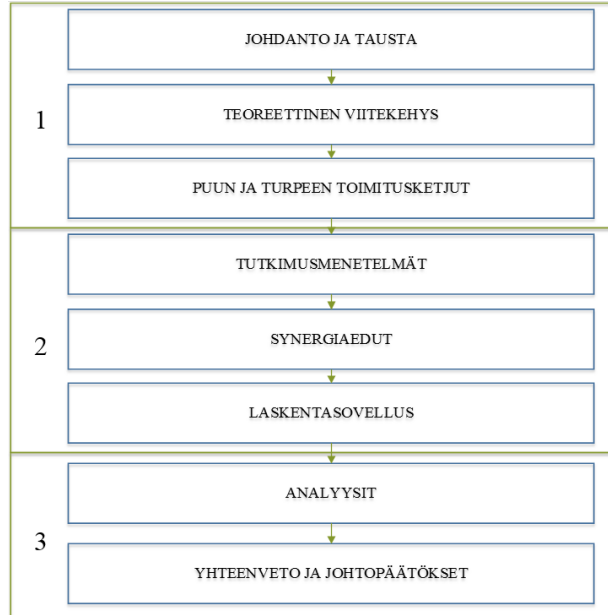
Pro gradu -tutkielma tehdään Vapon toimeksiannosta. Vapon polttoaineliiketoimintaan kuuluu sekä energiaturpeen että puupolttoaineiden toimittaminen asiakkailleen. Tässä liiketoiminnassa toimintaympäristöt ja olosuhteet vaihtelevat paljon paikallisestikin. Tämän vuoksi tutkielman tavoitteena on tarjota työkaluja johdon päätöksenteon tueksi tunnistamaan synergiaetuja puun ja turpeen toimitusketjujen välillä kunkin alueen erityispiirteet huomioon ottaen.

Toimeksiantajan käyttöön kehitellään käyttökelpoinen laskentasovellus, jonka avulla on mahdollista tarkastella puun ja turpeen toimitusketjujen synergiaetuja erilaisissa toimintaympäristöissä. Työkalu on Excel-pohjainen laskentataulukko, joka vertailee erilaisten toimitusketjuvaihtoehtojen kustannusrakenteita. Sovellusta voidaan käyttää optimointityökaluna etsittäessä kilpailukykyisintä toimitusketjuvaihtoehtoa. Tärkeää onkin, että työkalun käyttö sopii monille erilaisille toiminta-alueille.

Tutkielmassa tarkasteltavana ovat toimitusketjujen varastointiin, logistiikkaketjuihin ja toimituksenohjaukseen liittyvät tekijät, kun taas erilaiset puun korjuumenetelmät sekä turpeen kentällä tapahtuvat tuotantovaiheet on rajattu tutkimusalueen ulkopuolelle. Toisin sanoen toimitusketjujen tarkastelu alkaa välivarastopaikoista päättyen voima- tai lämpölaitokselle.

1.2 Työn sisältö

Tutkielman rakenne voidaan jakaa karkeasti kolmeen osaan (Kuvio 1). Ensimmäinen osuus sisältää johdannon lisäksi puun ja turpeen toimitusketjujen kuvaamisen sekä aiheen teoreettisen viitekehyksen esilletuonnin. Tässä osiossa tuodaan esille myös Vapon käyttämät toimitusketjurakenteet sekä niiden ominaispiirteet. Toisessa osuudessa esitellään tutkielmassa käytettäviä tutkimusmenetelmiä sekä pohditaan em. ketjujen toisilleen tarjoamia potentiaalisia synergiaetuja sekä kehitellään laskentasovellus synergioiden tunnistamisen työkaluksi. Viimeisissä kappaleissa kootaan laskentasovelluksen avulla saadut tulokset yhteen sekä pohditaan niiden vaikutuksia ja sovellettavuutta.



Kuvio 1. Tutkielman rakenne.

Teoriaosuudessa työlle rakennetaan taustaa aiempien tutkimusten ja muiden julkaisujen pohjalta. Samalla luodaan kokonaiskuvaa työn merkityksestä. Toimitusketjujen arvonmuodostuminen on yksi keskeisimmistä taustalla vaikuttavista ajatusmalleista, koska synergiaetujen tulisi lisätä arvoa läpi toimitusketjujen. Toimitusketjut kuvataan prosessikarttoina ja varastointia, toimitusvarmuutta ja laadunhallintaa käsitellään myös osana toimitusketjuja. Toimitusketjujen kuvaamisen jälkeen kartoitetaan valittuja tutkimusmenetelmiä käyttäen toimitusketjuista sellaisia yhtymäkohtia, joiden avulla synergiaetuja voidaan saavuttaa. Tässä osiossa keskeisessä asemassa on laskentasovelluksen kehittäminen sekä sen toiminnan kuvaaminen.

Viimeisissä luvuissa esitellään tuloksia, pohditaan niiden vaikutuksia, verrataan niitä muiden tutkimusten tuloksiin sekä tehdään ehdotuksia jatkotutkimuksista. Edellä kuvatun rakenteen avulla tutkielma muodostaa kokonaisuuden, joka etenee loogisesti teoreettisen viitekehyksen ja tutkimuksen empiriaosuuden kautta kohti tuloksia ja johtopäätöksiä. Toimitusketjujen kuvaukset yhdessä teorian kanssa luovat pohjan, mitä kautta synergiaetujen tarkastelu on mahdollista. Käytännön sovelluksena laskentatyökalu antaa konkreettisen apuvälineen tunnistaa mahdollisia lisäarvoa tuottavia tekijöitä toimitusketjuissa, minkä kautta puolestaan on mahdollista kasvattaa toimitusketjujen kilpailukykyä.

2 TOIMINTAYMPÄRISTÖ

2.1 Yleinen kehitys

Suomi on sitoutunut kasvattamaan uusiutuvien energialähteiden osuutta loppukulutuksesta 38 prosenttiin vuoteen 2020 mennessä, mikä on tiukempi tavoite kuin EU:n direktiivin vaatima 20 prosenttia. Metsähaketta sekä muita puupolttoaineita käyttävien laitosten määrä onkin noussut lähes tuhanteen vuosituhannen vaihteen 250 laitoksesta. Siksi puupohjaisella energialla, etupäässä metsähakkeella, on merkittävä rooli uusiutuvan energian käytön lisäämisessä. Suomessa käytetystä bioenergiasta pääosa syntyy metsäteollisuuden sivuvirroista, kuten hakkuutähteistä ja kannoista. Tämän vuoksi metsähakkeen käyttötavoitteisiin pääseminen edellyttää vireää puukauppaa. (Anttila, Nivala, Laitila ja Korhonen 2013: 5.)

Ympäristövaikutuksilta ei voida välttyä energiantuotannossa ja sen siirrossa. Vaikutukset voivat olla maailmanlaajuisia tai ne rajoittuvat jollekin pienelle maantieteelliselle alueelle. Esimerkiksi ilmastomuutos, luonnonvarojen väheneminen sekä happamoituminen ovat suurimpia ympäristöön kohdistuvia vaikutuksia. Energiankäytön kehittymiseen voidaan vaikuttaa mm. tuotantotavoilla ja kulutustottumuksilla. Myös maapallon väestömäärän kehittyminen tuo omat vaikutuksensa asiaan. (Energiateollisuus 2015a.)

Bioenergia kestäväenä uusiutuvan energiamuodon vaihtoehtona nähdään usein merkittävänä tekijänä hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä. Lisäksi paikallisten polttoaineiden käytön katsotaan vähentävän uusiutumattomien energiaresurssien käyttöä sekä parantavan energiaturvallisuutta. Sen vaikutukset alueelliseen kehitykseen sekä työpaikkojen ja varallisuuden luomiseen niin sanotuilla alikehittyneillä alueilla ovat myös laajasti todistettuja. Toisaalta kriittisiäkin näkemyksiä bioenergian kestävyydestä koko elinkaaren näkökulmasta on esitetty. Esimerkiksi biomassan tuotanto ruuantuotannon kustannuksella, kuten maan käyttäminen biomassan tuottamiseen viljelyalueilla, on herättänyt paljon ristiriitoja. (Gold & Seuring 2010: 32.)

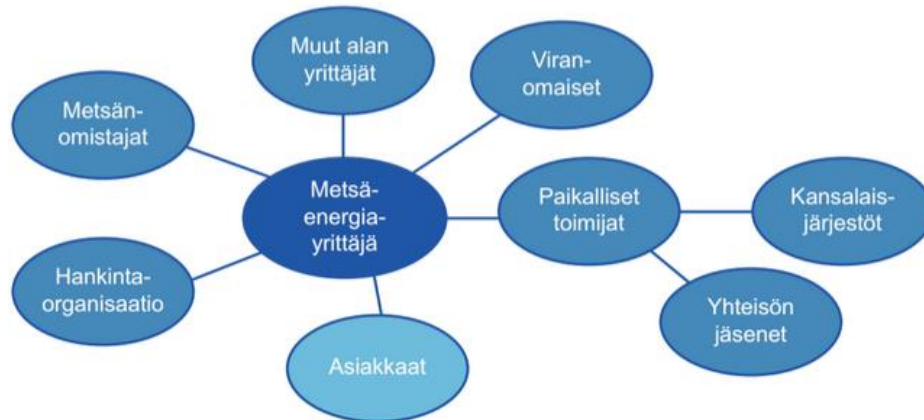
Ympäristövaikutusten vähenemiseen voidaan parhaiten vaikuttaa energiantuotantotapojen muuttamisella. Ympäristöystävällisempiin tuotantotapoihin siirtyminen sekä energian tehokkaampi käyttö ovat ratkaisevassa asemassa ympäristövaikutusten hillitsemisessä.

Näiden tavoitteiden toteutumiseen ohjataan monilla normeilla. Ympäristönsuojelulain sekä päästökauppalain tavoitteina on mm. hidastaa ilmastonmuutosta, vähentää ympäristövahinkoja ja edistää kestävästä kehitystä luonnonvarojen käytössä. Muita energiantuotantoon vaikuttavia lakeja ovat esimerkiksi maankäyttö- ja rakennuslaki, vesilaki sekä jätelaki. (Energieollisuus 2015a.)

Biopolttoaineiden raaka-aineista suurin osa on peräisin joko maa- tai metsätaloudesta. Sen sijaan teollisuusjätteet sekä orgaaniset yhdyskuntajätteet toimivat lähinnä täydentävinä polttoaineina voimalaitoksissa. (Gold ym. 2010: 39.) Metsäenergiamarkkinoilla toimivien tahojen keskuudessa on Ikosen ym. (2013: 5) mukaan kasvanut kiinnostus kokonaispalvelujen tarjoamista kohtaan. Samanaikaisesti monet yritykset ovat kuitenkin pyrkineet erikoistumaan tiettyyn ketjun osatoimintoon. Viime aikoina nousseet toimitusvolyymit ovat olleet merkittävästi lisäämässä mahdollisuutta erikoistua pelkästään haketukseen tai kuljetuksiin. Uusia liiketoimintamahdollisuuksia on löytynyt myös kokonaisurakoitsijoille, joilla voi olla kokonaisvastuu alkaen korjuuvaiheesta käsittäen samalla myös prosessoinnin, toimituksen sekä energiantuotannon.

Pienten ja keskisuurten yritysten osuus metsäenergialiiketoiminnassa on merkittävä. Useimmiten hankinta, lämpöyrittäminen sekä poltettavan puun pienkäyttöön liittyvä liiketoiminta on pk-yritysten hallitsemaa toimintaa. Pieni koko voi usein olla eduksi kyseisellä alalla, koska lisääntyvät laatu-, toimitusaika ja hintatasovaatimukset sekä kysynnän ja tarjonnan muutokset edellyttävät ketjun toimijoilta ketteryyttä sekä nopeaa sopeutumiskykyä. Energiapuun laatu ja kilpailukyky ovatkin parantuneet korjuu- ja kuljetustyön kehittymisen ja tehostumisen myötä, mikä johtuu osaltaan siitä, että polttoainetoimittajat ja yrittäjät ovat hankkineet itse enenevässä määrin energiapuuleimikoita. (Ikonen ym. 2013: 5; 7.)

Metsäenergia-alalla sidosryhmien välinen yhteistyö on korostetun tärkeää. Merkittävimpinä sidosryhminä ovat ennen kaikkea asiakkaat eli energiantuottajat sekä metsänomistajat (kuvio 2). Metsänomistaja luonnollisesti haluaa myymästään puusta mahdollisimman korkean hinnan, kun taas energiantuottajat pyrkivät polttoaineen jatkuvaan saatavuuteen ja hyvään laatuun kilpailukyiseen hintaan. (Ikonen ym. 2013: 6.)



Kuvio 2. Metsäenergiayrittäjien toimintaympäristö ja sidosryhmät (Ikonen ym. 2013: 6).

2.2 Energiantuotanto Suomessa

Vuonna 2014 energian kokonaiskulutus Suomessa oli noin 372 terawattituntia (TWh), josta noin 34 % katettiin käyttämällä kotimaisia polttoaineita (Taulukko 1). Suurin yksittäinen energialähde oli puupolttoaineet 25 %:n osuudellaan (93 TWh). Vesivoiman (13 TWh), tuulivoiman (1 TWh) ja turpeen (17 TWh) yhteenlaskettu osuus kokonaiskulutuksesta oli noin 9 %. Sähkön nettotuonti puolestaan oli noin 18 TWh, mikä vastaa viittä prosenttia energian kokonaiskulutuksesta. Muista energialähteistä suurimman, 23 %:n osuuden, muodosti öljy (86 TWh), jonka lisäksi hiiltä kulutettiin 37 TWh (10 %), maakaasua 25 TWh (7 %) ja ydinenergiaa 69 TWh (18 %). (Tilastokeskus 2015a.)

Taulukko 1. Energian kokonaiskulutus Suomessa 2014 (Tilastokeskus 2015a).

Energialähde	TJ	TWh	Vuosimuutos (%)	% Kokonaiskulutuksesta
Öljy	308 693	86	-3	23
Hiili	134 823	37	-11	10
Maakaasu	91 678	25	-14	7
Ydinenergia	247 174	69	0	18
Sähkön nettotuonti	64 690	18	14	5
Vesivoima	47 523	13	4	4
Tuulivoima	4 007	1	44	0
Turve	62 260	17	9	5
Puupolttoaineet	333 198	93	-2	25
Muut	46 077	13	-9	3
ENERGIAN KOKONAISKULUTUS	1 340 123	372	-2	100

Kuten muutkin energiamuodot, myös bioenergia on tarkoin viranomaisten säätelemää. Lainsäädännön ohella metsähakemarkkinat sekä energiapuukauppaa ohjaava tukipolitiikka luovat energiayrittäjälle olosuhteet, joiden puitteissa toiminnan tulisi olla. Lisäksi oman toiminta-alueen ympäristön ja ihmisten huomioon ottamisella luodaan mahdollisuudet ansaita hyväksytyt asema lähiympäristön silmissä. (Ikonen ym. 2013:7.)

Suomen mahdollisuudet tavoittaa EU:n asettamat uusiutuvien energiamuotojen käytön lisäämisvaatimukset ovat ennen kaikkea metsäpolttoaineiden käytön kasvun varassa. Siirtyminen metsäpolttoaineisiin vaatii muutoksia metsäpolttoainemarkkinoiden lisäksi myös muiden polttoaineiden liiketoiminnassa. Uusiutuvien energiamuotojen käytön lisääminen tehdään etupäässä fossiilisten polttoaineiden kustannuksella. Toisaalta turve suomalaisten CHP-voimalaitosten (Combined Heat and Power) polttoaineena on vakiinnuttanut asemansa. (Palander 2011: 5984).

Kotimaisten polttoaineiden kilpailukyvyyn parantamiseksi turpeen verotuksen alentamiselle on ollut painetta. Vuoden 2015 alussa turpeen verotusta laskettiin 3,4 euroon megawattitunnilta (MWh) ja vuoden 2016 alussa se laskee vuoden 2012 tasolle (1,9 €/MWh) (Energiaverolaki 513/2015). Samanaikaisesti metsähakkeen sähköntuotannon tuki nousee aiemmasta 13,3 eurosta 15,9 euroon/MWh rajaten kuitenkin piiristään pois korkeamman jalostusasteen tuotteiden, kuten sellun, valmistamiseen kelpaavan puun (Työ- ja elinkeinoministeriö 2015).

Eriyisesti metsähakkeen käyttö Suomessa on kasvanut merkittävästi 2000-luvulla (kuva X). Kokonaiskäyttö vuonna 2014 oli 16,4 TWh eli 4,4 % energian kokonaiskulutuksesta. Metsähakkeesta 92 % (15,1 TWh) kulutettiin lämpö- ja voimalaitoksissa ja loput 8 % (1,3 TWh) pientalokiinteistöissä. Lämpö- ja voimalaitoksissa käytetyn metsähakkeen raaka-ainelähteistä suurimman osuuden muodostivat pienpuut eli koko-, ranka- ja kuitupuut 49 prosentin osuudella. Toiseksi merkittävin metsähakkeen raaka-aine 34 prosentin osuudella oli hakkuutähteet, kun taas kantojen ja järeän lahovikaisen runkopuun osuudet jäävät suhteellisen pieniksi (11 % ja 6 %). (Strandström 2015: 3.)

2.3 Vapo Oy

Vapo Oy on suomalainen asiantuntijaorganisaatio, jonka ydinliiketoimintaa on turpeen ja puupolttoaineiden, kuten metsähakkeen ja pelletin, toimittaminen energia-asiakkailleen. Lisäksi Vapo tuottaa itse lämpöä ja sähköä omista paikallisista raaka-aineista. Uusimpana liiketoiminta-alueena toimintansa on aloittanut Vapo Ventures, jonka tehtävänä on kehittää uusia liiketoimintoja jo olemassa olevaa osaamista hyödyntäen. Tästä esimerkkinä on Clean Waters –yksikkö, joka tarjoaa ratkaisuja luonnonvesien käsittelyyn. Vapo-konserniin kuuluu lisäksi kasvutuote-, lannoite- ja katetuotteita valmistava Kekkilä Group.

Vapon tarina alkaa vuodesta 1940, kun Valtioneuvosto keskitti polttopuiden ja puutavaran hankinnan valtion laitoksiin Vapon edeltäjälle Rautatiehallituksen Puutavaratoimistolle. Myöhemmin nimi muutettiin Valtion Polttoainetoimistoksi, jonka lyhenne Vapo virallistettiin 1960-luvulla. Turvetuotanto käynnistyi varsinaisesti 1970-luvulla, joskin Vapo oli jo 1940-luvulla toimittanut kulutukseen valtion haltuun päätyneitä polttoturve-eriä. Seuraavina vuosikymmeninä toiminta on laajentunut myös lämpö- sekä ympäristöliiketoimintaan. (Vapo 2015b.)

Vapon tehtävänä on koordinoita yksityisten yrittäjien harjoittamia tuotanto- ja kuljetustoimintoja. Vapon asiakkaina on sekä CHP-voimalaitoksia että lämpölaitoksia. Yrittäjälähtöisessä ketjussa riskit jakaantuvat usealle eri toimijalle eikä Vapon omia pääomia sitoudu kuljetus- ja tuotantokalustoon. Toimiminen monitahoisessa ketjussa vaatii Vapon puolelta tehokasta toimitusketjujen hallintaa.

Yrittäjien sitouttaminen Vapon asettamiin tavoitteisiin on tärkeää niin tuotanto- kuin kuljetustoiminnoissa. Kuljetusyrittäjät ovat käytännössä Vapon kasvot asiakkaiden suuntaan toimittaessaan polttoainetta voimalaitoksille. Polttoaineiden myynti asiakkaille tapahtuu enimmäkseen keskitetysti, jolloin asiakkaan tarpeisiin pystytään vastaamaan niin energiaturpeen kuin –puunkin osalta. Polttoaineittain tarkasteltuna energiaturpeen myynti on koko maan laajuisesti selvästi suurempaa kuin puupolttoaineiden; tilikaudella 1.5.2014–30.4.2015 energiaturvetta myytiin 9,5 TWh, kun taas puupolttoaineiden myynti oli 1,6 TWh. (Vapo 2015c).

3 TOIMITUSKETJUT

Toimitusketjujen hallinta monen toimijan ketjussa on ensiarvoisen tärkeää. Huolellinen suunnittelu sekä tehokas valvonta varmistavat ketjun saumattoman toimivuuden. Polttoaineen toimitusketju voimalaitokselle voidaan tehdä monella vaihtoehtoisella tavalla. Sopivan tuotanto-, kuljetus- ja varastointitavan valinnalla on merkittävät kokonaisvaikutukset koko ketjun kannalta.

3.1 Ketjujen rakenteet

Karruksen (2003: 150) mukaan ketju-sanalla on logistiikassa useita toisistaan poikkeavia merkityksiä. Keskeisin käsite on hankintaketjun, tuotannon ja jakeluketjun käsittämä vertikaalinen ketju. Tämän ketjun osapuolina ovat kaikki arvonalisäysvaiheisiin osallistuvat tahot. Toisinaan ketjut taas ovat niin sanottuja horisontaalisia ketjuja, johon kuuluu joukko saman laatuista rinnakkaisia liikkeitä, joilla on yhtenäinen liikeidea ja joita ohjataan yhdessä.

Perusrakenteiltaan ketjut voivat siis poiketa toisistaan paljonkin. Logistiikan ja jakelun ketjut voivat olla esimerkiksi sarjallisia tai rinnakkaisia. Sarjalliselle ketjulle ominaista on, että siinä kullakin solmulla on vain yksi seuraaja- tai edeltäjäsolmu. Rinnakkaisessa ketjussa puolestaan kukin solmu toimii täysin itsenäisesti ja vastaa suoraan loppukäyttöön. Ketjut voidaan jaotella myös kokoaviin ja leviäviin ketjuihin, jolloin jaotteluperusteena toimii edeltäjä- ja seuraajasolmujen määrä. Kokoavissa ketjuissa solmuilla voi olla vain yksi seuraajasolmu, vaikka edeltäjäsolmuja olisikin useita. Leviävissä ketjuissa sen sijaan edeltäjäsolmuja voi olla vain yksi, mutta seuraajasolmuja on useita. Käytännössä ketjut ovat kuitenkin niin sanottuja sekamalleja, joissa on havaittavissa niin kokoavan kuin leviävänkin ketjun rakenteita. (Karrus 2003: 150–151.)

3.2 Logistiikkaketjut

Etäisyydet raaka-aineiden varastopaikoilta voimalaitoksille vaikuttavat merkittävästi biopolttoaineiden kuljetuskustannuksiin. Siispä logistiikan hallinnalla on ratkaiseva vaikutus koko toimitusketjun suorituskykyyn. Logistiikka käsitteenä on tunnettu vasta vähän aikaa, vaikka se onkin yrityksen perustoimintona vanha. Karrus (2003: 12–13) kuvaa sen materiaalisten hyödykkeiden toimittamiseen liittyvänä koordinoititehtävänä. Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen (2009: 462) määrittelevät logistiikan seuraavasti:

”Logistiikka on hankintojen, kuljetusten sekä varastoinnin (sekä niihin liittyvien tietovirtojen) strategista hallintaa yrityksessä ja jakeluketjuissa siten, että nykyinen ja tulevaisuuden kannattavuus maksimoituu tilanteen kustannustehokkaan toteutuksen kautta.”

Haverila ym. (2009: 462) tiivistävät logistiikan tavoitteen lyhyesti:

”Logistiikan tavoitteena on saada oikea tuote oikeaan paikkaan oikeaan aikaan mahdollisimman pienin kustannuksin.”

Logistiikan hallinta voidaan nähdä toimitusketjun hallinnan osana, joka suunnittelee, toteuttaa ja valvoo tehokkuutta muun muassa varastoinnissa, palvelussa ja tiedonkulussa siten, että asiakkaiden vaatimuksiin tulee vastattua (The Council of Supply Chain Management Professionals, CSCMP 2014). Logistiikan hallinnan merkitys energialiiketoiminnassa on suuri johtuen kuljetusten tehokkuuden merkittävästä vaikutuksesta koko toimitusketjun kannattavuuteen. Tahvanainen & Anttila (2011: 3373) selittävät energiapuun pitkän matkan kuljetusten lisääntymistä lähiaikoina, biopolttoaineiden kasvavan kysynnän lisäksi, sillä, että energiapuun tuotanto ja sen käyttöpaikat sijaitsevat entistä kauempana toisistaan eli ne eivät kohtaa maantieteellisesti.

Logistinen yhteistoiminta voi parhaimmillaan johtaa parempiin jakelureitteihin sekä pienempiin kuljetuskustannuksiin käsittäen myös oikea-aikaisen jakelun, mahdollisuuden toimia suuremmilla rahdeilla laajemmin sopimuksin sekä varastojen ja kuljetusresurssien optimoinnin. Mikäli kuljetusten kesken on epätasapainoa eli kuljetuskalusto kulkee tyhjänä lähtöpisteeseen, lasketaan se toiminnassa mukana olevien tahojen tappioksi. Jos kuljetusresurssien optimointi on suoritettu tarkoituksenmukaisella tavalla, siitä pääsevät hyötymään kaikki osapuolet. Meno-paluu –kuljetuksissa todelliset kuljetuskustannukset riippuvat pitkälti siitä, löytyykö paluukuljetukseen kuormaa. Toisin sanoen todelliset

kustannukset ovat jossain tyhjälle sekä täydelle kuormalle laskettujen kustannusten välillä. (Adenso-Diaz, Lozano & Moreno 2014: 534.)

3.3 Toimitusketjujen hallinta

Logistiikkaa laajemmalla käsitteellä toimitusketjun hallinnalla (Supply Chain Management) tarkoitetaan laaja-alaista toimittaja- ja jakeluketjun kehittämistä ja hallintaa. Toimitusketjujen hallinnan piirissä eri osapuolten toimintojen laaja-alaisempi yhteensovittaminen korostuu, millä voi olla kehittäviä vaikutuksia ketjun suorituskykyyn, kilpailukykyyn ja osaamiseen. Tavoitteena on lopulta kehittää toimitusketjusta mahdollisimman tehokas, jossa materiaalivirtojen hallinnan, osaamisen, tuotteiden, valmistusprosessien ja toimintojen kehittäminen koko toimitusketjun kanssa on toteutettu mahdollisimman tarkoituksenmukaisella tavalla. (Haverila ym. 2009: 465.)

CSCMP (2014) määrittelee toimitusketjun hallinnan käsittävän kaikki suunnittelu- ja hallintatoimet, jotka yhdistävät toimitus- ja kysyntäketjut tuoden toimittajat, asiakkaat sekä muut osapuolet yhteen. Yhteistä kaikille määritelmille on, että hankintalähteiltä käyttäjälle toteutettava tavarantoimitus tarvitsee monen eri toimijan työpanosta. Sakki (2014: 4) tiivistää määritelmän näin:

”Supply Chain Management liittyy tavara-, tieto- ja rahavirtoihin verkostossa, joka koostuu tavarantoimittajista, tuottajista, jakeluyrityksistä ja asiakkaista.”

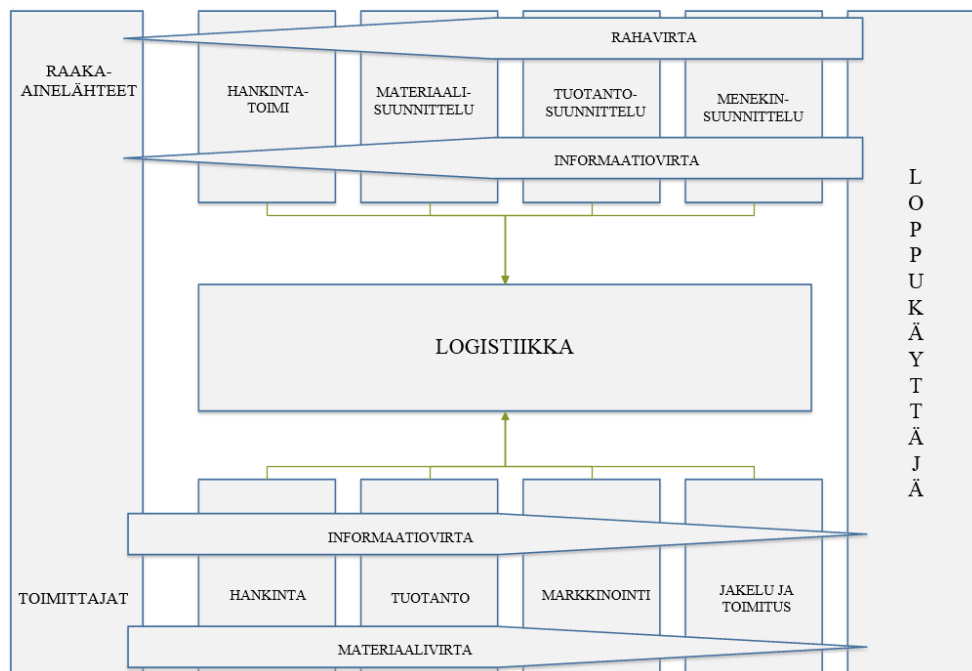
Mentzerin ym. (2001: 4) esittämän näkemyksen mukaan toimitusketju on vähintään kolmen organisaation tai yksilön joukko, joka on mukana tuotteiden, palvelujen, rahoituksen ja tiedon välittämisessä asiakkailleen ketjun kaikissa vaiheissa. Toimitusketjun hallinnalla sen sijaan tarkoitetaan niiden toimintojen strategista ja kokonaisuutta koskevaa koordinoitua, joka parantaa pitkän aikavälin suorituskykyä sekä yksittäisessä yrityksessä että koko toimitusketjussa (Mentzer ym. 2001: 18).

Toimitusketju voidaan nähdä kokonaisuutena, jossa keskeisessä osassa ovat kustannustehokkuus, asiakaslähtöisyys sekä lisäarvon tuottaminen (Ritvanen 2011: 22). Sakki (2014: 14) tiivistää toimitusketjun hallinnan tavoitteet kahteen pääkohtaan. Ensimmäinen tavoite on sisäinen kustannustehokkuus, johon päästään mm. välttämällä

turhia käsittelyvaiheita sekä pienentämällä varastoja; toisin sanoen työn ja pääoman tuottavuutta jatkuvasti parantamalla. Toinen tavoite on ulkoinen palvelutehokkuus, mikä tarkoittaa toiminnan jatkuvaa parantamista siten, että tavaroiden sijaan tarjotaan asiakkaille ratkaisuja.

Tavarat kulkevat toimitusketjussa yleensä yhteen suuntaan raaka-ainelähteiltä kuluttajille. Toimitusketjun käynnistymiseen tarvitaan kuitenkin kysyntää. Kysynnän sekä siihen liittyvän tiedon virta kulkeekin pääsääntöisesti vastakkaiseen suuntaan kuin materiaalivirta. (Sakki 2014: 5.)

Logistisessa toimitusketjussa on monta tekijää, joilta vaaditaan toimivaa yhteistoimintaa. Tällä on vaikutuksensa kaikkien ketjussa mukana olevien toimijoiden tulokseen. Tavoitteena onkin karsia kaikki asiakkaalle lisäarvoa tuottamattomat kustannustekijät pois (Hokkanen, Karhunen & Luukkainen 2011: 21). Kuvio 3 kuvaa virtojen kulkua logistisessa toimitusketjussa. Informaatiovirrat kulkevat niin loppukäyttäjältä raaka-ainelähteille kuin myös toimittajilta loppukäyttäjien suuntaan. Materiaalivirta puolestaan kulkee pelkästään toimittajilta loppukäyttäjälle päin. Vastikkeeksi materiaalivirralla rahavirta kulkee loppukäyttäjältä raaka-ainelähteiden suuntaan.



Kuvio 3. Logistinen toimitusketju (Hokkanen ym. 2011: 22).

3.3.1 Varastointi

Varastointi on osa logistiikkaan liittyvien eri tieteiden välistä toimintaa. Varasto-sanalla tarkoitetaan kahta asiaa. Ensinnäkin varastolla viitataan vaihto-omaisuuden materiaaliosuuteen eli jalostuksen ulkopuolella olevia yritykseen hankittuja materiaaleja. Varaston tekninen merkitys on fyysinen tila, jossa säilytetään kyseistä materiaalia. Mikä tahansa paikka, jossa tavaraa säilytetään joko lyhemmän tai pidemmän aikaa, voidaan siten määrittellä varastoksi. (Hokkanen ym. 2011: 125.)

Varastointi on yksi keskeisimmistä toimitusketjun toimivuuteen olennaisesti vaikuttavista elementeistä. Varastointia koskevilla ratkaisuilla on vaikutuksensa koko logistiseen ketjuun. Varastoihin sitoutuu paljon pääomaa, ja siksi varastointitasoja pyritään pitämään mahdollisimman alhaisina kaikissa toimitusketjun vaiheissa. Tällöin pääomaa vapautuu enemmän muuhun käyttöön. Varastotasojen pienentämällä raaka-aineet tai tuotteet saadaan toimitettua toimittajalta suoraan tuotantoon tai valmistajalta asiakkaalle ilman varastointia, mikäli toimitusajat saadaan optimoitua sopiviksi. Varastoinnin syitä ovat mm.:

- taloudellisten eräkokojen varmistaminen
 - saatavuuden turvaaminen
 - hyvän asiakaspalvelun turvaaminen
 - laaja tuotevalikoima
 - laaja asiakaskunta
 - epäluotettava toimittaja
 - varautuminen raaka-ainehintojen nousuun
 - raaka-ainetta saadaan vain osan vuotta tai sitä ei jatkossa tulla enää saamaan.
- (Ritvanen 2011: 79–80.)

On olemassa karkeasti ottaen kolme tapaa ratkaista biopolttoaineiden kysyntä- ja tuotantokausien huippujen eriaikaisuus: varastoon tuottaminen, tuotantokapasiteetin varastointi matalan kysynnän aikana sekä vaihtoehtoisten tuotantomenetelmien käyttö korkean kysynnän aikana. Ensimmäinen ratkaisu tasapainottamiseen on siis liikatuotannon varastointi ja toimitusten aloittaminen sitten, kun kysyntä ylittää tuotannon. Tämän ratkaisun etuna on, että se ei rasita korjuu- tai kuljetustoimintoja, vaikka puskuritasot kasvavat suuriksi. Haittapuolena voidaan mainita suurten pääomien sitoutuminen varastoihin sekä tuotteessa tapahtuvat laadun heikennykset. (Andersson ym. 2002: 75.)

Tuotantokapasiteetin varastoinnilla varmistetaan, että kysynnän kasvaessa käytettävänä on tarvittava määrä tuotantokapasiteettia. Tämä tarkoittaa esimerkiksi tilapäisten urakoitsijoiden rekrytoimista metsäenergian korjuutöihin. Pääomien sitoutuminen on tässä mallissa minimaalista, mutta tuotantosuunnitelmat vaihtelevat kausittain aiheuttaen myös vaihtelevuutta työvoiman tarpeessa. Myös kestävien yhteistyösuhteiden luominen urakoitsijoiden ja polttoainetoimittajan välillä on heikompaa. (Andersson ym. 2002: 76.)

Kolmas ratkaisu kausivaihteluihin vastaamiseen on vaihtoehtoisten tuotantomenetelmien käyttö. Metsäenergian korjuun osalta eräs varteen otettava vaihtoehto ovat maatalouden sekä maanrakennuksen tuotantokoneet. Tässä ratkaisussa varastoihin ei ole sitoutunut suuria pääomia, ja lisäksi tilojen sekä koneiden ja laitteiden käyttö on joustavaa ja edesauttaa teknillistä kehittymistä. Samalla se voi lisätä ympärivuotisia sopimuksia yrittäjien kanssa. (Andersson ym. 2002: 76.)

3.3.2 Kysynnän vaikutus tuotanto- ja toimitusketjuihin

Biopolttoaineiden markkinat ovat toisaalta hyvin ennakoitavia, mutta niihin sisältyy myös yllättävistä kysyntään vaikuttavista epävarmuustekijöistä johtuva riski. Polttoaineiden kysyntähuipun ajoittuminen vuoden kylmimpään ajanjaksoon on ennakoitavissa oleva asia, kun taas esimerkiksi voimalaitoskattilan korjaustoimenpiteitä vaativa rikkoutuminen on yleensä ennakoimatonta. Kyseiselle voimalaitokselle toimitetun polttoaineen kysyntä lakkaa korjaustoimenpiteiden ajaksi. Kysyntä voi myös yllättäen kasvaa esimerkiksi vuodenaikaan nähden epätyypillisen kylmän ajanjakson vuoksi.

Kaikilla edellä mainituilla tekijöillä on ominaislaatuiset vaikutuksensa kysyntään ja polttoainetoimittajalta edellytetään joustavaa varautumista kysynnän muutoksiin. Tätä joustavaa vastaamista kysynnän muutoksiin kuvataan sanalla *agility* (Christopher 2011: 99), joka voidaan suomentaa ketteräksi. Ketterää kysyntään vastaamista vaaditaan toimintaympäristössä, jossa ennakoimattoman kysynnän lisäksi esiintyy paljon vaihtelevuutta kysytyyn tuotteen ominaisuuksien suhteen.

Lean-toimintamallin avulla sen sijaan pyritään mahdollisimman pieniin varastoihin niin komponenttien kuin keskeneräisten tuotteiden osalta sekä ajoittamaan tuotanto mahdollisimman oikeaan ajankohtaan. Kyseinen toimintamalli sopii parhaiten liiketoimintaan, jossa on korkeat volyymit, matala vaihtuvuus tuotteissa, pitkä

läpimenoaika (lead time) sekä ennustettava toimintaympäristö. *Lean*-mallin mukainen tuotantotapa ei kuitenkaan ota huomioon asiakkaiden nopeasti vaihtuvaa kysyntää, vaan tuotantopäätökset perustuvat aikaisemman tiedon valossa tehtyihin ennusteisiin. (Christopher 2011: 99–100, 102.)

Polttoaineiden toimitusketjut vaativat kestävien ja tuottavien asiakassuhteiden säilyttämiseksi sekä pitkän aikavälin tuotanto- ja toimitussuunnitelmia että lyhyellä varoitusajalla tapahtuvaa nopeaa reagointia asiakkaiden tarpeiden muutoksiin. Tätä voidaan kuvata *hybrid*-toimintamalliksi (Christopher 2011: 101), jossa yksi ratkaisu on varastoida komponentteja tai keskeneräisiä tuotteita, joista saadaan asiakkaan tilauksen saapuessa nopeasti valmistettua asiakkaan toiveiden mukainen tuote.

Vapon toimintaympäristössä *hybrid*-toimintamallin sovellettavuus näkyy esimerkiksi terminaalitoiminnassa. Terminaaleissa varastoidaan hakkeen raaka-aineita, kuten rankaa, kokopuuta ja hakkuutähteitä. Näistä raaka-aineista voidaan valmistaa asiakkaan laatu-, kustannus- ja aikavaatimukset täyttäviä hake-eriä, jotka toimitetaan terminaalista asiakkaalle. Laajemmin tarkasteltuna Vapon liiketoiminnassa *hybrid*-malli näkyy myös turvetuotannon puolella. Perusteena tälle ovat tuotanto-olosuhteiden rajoittuminen vain kesäajalle, jolloin kootaan varastot vastaamaan tulevien lämmityskausien kysyntään. Edellä kuvatuista varastointimuodoista voidaan käyttää nimeä strateginen varastointi. Sillä pyritään tuottamaan asiakasräätälöityjä ja ns. markkinasensitiivisiä ratkaisuja, joiden lähtökohtana on ennusteisiin pohjautuvan tuotantomenetelmän sijaan todelliseen kysyntään perustuvat tuotanto- ja toimitussuunnitelmat (Christopher 2011: 102).

Täysin ketterää, asiakkaiden kysynnän mukaan määräytyvää, biopolttoaineiden toimitusketjua voi kuitenkin olla lähes mahdotonta rakentaa johtuen niihin olennaisesti liittyvien fysikaalisten ja kemikaalisten ominaisuuksien vuoksi. Esimerkiksi laadukkaan hakkuutähdehakkeen matka korjuupaikasta voimalaitokselle voi viedä vuodenkin sen vaatiman kuivattamisen vuoksi. Toisaalta tätä kauemmin hakkuutähteitä ei kannata varastoida suuresta neulaspitoisuudesta johtuvien kuiva-ainetappioiden vuoksi (Laitila, Leinonen, Flyktman, Virkkunen & Asikainen 2011:46).

Voimakkaat kausivaihtelut niin raaka-aineen hankinnassa kuin valmiin metsähakkeen kysynnässäkin ilmenevät väistämättömänä tarpeena pitää varastoja vähintään yhdessä vaiheessa ketjua. Kysymykset siitä, onko varastojen sijainti oikea ja onko niihin varastoitu

materiaali nopeasti muutettavissa vastaamaan asiakkaan tarpeita, jäävät toimitusketjussa mukana olevien toimijoiden pohdittavaksi osana toimitusvarmuuden ja kannattavuuden parantamista.

3.3.3 Toimitusketjun toimivuus

Jokaisen yksittäisen toimitusketjun osatekijän tarkastelun sijaan tärkeämpää on ketjun tuotantomenetelmien kokonaisvaltainen huomioon ottaminen. Ketjun suunnittelussa huomioitavat tekijät voidaan jakaa kahteen ryhmään: toimitusketjun arkkitehtuuriin vaikuttavat tekijät sekä toimitusketjun toimivuuden varmistavat tekijät. Yksi toimitusketjun arkkitehtuuriin kuuluva tekijä on eri toimintojen optimaalinen sijoittelu ketjun sisällä. Yhtä tärkeää on kaikkien eri toimintojen muunneltavuus vastaamaan kysynnän vaihteluihin sekä muihin olosuhdemuutoksiin. (Gold ym. 2010: 39.)

Bioenergian tuotantoon liittyy paljon monimutkaisuutta johtuen esimerkiksi erilaisista markkinasegmenteistä ja toimitusketjun toimijoista. Lisäksi monien eri raaka-aineresurssien yhdistelmät, erilaiset hakkuumenetelmät sekä kuljetuksiin liittyvät vaatimukset ovat osaltaan vaikuttamassa ketjujen monimuotoisiin rakenteisiin. Kuitenkin ketjun toimivuuden kannalta tärkeimmiksi toimijoiksi määritellään usein energiayhtiöt sekä polttoainetoimittajat, joiden osuutta koko ketjun kannalta voidaan pitää ratkaisevan tärkeänä. (Gold ym. 2010: 39.)

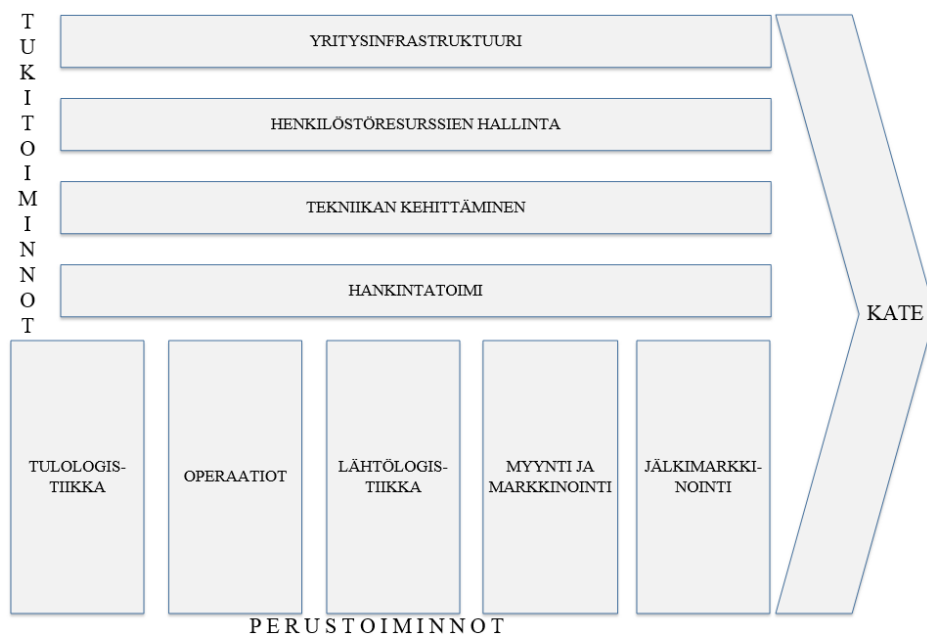
Tuotannon laajuus on yksi merkittävimmistä tekijöistä, joka vaikuttaa toimitusketjun suunnitteluun. Verrattuna fossiilisiin polttoaineisiin, bioenergian tuotanto on mittakaavaltaan pientä, mutta sen logistiset haasteet ovat laajuudeltaan suuria. Tämä johtuu siitä, että biomassalla on suhteellisen matala lämpöarvo, minkä yksi seuraus on, että kuljetuskertoja suhteessa tuotettuun energiamäärään on useampia. Yleisesti voidaan todeta, että mitä matalammat kokonaiskustannukset raaka-ainekuljetuksista aiheutuu sekä mitä enemmän biomassaa on saatavilla voimalaa ympäröivällä alueella, sitä laajempi on ketjun optimaalinen toiminta-alue. Suurimmat kannustimet laajan mittakaavan bioenergiatuotantoon ovat esimerkiksi sen tuomat kustannushyödyt sekä mahdollisuus käyttää biojalostamoja tuottamaan biomassasta energiantuotannon lisäksi myös muita tuotteita. (Gold ym. 2010: 39.)

Toimitusketjun toimivuuden mahdollistaviksi tekijöiksi lasketaan työkalut ja menetelmät, joilla parannetaan ketjun toimivuutta esimerkiksi logistiikan, jalostamisen ja johtamisen osa-alueilla. Yhtenä kriittisimmistä biopolttoaineiden toimitusketjujen osana pidetään logistiikkaa, josta riippuu moni muukin ketjun osatekijä. Logistiikan lisäksi voidaan nostaa esiin myös biomassan tehokkaan käytön tuomat kustannussäästöt ketjua parantavana tekijänä. (Gold ym. 2010: 40.)

3.4 Arvoketjut

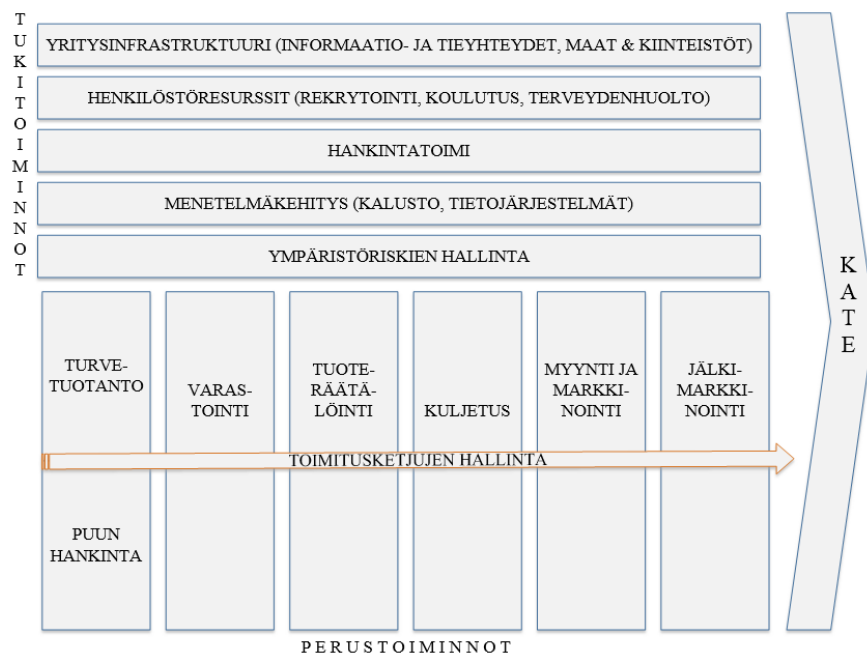
Arvoketju tarkoittaa monen eri toimijan muodostamaa ketjua, jonka läpi kulkiessaan raaka-aine jalostetaan vaihe vaiheelta valmiiksi tuotteeksi. Myös yritysten sisällä on omat arvoketjut, joiden yksittäisiä vaiheita ovat esimerkiksi hankinta, tuotekehitys, valmistus, markkinointi, jakelu ja jälkimarkkinointi. Hyödykkeen arvon kasvu jokaisessa vaiheessa tulisi olla suurempaa kuin kyseisestä työvaiheesta aiheutuvat kustannukset. (Sakki 2014: 5.)

Ketjun luotettavuus määräytyy loppujen lopuksi sen heikoimman osatekijän mukaan. Yrityksen läpi virtaava materiaali ja sen jalostus muodostavat tuotteen arvoketjun, jonka hallinnalla pyritään minimoimaan loppukäyttäjää hyödyttämätön arvonlisä. (Hokkanen ym. 2011: 19.) Porter (1985) kuvaa arvoketjun kokonaisuutena, jossa ketjun osatekijät on jaettu perus- ja tukitoimintoihin (Kuvio 4). Se havainnollistaa hyvin kuinka loppukäyttäjälle menevän tuotteen arvoa lisäävät muutkin kuin suoraan tuotteeseen kosketuksissa olevat perustoiminnot. Esimerkiksi tekniikan kehittämisellä voidaan lisätä tehokkuutta operaatioissa ja sitä kautta saavuttaa tehokas arvoketju, joka lisää arvoa loppukäyttäjälle.



Kuvio 4. Arvoketju Michael E. Porterin mukaan. (Hokkanen ym. 2011: 19.)

Porterin mallia soveltaen voidaan Vapon toimittamista polttoaineista kuvata kuvion 5 mukainen arvoketju. Siinä perustoimintoina ovat turvetuotanto ja puun hankinta, varastointi, tuoteräätälöinti, kuljetus, myynti ja markkinointi sekä jälkimarkkinointi. Tuoteräätälöinti tarkoittaa tässä yhteydessä esimerkiksi asiakkaiden toiveiden mukaisen polttoaineen toimittamista, toivottuihin toimitusaikoihin vastaamista tai polttoaineen hinnoitteluun liittyviä räätälöintejä. Kaikki perustoiminnot vaativat saumattoman toiminnan varmistamiseksi kokonaisvaltaista toimitusketjujen hallintaa, jolla koordinoidaan ketjua toivottuun suuntaan. Yhdeksi keskeiseksi toimitusketjun hallinnan osatekijäksi voidaan nostaa sidosryhmäsuhteiden ylläpito, sillä monet toimitusketjujen vaiheet hoidetaan yrittäjälähtöisesti.



Kuvio 5. Vapon toimittamien polttoaineiden arvoketju Porterin mallia soveltaen.

3.5 Mittarit ja tunnusluvut

Mittareiden ja tunnuslukujen avulla mitataan logistiikka- ja toimitusketjujen suorituskykyä. Toiminnan volyyymi- ja tuloksellisuustietoja edellytetään esimerkiksi yritysjohdon taholta. Yksittäisestä mittarista saatavan luvun jalostaminen tunnusluvuksi vaatii sen suhteuttamista johonkin toiseen mittaristosta saatavaan lukuun. Mittareiden ja tunnuslukujen avulla voidaan seurata toiminnan kannattavuutta ja kehityskohteita edellyttäen, että niitä on riittävästi ja ne on määritelty ja valittu tarkoituksenmukaisesti. Lisäksi niitä on seurattava jatkuvasti. (Ritvanen 2011: 101.) Mittareilla voidaan mitata esimerkiksi seuraavia toimitusketjun suorituskykyyn vaikuttavia asioita:

- luotettavuus (täydelliset toimitukset, %)
- vasteaika (toimitusaika)
- joustavuus (volyymimuutoksiin reagoiminen)
- kustannukset (kokonaiskustannukset ketjussa)
- pääoma (ROI, varaston riitto). (Ritvanen 2011: 101.)

Vapo seuraa omien toimitusketjujensa suorituskykyä mm. toimitettu/tilattu-mittarin avulla. Mittari seuraa sekä alueittain että asiakkaittain toimitetun polttoaineen määrän suhdetta asiakkaan tilaamaan tarpeeseen. Toimitusketjun suorituskykyä mitataan siis hyvin konkreettisella tavalla toimitusmääriä seuraamalla. Joustavuutta eli volyyminmuutoksiin reagoimista ei mitata millään erillisellä mittarilla, vaan muutokset näkyvät suoraan tilattujen toimitusten määrässä. Näihin muutoksiin pyritään luonnollisesti vastaamaan tilanteen vaatimalla tavalla.

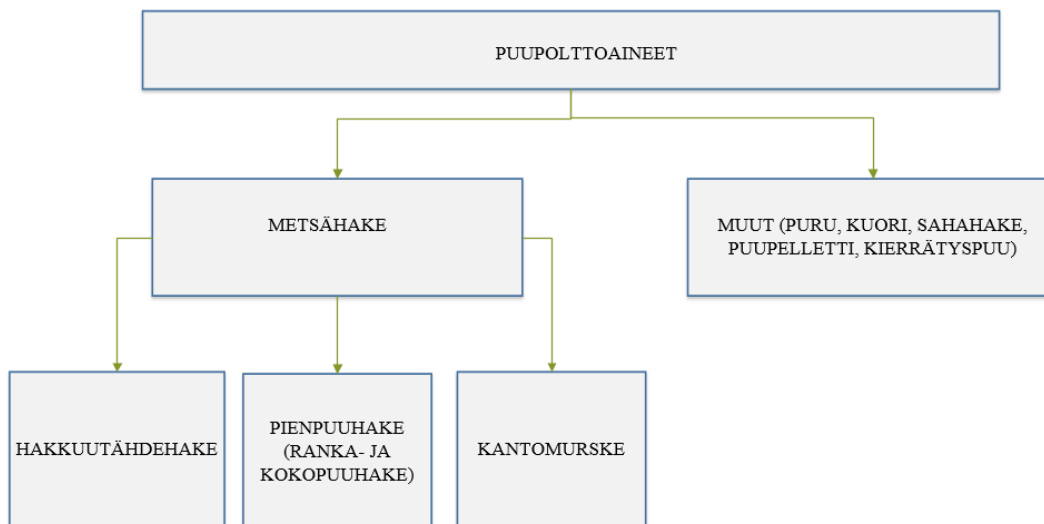
Toimitusketjujen suorituskykyä voidaan määritellä myös subjektiivisin perustein. Sidosryhmien, erityisesti asiakkaiden, kokema palvelutaso on tärkeässä roolissa mitattaessa toimitusten suorituskykyä. Vapo teettää vuosittain asiakkailleen asiakastyytyväisyyskyselyä, jossa selvitetään asiakkaiden kokemuksia Vaposta polttoaineiden toimittajana. Asiakkaiden tyytyväisyyttä toimituksiin määritellään esimerkiksi toimitusvarmuuden, laadun, ammattitaitoisen henkilöstön, tilausjärjestelmän sekä hinta-laatusuhteen kautta. Myös asiakkaiden hankintojen kehittymistä seurataan tuotteittain, mistä osaltaan voidaan päätellä asiakkaiden tyytyväisyyttä kyseisen tuotteen toimitukseen.

Vapon liiketoiminta perustuu luonnonvarojen hyödyntämiseen. Polttoainetuotanto ja -hankinta vaativat vilkasta vuoropuhelua kaikkien sidosryhmien kesken sekä vastuullisuutta kaikilla osa-alueilla, missä Vapo tai sen alihankkija toimii. Tämä edellyttää yhteistyö- ja ongelmanratkaisukykyä. Kyselyjen avulla selvitetään lisäksi merkittävimmät asiakassuhteen solmimiseen vaikuttavat tekijät, minkä pohjalta on mahdollista, muiden hyötyjen lisäksi, solmia uusia toimivia asiakassuhteita. Asiakkaiden esittämien mielipiteiden perusteella voidaan tehdä analyysiä siitä, mitä vahvuuksia, heikkouksia, mahdollisuuksia ja uhkia Vapon asiakassuhteisiin liittyy.

3.6 Puupolttoaineiden toimitusketjut

Vapon toimittamien puupolttoaineiden tuotevalikoima jakautuu kuvion 6 mukaisesti. Merkittävin polttoaine on metsähake, jonka raaka-aineena käytetään hakkuutähdettä, pienpuuta ja kantoja. Muita puupolttoaineita ovat mekaanisen puunjalostuksen sivutuotteet,

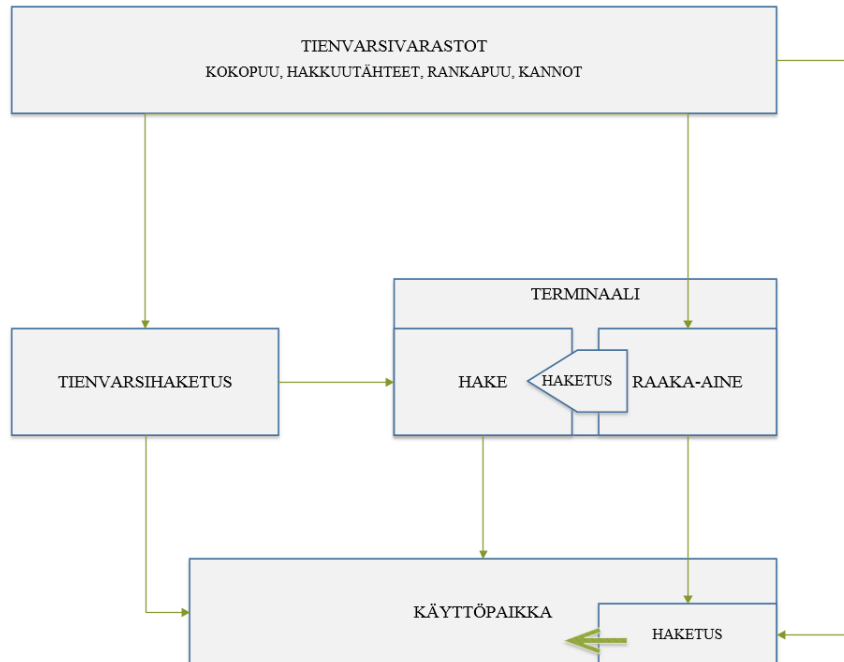
kuten puru, kuori ja sahaake sekä puupelletit. (Vapo 2015d.) Tässä tutkielmassa keskitytään kuitenkin vain metsähakkeen toimitusketjuihin.



Kuvio 6. Puupolttoainetuotteet.

Vapon toimittaman metsähakkeen toimitusketjut etenevät kuvion 7 mukaisesti. Ketju on kuvattu alkamaan tienvarsivarastosta, mihin hakkuutähteet, pienpuu ja kannot on kuljetettu korjuuleimikoilta. Puun kuivuminen toivottuun toimituskosteuteen tienvarsivarastossa vaatii avoimen alueen sekä varsinkin hakkuutähteillä varastokasan peittämisen. Tienvarsivarastolta käyttöpaikalle on mahdollista edetä kahta vaihtoehtoista ketjua pitkin. Näitä kahta vaihtoehtoa on mahdollista räätälöidä edelleen tilanteen mukaan. Ensimmäinen vaihtoehto on tienvarsihaketus, jossa hakkuri ajetaan tienvarsivarastolle. Hakkuri syöttää hakkeen suoraan autoon, minkä jälkeen hake kuljetetaan tienvarresta suoraan käyttöpaikalle tai poikkeuksellisissa tilanteissa terminaaliin, johon hake varastoidaan odottamaan asiakastilausta.

Raaka-aineiden ajaminen terminaaliin hakettavaksi on toinen pääasiallinen vaihtoehto. Terminaalissa puun voidaan antaa vielä kuivua, minkä jälkeisiä vaiheita ovat haketus sekä kuljettaminen käyttöpaikalle. Mikäli käyttöpaikalla on olemassa edellytykset käyttöpaikkahaketukselle, on olemassa teoreettinen mahdollisuus kuljettaa puu raaka-aineena perille asti; joko terminaalivarastoinnin kautta tai suoraan tienvarsivarastolta.



Kuvio 7. Metsähakkeen toimitusketjut.

Koko Suomen tasolla tienvarsihaketus on yleisin tuotantoketju pienpuu- ja hakkuutähdehakkeen osalta (58 % ja 80 %). Kantomurskeessa puolestaan terminaalmurskausta voidaan pitää päätuotantomuotona sen kattaessa 54 % kaikista kantomurskausmenetelmistä. Kokonaisuutena tarkasteltuna metsähakkeen tuotantoketjuista tienvarsihaketus nousee 50–60 % osuudellaan merkittävimäksi tuotantoketjuksi terminaalihaketuksen kattaessa 29 % ja käyttöpaikkahaketus noin 14 %. Palstahaketuksen osuus on merkityksetön, koska sitä ei enää käytetä Suomessa laajemmassa mittakaavassa. (Strandström 2015: 13–18.)

Tuotantoketjun valintaan vaikuttaa monet tekijät. Ketjun alkupäässä korjuuolot sekä tienvarsiavarastotilat määrittelevät pitkälti tuotantomenetelmän. Myös kuljetusmatkat, lämpö- ja voimalaitosten käyttömäärät ja varastotilat sekä saatavissa oleva tuotantokalusto tuovat oman vaikutuksensa tuotantoketjuun. Tuotettavaa metsähakelajia (pienpuu-, hakkuutähde- kantohake) tai tuotantoketjun kustannuksia ei voida pitää merkityksettöminä sopivinta tuotantoketjua valitessa. Edellä kuvatut ketjut voidaan jakaa haketuspaikan mukaan keskitetyn ja hajautetun haketuksen menetelmiin.

3.6.1 Keskitetyn haketuksen menetelmä

Keskitetyksi haketusmenetelmäksi luetaan terminaaleissa ja käyttöpaikoilla tapahtuvat hakemukset, kun taas hajautettua menetelmää edustaa tienvarsihaketus. Menetelmät poikkeavat toisistaan saavutettujen hyötyjen ja niiden kohtaamien haasteiden perusteella. Keskittämisestä saavutettavat merkittävimmät edut ovat suuremmat vuosituotokset, korkeammat koneiden käyttöasteet ja alemmat haketuskustannukset. Hakettaminen terminaalissa tai käyttöpaikassa ei ole samalla tavalla sidoksissa kuljetuskalustoon kuin hajautetussa menetelmässä. Tällöin vältetään turhat odotteluajat eikä pääse syntymään ns. kuumaa ketjua, vaan käytettävissä olevalla kalustolla voidaan työvaiheet tehdä niin tehokkaasti kuin mahdollista. (Laitila ym. 2011:34.)

Keskitetyn menetelmän heikkoustehtävänä on terminaaliin suuntaavien hakkuutähde-, kokopuu- ja kantokuljetusten kuormakokojen jääminen pieneksi. (Laitila ym. 2011: 34). Terminaaliin ei useimmissa tapauksissa ole kannattavaa kuljettaa hakkuutähteitä, ja kantojakin kuljetetaan terminaaliin hakettavaksi vain poikkeustapauksissa. Sen sijaan kokopuun kuljettaminen terminaaliin odottamaan haketusta voi useimmissa tapauksissa olla kannattavaa.

Terminaalit parantavat toimitusvarmuutta olemalla puskurivarastona esimerkiksi kelirikko- ja kulutushuippujen aikoina. Myös laadun kontrollointi on paremmalla tasolla terminaaleissa kuin tienvarsivarastoilla. Lisäksi terminaalihaketuksen on sen paikallaan pysyvyyden vuoksi helppo löytää urakoitsijoita. Kustannuksia lisääviä toimenpiteitä terminaalissa puolestaan ovat useammat hakkeen ja hakepuun käsittelyvaiheet sekä mahdollinen ristiin kuljetus. Ristiin kuljetusta voi tapahtua, kun puuta kuljetetaan ensin metsästä terminaaliin ja sieltä voimalaitokselle. Terminaalihaketuksen huonoina puolina ovat terminaalikentän kalliiden rakentamiskustannusten lisäksi varastotilan suuri tarve. (Laitila ym. 2011: 34,37; Laitila, Rytönen & Nuutinen 2013: 5.) Terminaalien toimitusvarmuutta sen sijaan lisää sen ominaisuus toimia usean eri laitoksen puskurivarastona sekä sen toimiminen usean pienemmän erän haketuspaikkana.

Terminaalien rakentamiskustannuksia on mahdollista pienentää järkevillä terminaalin sijaintivalinnoilla. Vapon liiketoiminnassa turvetuotantoalueiden käyttö esimerkiksi käsittelyterminaalina on mahdollista. Turvetuotantoalueilla oleva tieverkosto ja valmis toimituslogistiikka mahdollistavat myös ympärivuotisen toiminnan.

Haketuksen tuottavuuteen merkittävimmin vaikuttavat raaka-aine, varastojärjestelyt sekä hakkurin ominaisuudet (Kärhä 2005: 30). Mitä myöhemmässä vaiheessa haketus tapahtuu, sitä suuremmaksi kasvaa käytettävien laitteiden koko ja sitä pienempi on työvoiman tarve. Samalla voidaan saavuttaa mittakaavaetuja, mikäli toimitusmäärät ovat riittävän suuria. Rinteen (2010: 23) mukaan käsittelemättömän raaka-aineen kuljetus on 1,5-2 kertaa niin kallista kuin valmiin hakkeen tai murskeen kuljetus. Toisaalta käyttöpaikalla tapahtuva haketus tai murskaus on edullisin menetelmä vain lyhyillä kuljetusmatkoilla, mutta sen käyttöä saattavat rajoittaa sopivan paikan puuttumisen lisäksi myös lisääntyvästä liikenteestä johtuvat haitat muulle yhteiskunnalle. Lisäksi käyttöpaikkamurskaus on mahdollista vain suurille voimalaitoksille korkeiden investointikustannusten takia. (Rinne 2010: 23–24.)

3.6.2 Hajautetun haketuksen menetelmä

Vaihtoehtona keskitetyille menetelmälle on hajautettu menetelmä, jossa haketuotanto tapahtuu välivarastolla. Välivarasto- eli tienvarsihaketusmenetelmää voidaan kuvata hakkeen tuotannon perusratkaisuksi, joka sopii toimitettaessa haketta niin pienille kuin suurillekin käyttöpaikoille. Tässä menetelmässä haketus ja kuljetus ovat kytkeytyneet tiiviisti toisiinsa eikä niitä voida limittää. Toisin sanoen odotusaikoja tulee joko hakkurille tai hakeautolle. Hajautetun menetelmän vahvuutena on auton kantavuuden ja kuormakoon maksimaalinen hyödyntäminen, mikä tarkoittaa tehokkuutta pitkillä kaukokuljetusmatkoilla. (Laitila ym. 2011: 37–38.)

Tienvarsihaketus on usein edullisempi ratkaisu kuin käyttöpaikkahaketus. Etenkin pienen irtotiheyden metsätähteiden kuljettaminen kaukaa käyttöpaikalle ei kannata. (Rusanen 2013: 4.) Myös valmiin metsähakkeen kuljetus on suunniteltava siten, että tyhjänä ajoa tulisi mahdollisimman vähän. Tässä merkittävässä roolissa on haketuspaikkojen keskittyminen paikallisesti.

Huoltovarmuuden kannalta kestävin ratkaisu lämpö- ja voimalaitosten näkökulmasta on käyttöpaikkaterminaali. Käyttöpaikkavarastoilla voidaan suojautua esimerkiksi toimitushäiriöitä vastaan. Myös energiapuun hinnannousua vastaan omat varastot antavat voimalaitoksille suojaa lisäen samalla huoltovarmuutta ja mahdollistaen paremman

joustavuuden energiapuutoimituksissa. Lisäksi kiinteän hakkurin tai murskaimen häiriöihin on syytä varautua riittäväillä hakevarastoilla. (Rusanen 2013: 4.)

Aina ei kuitenkaan ole mahdollista varastoida suuria määriä käyttöpaikoille. Laajenevat kaupungit ovat jättäneet sisäänsä vanhat voimalaitokset, joten energiapuuterminaalit on jouduttu rakentamaan kauemmas. Myös melurajoitukset rajoittavat osaltaan haketusta ja murskausta voimalaitosalueella. Usein käyttötarkoitukseen sopivampi ja edullisempi tontti terminaalille löytyykin muualta kuin käyttöpaikalta. (Rusanen 2013: 6-7.) Ympäristölle koituvien haittojen näkökulmasta hajautetun menetelmän käyttäminen on vähemmän ongelmallista, koska useimmiten tienvarren haketuspaikat sijaitsevat kaukana asutuksista. Toisaalta tienvarressa hakettaminen voi haitata muuta liikennettä siinä määrin, että siitä koituu haittaa esimerkiksi lähiseudun asukkaille ja muille tiellä liikkujille. Myöskään pöly- ja meluhaittoja ei voida jättää huomioimatta.

3.6.3 Haketus- ja kuljetussopimukset

Vapo ostaa hakkuutähteitä, kantoja ja kokopuuta puun korjuun suorittaneilta toimijoilta alueellisen hankinta- ja toimitussuunnitelman mukaisesti, minkä pohjalta solmitaan hankintasopimuksia. Hankittujen metsähakkeen raaka-aineiden varastopaikat ilmoitetaan hakkuriyrittäjälle, joka suunnittelee haketusjärjestyksen varastopaikkojen välillä. Metsähakkeen toimitusketjussa ei ole ainakaan vielä käytössä ajoneuvopäätelijärjestelmää, johon tiedot toimitettavista kuormista tulisi. Erityisesti terminaalihaketusketjussa ajojärjestelijän lähettämät tiedot toimituksista päätelaitteiden kautta voisi parantaa reaaliaikaisten tilaustietojen jakamista.

Vapo on ulkoistanut haketuksen ja sen kuljettamisen ulkopuolisille yrityksille. Sopimukset solmitaan joko lämmityskausittain tai pidemmiksi ajoiksi. Useimmiten sopimukset käsittävät sekä haketuksen että hakkeen kuljetuksen lämpö- ja voimalaitoksille, mikä takaa ketjun sujuvuuden ja vähentää monitahoisiin yrityssuhteisiin olennaisesti liittyvää riskiä. Kun sekä haketus että kuljetus ovat saman yrittäjän vastuulla, toimituskustannukset sekä koko ketjun kustannusrakenne ovat paremmin ennakoitavissa.

3.6.4 Kustannustekijät

Toimitusketjujen kustannuksia voidaan ilmoittaa monilla erilaisilla yksiköillä, kuten €/i-m³ (irtokuutiometri), €/kiinto-m³, €/MWh ja €/t. Kaikkien edellä mainittujen yksiköiden taustalla on kuitenkin aikayksikköä kohden laskettavat kustannukset (€/h). Ajanmenekkiin ja sitä kautta kustannuksiin vaikuttavat mm. kuljetettava raaka-aine, sen laatu ja mahdolliset epäpuhtaudet, kuljetuskaluston kuormatilan koko, kuorman täytön huolellisuus sekä luonnollisesti myös kuljetettava matka. Polttoaineen myyjän ja toimituksia suorittavan yrityksen solmimat kuljetussopimukset ohjaavat kuljetuskustannusten muodostumista. Sopimuksessa sovittua korvausta suuremmiksi kasvavat kustannukset koituvat siten kuljetusyrittäjän tappioksi.

Lämmöntuotannossa käytetyn metsähakkeen valmisteveron sisältämä hinta syyskuussa 2015 oli keskimäärin 21,13 €/MWh (Tilastokeskus 2015b). Ihalainen & Niskanen (2010: 6) esittävät metsäenergian tuotannon arvoketjun janamuodossa (Kuvio 8), joka havainnollistaa lopullisen, käyttöpaikalla näkyvän, kustannuksen koostumuksen. Metsähakkeen käyttöpaikkahintaan vaikuttavat siis kantohinta, organisaatiokustannukset, korjuukustannukset, metsäkuljetus- ja kaukokuljetuskustannukset sekä haketuskustannukset. Haketuskustannuksiin vaikuttaa olennaisesti paikka, jossa haketus tapahtuu.



Kuvio 8. Metsäenergian tuotannon arvoketju (Ihalainen ym. 2010: 6).

Tuotettaessa metsähaketta kustannukset jakautuvat koneista, työolosuhteista, työntekijöistä, organisaatiosta ja tuotteesta johtuviin tekijöihin. Kustannustekijöistä ja niiden vaikutuksista tarvitaan tietoa arvioitaessa eri korjuuteknologioiden ja – menetelmien soveltuvuutta ja kilpailukykyä monissa erilaisissa toimintaympäristöissä. Esimerkiksi työkoneiden käyttötuntikustannukset voidaan jakaa työkustannuksiin, kiinteisiin käyttökustannuksiin, pääomakustannuksiin sekä yrittäjän voittomarginaaliin. Myös toiminnan

organisointimenetelmien arviointi vaatii kustannustekijöiden vaikutusten tuntemusta. (Ihalainen ym. 2010: 7, 12.)

Metsäbiomassa, etenkin kantojen osalta, on hankintaketjun alkupäässä halpa- tai joskus jopa ilmaistuote, josta metsänomistaja hyötyy, ei niinkään rahallisen korvauksen, vaan enemmänkin metsänhoitoetujen kautta. Energiapuuharvennuksissa korjattavasta pienpuusta maksetaan tyypillisesti pinta-alan tai korjatun energiapuumäärän mukaan. Paikoitellen energiakäyttöön korjatusta kokopuusta on maksettu jopa korkeampaa hintaa kuin kuitupuusta. Latvusmassasta puolestaan maksetaan kohteesta saatavan ainespuun kertymään sidottua hintaa. (Ihalainen ym. 2010: 9.)

Metsäteollisuuden kuitupuulle asettamat vähimmäismitat asettavat rajat sille, kuinka paljon pienpuuta ohjautuu energiakäyttöön ja kuinka suuret tuotantokustannukset pienpuulle syntyy. Myös kalliit tuotantokustannukset muihin puupolttoaineisiin nähden määrittelevät rajat pienpuuhakkeen tuotannolle. Esimerkiksi korkeat hakkuukustannukset kasvattavat energiapuun hankintakustannuksia. Vastaavia kustannuksia ei synny esimerkiksi hakkuutähdehakkeesta. (Heikkilä ym. 2005: 7.) Pienpuun kalliista kaadosta ja kasauksesta johtuen rankahakkeen tuotantokustannukset voivat olla jopa kaksi kertaa korkeammat kuin hakkuutähdehakkeella (Laitila ym. 2011: 27–28).

Myös rankapuiden karsinnasta johtuva hakkuukertymän väheneminen lisää omalta osaltaan organisaatiokustannuksia sekä koneiden siirtokustannuksia, koska sama työmäärä tarkoittaa vähempää määrää hankittua puuta. Korkeammat korjuukustannukset tulisivat kuitenkin katetuksi, mikäli rankapuun käyttöarvo olisi kokopuuta korkeampi. Rankapuun korjuusta aiheutuva etu on kuitenkin se, että rankojen mukana kulkeutuu pois metsästä vähemmän ravinteita kuin kokopuun mukana. (Heikkilä ym. 2005: 52–53.)

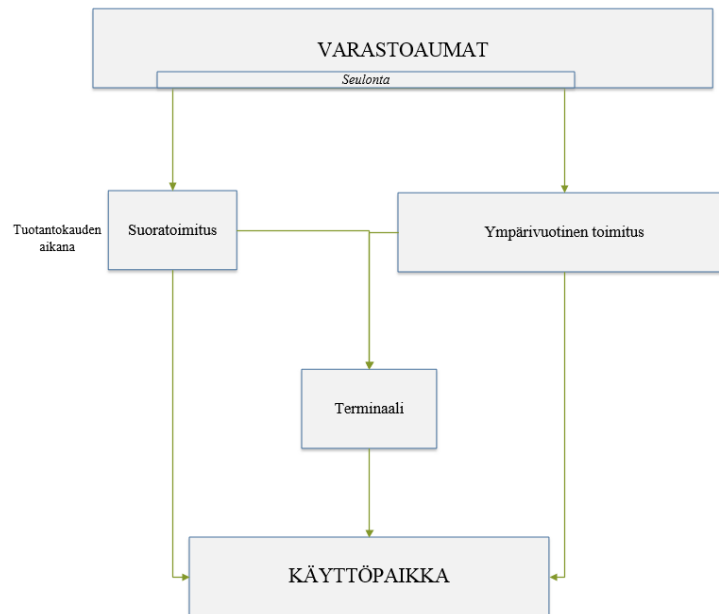
Rankana korjatun energiapuun yksi tarkoitus on tehdä pienpuun hankinnasta virtaviivaisempaa. Yksi syy virtaviivaistumiseen on kaukokuljetuksessa käytettävä kalusto. Määrämittaan katkottu rankapuun kuljettamisessa on mahdollista käyttää vakiorakenteisia ja laidallisia puutavara-autoja, joilla rangat kuljetetaan haketettavaksi käyttöpaikalle tai terminaaliin. Rankapuut mahdollistavat myös haketuksen sujuvoittamisen, kun ne voidaan hakettaa siirrettävällä hakkurilla suoraan voimalaitoksen varastosiilon tai –aumaan taikka suoraan käyttöpaikkamurskaimelle. Asutuksen keskellä olevien voimalaitosten osalta

käyttöpaikalla hakettaminen ei usein tule kysymykseen pöly- ja meluhaittojen vuoksi. (Heikkilä ym. 2005: 54.)

3.7 Turpeen toimitusketjut

Vapon toimittamien energiaturpeiden toimitusketjut ovat puupolttoaineisiin verrattuna rakenteeltaan yksinkertaisempia (Kuvio 9). Toimitusketjut jakautuvat aumavarastoinnin jälkeen joko tuotantokauden aikana tapahtuvaan suoratoimitukseen tai ympärivuotiseen toimitukseen. Kuten puupolttoaineetkin, energiaturvetta voidaan kuljettaa erillisiin terminaaleihin toimitusvarmuuden ylläpitämiseksi.

Erillisten terminaalien käyttö on kuitenkin erittäin harvinaista. Kaksi merkittävintä taustatekijää terminaalien käyttöön ovat kysyntähuiput sekä kelirikot. Aumojen sijainti vähän liikennöityjen teiden varsilla voi joissain tapauksissa tarkoittaa kehoja kuljetusmahdollisuuksia käyttöpaikoille. Kysyntähuippujen ajoittuminen yleensä joului-, tammi- ja helmikuulle ja niihin varautuminen terminaaliavarastoilla edesauttaa säännöllisten toimitusvälien saavuttamista.



Kuvio 9. Turpeen toimitusketjut.

Kesällä tapahtuva turpeen varastoiminen turvesoilla sijaitseviin aumoihin aloittaa toimitusketjun, joka päättyy lopulta voima- ja lämpölaitoksille. Syksyisin varastoamat sitovat erityisen paljon pääomaa, koska ne ovat silloin suurimmillaan. Raaka-aineen saatavuus vain osan vuotta on syynä energiaturpeen suuren mittakaavan varastoimiseen. Tuotantokauden ajoittuminen muutamalle kesäkuukaudelle sekä kysyntähuippujen sijainti talvikuukausina johtavat raaka-aineen mittavaan varastointiin. Lisäksi tuotantomäärät vaihtelevat tuotantokausittain, mihin vaikuttaa ensisijaisesti sääolosuhteet. Sateisina kesinä tuotantomäärät voivat jäädä huomattavasti pienemmiksi kuin poutaisina kesinä. Vapo pyrkii omassa toiminnassaan siihen, että tuotantokauden jälkeen olisi raaka-ainetta varastoissa vähintään kahden lämmityskauden tarpeisiin. Tällä tavalla pyritään ennen kaikkea turvaamaan toimituksia sekä varmistamaan hyvää asiakaspalvelua välttyäkseen epäluotettavan toimittajan maineelta ja varmistaakseen riittävän myyntimäärän.

Varastoaumojen koko vaihtelee paikoin hyvinkin paljon. Aumat voivat pienimmillään olla vain satoja ja suurimmillaan kymmeniä tuhansia kuutiometrejä. Turpeen varastointi teiden varsille vähentää käsittelypaikkoja sekä mahdollistaa turpeen sujuvan toimituksen. Turve seulotaan tarvittaessa ennen kuormausta asiakkaan tarpeen mukaan. Turvetta kuljetetaan yhteen käyttöpaikkaan useilta eri turvetuotantoalueelta ja turvekuljetukset suunnitellaan usein niin, että ne keskittyvät tietyille alueelle kerrallaan.

Turpeen kuljetuksessa käytettävä kuljetuskalusto soveltuu hyvin myös hakkeen ja purun kuljetukseen. Ainoa rajoittava tekijä on joidenkin turpeen kuljetuksessa käytettävien täysperävaunuyhdistelmien rakenteesta johtuva seikka, etteivät ne käänny ahtailla metsäautoteillä yhtä sujuvasti kuin hakkeen kuljetuksessa tällä hetkellä käytettävät autot.

Turvetta poltetaan lämpö- ja voimalaitoksissa yleensä yhdessä puun kanssa. Useamman kuin yhden raaka-aineen käyttö auttaa lyhentämään kuljetusmatkoja ja sitä kautta pienentämään niistä aiheutuvia kustannuksia. Puun ja turpeen yhteispoltolla on vaikutuksensa myös rikki- ja hiilidioksidipäästöjen pienentymiseen verrattaessa pelkän turpeen polttoon. Lisäksi turpeen kosteus on ympärivuotisesti tasaisempi kuin puupolttoaineilla, joten sekoittamalla näitä kahta polttoainetta saadaan keskimääräinen kosteus pidettyä stabiilina.

Turvetta on yksinkertaisempi varastoida verrattuna paljon tilaa vaativiin metsäpolttoaineisiin. Lisäksi turvetta voidaan pitää varastoissa turvaamassa

toimitusvarmuutta. Riittävän varmuusvaraston puuttuminen metsähakkeen osalta voi kuitenkin olla este yhteispoltoille. (Hakkila 2006: 286–287.) Lisäksi vuodenaajat vaikuttavat osaltaan voimalaitosten polttoainevalintoihin. Talvella puupolttoaineet ovat yleensä kosteampia, joten silloin turpeelle on enemmän kysyntää.

3.7.1 Toimitus- ja kuljetussopimukset

Vapon neuvottelemat toimitussopimukset asiakkaiden kanssa määrittelevät turvetoimitusten keskeiset tekijät, kuten määrän, laadun, toimitusehdot sekä sopimuksen pituuden. Samoin toimitusten varmistaminen on sovittava sopimuksin. Asiakkaan kanssa solmitut toimitussopimukset pohjautuvat yleensä muutaman vuoden päähän ulottuviin runkosopimuksiin, joiden pohjalta neuvotellaan toimituskausittain määrästä ja hinnasta.

Turpeen toimitusketju on pohjimmiltaan virtaviivainen aumoista asiakkaalle. Lukuisten tuotantoalueiden ja monien asiakkaiden vuoksi toimitusketjujen suunnittelu ja hallinta voivat kuitenkin olla monitahoisempi kokonaisuus. Kuljetussopimukset solmitaan yleensä pidemmiksi, esimerkiksi kolmen vuoden jaksoiksi. Tärkeimmät kriteerit kuljetusurakoitsijoiden valinnassa ovat hinnan lisäksi toimitusvarmuus, toiminnan vastuullisuus sekä yhteistyökyky.

Toimituksia ohjataan ja valvotaan alueellisten ajojärjestelijöiden voimin. Asiakkailta tulevat tilaukset lähetetään päivittäin autoissa oleviin päätelaitteisiin, minkä perusteella kuljetusyrittäjät toimittavat kuorman määrätystä varastoaumasta. Toimitettaessa kuormaa voimalaitokselle kuorma punnitaan ja siitä otetaan näyte kosteuden määrittämistä varten. Tämän jälkeen kuljettaja kuittaa kuljetuksen tehdyksi. Voimalaitoksilla voi olla tarkkaan määrättyt ajat, jolloin kuorman tulisi olla toimitettuna, mikä aiheuttaa toisinaan luovaa soveltamista ajosuunnitteluun, mikäli kuljetuksissa sattuu tapahtumaan jotain yllättäviä viivästymisiä, kuten rengasrikkoja. Myös päivän aikana tapahtuvat muutokset tilausmäärissä vaativat joustavaa reagoitukykyä niin polttoainetoimittajan kuin myös kuljetusurakoitsijoiden taholta.

3.7.2 Kustannustekijät

Lämmöntuotannossa käytetyn jyrshinturpeen valmisteveron sisältämä hinta syyskuussa 2015 oli keskimäärin 16,92 €/MWh. Vuoden takaisesta laskua hinnassa on 9,5 prosentin verran. (Tilastokeskus 2015b) Sähköntuotannossa polttoaineet ovat verottomia ja jyrshinturpeella hinta oli vuoden 2015 kolmannella neljänneksellä 14 €/MWh (Tulli 2015; Tilastokeskus 2015c). Samoin kuin puupolttoaineiden, myös turpeen toimitusketjun kustannukset koostuvat koneidenkäytöstä, työolosuhteista, työntekijöistä, organisaatiosta sekä tuotteesta johtuvista tekijöistä.

Asiakkaan maksamasta energiaturpeen hinnasta noin puolet muodostuu itse tuotteesta, josta taas vajaa puolet on peräisin tuotannollisista lähteistä. Sen sijaan muut turpeentuotannossa vaadittavat kustannuksia aiheuttavat tekijät, kuten vesienkäsittelyrakenteet, tuovat oman lisänsä tuotteen hintaan. Kuormaukset ja kuljetukset muodostavat toisen merkittävän osuuden asiakkaan maksamasta energiaturpeen hinnasta.

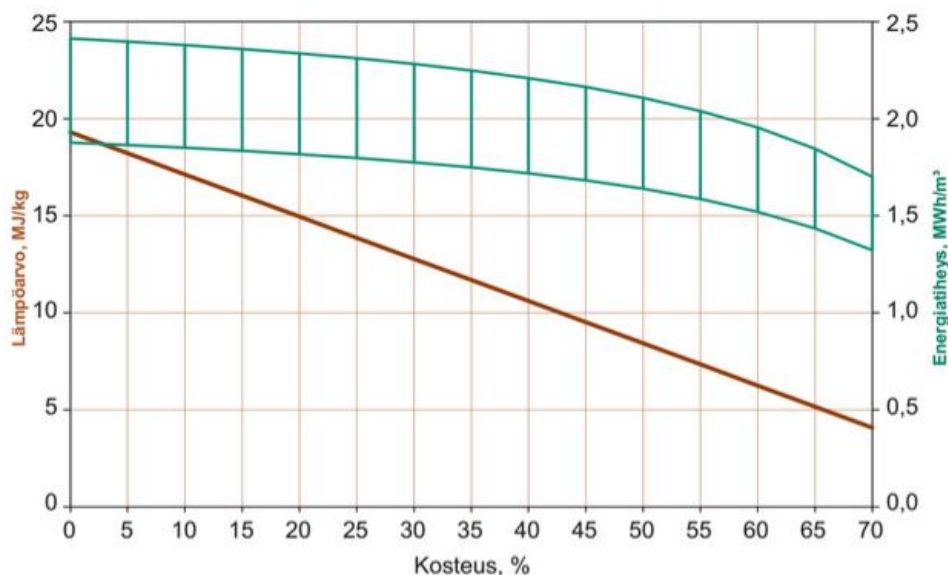
3.8 Laadunhallinta

Yksi keskeinen strateginen kilpailutekijä organisaatioille on korkea laatu. Laatua voidaan määritellä monella tavalla. Eräs tapa kuvata laadun määritelmää on ymmärtää se kestävyytensä, toimintavarmuutena ja luotettavuutena. Laatu on myös odotusten-, käytön- ja tarkoituksenmukaisuutta, jolla pyritään asiakkaiden nykyisten ja tulevien tarpeiden täyttämiseen. Entistä enemmän kiinnitetään huomiota myös toiminnan laadun jatkuvaan parantamiseen, eikä pelkästään yksittäisen tuotteen tai palvelun virheettömyyteen. Tähän pyritäänkin kokonaisvaltaisella laadunhallinnalla (Total Quality Management), jonka keskeisenä tavoitteena on jatkuvan parantamisen kautta lisätä asiakastytyväisyyttä. (Ritvanen 2011: 148, 151.)

Puupolttoaineen laatuun voidaan parhaiten vaikuttaa huolellisella puunkorjuun, metsäkuljetuksen ja varastoinnin suunnittelulla (Ikonen ym. 2013: 15). Yksi merkittävimmistä toimitusketjun vaiheita määrittelevistä tekijöistä onkin polttoaineen laadun hallinta. Energiantuotannossa syntyvistä häiriöistä johtuvien ylimääräisten kustannusten estämisen sekä tuottojen kasvun mahdollistamisen edellytyksenä on, että

raaka-aineen ja toimitusten laatu vastaavat niille asetettuihin vaatimuksiin. Parempi laatu kasvattaa kannattavuutta ja jaettavan tuoton määrää parantaen samalla myös maksukykyä. Polttoaineen toimittajan mahdollisuus optimoida polttoaineen arvoa on monissa tapauksissa kiinni laatuvaatimusten täyttymisestä sekä paremmasta laadunhallinnasta. Laadunhallinnan ja -ohjauksen ollessa tehostettua samasta raaka-ainemäärästä saadaan parempi tuotto. (Ikonen ym. 2013: 5.)

Ikonen ym. (2013: 15) määrittelevät kosteuden jo korjuuvaiheessa huomioon otavaksi, laatuun vaikuttavaksi tekijäksi. Oikeat käsittelytavat tuotannossa ja varastoinnissa takaavat raaka-aineen säilymisen hyvälaatuisena, kun taas epäpuhtaudet sekä huono kuivuminen saavat aikaan laadun heikentymistä, jota on usein mahdoton enää myöhemmissä toimitusketjun vaiheissa parantaa. Polttoaineen kosteudella on monia laatua heikentäviä sivuvaikutuksia. Liiallinen kosteus pienentää lämpöarvoa, energiatiheyttä sekä polton hyötysuhdetta (Kuvio 10). Kosteasta polttoaineesta ei siis saada poistuvan vesihöyryn takia tuotettua lämpöä tehokkaasti. Energiaa kuluu tällöin enemmän veden höyrystämiseen.



Kuvio 10. Puun tehollinen lämpöarvo (MJ/kg) ja energiatiheys (MWh/m³) kosteuden suhteen (Jahkonen, Lindblad, Sirkiä & Laurén 2012: 5).

Pienemmissä lämpö- ja voimalaitoksissa kosteuden suhteen ollaan tarkempia ja vaatimuksena on tasalaatuista ja kuivaa polttoainetta; joissakin tapauksissa kosteusprosentin tulee olla alle 20. Sen sijaan suuremmissa voimalaitoksissa voidaan

polttaa joskus jopa aivan tuoretta puuta. (Ikonen ym. 2013: 15.) Tämä on yksi osoitus siitä, että polttoaineille asetetuilla yksilöllisillä laatuvaatimuksilla on vaikutuksensa koko ketjun toimintaan.

3.8.1 Laadun vaikutukset toimitusketjussa

Kuten muussakin verkottuneessa liiketoiminnassa, myös polttoaineiden toimitusketjussa koko toimitusketjun laatu heijastuu loppuasiakkaan kokemaan laatuun. On muistettava, että seuraava toimitusketjun toimija on edellisen toimijan asiakas ja siksi seuraavan vaiheen vaatimukset on huomioitava asiakastyytyväisyyden varmistamiseksi. Ikonen ym. (2013: 9) määrittelevät kilpailukykyisimmiksi yrityksiksi ne, jotka kykenevät takaamaan toimitettavan polttoaineen laadun lisäksi myös toimitusvarmuuden sekä ennakoitavan hintakehityksen tietyllä aikavälillä. Lisäarvon luominen ja kilpailuedun saavuttaminen saman alan yrityksiin nähden vaatii näiden tekijöiden huomioon ottamista keskimääräistä paremmin.

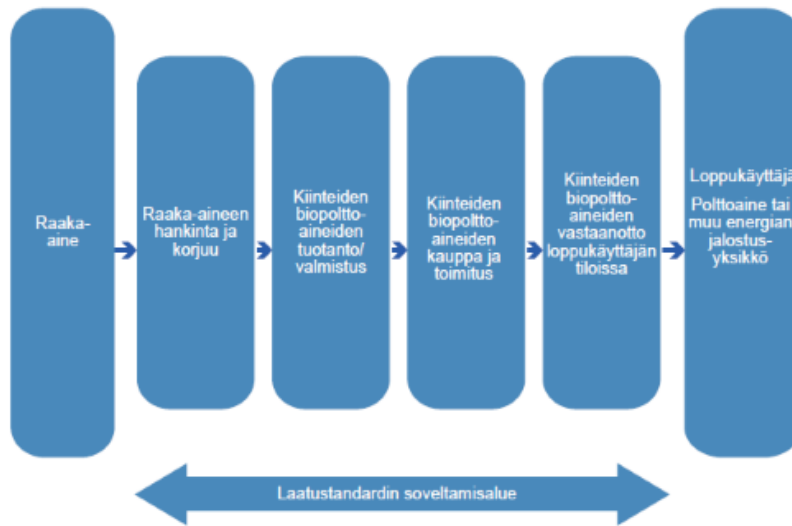
Voimalaitokset maksavat vain siitä osasta toimitetusta polttoaineesta, joka todellisuudessa tuottaa energiaa. Siksi voimalaitokselle polttoainetta toimittavan yrityksen kannattavuus riippuu monien muiden asioiden ohella merkittävästi myös toimituskosteudesta ja sitä kautta energiasisällöstä. Metsähakkeen osalta kosteuspitoisuuden lisäksi ei muita laatuosakomponentteja yleensä ole sidottu taksojen perusteeksi. (Ikonen ym. 2013: 9.) Turpeen osalta perusteina käytetään lisäksi mm. tuhka- ja rikki- ja rikkipitoisuutta. Voimalaitoksella on oikeus olla vastaanottamatta laatuvaatimuksista poikkeavaa polttoainetta, jolloin polttoainetta toimittavan toimijan vastuulla on kuljettaa huonolaatuinen raaka-aine takaisin, mistä luonnollisesti koituu taloudellista tappiota (Ikonen ym. 2013: 9).

Polttoaineiden laadulla on korostetun suuri vaikutus koko toimitusketjuun. Laadunvarmistuksella pyritään varmistamaan, että laatu vastaa asiakkaiden kanssa sovittuja vaatimuksia, jotka yleensä on esitetty joko toimitussopimuksessa tai toimittajan antamassa tuoteselosteessa. Sovittujen laatuvaatimusten täyttyminen ei kuitenkaan tarkoita automaattisesti sitä, että polttoaine olisi korkealaatuista. Polttoaineen laadun lisäksi laatuvaatimusten täyttäminen pitää sisällään myös polttoainetta toimittavan yrityksen toiminnan laadun, kuten aikataulutuksen, logistiikan ja dokumentoinnin. (Alakangas & Impola 2013: 26.)

Kasvattamalla ketjussa toimivien yritysten tietoisuutta laadun merkityksestä voidaan toimitettavan tuotteen laatua olennaisesti parantaa. Kun kaikilla toimijoilla on yhteinen käsitys vaaditusta laadusta sekä laatuun vaikuttavista tekijöistä, myös monista eri yrityksistä koostuva ketju voi saavuttaa asettamansa laatutavoitteet. Biopolttoaineiden hankintaketjussa käytännön osaaminen sekä kokemus ovat merkittävimpiä laadun muodostuksen osa-alueita. Monesti yksittäisen toimijan subjektiivinen laatu näkemys määrää koko toimitusketjun laadun tason. Siksi laadunhallinnan näkökulmasta positiivista on, että ketjun alkupään työtehtäviin valmistavissa oppilaitoksissa jaetaan tietoa energiatoimitusketjuista kokonaisuudessaan. (Ikonen ym. 2013: 6.)

Laadunvarmistuksella pyritään mahdollistamaan tuottajien ja toimittajien polttoainelaatujärjestelmän laatiminen. Laatu järjestelmän tärkeimmät tavoitteet ovat toimitusketjun saaminen jäljitettävään muotoon, polttoaineen laatuun vaikuttavien tekijöiden valvominen sekä luonnollisesti se, että loppukäyttäjä voi luottaa polttoaineen laadukkuuteen. Erityisesti puupolttoaineiden kohdalla oikeilla tuotanto-, kuljetus- ja varastointimenetelmillä on merkittävät vaikutukset toimitettavan puupolttoaineen laatuun. Polttoaineen säilyttäminen oikeissa olosuhteissa onkin ensiarvoisen tärkeää ja siksi polttoaineen tuotannon jälkeiset vaiheet, kuten kuljetus- ja käsittelytoimenpiteet on dokumentoitava vaadittavan laadun varmistamiseksi. Lisäksi kaikki tuotantoprosessin aikana havaitut normaalista laadusta poikkeava ainesosa on poistettava tuotantoketjusta. (Alakangas ym. 2013: 26–27.)

Laatustandardien avulla polttoaineelta vaadittavan laadun määrittäminen on yksiselitteistä ja ennakoitavaa. Standardien tavoitteena on varmistaa laatu koko toimitusketjun osalta pyrkien luomaan luottamusta siihen, että laatuvaatimukset tulee täytettyä. Polttoaineiden laatuvaatimukset eivät rajoitu pelkästään niiden fysikaalisiin tai kemiallisiin ominaisuuksiin, vaan usein myös hallintonäkökohtiin. Siksi vastuiden jakaminen toimitusketjujen ja materiaalivirtojen sisällä on tärkeä osa laadun hallintaa. (Ikonen ym. 2013: 9-10.) Esimerkiksi kiinteille biopolttoaineille laaditun laatustandardin EN-15234 soveltamisalue kattaa kaikki vaiheet raaka-aineen ja loppukäyttäjän välillä sisältäen raaka-aineen hankinnan ja korjuun, polttoaineiden tuotannon, niiden kaupan ja toimituksen sekä vastaanoton loppukäyttäjän tiloissa. (Kuvio 11.)



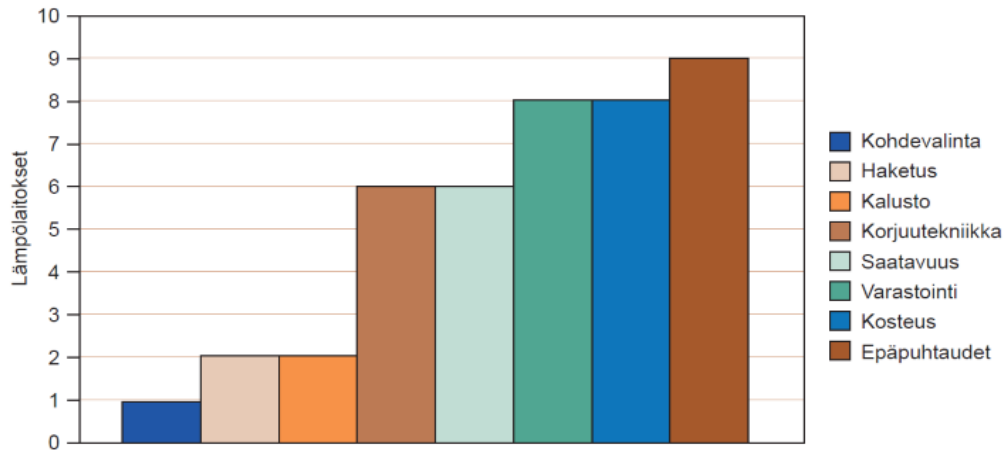
Kuvio 11. Kiinteän biopolttoaineen toimitusketjun vaiheet sekä laatustandardin EN-15234 soveltamisalue (Ikonen ym. 2013: 10).

3.8.2 Laadunhallinta varastopaikoilla

Metsähakkeen loppukäyttäjän näkökulmasta kosteus on tärkein laatua määrittelevä ominaisuus. Tässä työssä kosteudella tarkoitetaan veden massaosuutta koko tuotteen massasta. Metsähakkeen kosteus voi nousta erityisesti talvisin jopa 50 prosenttiin, mikä tarkoittaa sitä, että kiintokuutiometrissä haketta on noin 400 kilogrammaa vettä. Jo raaka-aineen varastoinnissa tulisi kiinnittää huomiota oikeanlaiseen laadunhallintaan. Kaatotuoreen hakkuutähteiden kosteuspiitoisuus on 50–60 prosenttia, mutta ne kuivuvat kasoissa kesän aikana jopa 25–30 prosenttiin. Varastokasojen peittämisellä voidaan saada aikaan merkittävää hyötyä; peitteen alla olevien hakkuutähteiden kosteus voi parhaimmillaan olla 10–15 prosenttiyksikköä alhaisempi kuin peittämättömien varastokasojen. (Kärhä 2005: 38–39.)

Pienpuiden osalta kosteus saadaan kesällä laskemaan jopa alle 40 prosentin kasaamalla puut hakkuun jälkeen avoimelle paikalle. Tutkimusten mukaan peittämisellä ei ole suurta vaikutusta pienpuun kosteuteen. Energialaitosten näkökulmasta hakkeen epäpuhtaudet, kosteus ja varastointi nousevat keskeisiksi laatuun vaikuttaviksi ongelmakohdiksi (Kuvio 12). (Ikonen ym. 2013: 14.) Energialaitokset, polttoainetoimittajien asiakkaina, arvostavat siis puhdasta, kuivaa ja olosuhteiden vaatimien varastotilojen käyttöä. Siksi näihin asioihin

panostamalla polttoainetoimittajat voivat saavuttaa merkittävää kilpailuetua muihin alan toimijoihin nähden.



Kuvio 12. Merkittävimmät energiapuun laatuun vaikuttavat ongelmakohdat energialaitostenmielestä. (Ikonen ym. 2013: 14)

4 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tutkimuksen tekeminen vaatii aina sopivan tutkimusotteen valintaa. Kanasen mukaan (2011: 15) tutkimusotteet voidaan kuvata toisiaan seuraavina lähestymistapoina. Määrällinen eli kvantitatiivinen tutkimus pohjautuu aina laadulliseen eli kvalitatiiviseen tutkimukseen. Laadullisen tutkimuksen tehtävänä on selvittää tekijät tietyn ilmiön takana sekä riippuvuussuhteet niiden välillä. Toisin sanoen laadullista tutkimusmenetelmää käytetään ensisijaisesti silloin, kun ilmiöstä ei tiedetä entuudestaan paljoa. Kvantitatiivisen tutkimuksen tekemiseen voidaan ryhtyä vasta sen jälkeen, kun ilmiö on saatu selville. Tutkimusta tehdessä voi kuitenkin käyttää myös molempia tutkimusotteita, jolloin ne täydentävät toisiaan ja luovat kattavamman kuvan tutkittavasta kohteesta. (Kananen 2011: 15–16.)

4.1 Monistrateginen tutkimusote

Tutkimuksen luotettavuutta ja ilmiön ymmärtämisen avartamista voidaan lisätä käyttämällä monia menetelmiä. Tällöin puhutaan triangulaatiosta eli monistrategisesta tutkimusotteesta. Denzin (1978) määrittelee neljä erilaista muotoa triangulaatiolle: menetelmä-, teoria-, tutkija- ja aineistotriangulaatio. Useamman tutkimusmenetelmän yhdistämisellä pyritään saamaan vahvat perusteet saaduille tutkimustuloksille. Ratkaisua voidaan perustella esimerkiksi sillä, että tiedonkeruuseen jää aukkoja, joiden paikkaamiseen tarvitaan myös vaihtoehtoisia toimintatapoja. Myös erilaisten aineistojen sekä teorioiden yhdistelmillä pyritään täydentämään tutkittavan ilmiön tunnistamista. Triangulaatiolla pyritään siis ensisijaisesti lisäämään tutkimuksen validiteettia sekä välttämään yhden menetelmän aiheuttamaa systemaattista virhettä. Toisaalta eri menetelmien antamissa tutkimustuloksissa voi esiintyä ristiriitaisuutta. Mittarin heikkous tai virhetulkinta voivat olla syitä ristiriitaisuuksille, jolloin tutkijan tehtäväksi jää selvittää, mihin tuloksiin on uskomisen. (Kananen 2011: 124–125.)

Yleisin triangulaation muoto on kvantitatiivisen ja kvalitatiivisen tutkimusmenetelmän yhdistäminen. Kvalitatiivisen tutkimuksen avulla hahmotetaan ilmiötä ja luodaan esiymmärrystä kvantitatiiviselle tutkimukselle, jonka pohjana tulisi olla ilmiön sekä sen

muuttujien välisten suhteiden tarkka tunteminen. Kvalitatiivisten tutkimustulosten yleistämiseen tarvitaan usein kvantitatiivista tutkimusta. Tutkimusongelman läpikotaisen tuntemisen lisäksi myös metodologinen valmius on ratkaisevassa roolissa tutkimuksen onnistumisen kannalta. Vaarana on, että useat tutkimusmenetelmät lisäävät virheen todennäköisyyttä ja itse tutkimusongelma jää suuren aineistotulvan jalkoihin. (Kananen 2011: 125–126.)

Toimitusketjujen hallintaa sekä logistiikkaa käsittelevät tutkimukset on tehty pääsääntöisesti kvantitatiivisin menetelmin eli kyselyjen, kokeilujen ja matemaattisten mallien avulla. Viime aikoina on kuitenkin alettu omaksua myös kvalitatiivisia menetelmiä kyseisten aihealueiden tutkimuksissa. Sen sijaan tutkimukset, joissa yhdistyvät sekä kvantitatiivisen että kvalitatiivisen menetelmän elementtejä, ovat edelleenkin harvinaisia. Pelkästään kvantitatiivisiin menetelmiin pohjautuva tutkimus saattaa heikentää toimitusketjututkimusten pohjaa monin tavoin. Ensiksi, vain yhteen metodiin tukeutuminen rajoittaa tutkimusta vain niihin tutkimuskysymyksiin, joihin voidaan saada vastauksia kyseisellä menetelmällä. (Golicic & Davis 2011: 727.)

Toiseksi, tukeutuminen vain yhteen menetelmään voi tahtomattaankin johtaa harhaan teorian kehittämisessä sekä vaarantaa tieteenalan kehityksen. Loppujen lopuksi kaikissa tutkimusmenetelmissä on omat hyötynsä ja rajoitteensa. Siksi tutkimuksissa olisi hyvä käyttää useita erilaisia menetelmiä eri menetelmäluokista erilaisilla herkkyyksillä päättelyn luotettavuuden varmistamiseksi. Tutkimuksen tekeminen menetelmiä yhdistelemällä tuottaa monipuolisemman kuvan tarkasteltavasta ilmiöstä sekä vähentää menetelmäharhan riskiä. (Golicic ym. 2011: 727.)

4.2 Tutkielman lähestymistavat ja menetelmät

Tässä tutkielmassa triangulaatio näkyy erilaisten tutkimusmenetelmien sekä monimuotoisen aineiston ominaisuudessa. Tähän ratkaisuun on päädytty, koska kyseistä asiaa ei Vapon sisällä ole aiemmin tutkittu tästä näkökulmasta. Kahden erilaisen lähestymistavan käytöllä pyritään ensi sijassa aiheen laaja-alaiseen käsittelyyn sekä esiyymmärryksen luomiseen käsiteltävästä aiheesta ennen varsinaisten laskelmien tekemistä.

4.2.1 Laadullinen ja määrällinen aineisto

Laadullista aineistoa ovat mm. Vapon henkilöstön haastattelut sekä tutustumiskäynnit eri kohteissa. Myös aiemmin tehdyt omat havainnot Vapon liiketoiminnasta ovat tärkeässä roolissa aineiston muodostumisessa. Yksi laadullisen aineiston etu on, että se antaa mahdollisuuden tarkastella tuloksia laajemminkin kuin vain numeroiden kautta. Kvalitatiivisen aineiston tarkoitus tässä tutkielmassa on tukea kvantitatiivisen aineiston valinnassa, mikä näkyy mm. tarkempaan tarkasteluun otettavia synergiaetuja valitessa. Toisin sanoen kvalitatiivisen aineiston pohjalta tehtyjä johtopäätöksiä voidaan pitää esitutkimuksena, jonka pohjalta luodaan olettamukset kvantitatiivisen tarkastelun pohjaksi.

Kvantitatiivinen tutkimusote tutkielmassa näkyy laskentasovelluksessa, jossa tarkastellaan teemahaastattelujen ja kyselyjen pohjalta valikoituneita mahdollisia synergiaetuja tuottavia tekijöitä laskennallisten mallien avulla. Määrällistä aineistoa tutkielmassa edustavat esimerkiksi Vapon omista aineistoista saatavat toimitusketjujen eri työvaiheiden kustannukset, joten yrittäjäkohtaiset kuljetus- ja haketustaksat ovatkin merkittävässä roolissa. Lisäksi laskelmissa on käytetty Cognos-tietojärjestelmästä saatavaa aineistoa, kuten myyntimääriä.

Teemahaastattelut sekä osallistuva havainnointi ovat keskeisiä tiedonhankinnan elementtejä tässä tutkielmassa. Kvalitatiivisen menetelmän tunnusmerkeistä täyttyvät myös piirteet ihmisten suosimisesta tiedon keruussa sekä kohdejoukon valitseminen tarkoituksenmukaisesti eikä satunnaisotoksena. Lisäksi tutkimuksen toteuttaminen joustavasti olosuhteiden muutoksiin mukautuen on olennainen, tässäkin tutkielmassa mukana oleva, kvalitatiivisen menetelmän tunnuspiirre. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2007: 160.)

Joustava tutkimuksen toteuttaminen näkyy siten, että tutkimusongelman rajaus, teoreettinen näkökulma sekä empiirinen tutkimus ovat pohdittavana samanaikaisesti. Tutkielmassa on paljon myös tapaustutkimuksen piirteitä, sillä tutkielmassa kerätään yksityiskohtaista tietoa rajatusta erikoiskysymyksestä. Haastateltavilla on siis oltava taustatietoa tutkittavasta aiheesta, ja vastauksissa näkyy aina jollain tapaa subjektiivinen lähestymistapa.

Haastattelujen ohella toinen merkittävä esitutkimuksen aineiston keruumuoto on aluejohtajille, asiakuus-, operaatio- ja urakointipäälliköille sekä Polttoaineet-liiketoiminta-

alueen toimitusketjujen parissa työskenteleville lähetetty synergiamatriisi (Liite 1). Synergiamatriisin tarkoituksena on kartoittaa Vapon henkilöstön keskuudessa, mitä ketjujen synergiaetujen tavoittelulla halutaan saavuttaa. Matriisissa on tekijöitä useista erilaisista lohkoista, kuten strategiasta, myynnistä, kuljetuksesta ja varastoinnista. Valitut tutkimusmenetelmät määrittelevät väistämättä tutkimuksen suuntaa. Lisäksi tulosten tulkinnassa tapahtuvat mahdolliset virheet sekä havaintoalueen kapeus vaikuttavat tutkimuksen luotettavuuteen ja yleistettävyyteen.

4.2.2 Kustannuslaskenta

Laskentasovelluksessa käytettävä tutkimusmenetelmä pohjautuu kustannuslaskentaan. Kustannuslaskennan tavoitteena on tuottaa käyttökelpoista tietoa mittaamalla tietyn toiminnan kustannuksia (Pellinen 2006: 74). Suoritekohtaisten kustannusten selvittämisen kautta saadaan tietoa mm. tuotantopäätösten, hinnoittelun, budjetoinnin ja varaston arvon mittaamisen tueksi. Tutkielmassa käytettävä menetelmä perustuu toimintopohjaiseen kustannuslaskentaan (activity-based costing, ABC). Toimintopohjaista kustannuslaskentaa, lyhyemmin toimintolaskentaa, käytetään selvittämään kustannukset jokaisesta toimintovaiheesta. Periaatteena tässä laskennassa on kohdentaa välittömät kustannukset suoraan suoritteille, kun taas välilliset kustannukset kohdistetaan niiden käyttämien toimintojen perusteella. (Laitinen & Laitinen 2009: 113–114.)

Toimintolaskenta tähtää kustannusten aiheutumisperusteen kattavaan ja johdonmukaiseen ymmärtämiseen ja analysointiin. Toimintojohtaminen (activity-based management) puolestaan pohjautuu toimintolaskennan hyödyntämiseen organisaation strategisessa ja operatiivisessa johtamisessa. Toimintolaskennan hyödyt voidaan tiivistää neljään kohtaan:

1. Perinteisiin menetelmiin verrattuna, toimintopohjainen kustannuslaskenta tarjoaa luotettavampaa ja täsmällisempää informaatiota.
2. Toimintaprosessit tuntevalle toimintopohjaisen kustannuslaskennan laskentaperiaatteet ovat ymmärrettävämpiä kuin laskentateknisiin kohdistuksiin perustuvat menetelmät.
3. Laskentakohteiden joustavan valinnan perusteella eri toimijaryhmien informaatiotarpeet voidaan ottaa paremmin huomioon.

4. Saadaan perusteellisempi näkemys kustannusten käyttäytymisestä ja resurssien kulutuksesta. (Järvenpää, Länsiluoto, Partanen & Pellinen 2010: 129, 131.)

Tutkielmassa käytettävä menetelmä ei noudata kaikilta osin toimintolaskennan periaatteita. Toimitusketjusta aiheutuvat yleiskustannuslisät, kuten hallinnointikustannukset, ovat tässä tutkielmassa tarkastelun ulkopuolella. Sen sijaan toimintolaskennan keskeinen tunnuspiirre, resurssien käytön kohdentaminen eri toiminnoille, on monella tapaa huomioitu jo toimitusketjun eri työvaiheiden hinnoittelussa. Ajankäyttö onkin yksi resurssiajuri, joka kohdistaa kustannuksia eri toiminnoille resurssien käytön perusteella, kun taas kustannusajurit kohdentavat toimintojen suorittamisesta aiheutuvat kustannukset lopulliselle laskentakohteelle (Järvenpää ym. 2010: 128).

Toisaalta tutkielmassa lähestytään toimitusketjujen tarkastelua tavoitekustannuslaskennan kautta. Tavoitekustannuslaskennan lähtökohtana on koko arvoketjun läpi kulkeva kustannuslaskenta, jossa asiakkaan hinta-, laatu- ja ajoitusvaatimukset ovat merkittävästi määrittelemässä tavoitekustannusta. Tavoitekustannus syntyy siten kilpailukykyisen markkinahinnan ja tavoitekatteen erotuksena. (Laitinen ym. 2009: 118–119.) Tavoitekustannuksen hakemisen taustalla oleva ajatus on, että yksittäisten toimintojen summana muodostuu lopullinen tuote. Yksittäisen toiminnan arvo määräytyykin aina sen asiakkaalle tuottaman lisäarvon mukaan (Järvenpää ym. 2010: 169). Tavoitekustannuslaskenta vaatii kaikkien tuotteen arvoketjun toimijoiden tiivistä yhteistyötä, käsittäen mm. osapuolet valmistuksesta ja markkinoinnista sekä alihankkijat, tavarantoimittajat ja asiakkaat (Laitinen ym. 2009: 120).

Tuotteen tai palvelun yksikkö- ja kokonaiskustannuksia lasketaan suoritekalkyylien avulla. Pelkästään muuttuvia kustannuksia laskettaessa käytetään minimikalkyyliä. Yksikkökustannukset lasketaan minimikalkyyliä käyttäen jakamalla muuttuvat kustannukset suoritemäärällä. Sen sijaan keskimääräis- ja normaalikalkyyliä ottavat huomioon sekä muuttuvat että kiinteät kustannukset. Kalkyyliä eroavat toisistaan myös siinä, millaiseen katelaskentaan niitä käytetään: katetuottolaskentaan sopii parhaiten minimikalkyyli, kun taas täyskattainen laskenta vaatii keskimääräis- tai normaalikalkyylin käyttöä. (Järvenpää ym. 2010: 103.)

5 SYNERGIAEDUT

Nykyisessä verkostoituneessa liiketoimintaympäristössä kilpailua ei käydä vain yksittäisten yritysten välillä, vaan entistä enemmän myös toimitusketjujen kesken. Kyvykkyys verkostoyhteistyössä on tullut entistä tärkeämmäksi tekijäksi menestyjiä ratkaistaessa. Verkostomaisessa toimintaympäristössä toimiessaan osapuolten harjoittama vaihto ei rajoitu pelkästään tavaroihin ja palveluihin, vaan myös informaation vaihto on noussut keskeiseen rooliin. Tätä kautta molemminpuolinen kehittäminen, yhteinen markkinointi sekä visioiden ja strategioiden integrointi tulee mahdolliseksi pelkän toiminnallisen ja tuotannollisen vuorovaikutuksen sijaan. (Ritvanen & Koivisto 2007: 69.)

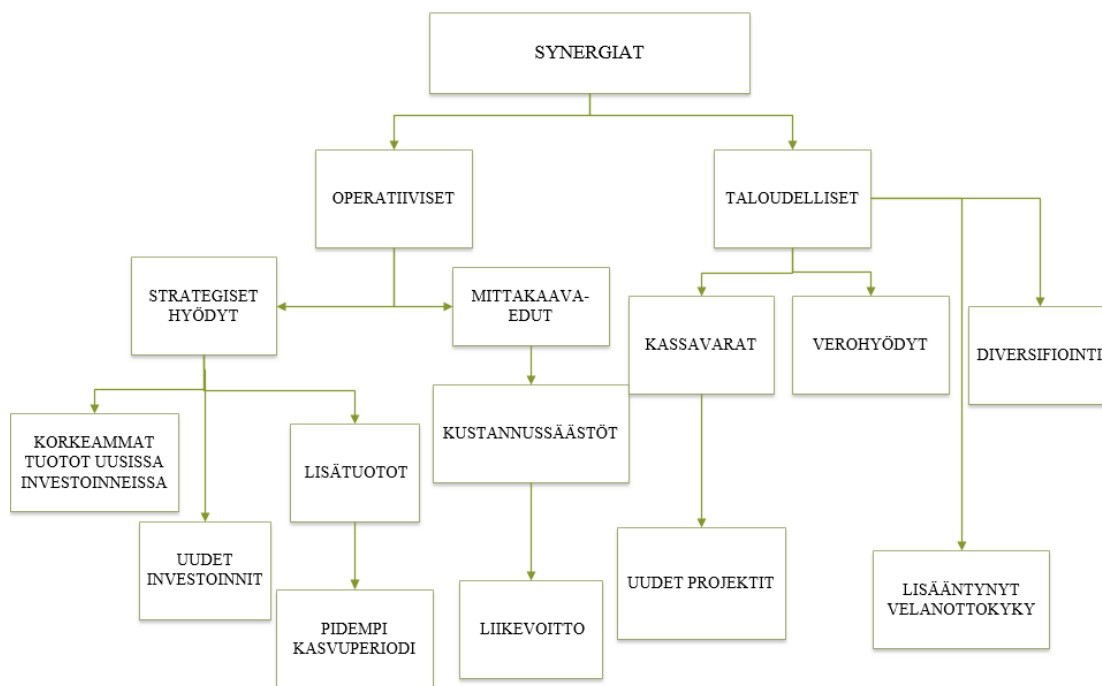
Verkostoissa toimiessa keskeisessä asemassa ovat oppiminen ja osaaminen. Yhteistyön avulla on mahdollista saavuttaa tehokkuutta, osaamista sekä asemointia. Tehokkuus tarkoittaa olemassa olevien resurssien, eli varojen ja osaamisen, tehokasta hyödyntämistä. Osaamisen kehittämisen tavoitteena on tutkimuksen, oppimisen, innovaatioiden sekä uusien osaamisalueiden kehittäminen. Asemoinnin kautta sen sijaan tähdätään uusille markkinoille ja pyritään suojelemaan tämän hetkisiä markkina-asemia. (Ritvanen ym. 2007: 69.)

Riskienhallinnan huomioon ottaminen on edellytyksenä verkostomaisessa toimintaympäristössä. Toimitusajoista lipsumisella on merkittävät vaikutukset koko ketjun liiketoimintaan. Sen sijaan joustavuus ja kustannustehokkuus parantavat verkostoyhteistyön kilpailukykyä. (Ritvanen ym. 2007: 70.) Yrityksen arvonluonti asiakkailleen perustuukin lähtökohtaisesti vain kahteen vaihtoehtoiseen tapaan; joko lisätään hyötyjä asiakkaille suhteessa kustannuksiin tai alennetaan kustannuksia hyötyihin nähden (Haverila ym. 2009: 67).

Yrityslähtöistä arvoa voidaan luoda käyttämällä samoja prosesseja ja palveluja eri liiketoimintayksiköissä. Synergia prosessien ja palvelujen yhtenäistämistä syntyy kahta kautta. Keskittämällä prosessejaan yritys voi saavuttaa mittakaavaetuja, ja toisekseen yrityksellä on mahdollisuudet saavuttaa etuja toiminnassaan luomalla erikoistiedolla ja - taidolla varustetun keskitetyn resurssin. Liiketoimintayksikköjen kilpaillessa keskenään samoista resursseista ne menettävät mittakaavaedun, jonka johdosta ne, muiden etujen ohella, saisivat solmittua parhaat mahdolliset toimitussopimukset. (Kaplan & Norton 2007: 96.)

Synergia-sana kuvaa ilmiötä, jossa kahden tai useamman toimijan kokonaisvaikutus on suurempi kuin osiensa summa (Ahern & Weston 2007: 6). Synergia määritellään myös korkeampana taloudellisena arvona, joka syntyy yhteistoiminnan seurauksena. Yhteistoiminnan arvoa kuvaa osuvasti kaava $2+2=5$ (Rock, Rock & Sikora 1987: 107). Taloudelliset tekijät ovat kuitenkin vain yksi ryhmä, josta synergiaetuja voidaan saavuttaa.

Damodaran (2005: 32) esittää kuvion 13 mukaisesti synergioiden olevan joko operatiivisia tai taloudellisia. Esitettyihin synergioihin vaikuttavat monet erilaiset tekijät. Operatiiviset synergiat muodostuvat strategisten hyötyjen sekä mittakaavaetujen kautta. Taloudelliset synergiat sen sijaan saavat alkunsa suuremmista kassavaroista, verohyödyistä, lisääntyneestä velanottokyvystä sekä diversifioinnista eli tuote- ja palveluvalikoiman monipuolistumisesta.



Kuvio 13. Synergialähteet (Damodaran 2005: 32).

Turunen (2008: 41–45) jakaa synergiaedut neljään ryhmään: taloudellisiin, operatiivisiin, johtajuuteen liittyviin sekä strategisiin synergioihin. Tässä esitutkimuksessa käytetään samaa selkeää jakoa. Kaikkien ryhmien synergiat mitataan loppujen lopuksi arvonluonnin näkökulmasta; tuoko yhteistoiminta lisää tuloja tai vähentääkö se kokonaiskustannuksia.

Energiapuun ja turpeen toimitusketjujen toisilleen mahdollistamia synergioita on koottu synergiamatriisiin vastausten perusteella. Synergiamatriisi lähetettiin Vapon operaatiopäälliköille, urakointipäälliköille, aluejohtajille, asiakkuuspäälliköille sekä logistiikan ja Polttoaineet-liiketoiminnan asiantuntijoille. Synergiamatriisissa kysyttiin ”Kuinka tärkeänä pidät puupolttoaineiden ja turpeen toimitusketjujen synergioiden tavoittelemista seuraavien tekijöiden kannalta?” Synergiamatriisissa oli edustettuina tekijöitä monelta eri osa-alueelta: strategia, talous, johtaminen ja organisaatiot, myynti ja tuotekehitys, kuljetukset ja toimitustenohjaus sekä varastointi. Osatekijät on valittu tutkielman tekijän omasta näkökulmasta, mutta vastaajilla oli mahdollisuus lisätä taulukkoon myös omia näkökulmia tutkittavasta aiheesta. Syngioiden tavoiteltavuutta taulukossa olevien tekijöiden kannalta arvioitiin asteikolla 0–3 (0 = ei lainkaan merkittävä, 3 = erittäin tärkeä).

5.1 Analyysimenetelmät

Synergiamatriisin tuottaman aineiston analysointi alkaa aineiston kuvauksella, mistä siirrytään tiiviimmän kuvauksen luomiseen. Tässä vaiheessa aineiston konteksti on merkittävässä asemassa analysoinnin suunnan näyttäjänä. Toisin sanoen tutkimusongelma luo kehykset analysointiin. Analysointimenetelmä on siis sekä kuvaukseen tavoittelevaa että luokittelevaa. Toisaalta analyysin keskeisenä pyrkimyksenä on arvioida käsiteltävän prosessin tuloksellisuutta ja vaikuttavuutta koko liiketoimintaan.

Synergiamatriisi lähetettiin 32:lle Vapon henkilöstöön kuuluvalle ja vastauksia saatiin 13, vastausprosentin ollessa siten 40 %. Vastausten lukumäärää voidaan pitää tarpeeksi suurena, koska vastaukset alkoivat toistaa itseään eli saturaatiopiste saavutettiin. Yhtenä heikkoutena matriisissa on, että siinä olevat vastausvaihtoehdot ovat numeerisessa muodossa, mistä johtuen vastaukset eivät ole niin ”rikkaita” kuin ne parhaimmillaan voisivat olla. Vastaajilla voi olla erilaisia käsityksiä numeeristen arvojen merkityksestä. Toisin sanoen vastaajat voivat joutua pohtimaan, että mitä eroa todellisuudessa on arvoilla 1 ja 2.

Synergiamatriisin tulosten analysoimiseksi jokaisen rivin summat lasketaan, jolloin nähdään, mille tekijöille annetaan eniten painoarvoa synergioiden tavoittelussa. Matriisista

saadaan selville numeeriset arvot jokaiselle ehdotetulle tekijälle, minkä perusteella ne voidaan laittaa tärkeysjärjestykseen. Näiden lisäksi tärkeää tietoa ovat myös kommentteina ja lisähuomioina tulleet vastaukset. Onkin tärkeää tulkita tuloksia laajemmin kuin vain numeeristen arvojen kautta, jotta saadaan hyödynnettyä kerättyä aineistoa mahdollisimman tehokkaasti.

Teemahaastattelujen analysointi perustuu haastattelujen aikana tehtyihin muistiinpanoihin. Haastattelujen pohjalta kerättyä aineistoa on käytetty myös aiemmin tutkielmassa esitettyihin kuvauksiin ketjujen ominaisuuksista ja rakenteista. Haastattelujen purkaminen on siis tapahtunut osittain jo aiemmissa luvuissa. Tutkimusaineistoa ovat myös osallistuvan havainnoinnin ja vapaamuotoisten keskustelujen kautta syntynyt tieto.

5.2 Strategiset synergiat

Useiden liiketoimintojen tieto-taitoa hyödyntämällä sekä toimivalla yhteistyöllä voidaan saavuttaa strategista synergiaetua. Strategiset synergiat poikkeavat muista synergioista siinä, että niitä on vaikeampi saavuttaa ja niiden tulosten mittaaminen on vaikeampaa. (Turunen 2008: 44–45.) Esimerkiksi Vapon asettama strateginen tavoite olla maailman paras osaaja lähienergian arvoketjussa ei ole ainakaan minkään yksittäisen mittarin mitattavissa. Tavoite onkin ennen kaikkea viesti asiakkaiden suuntaan, millä halutaan tuoda esiin panostukset laatuun, vastuullisuuteen, kilpailukykyyn sekä imagoon.

Taulukko 2. Strategiset synergiat.

Osatekijä	Summa
Tavoitteen "Vapo on maailman paras osaaja lähienergian arvoketjussa" saavuttaminen	35
Kokonaisratkaisujen tarjoaminen asiakkaille	36
Kehittyminen polttoainemyyjästä palvelujen tuottajaksi	37

Siirtyminen polttoainetoimittajasta kokonaispalvelujen tarjoajaksi nähdään vastausten perusteella tärkeänä synergioiden tavoittelemisessa (Taulukko 2). Sen uskotaan tuovan toimintaan vakautta, jolloin voidaan optimoida polttoaineketjuja halutulla tavalla. Pelkän polttoainetoimittajan asemassa riski menettää kilpailutusten kautta asiakkaitaan on huomattavasti suurempi. Kokonaisratkaisujen tarjoaminen asiakkaille nostetaan

vastauksissa korkeaan asemaan. Kilpailijoihin nähden turpeen ja puun toimitusketjuissa olevien synergioiden löytäminen tuo merkittävää kilpailukykyä, koska kilpailijat toimittavat enimmäkseen vain joko puuta tai turvetta.

5.3 Johtamissynergiat

Markkinoilla tapahtuviin muutoksiin sekä uusien teknologisten innovaatioiden vastaanottoon vaaditaan johtamisrakenteiden uudelleen järjestelyä. Uusi toimintaympäristö tarkoittaa uuden suunnan ottamista, jottei markkina-asemia menetetä. (Turunen 2008: 44.) Synergiamatriisin vastauksissa synergioiden tavoittelua pidetään tärkeimpinä olemassa olevan tieto-aidon tehokkaan hyödyntämisen sekä asiakaslähtöisemmän johtamisen kannalta (Taulukko 3). Vapolla on olemassa laaja-alaista osaamista monelta eri osaamisalalta käsittäen esimerkiksi lakipalvelut, myynnin, taloushallinnon, konepajat, ostotoiminnan, logistiikan, terminaalit sekä resurssienhallinnan. Yhteistyön lisääminen sekä tiedon jakaminen henkilöstön keskuudessa nähdään vastauksissa ensiarvoisen tärkeänä synergioiden tavoittelun kannalta.

Taulukko 3. Johtamissynergiat.

Osatekijä	Summa
Asiakaslähtöisemmän johtamisen toteutuminen (siiloutumisen ehkäiseminen)	30
Organisaatioissa olevien päällekkäisyyksien (henkilöstö, tietojärjestelmät ym.) karsiminen	28
Olemassa olevan tieto-aidon tehokas hyödyntäminen	34
Kuljetusyrittäjien pidempiaikainen sitoutuminen	26

Asiakaslähtöinen johtaminen lähtee liikkeelle yhteistyön ja sitouttamisen lisäämisestä henkilöstön sisällä. Toisaalta puun ja turpeen toimitusketjut poikkeavat toisistaan siinä määrin, että ne vaativat erilaista osaamista ja ajankäytön hallinta voi olla vaikeaa, mikäli saman henkilön on hallittava monen eri sektorin työtehtävät ja toimintatavat. Toimitusketjuissa olevien päällekkäisyyksien osalta vastauksissa tuli ilmi, että karsimisen tarve riippuu organisaation toimintatasosta. Esimerkiksi myyntitoiminnot ovat jo tällä hetkellä ”saman katon alla”, mutta sen sijaan itse tuotanto ja hankinta ovat puulla ja turpeella niin erilaisia, ettei niissä juurikaan ole olemassa päällekkäisyyksiä.

5.4 Taloudelliset synergiat

Taloudelliset synergiaedut saavutetaan etupäässä pienemmän pääoman tarpeen muodossa, jonka kautta myös korkokuluja saadaan vähennettyä (Turunen 2008: 41). Synergiamatriisin vastausten perusteella investointien tuottojen kasvattaminen sekä mittakaavaeduista johtuvat kustannussäästöt ovat tärkeimmät taloudelliset syyt tavoitella synergioita puun ja turpeen toimitusketjujen välillä (Taulukko 4).

Vastauksissa ilmenee yhtenä tavoitteena hyödyntää investointeja tehokkaammin. Toisaalta investointien lisäämistä ei pidettä tärkeänä johtuen osaltaan siitä, että toimintaympäristöön on tullut lisää toimijoita eivätkä polttoainevolyymit ole kasvaneet. Liikevaihdon kasvattaminen ei myöskään vastaajien mukaan ole ensisijainen tavoite, vaan kilpailukyky saavutetaan kustannuksia karsimalla ja toimintaa tehostamalla. Voikin todeta, että kilpailukykyä haetaan enneminkin operatiivisten säästötoimien kuin suoraan myynnin lisäämisen kautta.

Taulukko 4. Taloudelliset synergiat.

Osatekijä	Summa
Liikevaihdon kasvattaminen	29
Verohyötyjen saavuttaminen	24
Investointien lisääminen	20
Investointien tuottojen kasvattaminen	30
Mittakaavaeduista johtuvat kustannussäästöt	32

Verotekijöitä ei pidetä merkittävinä synergioiden tavoittelun motiivina, vaan alan toimijat joutuvat sopeutumaan kulloinkin vallitsevaan tilanteeseen. Kustannussäästöjä ei myöskään pidetä automaattisena seurauksena mittakaavaeduista, vaan siihen päästään vain ”hyvällä toiminnalla”. Esimerkkeinä mainitaan hyvän varastonhallinnan kautta saavutettavat hävikin vähennykset sekä pääoman kierron nopeutuminen. Myös raaka-aineen hankintahinnan uskotaan olevan yksi synergioiden ilmenemismuodoista.

5.5 Operatiiviset synergiat

Synergiaetuja voidaan saavuttaa operatiivisella tasolla monin tavoin. Mittakaavaetujen kautta neuvotteluvoima on suurempi, jolloin on mahdollista solmia itselle edullisempia sopimuksia. Vertikaalisen integraation kautta on mahdollista ottaa käyttöön uudenlaisia teknologioita, mitä kautta vähennetään varastokustannuksia, nopeutetaan tuotekehitystä ja lisätään käytettävissä olevan kapasiteetin hyödyntämistä. Lisäksi kilpailullisten resurssien tuottavampi käyttö on merkittävä hyöty operatiivisesti tarkasteltuna. Operatiivisten synergioiden kautta voidaan saavuttaa myös strategista hyötyä sekä poistaa tehotonta johtamista. (Turunen 2008: 42–43.)

Synergiamatriisissa operatiiviset tekijät liittyvät varastointiin, kuljetukseen sekä myyntiin ja tuotekehitykseen. Myynnin ja tuotekehityksen saralla suurimmat painoarvot saavat tekijät ”Uusien markkinoiden saavuttaminen” sekä ”Myyntiprosessien tehostuminen” (Taulukko 5). Vastauksissa tuodaan esille se tosiseikka, että myynnistä ja asiakkaista kaikki toiminta lähtee liikkeelle. Samoin nousee esille kasvanut tarve saavuttaa uusia markkinoita sekä yleisen hyväksyttävyyden parantaminen.

Taulukko 5. Myyntiin ja tuotekehitykseen liittyvät synergiat.

Osatekijä	Summa
Uusien markkinoiden saavuttaminen	35
Myyntiprosessien tehostuminen	30
Tuotevalikoiman monipuolistuminen (seospolttoaineet, erilaiset toimitusvaihtoehdot)	28
Tuotteiden korkeamman jalostusasteen saavuttaminen	22

Myyntiprosessien tehostaminen vaatii vastausten perusteella riittävän suurta volyyymia sekä selkeää vastuu- ja työnjakoa. Puupolttoaineiden ja turpeen tuotevalikoiman monipuolistaminen omina tuotteinaan esimerkiksi erilaisten toimitusvaihtoehtojen kautta saa vastauksissa kannatusta. Tämän nähdään auttavan kilpailussa kiristyvässä markkinatilanteessa. Sen sijaan seospolttoaineita ei nähdä synergioita tuottavana elementtinä.

Syngioiden tavoittelua pidetään tärkeimpinä kuljetusten ja toimitustenohjauksen osa-alueella käytettävissä olevan kuljetuskaluston tehokkaan hyödyntämisen sekä ajojärjestelytoiminnan tehostamisen kannalta (Taulukko 6). Vastauksissa tuodaan esille,

että kuljetuskaluston hankkiminen on aina sinällään ylimääräinen kustannustekijä ja pienemmälläkin kalustomäärällä voidaan toimittaa enemmän, tehokkaammin ja edullisemmin.

Vaikka tällä hetkellä puun ja turpeen toimituksissa käytetään enimmäkseen eri kuljetuskalustoa, nähtiin saman kaluston käyttäminen mahdollisuutena etenkin terminaalitoiminnan yleistyessä. Osaltaan ajojärjestelyyn liittyen, kuljetusmatkojen lyheneminen nähdään tärkeänä tavoitteena, mihin päästään kuljetusten järkevällä suunnittelulla. Toisaalta kuljetusmatkojen lyhenemistä ei pidetä tulevaisuudessa kovinkaan todennäköisenä, sillä esimerkiksi terminaalista käyttöpaikalle ajettaessa matkat voivat olla lyhempiä samanaikaisesti, kun tienvarsivarastoilta terminaaliin kilometrejä kertyy enemmän.

Taulukko 6. Kuljetuksiin ja toimitustenohjaukseen liittyvät synergiat.

Osatekijä	Summa
Toimitusvarmuuden (palvelutason) paraneminen	31
Käytettävissä olevan kuljetuskaluston tehokas hyödyntäminen	37
Ajojärjestelytoiminnan tehostuminen	34
Kuorman käsittelypaikkojen väheneminen	28
Kuljetussopimusten ympärivuotinen jatkuvuus	32
Kuljetusmatkojen lyheneminen	33

Taulukko 7. Varastointiin liittyvät synergiat.

Osatekijä	Summa
Yhteisvarastoinnin lisääminen (keskitetty varastointi)	30
Varmuusvarastojen lisääminen	24
Toimitusten joustavuuden lisääminen	32
Varaston kierron nopeutuminen	31
Laadunhallinnan paraneminen	37

Ajojärjestelytoiminnan tehostaminen nähdään myös hyvänä mahdollisuutena synergioiden tavoittelussa, mutta puun osalta se rajoittuisi vastaajien mukaan vain terminaaliin. Vastauksissa tuodaan esiin myös näkökulma, että yhteistyö ja toiminnan laatu paranevat ajojärjestelyn kentälle jalkauttamisen kautta (Taulukko 7). Lisäksi hiljaisempina aikoina ajojärjestelyn resursseja voitaisiin käyttää muuhun toimintaan. Toisen polttoaineen toimitusten ollessa vähäisempää toimitettavaksi voisi vastaajien mukaan ottaa korvaavaa

polttoainetta, jolloin myös kuljetussopimukseen voidaan saada ympärivuotista jatkuvuutta. Turpeen menekki on suurimmillaan talvella, kun taas kesällä puuta on mahdollista käyttää enemmän sen kosteuden ollessa matalammalla tasolla kuin talvella.

5.6 Yhteenveto

Vastauksissa tuli esiin monia merkittäviä synergioita tuottavia tekijöitä monelta eri osa-alueelta. Tutkimuksen teon kannalta ei kuitenkaan ole mahdollista ottaa kaikkia tekijöitä huomioon ja yksittäisten kyselyssä esille nousseiden tekijöiden painoarvo laskelmissa vaihtelee. Myös tutkimusongelma asettaa omat rajoitteensa tarkasteltaviksi otettavien tekijöiden valinnalle.

Kahden toimitusketjun välisten synergioiden hakeminen vaatii sekä nykytilanteen tarkkaa tuntemista että tulevaisuuden trendien hahmottamista. Siksi on tärkeää keskittyä sellaisiin toimitusketjujen osatekijöihin, joiden kautta nähdään saatavan synergiaetua myös tulevaisuudessa. Lisäksi synergioiden mitattavuus on ensiarvoisessa asemassa, jotta yhteisvaikutusten kehittymistä on mahdollista seurata. Siksi synergioiden hakemisen on keskityttävä sellaisiin toimintoihin, joiden yhteistoiminnan kautta syntyvää lisäarvon määrää voidaan mitata esimerkiksi kustannussäästöjen muodossa.

Tässä tutkielmassa keskitytään välivarastoinnin jälkeisiin vaiheisiin, joten eri toimitusketjuvaihtoehtojen logistiseen tuottavuuteen näissä vaiheissa tullaan kiinnittämään erityistä huomiota. Yksi keskeisimmistä logistisen ketjun kannattavuuteen vaikuttavista tekijöistä on tilanteeseen sopivien, vain tuotteen arvonmuodostumisen kannalta tuottavien vaiheiden sisällyttäminen toimitusketjuun.

Tämän pohdinnan tuloksena päädyttiin etsimään synergioita jo käytössä olevan kuljetuskaluston hyödyntämisen näkökulmasta. Tämä osatekijä nousi yhdessä *Laadunhallinnan paraneminen ja Kehittyminen polttoainemyyjästä palvelujen tuottajaksi* – tekijöiden kanssa merkittävimmäksi tavoitteeksi synergiamatriisiin vastauksissa (Taulukko 8). Johtuen monitahoisemmasta toimitusketjurakenteesta, metsähakkeen toimitusketjuissa on turpeen toimitusketjuihin verrattuna enemmän mahdollisuuksia hyödyntää vaihtoehtoisia toimitusmuotoja. Esitutkimuksen pohjalta voidaan siten muodostaa

olettamus, että käytettävissä olevan kuljetuskaluston tehokkaalla hyödyntämisellä on mahdollista saavuttaa synergiaetuja puupolttoaineiden toimitusketjuissa.

Taulukko 8. Synergiamatriisin vastaukset kootusti.

Osatekijä	Summa
Kehittyminen polttoainemyyjästä palvelujen tuottajaksi	37
Käytettävissä olevan kuljetuskaluston tehokas hyödyntäminen	37
Laadunhallinnan paraneminen	37
Kokonaisratkaisujen tarjoaminen asiakkaille	36
Tavoitteen "Vapo on maailman paras osaaaja lähienergian arvoketjussa" saavuttaminen	35
Uusien markkinoiden saavuttaminen	35
Olemassa olevan tieto-aidon tehokas hyödyntäminen	34
Ajojärjestelytoiminnan tehostuminen	34
Kuljetusmatkojen lyheneminen	33
Mittakaavaeduista johtuvat kustannussäästöt	32
Kuljetussopimusten ympärivuotinen jatkuvuus	32
Toimitusten joustavuuden lisääminen	32
Toimitusvarmuuden (palvelutason) paraneminen	31
Varaston kierron nopeutuminen	31
Investointien tuottojen kasvattaminen	30
Asiakaslähtöisemmän johtamisen toteutuminen (siiloutumisen ehkäiseminen)	30
Myyntiprosessien tehostuminen	30
Yhteisvarastoinnin lisääminen (keskitetty varastointi)	30
Liikevaihdon kasvattaminen	29
Organisaatioissa olevien päällekkäisyyksien (henkilöstö, tietojärjestelmät ym.) karsiminen	28
Tuotevalikoiman monipuolistuminen (seospolttoaineet, erilaiset toimitusvaihtoehdot)	28
Kuorman käsittelypaikkojen väheneminen	28
Kuljetusyrittäjien pidempiaikainen sitoutuminen	26
Verohyötyjen saavuttaminen	24
Varmuusvarastojen lisääminen	24
Tuotteiden korkeamman jalostusasteen saavuttaminen	22
Investointien lisääminen	20

6 LASKENTASOVELLUS

Osana tätä tutkielmaa kehitetty Excel-pohjainen laskentasovellus on tarkoitettu vain Vapon sisäiseen käyttöön. Laskentasovelluksen rakentamisen lähtökohtana on osittain käytetty Föhrin (2009) kehittämää Energiapienpuun toimitusketjujen kannattavuus –laskuria. Toimitusketjut sekä niihin liittyvät laskentakaavat ja tulosten esitysmuodot on rakennettu vastaamaan tutkimuskysymyksen määrittelemään ongelmaan.

Laskentasovelluksella on mahdollista tarkastella kolmea erilaista ketjua: suoraa tienvarsihaketusketjua, tienvarsihaketusketjua terminaalivarastoinnin kanssa sekä terminaalihaketusketjua. Sovelluksessa toimitusketjut on rakennettu alkamaan välivarastopaikoista eli toisin sanoen puun korjuuvaiheet on rajattu tarkastelun ulkopuolelle. Hakkeen raaka-aineista mukana laskelmissa ovat kokopuu, hakkuutähteet sekä rankapuu. Rankapuun osalta tulevissa laskelmissa on käytetty irtotiheyden osalta sekarankapuun arvoja, joten koivurangat ovat tarkastelujen ulkopuolella. Vapon toimittamiin metsähakelajeihin kuuluu myös kantohake, mutta se on rajattu tarkastelun ulkopuolelle, koska sen toimituksissa ei käytetä tienvarsihaketusketjuja.

Idän asiakasalueella puupolttoaineiden hankinta ja toimitus ostetaan ulkopuoliselta palveluntarjoajalta. Tämän vuoksi kyseisen alueen haketus- sekä tienvarresta-ajokustannuksia ei voida määrittää samalla tavalla kuin muiden alueiden. Idän alueen syöttötaulukoihin on mahdollista lisätä tietoja, mikäli hankintajärjestelmä muuttuu tai jos yksittäisten vaiheiden kustannukset voidaan erotella kokonaisuudesta.

Tässä luvussa käydään läpi perustiedot laskentasovelluksen lähtökohdista ja toiminnasta. Esiteltävänä on sekä yleisiä laskentasovelluksen käytössä opastavia elementtejä että laskentakaavoja tulosten aikaansaamiseksi. Ketjujen välillä tehtyjen vertailujen tuloksia käsitellään myöhemmissä luvuissa.

Tausta-aineistona sovelluksessa käytetään Vapon voimassaolevia kuljetus-, haketus- ja kuormaustaksoja. Polttoaineen hinnan vaihtelut näkyvät kuljetustaksoissa kuukausittain vaihtuvan polttoaineklausuulin muodossa, mikäli sen käytöstä on sovittu kuljetussopimuksessa. Klausuuli lisätään perustaksoihin, jotka yleensä tarkistetaan uuden sopimuskauden alkaessa. Jotta kaikki laskelmissa käytetyt taksat olisi kohdistettu samalle ajanjaksolle, niihin kaikkiin on sovellettu syyskuun 2015 polttoaineklausuuleja, pois lukien

klausuulittomat sopimukset. Luottamuksellisuuden säilyttämiseksi kuvissa näkyviä työvaiheiden kustannuksia on manipuloitu.

6.1 Lähtökohdat

Laskentasovellus mahdollistaa kolmen erilaisen toimitusketjun tarkastelun. Ketjuja tarkastellaan niistä aiheutuvien kustannusten mukaan. Kuviossa 14 esitellään vertailtavina olevat ketjut. Tienvarsihaketusketju (Ketju 1) kuvaa tilannetta, jossa hake kuljetetaan hakkurin alta hakeautolla suoraan käyttöpaikalle.

Sen sijaan toisessa tienvarsihaketusketjussa (Ketju 2) hake ajetaan hakkurin alta tienvarresta terminaaliin, josta edelleen asiakastilauksen myötä käyttöpaikalle turpeen toimituksessa käytettävillä autoilla. Näin ollen tämän ketjun osalta voidaan puhua syöttöterminaalista, joka turvaa polttoaineen saatavuuden voimalaitokselle, mutta sijaitsee muualla kuin voimalaitoksen välittömässä läheisyydessä (Virkkunen, Kari, Hankalin & Nummelin 2015: 38). Ketjun alkupään kuljetus tienvarresta terminaaliin voidaan katsoa olevan ns. kuumaa ketjua, kun taas terminaalista käyttöpaikalle tapahtuvaan kuljetukseen ei liity samalla tavalla odottelua joko hakkurilla tai hakeautolla. Hakkurin tuottavuuden tarkastelu edellä mainittujen ketjujen kesken on tärkeää. Toisin sanoen: kuinka suuri tehostamistarve sisältyy tienvarressa haketuksen ja hakkeen terminaaliin toimittamisen toimintoihin, jotta hakkeen varastoiminen terminaaliin olisi kilpailukykyinen vaihtoehto suoralle tienvarsihaketusketjulle?

Ketju 3 puolestaan voidaan nimetä terminaalihaketusketjuksi. Tässä ketjussa terminaalit ovat metsähakkeen valmistuspaikaksi tarkoitettuja satelliittiterminaaleja, joiden sijaintia määrittelevät sekä raaka-aineen kuljetusmatkat terminaaliin että valmiin hakkeen toimitusmatkat käyttöpaikoille (Virkkunen ym. 2015: 35). Terminaalista käyttöpaikalle tapahtuvia kuljetuksia tarkastellaan tässäkin toimitusketjuvaihtoehdossa turpeen toimituksissa käytettävää kuljetuskalustoa hyödyntäen. Terminaaleissa, samoin kuin tienvarressa, käytetään näissä vertailuissa ns. mobiilihakkuria kiinteän hakkurin sijaan.

KETJU 1	KETJU 2	KETJU 3
TIENVARSAVARASTO		
HAKKURIN ALTA HAKEAUTOLLA	HAKKURIN ALTA HAKEAUTOLLA	PUUTAVARA-AUTO
	TERMINAALI Haketus	
	TURVEAUTO	TURVEAUTO
KÄYTTÖPAIKKA		

Kuvio 14. Tarkasteltavana olevat hakkeen toimitusketjut.

Vertailut pohjautuvat yksikkökustannuksina (€/MWh) laskettuihin ketjun työvaiheiden välittömiin kustannuksiin. Laskelmissa käytetyt hakkeen kosteuspitoisuudet ovat toimituskosteuksia, joten tutkielmassa ei kiinnitetä huomioita esimerkiksi riittävän kuivumisen varmistaviin olosuhteisiin terminaalissa. Myös hävikit ketjujen eri vaiheissa sekä muut laatuun vaikuttavat tekijät kuin kosteuspitoisuus on jätetty huomioimatta tulevilla tarkasteluilla. Hyvälaatuisen hakkeen toimittaminen on seurausta koko hankinta- ja toimitusketjun onnistuneesta hallinnasta. Luvussa 4.7.1 esitettyjen keskitetyn haketusketjun hyötyjen saavuttaminen vaatii hyvin organisoitua terminaalitoimintaa, jossa alueen layout tarjoaa mahdollisuuden FIFO-menetelmän (First in first out) toteutumiseen.

6.2 Laskentasovelluksen toiminta

Sovellus tarjoaa mahdollisuuden tarkastella ketjuja sekä alueellisesti että hakkeen raaka-aineen mukaan. Käyttäjä voi valita yhden asiakasalueen Suomesta ja tarkastella sitä erikseen tai valita koko Suomen laajemman kokonaiskuvan saamiseksi. Sovellus hakee valitun alueen ja haketuotteen perusteella oikeat kuljetus-, haketus- ja kuormauskustannukset sekä irtotiheydet omista taulukoistaan.

Ketjun kustannusrakennetta määrittelevät haketuspaikka, kuljetusmatkat ja hakkeen toimituskosteus. Näiden kaikkien osatekijöiden vaikutusta ketjun kustannusrakenteeseen tutkitaan osana synergiaetujen löytämistä. Vertailussa ovat rinnakkain kaikista kolmesta ketjusta aiheutuvat kustannukset. On huomioitava, että laskentasovelluksen esittämät tuotot on laskettu vähentämällä asiakkaan megawattitunnilta maksamasta hinnasta ketjussa

tapahtuvien työvaiheiden yksikkökustannukset lisättyä terminaalista aiheutuville kustannuksilla. Tämä tarkoittaa, että puun hankinta- ja korjuukustannuksia ei ole lainkaan huomioitu. Laskenta sulkee ulkopuolelleen myös erilaiset hallinnointikustannukset. Vertailu keskittyy siten välivaraston jälkeisiin, välittömiä kustannuksia aiheuttaviin työvaiheisiin lisättyä terminaalikustannuksilla. Nämä kustannustekijät voidaan nähdä arvoketjun perustoimintoina (Kuvio 5).

Sovellus sisältää lähtötietojen syöttötaulukot kaikille kolmelle toimitusketjulle. Jokainen ketju on rakennettu hakemaan työvaiheiden kustannukset valitun alueen, haketuotteen ja kuljetuskaluston mukaan. Taulukossa 9 on esitetty esimerkkinä terminaalihaketusketjun lähtötietojen syöttötaulukko. Sovellus antaa jokaisen työvaiheen kustannukset oletusarvoina, jotka ovat valitun alueen keskimääräisiä kustannuksia. Laskentaa on mahdollista tehdä myös tarkempien arvojen perusteella syöttämällä *Oma arvio* – kohtaan tarkastelun alla olevaan tilanteeseen paremmin sopivan arvo.

Taulukko 9. Terminaalihaketusketjun lähtötietojen syöttötaulukko.

	1= Pohjoinen, 2= Pohjanmaa, 3= Keski-Suomi, 4= Lounas, 5= Kaakko, 6= Itä, 7= Koko Suomi		
Alue	7		
Raaka-aine	3		
	1= Kokopuu, 2= Hakkuutähteet, 3= Rankapuu, 4= Kannot		
Raaka-ainekuljetus	Oma arvio	Oletusarvo	Käytetään arvoa
Kuljetusmatka tienvaresta terminaaliin	30		30 km
Kuljetuskustannus (raaka-aine)			€/t
TAKUUTONNIT		38	38 t
Toteutuneet tonnit		36	36 t
Todellinen tonnihinta		€/t	
Terminaalitiedot	Oma arvio	Oletusarvo	Käytetään arvoa
Vuosituotanto		50	50 GWh/v
Investointikustannukset		100 000	100 000 €
Korkokanta		5	5 %
Poistoaika		10	10 v
Poistot		12 950,46	12 950,46 €/v
			0,26 €/MWh
Muut terminaalikustannukset		1 000,00	1 000,00 €/v
			0,02 €/MWh
Terminaalikustannukset yht.		13 950,46	13 950,46 €/v
			0,28 €/MWh
HAKETUS SUORAAN AUTOON?	Ei		
Haketus ja kuljetus	Oma arvio	Oletusarvo	Käytetään arvoa
Haketuskuostannus			€/MWh
Hakkeen kuomaukustannus			€/t
Kuljetusmatka terminaalista käyttöpaikalle (hakkeena)	30		30 km
Kuljetuskustannus käyttöpaikalle			€/km
			€/t
Turvarekan kantavuus		40	40 t
Turvarekan kuomakoko		140	140 i-m ²
		56	56 kiinto-m ²
Energialaitoksen maksama hinta hakkeesta		20	20 €/MWh
Metsähakkeen kuiva-aineen lämpöarvo		5,33	5,33 MWh/t
Metsähakkeen toimituskosteus	40 %		

Minimikalkyylin käyttö sopii hyvin tilanteeseen, jossa muuttuvien kustannusten osuus on suuri (Järvenpää ym. 2010: 104). Tämän tutkielman rajaaminen koskemaan vain välivarastovaiheiden jälkeisiä työvaiheita on hyvä esimerkki minimikalkyylin käyttöympäristöstä. Yksikkökustannuksia ei kuitenkaan lasketa tässä tutkielmassa aivan perinteisen minimikalkyylin oppien mukaan, vaan toimintojen yksikkökustannukset perustuvat yrittäjien keskimääräisiin kustannuksiin. Sen sijaan kuormahinnoitteluun pohjautuva kuljetus vaatii yksikkökustannusten laskemiseksi siitä aiheutuvien muuttuvien kustannusten jakamista suoritemäärän mukaan.

Kun haketta kuljetetaan kuormakohtaisiin taksoihin perustuvalla turveautolla, on yksikkökustannusten laskemiseksi selvitettävä kuorman massa ja sitä kautta energiasisältö. Kuten edellä on jo käynyt ilmi (Luku 4.8.2), merkittävin polttoaineen laatuun ja sitä kautta energiasisältöön vaikuttava tekijä on kosteuspitoisuus. Sillä on vaikutuksensa luonnollisesti myös irtotiheyteen eli siihen, kuinka paljon yksi kuutiometri haketta painaa. Laskentasovellus käyttää tämän määrittelemiseen tausta-aineistona olevaa taulukkoa, jossa on eritelty irtotiheydet hakkeen kosteuspitoisuuden mukaan jokaiselle haketuotteelle erikseen. Korkea kosteuspitoisuus tarkoittaa pienempää energiamäärää kuormassa ja sitä kautta suurempia yksikkökustannuksia.

Hakekuorman massan laskemiseksi tarvitaan kosteuden mukaan määräytyvää irtotiheyttä, auton kantavuutta sekä toimitettavan kuorman tilavuutta. Laskentasovellus aloittaa laskemalla toimitettavan hakekuorman tilavuuden. Seuraavaksi esitetään sovelluksen käyttämä laskentalogiikka, jolla pyritään joko täyteen kantavuuteen tai täyttämään kuormatila kokonaan sen mukaan, kumpi rajoite tulee aikaisemmin vastaan.

Toteutunut kuormakoko ($i\text{-m}^3$):

Jos Auton kantavuus (t) / Metsähakkeen irtotiheys saapumistilassa ($t/i\text{-m}^3$) > Auton kuormakoko, $\max(i\text{-m}^3) \rightarrow$ Auton kuormakoko, $\max(i\text{-m}^3)$

Muuten: Auton kantavuus (t) / Metsähakkeen irtotiheys saapumistilassa ($t/i\text{-m}^3$).

Kuorman tilavuuden ollessa selvillä voidaan laskea haketonniin määrä kuormassa. Jos kuorman tilavuuden ja tilavuusyksikköä kohden lasketun irtotiheyden tulo ylittää kantavuuden, jota rajoittavat kuljetuskalustolle määritellyt painorajoitukset, tonnimääräksi ilmoitetaan kyseiselle kalustolle määritelty kantavuus.

Toimitetut haketonnit kuormassa:

Jos Metsähakkeen irtotiheys saapumistilassa ($t/i\text{-}m^3$) * Toteutunut kuormakoko ($i\text{-}m^3$) > Auton kantavuus (t) → Auton kantavuus (t)

Muuten: Metsähakkeen irtotiheys saapumistilassa ($t/i\text{-}m^3$) * Toteutunut kuormakoko ($i\text{-}m^3$).

Rajoitteina laskelmissa käytetään auton kantavuuden osalta 40 tonnia ja kuormatilavuudesta 140 irtokuutiometriä. Monesti tilanteessa, jossa polttoaineen kosteus on ns. normaalilla tasolla, kuorma jää alle auton kantavuuden. Esimerkiksi kokopuuhakkeen kosteuden ollessa 35 prosenttia kuorman tilavuus rajoittaa kuljetettavan hakkeen massan 34 tonniin. (Taulukko 10.) Toisaalta tilanne, jossa painorajoitus tulee vastaan mutta tilavuutta olisi vielä, on harvinainen, koska silloin kosteuden tulisi olla suhteellisen korkealla tasolla.

Metsähakkeen kuiva-aineen teholliseksi lämpöarvoksi on laskelmissa määritelty 5,33 MWh/ tonni kuiva-ainetta. Arvon suuruus riippuu mm. tuotteen tuhka- ja hiilipitoisuudesta, eikä siihen vaikuta kosteuspitoisuus. *Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa* – arvo kuvaa puolestaan haketonnin sisältämää energiamäärää tonnia kohden sen saapuessa käyttöpaikalle, jolloin se huomioi toimitettavan erän kosteuden. Se lasketaan kuiva-aineen tehollisen lämpöarvon ja kosteuspitoisuuden kautta kaavalla (1):

$$\frac{100 - \text{kosteus} - \%}{100} * k\text{-a:n tehollinen lämpöarvo} - \frac{0,02443}{3,6} * \text{kosteus} - \% \quad (1)$$

Hakekuorman kokonaisenergiamäärä lasketaan auton kuljettaman tonnimäärän ja saapumistilan tehollisen lämpöarvon tulona. Taulukossa 10 on esitetty poiminta laskentasovelluksesta koskien 35-prosenttisen kokopuuhakekuorman energiamäärään vaikuttavia tekijöitä.

Taulukko 10. Hakekuorman energiamäärän määräytyminen.

Metsähakkeen kuutiopaino saapumistilassa ($kg/kuutio\text{-}m^3$)	615
Metsähakkeen kuutiopaino saapumistilassa ($kg/irto\text{-}m^3$)	246
Toteutunut kuormakoko ($irto\text{-}m^3$)	140,0
Toimitetut haketonnit kuormassa (t)	34,462
Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa (MWh/t)	3,23
Energiamäärä (MWh)	111

Hakkeen raaka-aineiden kuljetuksen kustannukset vaativat myös lähempää tarkastelua. Monen rankapuuta kuljettavan yrittäjän sopimuksessa on määritelty erityinen takuuton määrä, joka on pienin laskutettava tonnimäärä. Kuormakoko vaihtelee paljon eri kuljetuksissa ja sen jäädessä alle takuutonien todellinen kuljetuskustannus tonnia kohden onkin korkeampi kuin taksataulukossa ilmoitettu. Laskentasovellus huomioi mahdolliset takuutonit laskemalla todellisen kuljetuskustannuksen niin, että ko. matkaa vastaava kuljetuskustannus tonnia kohden kerrotaan takuutonien määrällä ja jaetaan toteutuneella tonnimäärällä. Mikäli toteutuneen kuorman tonnimäärä ylittää takuutonit, sovellus käyttää suoraan matkan mukaan määräytyvää taksaa.

Ainoa välillisiin kustannuksiin laskettavissa oleva kustannustekijä laskelmissa on terminaalikustannukset (Taulukko 11). Terminaalikustannuksiksi määritellään näissä laskelmissa terminaalin alkuinvestoinnista vuositasolle kohdistuva poisto sekä terminaalin ylläpidosta aiheutuvat kustannukset, kuten auras- ja siivoustyöt. Mikäli terminaalialue on vuokra-aluetta, vaihdetaan vuosivuokran määrä vuosittaisen poiston tilalle. Sovellus laskee terminaalista aiheutuvat kustannukset tuotettua yksikköä kohden vuosittaisen läpimenomäärän perusteella, mikä voidaan luokitella keskimääräiskalkyylin käyttämiseksi.

Taulukko 11. Terminaalitietojen syöttötaulukko.

	Oma arvio	Oletusarvo	Käytetään arvoa	
Vuosituotanto		50	50	GWh/v
	Oma arvio	Oletusarvo	Käytetään arvoa	
Investointikustannukset		100 000	100 000	€
Korkokanta		5	5	%
Poisto aika		10	10	v
Poistot/v		12 950,46	€	v
	Oma arvio	Oletusarvo	Käytetään arvoa	
Vuosipoisto/-vuokra		12 950,46	12 950,46	€/v
Muut terminaalikustannukset		1 000,00	1 000,00	€/MWh
esim. auras, siivous ym.			0,02	€/MWh
Terminaalikustannukset yht.		13 950,46	13 950,46	€/v
			0,28	€/MWh

Investointikustannukset on kohdistettu pitoajalle poistojen avulla. Pitoajaksi on määritelty 10 vuotta, laskentakorkokannaksi 5 prosenttia ja jäännösarvoksi on määritelty tässä tapauksessa nolla. Todellisuudessa jäännösarvo riippuu mm. alueen koosta, sijainnista, kunnosta ja sen vaatimista jälkitoimenpiteistä.

Investointilaskenta tehdään laskentasovelluksessa annuiteetilaskennan periaatteella. Siinä nykyhankintameno jaetaan yhtä suuriksi vuosittaisiksi pääomakustannuksiksi eli

annuiteeteiksi pitoaikaa vastaavalle ajalle. Annuiteetissa on mukana niin varsinainen poisto kuin laskennallinen korkokin. Annuiteettitekijä lasketaan kaavan 2 avulla.

$$\frac{k(1+k)^n}{(k+1)^n-1} \quad (2)$$

k = laskentakorko

n = investoinnin pitoaika (a)

Alkuinvestointi saadaan jaettua vuosipoistoiksi lasketun annuiteettitekijän avulla. Alkuinvestoinnin ollessa 100 000 euroa ja muut tekijät edellä mainitut, annuiteetti on 12 950,46 euroa. (Kaava 3) Annuiteettimenetelmällä saatuja tietoja on mahdollista verrata investoinnista saatavaan vuosittaiseen tuottoon. Terminaalin tuottojen tulisi ylittää annuiteetin, jotta terminaali olisi kannattava. Annuiteettimenetelmän käyttö voidaan toisaalta kyseenalaistaa terminaalin vaihtuvien vuosituottojen vuoksi.

$$\frac{0,05(1+0,05)^{10}}{(0,05+1)^{10}-1} * 100\,000 \text{ €} = 12\,950,46 \text{ €} \quad (3)$$

Kustannuksia laskettaessa kunkin vaiheen yksikkökustannukset ilmoitetaan sekä megawattitunti- että tonnikohtaisesti (Taulukko 12). Yksiköstä toiseen muunneltaessa kertoimena käytetään *Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa* -arvoa. Esimerkiksi haketuskuustannukset voidaan laskea tonnikohtaiseksi kertomalla €/MWh-hinnoilla oleva kustannus saapumistilan tehollisella lämpöarvolla. Vertailtaessa ketjujen kannattavuutta toisiinsa keskitytään etupäässä ketjujen muuttuviin yksikkökustannuksiin.

Taulukko 12. Yksikkökustannusten laskentapohja (taksoja manipuloitu).

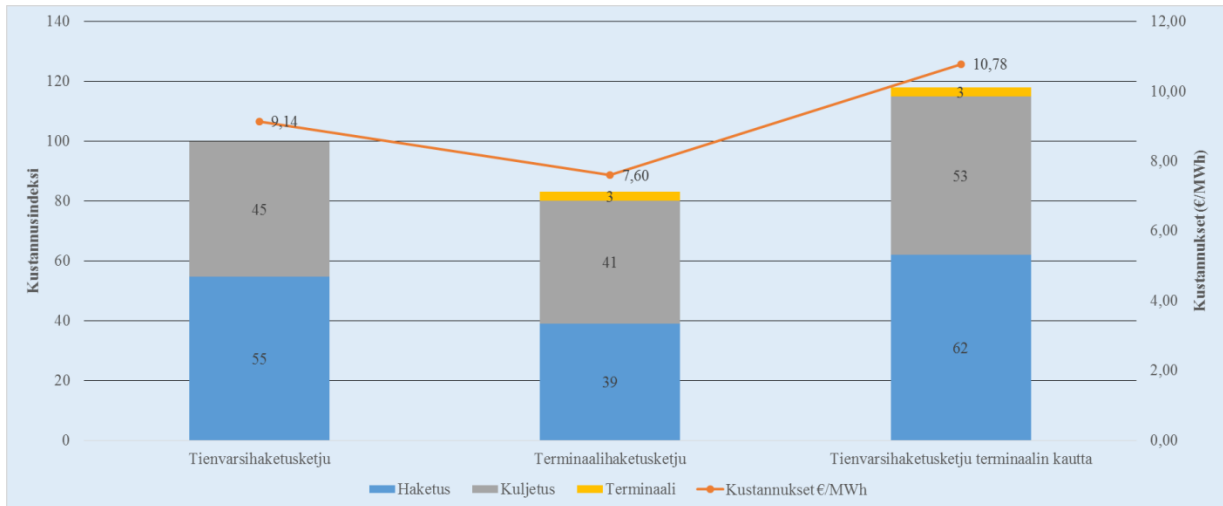
Kuljetuskustannukset terminaaliin	2,31 €/MWh
	6,76 €/t
Haketuskustannukset	2,87 €/MWh
	8,40 €/t
Kuormauskustannukset	0,68 €/MWh
	2,00 €/t
Kuljetuskustannukset käyttöpaikalle	1,46 €/MWh
	4,27 €/t
Terminaalikustannukset	0,28 €/MWh
	0,82 €/t
Kustannukset yhteensä	7,60 €/MWh
	22,24 €/t

Laskentasovellus vertailee kolmea edellä mainittua ketjua kustannusten mukaan (Taulukko 13). Vertailua helpottamaan ne on indeksoitu siten, että suoran tienvarsihaketusetjun (Ketju 1) kustannukset on sidottu arvoon 100, johon kahden muun ketjun vastaavat arvot skaalataan. Vertailutaulukko näyttää myös €/MWh-perusteiset yksikkökustannukset ja –tuotot.

Taulukko 13. Koontitaulukko kolmen ketjun kustannuksista (taksoja manipuloitu).

Kustannusindeksit	Tienvarsihaketusetju	Terminaalihaketusetju	Tienvarsihaketusetju terminaalin kautta
Haketus	55	39	62
Kuljetus	45	41	53
Terminaali		3	3
Yhteensä	100	83	118
Kustannukset €/MWh	9,14	7,60	10,78
Erotus €/MWh	0	-1,54	1,64

Vertailujen havainnollistamiseksi sovelluksesta on luettavissa ketjujen väliset erot myös erillisestä kuvaajasta (Kuvio 15.)



Kuvio 15. Kolmen toimitusketjun kustannusten vertailukaavio (taksoja manipuloitu).

Edellä kuvattuja laskentasovelluksen sisältämiä toimintoja käyttäen seuraavissa luvuissa tarkastellaan yksikkökustannusten kautta jokaisen kolmen tarkasteltavana olevan toimitusketjumallin kustannusjakaumia sekä analysoidaan niiden vaikutuksia niin operatiivisesta kuin taloudellisestakin näkökulmasta. Operatiivisella näkökulmalla tarkoitetaan ketjun kustannusrakenteen mahdollistamien potentiaalisten hankintasäteiden tarkastelua sekä käyttöpaikalta että terminaalista käsin. Taloudellinen näkökulma sen sijaan kiinnittää huomiota kustannussäästöihin, joita voitaisiin saavuttaa käyttämällä vaihtoehtoisia toimitusketjuja.

6.3 Kuljetustaksojen tarkastelua

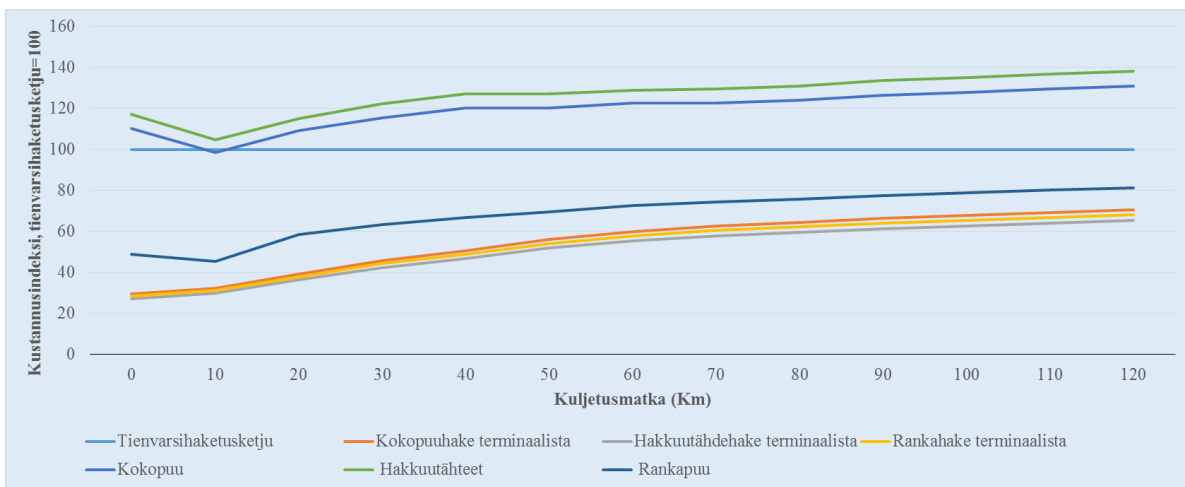
Laskelmissa esiintyvät kunkin työvaiheen kustannukset ovat yrittäjäkohtaisten kuljetus- ja haketustaksojen kautta saatuja koko Suomen kattavia keskihintoja. Sovelluksella on mahdollista tarkastella ketjuja myös asiakasalueittain, jolloin laskelmissa on mukana vain kyseisellä alueella toimivien yrittäjien taksoja. Sovelluksessa on eritelty kuljetustaksat kokopuun, hakkuutähteiden ja rankapuun raaka-aineena kuljettamisen osalta. Lisäksi valmiin hakkeen kuljetukseen käytetään eri taksoja riippuen siitä, ajetaanko hake suoraan hakkurin alta käyttöpaikalle tai terminaaliin (ns. kuuma ketju) vai terminaalista käyttöpaikalle.

Taulukossa 14 esitetään, kuinka eri kuljetusvaiheet eroavat toisistaan sen mukaan, minkä perusteella kustannukset määräytyvät. Raaka-aineen kuljettamisen kustannukset ovat tonniperusteisia, tienvarresta hakkeena ajamisen kustannukset määräytyvät kuljetettavan energiamäärän mukaan, kun taas terminaalista käyttöpaikalle tapahtuvista turveautokuljetuksista maksetaan toimitettavien kuormien mukaan.

Taulukko 14. Taksaperusteet kuljetettaville tuotteille.

Tuote	Hake, tv-haketusketju	Hake terminaalista	Kokopuu	Hakkuutähteet	Rankapuu
Taksaperuste	€/MWh	€/kuorma	€/t	€/t	€/t

Erot taksojen välillä ovat merkittävät. Kuvio 16 osoittaa kuljetustaksojen suhteelliset erot välillä 0-120 km. Tienvarsihaketusketjun kuljetustaksat on kymmenen kilometrin välein indeksoitu arvoon 100, johon muiden kuljetusten taksat on suhteutettu. Vertailua varten taksat muutettiin yksikkökustannuksiksi (€/MWh) olettamalla kosteuspitoisuus 39 %:iin, jolloin tehollinen lämpöarvo saapumistilassa on 2,99 MWh/t. Tällöin täyteen kuormaan lastattu 140 i-m³:n kuormatilalla varustettu yhdistelmäajoneuvo kuljettaa kokopuuhaketta 110 MWh, hakkuutähdehaketta 119 MWh ja rankahaketta 114 MWh.



Kuvio 16. Kuljetustaksojen erot energiayksikköä kohden.

Kuvio 16 havainnollistaa, kuinka taksataulukkojen alkupisteessä hakkeen ajamisen kustannukset turveautolla ovat vain 30 % tienvarsihaketusketjun kuljetuskustannuksiin verrattuna. Huomionarvoista on kuitenkin se, että 120 kilometrin kohdalla turveauton

kuljetuskustannukset ovat nousseet 70 %:iin hakeauton kustannuksista. Tämä johtuu taksataulukkojen erisuuruuksista eroista siirryttäessä seuraavaan taksaväliin. Toisin sanoen tienvarsihaketusketjuissa taksat ovat lyhyillä matkoilla selvästi korkeammalla tasolla kuin turveautolla, mutta taksat eivät nouse kilometrien mukana samassa suhteessa. Erot eri hakelajien välillä eivät ole merkittäviä, vaan ne näyttävät käyttäytyvän samansuuntaisesti suhteessa tienvarsihaketusketjun kustannuksiin.

Sen sijaan eri raaka-ainelajien kuljetuskustannuksissa on olennaisia eroja. Rankapuun kuljetuskustannukset jäävät koko tarkasteluvälillä tienvarsihaketusketjulla kuljetettavan hakkeen kuljetuskustannusten alapuolelle, mutta samanaikaisesti turveautolla kuljetettavan hakkeen kustannusten yläpuolelle. Hakkuutähteiden sekä kokopuun kuljetuskustannukset puolestaan ovat kauttaaltaan muita kuljetuksia korkeammalla tasolla. Notkahdukset raaka-ainekuljetusten kuvaajissa kymmenen kilometrin kohdalla johtuvat siitä, että raaka-ainekuljetuksissa ensimmäisen kymmenen kilometrin matkalla taksat eivät nouse, kun taas muiden kuljetusten taksoissa kymmenen kilometrin kuljetuksista joutuu maksamaan enemmän kuin esimerkiksi alle viiden kilometrin kuljetuksista.

Erilaiset taksaperusteet tarkoittavat riskin jakautumista eri tavalla ketjun osapuolten kesken. Optimaalisin taksaperuste riippuu siitä, kenen kannalta tilannetta katsoo. Ketju, jossa kuljetuksesta maksetaan toimitettavan energiamäärän mukaan, asettaa kuljetusyrittäjälle vastuuta ja kannustetta hyvälaatuisen hakkeen toimittamisesta. Kosteaa tai muuten huonolaatuisen hakkeen toimittaminen näkyy suoraan yrittäjälle maksettavassa korvauksessa. Sen sijaan tonni- ja kuormapohjainen hinnoittelujärjestelmä eivät aseta samanlaista vastuuta laatuvaatimusten täyttämiseksi. Toisin kuin toimitetun energiamäärän mukaan hinnoiteltu kuljetus, tonni- ja kuormapohjaisten kuljetusten energiayksikköä kohden laskettu kustannus vaihtelee hakkeen toimituskosteuden mukaan.

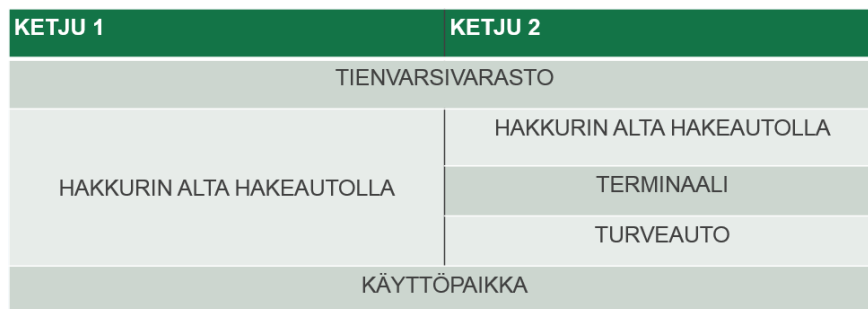
Kuormaperusteinen hinnoittelu, samoin kuin takuutonien käyttö, suojaavat yrittäjää kevyiden kuormien riskiltä koituen samanaikaisesti polttoaineen myyjän rasitteeksi. Tienvarsihaketusketjussa eli ns. kuumassa ketjussa korkeat kustannukset voidaan nähdä johtuvan pitkien odotusaikojen seurauksena syntyvästä hakkurin alhaisesta käyttöasteesta. Toisaalta voidaan pohtia energiasisällön perusteella maksettavaa korvausta yrittäjän riskin näkökulmasta, jolloin mahdollisuudet ovat sekä voittoihin että tappioihin.

7 TULOKSET JA ANALYSOINTI

Tulosten tarkastelu voidaan jakaa kolmeen eri osioon. Ensimmäisenä tarkastellaan kahden tienvarsihaketusketjun (Ketju 1 ja 2) ja toisessa vaiheessa tienvarsihaketusketjun ja terminaalihaketusketjun (Ketju 1 ja 3) kustannusrakenteita sekä niihin liittyviä mahdollisuuksia, rajoitteita sekä kannattavuutta erilaisilla raaka-aineilla, kuljetusmatkoilla ja toimituskosteuksilla. Viimeisenä kootaan yhteen tuloksissa esille tulleita yhtenäisiä suuntaviivoja ja huomioita. Tarkastelua tehdessä on huomioitava, että tulokset on saatu käyttämällä koko Suomen keskimääräisiä kustannuksia. Jo yksittäisen alueen sisällä kustannuksissa voi olla lopputulokseen vaikuttavia eroavaisuuksia.

7.1 Suora tienvarsihaketusketju ja tienvarsihaketusketju terminaalin kautta

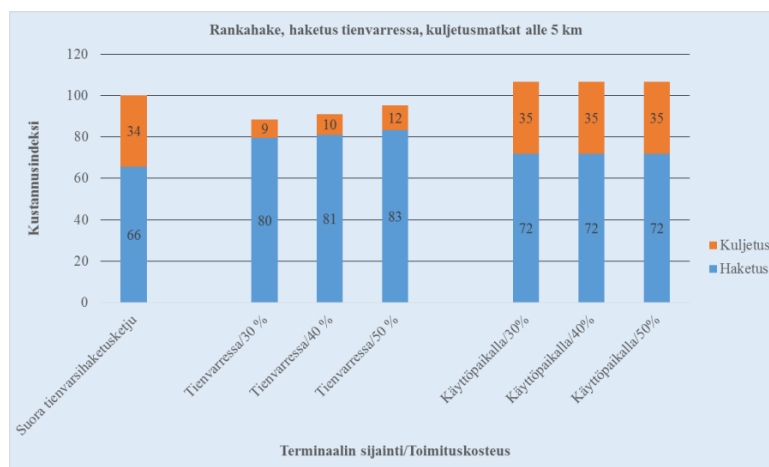
Tienvarsihaketusketjuja tarkasteltaessa on erotettava toisistaan suoraan käyttöpaikalle suuntautuva ketju (Ketju 1) sekä ketju, jossa hake ajetaan tienvarsivarastolta hakkurin alta terminaaliin odottamaan toimitusta asiakkaalle (Ketju 2) (Kuvio 17). Tienvarsihaketusketjuja kuvataan monesti termillä kuuma ketju, jossa hakkurin ja hakeauton toiminnot ovat linkittyneet vahvasti toisiinsa. Tällä hetkellä hakkeen ajaminen terminaaliin odottamaan asiakastilausta on erittäin harvinaista, joten kyseisen ketjun tarkastelua voidaan pitää lähinnä teoreettisena uusien toimintamahdollisuuksien hakemisena.



Kuvio 17. Tarkasteltavat toimitusketjut.

Tarkastelut tehdään erikseen kokopuulle, hakkuutähteille ja rankapuulle vaihtuvilla toimituskosteuksilla. Tienvarsihaketusketjun taksataulukot alkavat kilometrimäärästä 0, jota käytetään kaikille matkoille välillä 0-5 kilometriä. Tämän lyhyen matkan lisäksi vertailuissa tarkastellaan Vapon keskimääräistä, 60 kilometrin, toimitusmatkaa sekä pitkää, 100 kilometrin, toimitusmatkaa. Kuormaus- ja terminaalikustannukset pysyvät muuttumattomina. Sen sijaan haketus-kustannukset vaihtuvat tarkasteltavana olevan raaka-aineen mukaan. Tulokset on esitetty toimituskosteuksille 30 %, 40 % ja 50 %. Vertailun yksinkertaistamiseksi on terminaalin kautta tapahtuvan toimitusketjun eri kustannukset yhdistetty kahdeksi kustannuseräksi: kuljetus- ja haketustekijöihin. Haketus-osiossa ovat siten mukana myös terminaali- ja kuormauskustannukset.

Tarkastelut aloitetaan teoreettisesta tilanteesta, jossa kuljetusmatka käyttöpaikalle on alle viisi kilometriä (Kuvio 18). Terminaaliketjua tarkastellaan tämän matkan osalta kahdesta eri näkökulmasta: ensimmäisessä tilanteessa hake haketetaan tienvarsivarastolle, josta se myöhemmin kuormataan autoon. Tällöin kuuman ketjun kuljetusvaihetta ei ole lainkaan, mutta muiden työvaiheiden, eli haketuksen, kuormauksen ja käyttöpaikalle kuljetuksen, kustannukset sekä terminaalista aiheutuvat kustannukset otetaan huomioon. Toisessa skenaariossa terminaali on käyttöpaikalla Vapon hallinnoimana, joten mahdolliset terminaalikustannukset on huomioitu tässä tarkastelussa. Tässä teoreettisessa vaihtoehdossa kuljetuskustannuksia tulee vain yhdestä kuljetusvaiheesta eikä kuormauskustannuksia synny lainkaan.

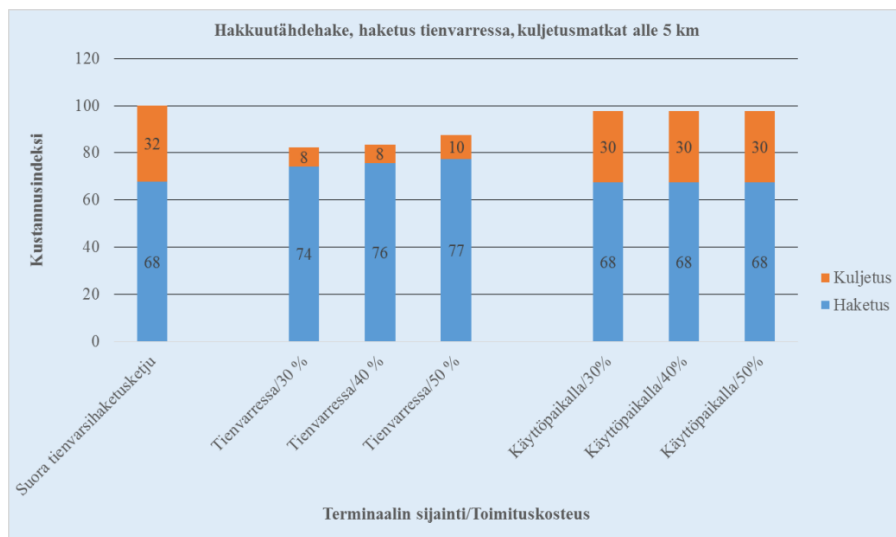


Kuvio 18. Kustannusjakaumat rankahakkeen toimitusketjuille teoreettisessa tilanteessa, jossa kuljetusmatkat ovat alle viisi kilometriä.

Kun teoreettisena tilanteena on, että hake varastoidaan suoraan hakkurin alta tienvarsivarastolle, saadaan taloudellista hyötyä siitä, että vältetään joko hakkurin tai hakeauton odotusajoilta. Kuljetuskustannuksissa voidaan rankahakkeen toimituksissa säästää jopa 74 %, kun toimituskosteus on 30 %. Kuormaus- ja terminaalikustannuksista johtuen haketuksen yksikkökustannukset ovat 21–25 prosenttia korkeammat kuin suorassa tienvarsihaketusketjussa. Haketuskustannuksiksi laskettujen kustannusten nousu toimituskosteuden noustessa johtuu yksinomaan korkeammista kuormauskustannuksista, jotka on laskentasovelluksessa hinnoiteltu kuormattavien tonniin mukaan.

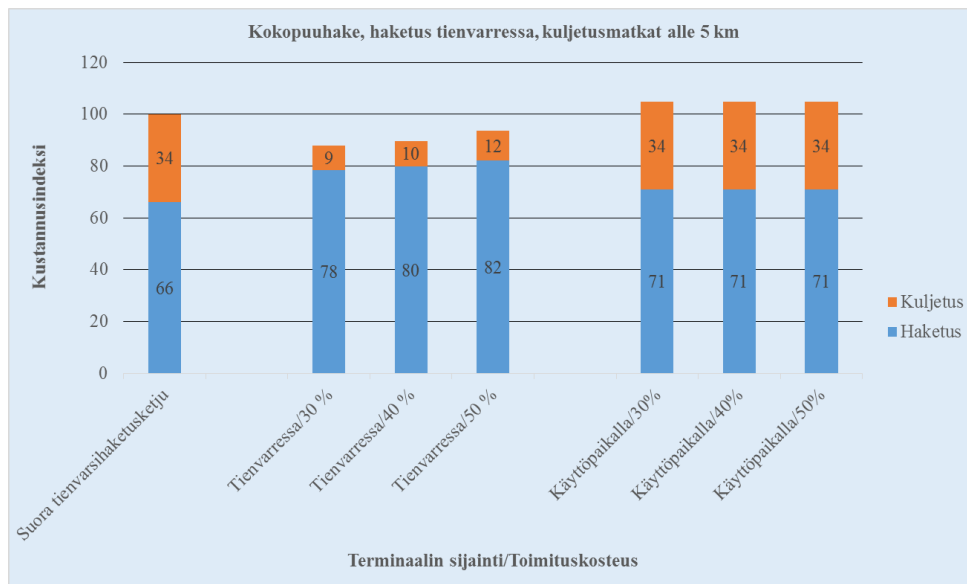
Toinen teoreettinen mahdollisuus hyödyntää terminaalin kautta kulkevaa toimitusketjua alle viiden kilometrin matkalla on tilanne, jossa terminaali on käytännössä voimalaitoksen pihamaalla, mutta Vapon hallinnoimana. Tällöin terminaaliketjujen kustannuksiin ei lasketa mukaan kuormauksesta eikä terminaalista asiakkaalle tapahtuvan kuljetuksen kustannuksia. Käytännössä terminaaliketju on täysin samanlainen kuin suora tienvarsihaketusketju, mutta laskelmissa on mukana myös terminaalista aiheutuvat kustannukset. Todellisuudessa tämä vaihtoehto ei siis voi koskaan olla edullisempi kuin suora toimitusketju tienvarsivarastolta voimalaitoksen purkupaikalle.

Hakkuutähdehakkeen toimittaminen halvempaa toimitusketjua hyödyntäen voisi kokonaisuudessaan säästää 13–18 prosenttia, kun verrataan suoraan tienvarsihaketusketjuun (Kuvio 19). Verrattuna rankahakkeen ajamiseen (Kuvio 18), hakkuutähdehakkeen kuljetus terminaaliketjun kautta on yhtä energiayksikköä kohden 11–16 prosenttia edullisempaa johtuen hakkuutähdehakkeelle ominaisesta koostumuksesta täyttää kuormatila kokonaisuudessaan tehokkaammin. Sen sijaan haketus on kahdeksan prosenttia rankahaketta kalliimpaa. Matalampi taso terminaaliketjujen *haketus*-kustannustekijässä, verrattuna rankahakkeen vastaaviin kustannuksiin, johtuu puolestaan kuormauksesta: hakkuutähdehakkeen kuormaus on energiayksikköä kohden halvempaa.



Kuvio 19. Kustannusjakaumat hakkuutähdehakkeen toimitusketjuille teoreettisessa tilanteessa, jossa kuljetusmatkat ovat alle viisi kilometriä.

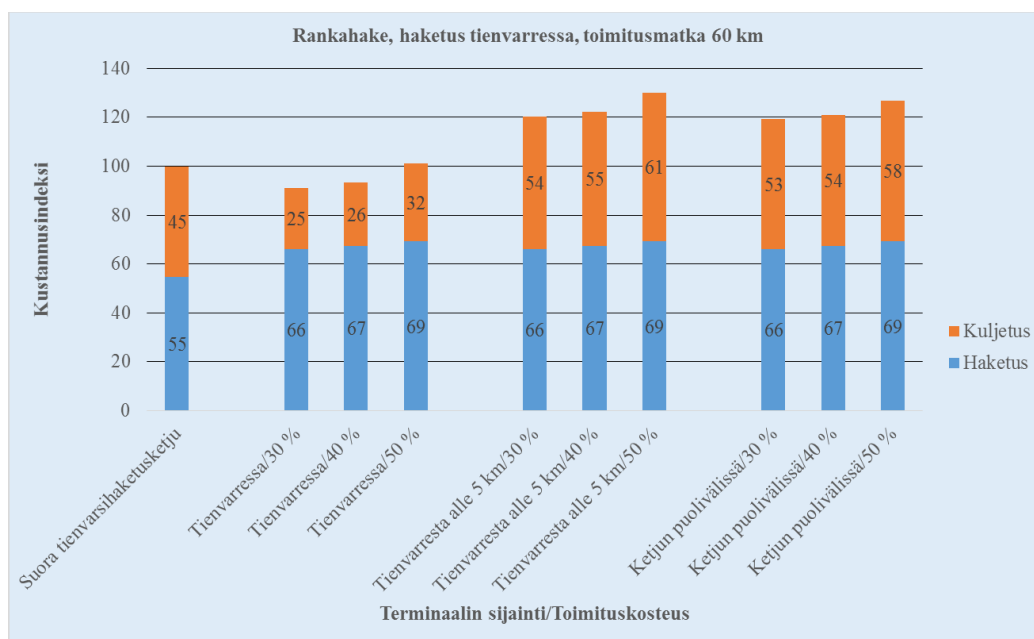
Kokopuuhakkeen osalta kustannusjakaumat muistuttavat pitkälti rankahakkeen jakaumia (Kuvio 20). Ainoana erona ovat hieman pienemmät *haketus*-osioon laskettavat kustannukset terminaaliketjuissa. Tässäkin tapauksessa ero johtuu alemmista kuormauskustannuksista yksikköä kohden.



Kuvio 20. Kustannusjakaumat kokopuuhakkeen toimitusketjuille teoreettisessa tilanteessa, jossa kuljetusmatkat ovat alle viisi kilometriä.

Vapon toimittamien metsähakkeiden keskimääräinen toimitusmatka on 60 kilometriä. Tarkasteltavaksi otetaan eri haketuotteiden osalta erilaisia skenaarioita siitä, missä kohtaa tämän mittaista toimitusketjua mahdollinen terminaali sijaitsee (Kuviot 21, 22 ja 23). Tarkasteltaessa teoreettista tilannetta, jossa terminaalin sijainti on tienvarsivarasto eivätkä hakeauton ja hakkurin toiminnot ole siten ns. kuumana ketjuna, voidaan maahan hakettamisella saavuttaa etua. On huomioitava, että terminaaliketjujen *haketus*-osiossa ovat mukana myös terminaalista aiheutuvat kustannukset, joita ei tässä tilanteessa välttämättä synny.

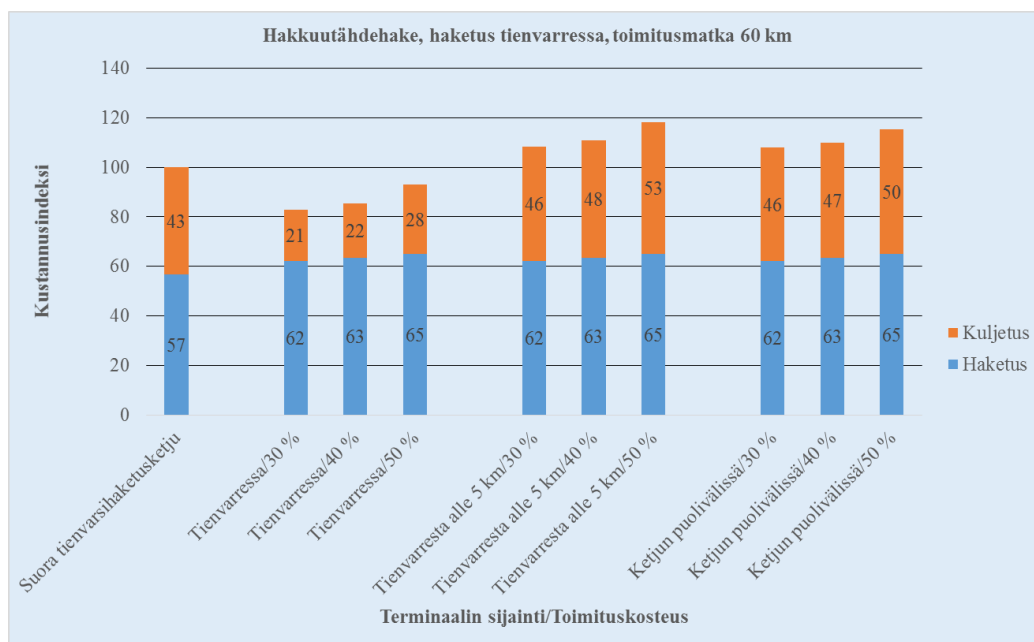
Tienvarsivarastolle perustettava varsinainen terminaali ei ole realistista, joten tässä hypoteettisessa vaihtoehdossa kustannussäästöt voisivat olla vieläkin suuremmat, mikäli ei huomioitaisi lainkaan terminaalista aiheutuvia kustannuksia. Terminaaliketjut, joissa tienvarsivarastolta kuljetetaan haketta vähänkään matkaa (alle viisi kilometriä) suoraan hakkurin alta, eivät ole enää kilpailukykyinen vaihtoehto suoralle tienvarsihaketusketjulle yhdenkään haketuotteen tai toimituskosteuden osalta. Tilanne pysyy samana, vaikka laskelmista poistetaan mahdolliset terminaalikustannukset.



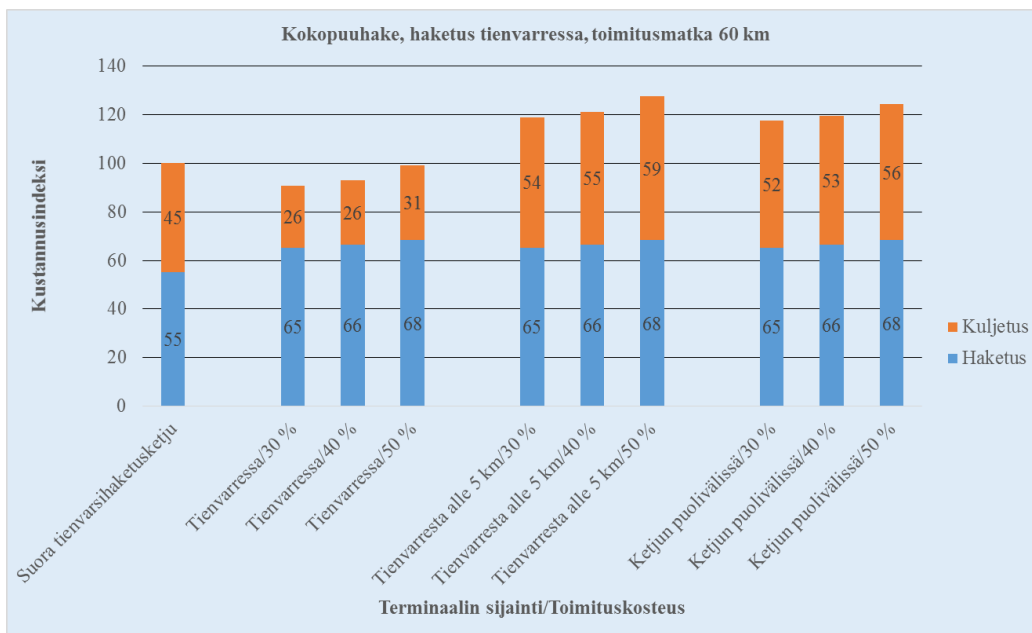
Kuvio 21. Kustannusjakaumat rankahakkeen toimitusketjuille, kun kokonaismatka on 60 kilometriä.

Tarkastelukannan laajentamiseksi tarkasteltavana on myös tilanne, jossa terminaalista on yhtä pitkä matka niin tienvarsivarastolle kuin käyttöpaikallekin. Laskelmat on siis suoritettu niin, että terminaalista on 30 kilometriä sekä tienvarsivarastolle että käyttöpaikallekin. Tulokset vahvistavat aiempia havaintoja. Ns. kuuman ketjun oleminen osana toimitusketjua tarkoittaa niiden hyötyjen menettämistä, joita olisi muuten mahdollista saavuttaa terminaalitoimitusten kautta.

Merkittävä havainto on, että tilanteessa, jossa ns. kuuman ketjun osuus on lyhempi mutta kokonaismatka yhtä pitkä, kuljetuskustannukset ovat kaikilla hakelajeilla 2-5 prosenttia pienemmät. Tämä selittyy sillä, että jo lähtötilanteessa suoran tienvarsihaketusketjun kuljetuskustannukset ovat aikaresurssien käytön suuremmasta vaikutuksesta korkeammat, mutta ne eivät kasva jokaista kilometriä kohden samalla tavalla kuin terminaalista haketta ajettaessa (ks. Kuvio 16). Suoran tienvarsihaketuksen kuljetuksissa kilometrit eivät siis ole samanarvoisia.



Kuvio 22. Kustannusjakaumat hakkuutähdehakkeen toimitusketjuille, kun kokonaismatka on 60 kilometriä.



Kuvio 23. Kustannusjakaumat kokopuuhakkeen toimitusketjuille, kun kokonaismatka on 60 kilometriä.

Arvontuottokyvyn mukaan voidaan toiminnot jakaa kolmeen luokkaan: lisäarvoa tuottaviin, lisäarvon tuottamisen näkökulmasta neutraaleihin sekä lisäarvoa tuhoaviin toimintoihin (Järvenpää ym. 2010: 137). Jos resurssien käyttö johtaa heikompaan lopputulokseen kuin niiden käyttämättä jättäminen, kyseessä on arvoa tuhoava toiminto. Jotta metsähakkeen toimittaminen terminaaliketjujen kautta ei olisi arvoa tuhoavaa toimintaa, vaatisi se merkittäviä tuotannon tehostamistoimia.

Kaplanin ja Cooperin (1998) mukaan kehittämispotentiaalin arvioiminen olisi arvon tuottamista parempi tapa arvioida toimintoja. Kehittämispotentiaalit voidaan jakaa viiteen eri luokkaan. Erittäin tehokkaissa toiminnoissa tehostamismahdollisuudet ovat alhaiset (0-5 %). Kun tehostamispotentiaali on 5-15 %, toiminnot ovat suhteellisen tehokkaita, kun taas keskitason tehokkaissa toiminnoissa tehostamispotentiaali on 15–25 %. Merkittäviä kehittämistarpeita vaativissa toiminnoissa esiintyy 25–50 %:n mahdollisuus tehostamiseen. Toiminnot, joissa tehostamismahdollisuus on yli 50 %, ovat tehottomia eikä niitä tulisi tehdä lainkaan.

Tehostamispotentiaalin hakeminen ei syrjäytä täysin arvon tuottamisen näkökulmaa, koska tehostamistoimien avulla voidaan parantaa arvon tuottoa. Tällöin huomio kiinnittyy

hakkurin ja hakeauton resurssien käyttöön. Mikäli haketta voitaisiin suoraan käyttöpaikalle menevien toimitusten sijaan kuljettaa terminaaliin puskurivarastoksi, hakkurin odotteluajat oletettavasti lyhenevät ja ajankäytöstä aiheutuva yhdelle megawattitunnille kohdistuva kustannus pienenee.

Tehostamismahdollisuuksien etsimisen mallia soveltaen tarkastellaan, paljonko terminaali- ja alkuvaiheiden (haketus + kuljetus terminaaliin) kustannusten tulisi laskea, jotta terminaalin kautta toimittaminen olisi vähintään yhtä kilpailukykyinen vaihtoehto kuin suora tienvarsihaketusketju. Taulukosta 15 käy ilmi kokonaismatkoiltaan 60 kilometrin mittaisille toimitusketjuille lasketut tehostamistarpeet jaoteltuna sen mukaan, kuinka pitkä matka on tienvarsivarastolta terminaaliin. Lisäksi tarkastelut on tehty erikseen kolmelle eri haketuotteelle.

Taulukko 15. Terminaali- ja alkuvaiheiden tehostamistarpeet kilpailukykyyn saavuttamiseksi, kun kaikkien toimitusketjujen kokonaismatkat ovat 60 kilometriä.

		Toimituskosteus 30 %	Toimituskosteus 40 %	Toimituskosteus 50 %	
		Tehostamistarve			
Tienvarresta terminaaliin (km)	Alle 5 km	Tuote	Tehostamistarve		
		Kokopuuhake	23 %	25 %	33 %
		Hakkuutähdehake	19 %	22 %	32 %
		Rankapuuhake	22 %	24 %	34 %
	10 km	Tuote	Tehostamistarve		
		Kokopuuhake	22 %	25 %	32 %
		Hakkuutähdehake	19 %	22 %	30 %
		Rankapuuhake	22 %	24 %	32 %
	20 km	Tuote	Tehostamistarve		
		Kokopuuhake	20 %	23 %	29 %
		Hakkuutähdehake	18 %	20 %	27 %
		Rankapuuhake	20 %	22 %	29 %
	30 km	Tuote	Tehostamistarve		
		Kokopuuhake	19 %	21 %	26 %
		Hakkuutähdehake	17 %	19 %	25 %
		Rankapuuhake	19 %	21 %	27 %
	40 km	Tuote	Tehostamistarve		
		Kokopuuhake	18 %	20 %	25 %
Hakkuutähdehake		16 %	18 %	24 %	
Rankapuuhake		18 %	20 %	25 %	
50 km	Tuote	Tehostamistarve			
	Kokopuuhake	18 %	19 %	23 %	
	Hakkuutähdehake	16 %	18 %	22 %	
	Rankapuuhake	17 %	19 %	23 %	
60 km	Tuote	Tehostamistarve			
	Kokopuuhake	18 %	20 %	23 %	
	Hakkuutähdehake	17 %	18 %	22 %	
	Rankapuuhake	18 %	19 %	23 %	

Suurin osa tarkastelluista ketjuista luokitellaan tehokkuudeltaan keskitasoisiksi, jolloin tehostamistarve on välillä 15–25 %. Lähellä tienvarsivarastoja sijaitsevien terminaalin kautta toimitettavien kosteiden hake-erien (toimituskosteus 50 %) toimitusketjut sen sijaan luokitellaan merkittäviä tehostamistoimia vaativiksi. Huomionarvoista on, että terminaalin sijainnin siirtyessä kauemmas tienvarsivarastoilta tehostamistarve pienenee. Tämä johtuu siitä, jo aiemmin esille tuodusta seikasta (Kuvio 16), että kuuman ketjun kuljetuskustannukset eivät kasva kilometrien mukana samassa suhteessa, kun taas terminaalista käyttöpaikalle tapahtuvissa kuljetuksissa jokainen kilometri voidaan nähdä olevan yhtä arvokas.

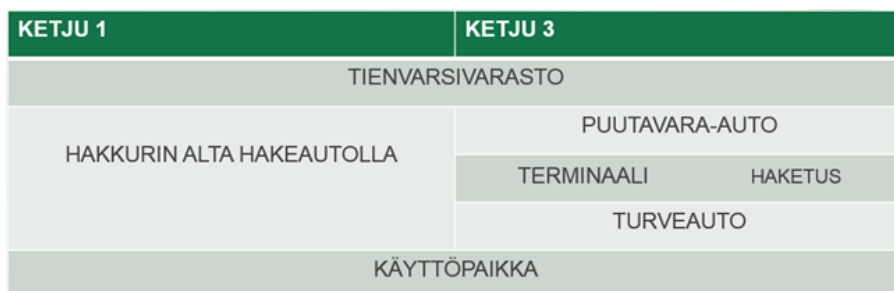
Tuloksia tarkastellessa on huomioitava, että tarkasteltujen terminaaliketjujen toimitusmatkat ovat samanmittaisia suoran tienvarsihaketusketjun kanssa, mikä olisi todellisuudessa harvinainen tilanne. Terminaalin sijainti aivan lyhimmän mahdollisen tienvarsivaraston ja käyttöpaikan välisen toimitusreitillä varrella on mahdollista, mutta tosiasiaa harvinaista. Tästä voidaan päätellä tehostamistarpeiden olevan käytännössä vielä suuremmat kuin taulukossa 15 esitetyt tulokset osoittavat. Erot tarkasteltujen ketjujen kustannusrakenteiden välillä ovat niin suuret, että terminaalin läpimenomäärää kasvattamalla ei ole mahdollista saada terminaalin kautta kulkevaa toimitusketjua kilpailukykyiseksi vaihtoehdoksi suoralle ketjulle.

Tehostamistarpeen kohdistaminen nimenomaan ns. kuuman ketjun toimintoihin ei ole perusteetonta, koska juuri niissä toiminnoissa tuotantokapasiteetin tehokkaammalla käytöllä voisi olla suurimmat mahdollisuudet parantaa toimitusketjujen tuottavuutta ja sitä kautta kannattavuutta. Kannattavuus puolestaan on edellytys maksukyvyille ja vakavaraisuudelle (Järvenpää ym. 2010: 67). Maksukyvyyn lisääntyminen sen sijaan mahdollistaa kilpailuedun saavuttamisen hakkeen raaka-ainemarkkinoilla.

7.2 Suora tienvarsihaketusketju ja terminaalihaketusketju

Tienvarsihaketus- ja terminaalihaketusketjuilla (Kuvio 24) on omat ketjun kokonaiskannattavuuteen vaikuttavat etunsa (Luku 3.6). Tässä luvussa etsitään näiden ketjujen optimaalisimmat käyttötilanteet sekä rajoitteet hakkeen raaka-aineen, haketuspaikan, kuljetusmatkojen sekä kosteuspitoisuuden muuttuessa. Synergiaetuja

turpeen toimitusketjun kanssa tuodaan esille kahdella erilaisella tavalla. Ensimmäinen keino on hakea rajat toiminta-alueen laajentumiselle vaihtoehtoista toimitusketjua käyttäen, kun yksikkökustannusten taso pysyy samana. Tämä menettelytapa voidaan laskea operatiivisten synergioiden hakemiseksi.



Kuvio 24. Tarkasteltavat toimitusketjut.

Tavoitekustannuslaskentaa käytetään soveltaen verrattaessa toisiinsa toimitusketjujen mahdollistamia potentiaalisia maksimikuljetusmatkoja, kun yksikkökustannustaso säilyy samana. Toisin sanoen tavoitekustannuslaskentaa ei käytetä etsimään kilpailukykyisen markkinahinnan ja tavoitekatteen erotuksena syntyvää tavoitekustannusta, vaan tiedossa olevien yksikkökustannusten mahdollistamia toimintaympäristön laajennuksia vaihtoehtoisia toimitusketjuja käyttäen. Tältä osin voidaan tavoitekustannusten sijaan puhua pikemminkin rajoitekustannuksista; kuinka paljon voidaan eri kuljetusvaiheisiin käyttää resursseja, jotta vertailukohtana olevan toimitusketjun kustannukset tulevat vastaan? Tämän kysymyksen pohjalta lasketaan, millaisilla toiminnoilla ja kuinka suurilla resursseilla rajoitekustannukset täyttyvät. Tarkasteltavana resurssitekijänä näissä laskelmissa on kuljetettavan matkan mukaan määräytyvät kuljetuskustannukset.

Toinen keino puolestaan on etsiä kustannussäästöjä ketjujen kesken, kun kokonaismatka on yhtä suuri molemmissa ketjuissa. Tästä voidaan puhua taloudellisten synergioiden tunnistamisena. Osana ketjujen kokonaistarkastelua kiinnitetään huomiota myös siihen, miten terminaalin vuosittainen läpimienomäärä sekä investointikustannukset vaikuttavat kokonaisuuteen.

Tarkastelut tehdään erikseen kokopuu-, hakkuutähde- ja rankahakkeelle vaihtuvilla toimituskosteuksilla. Tienvarsihaketusketjun taksataulukot alkavat kilometrimäärästä 0, jota käytetään kaikille matkoille välillä 0-5 kilometriä. Tämän lyhyen matkan lisäksi vertailussa

tarkastellaan Vapon keskimääräistä, 60 kilometrin, toimitusmatkaa sekä pitkää, 100 kilometrin, toimitusmatkaa. Kuormaus- ja terminaalikustannukset pysyvät muuttumattomina. Sen sijaan haketuskuustannukset vaihtuvat tarkasteltavana olevan raaka-aineen sekä haketuspaikan mukaan.

Tulokset on esitetty toimituskosteuksille 30 %, 40 % ja 50 %. Tietyissä tilanteissa on tulosten tarkastelun laajentamiseksi otettu huomioon myös tilanne, jossa toimituskosteus on 25 %. Rankapuun osalta muuttuvina lisätekijöinä ovat takuutonien vaikutukset erisuuruisiin kuormakokoihin.

7.2.1 Toimintasäteiden vertailu ketjujen välillä

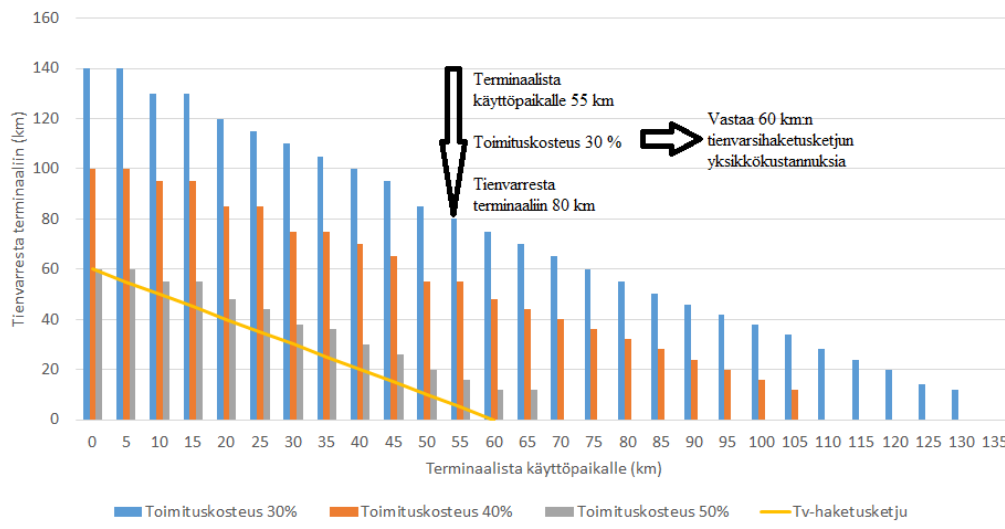
Johtuen kuljetuskustannusten merkittävistä eroista eri kuljetusmuodoissa (Kuvio 16), alempien yksikkökustannusten ketju mahdollistaa pidemmän kokonaismatkan samoilla kustannuksilla. Seuraavissa laskelmissa esitetään teoreettisesti pisimmät terminaalihaketusketjun kuljetusmatkat niin tienvarresta terminaaliin kuin terminaalista käyttöpaikalle siten, että yksikkökustannukset ovat edelleen samalla tasolla kuin verrokkina olevassa tienvarsihaketusketjussa. Laskelmien tavoitteena on osoittaa, millaisia toimintatapojen muutoksia on mahdollista toteuttaa kustannustason pysyessä silti samalla tasolla. Laskelmat on toteutettu etsimällä viiden kilometrin välein käyttöpaikasta sijaitseville terminaaleille pisimmät mahdolliset raaka-aineen kuljetusmatkat.

Toiminta-alueiden vertailua voidaan pitää maksimaalisen hankintasäteen etsimisenä terminaalille, kun matka terminaalista käyttöpaikalle on tiedossa. Toisaalta kuvaajista voidaan lukea myös pisin mahdollinen matka terminaalista käyttöpaikalle, kun hankintasäteen halutaan olevan tietyn mittainen. Eri toimituskosteuksille on omat kuvaajansa, joten kosteuden muutoksen vaikutuksia ketjujen kustannusrakenteeseen voidaan myös seurata.

Tulosten tarkastelu vaatii kuvaajien oikeanlaista tulkintaa. Kuviossa 25 on esitettyinä rankahakkeen 60 kilometrin tienvarsihaketusketjun yksikkökustannusten tasoa vastaavat kuljetusmatkat tienvarsivarastolta terminaaliin (pystyakseli) sekä terminaalista käyttöpaikalle (vaaka-akseli). Tienvarsihaketusketjun kuvaaja (keltainen viiva) voidaan tulkita osoittamaan lyhintä mahdollista terminaalihaketusketjun kokonaismatkaa, jotta se olisi vähintään samanmittainen vertailtavana olevan tienvarsihaketusketjun kanssa. On

huomioitava, että terminaalihaketusketjun kustannuksissa ovat mukana myös hakkeen kuormauskustannukset sekä terminaalin vuosittaisen vuokran tai alkuinvestoinnin poistosta yhdelle megawattitunnille kohdistettu kustannus.

Kuvaajasta voidaan lukea esimerkiksi, kuinka kaukaa rankapuuta voidaan ajaa 55 kilometrin päässä käyttöpaikasta olevaan terminaaliin haketettavaksi, jotta yksikkökustannukset vastaavat 60 kilometrin rankahakkeen tienvarsihaketusketjua (kuvioissa merkitty tv-haketusketju). Kuvaajasta voidaan tulkita, että toimituskosteudeltaan 30-prosenttisen rankahakkeen raaka-ainetta voidaan kuljettaa 80 kilometrin säteeltä terminaalista, kun taas toimituskosteuden ollessa 40 % hankintasäde on 55 kilometriä. Toimituskosteuden noustessa 50 %:iin sama yksikkökustannustaso tulee vastaan jo silloin, kun terminaaliin ajetaan rankapuuta 16 kilometrin päästä terminaalista. Näiden tulosten pohjalta voidaan tehdä vertailua, millaiset ovat tienvarsihaketusketjun sekä terminaalihaketusketjun toimintasäteet yksikkökustannusten pysyessä samansuuruisina.



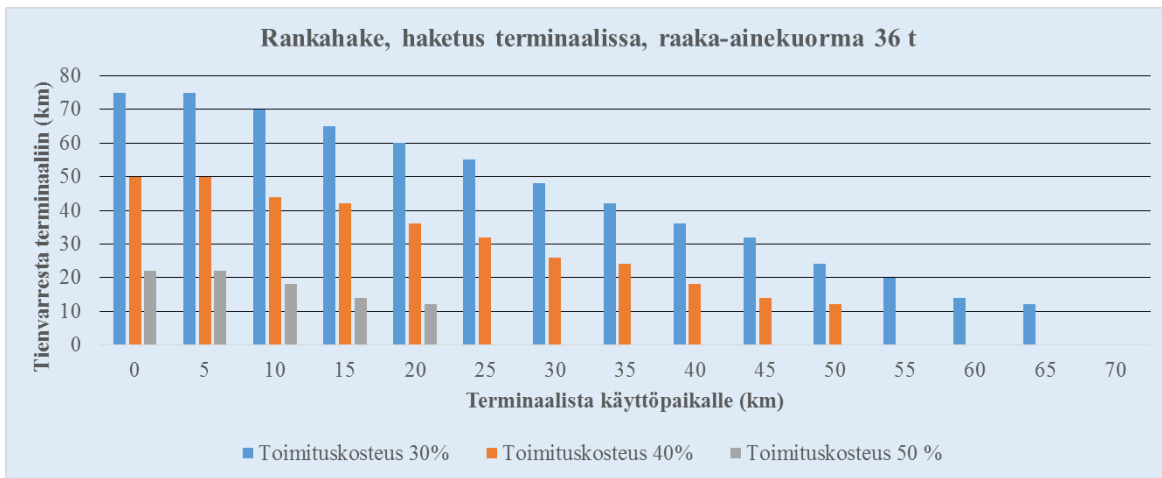
Kuvio 25. Kuvaajien tulkinta.

7.2.1.1 Rankahake

Rangan kuljetuskustannukset tienvarresta terminaaliin ovat merkittävästi alemmalla tasolla kuin hakkuutähteiden tai kokopuun kuljetuksissa (Kuvio 16). Tämä johtuu siitä, että rankapuuta saadaan yleensä täysiiä kuormia toisin kuin hakkuutähteistä ja kokopuusta, joiden kuljetuksessa kuormatila täyttyy pienemmällä tonnimäärällä. Rankapuun

kuljetuksessa yleisin käytetty takuuton määrä on 38 tonnia, jota käytetään myös näissä laskelmissa. Toimitetun rankakuorman massana sen sijaan käytetään tilastoista saatavaa kuormien keskimääräistä massaa, 36 tonnia. Tilannetta, jossa tonnimäärä jää selvästi alle takuutonien, kuvataan käyttämällä 30 tonnin rankakuormia.

Selkeimmin erot tarkasteltavien ketjujen kustannusrakenteissa näkyy, kun terminaalihaketusketjua verrataan 0-5 kilometrin tienvarsihaketusketjuun (Kuvio 26). Kun toimituskosteus on 30 % ja terminaali sijaitsee aivan käyttöpaikan tuntumassa (terminaalista käyttöpaikalle 0 ja 5 km), terminaalin hankintasäde voi olla 75 kilometriä. Tienvarsihaketusketjuun verrattuna terminaalihaketusketjun kokonaismatka voi siis olla jopa 80 kilometriä pidempi kustannustason pysyessä silti samalla tasolla. Kun verrataan toimituskosteuksiltaan 30 ja 50 %:n rankahakkeen terminaali paikkojen maksimietäisyyttä käyttöpaikasta, huomataan kuivemman hakkeen sallivan jopa 45 kilometriä pidemmän kuljetusmatkan.

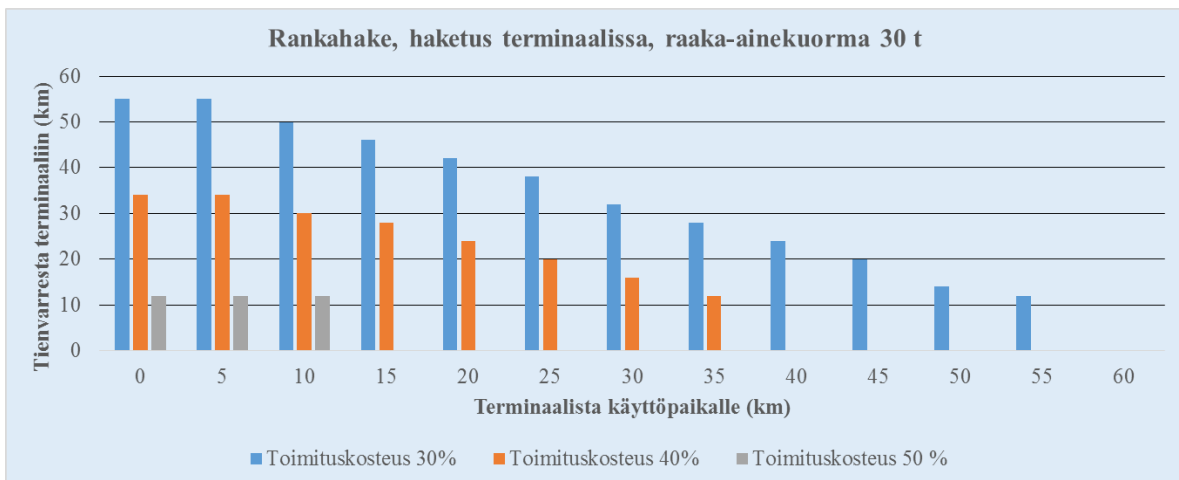


Kuvio 26. Maksimaaliset kuljetusmatkat rankahakkeen terminaalihaketusketjulle, kun rajoitteena ovat alle viiden kilometrin tienvarsihaketusketjun yksikkökustannukset.

Terminaalihaketusketjun kuljetusmatkojen muutosten suhdetta toisiinsa voidaan mitata tuloksista saadun kuvaajan avulla. Kuvaajasta saatava kulmakerroin osoittaa, kuinka lähellä käyttöpaikkaa olevien terminaalien hankintasäteet pienenevät samassa suhteessa kuin matka terminaalista käyttöpaikalle kasvaa, jos tuloksena saatu matka tienvarresta terminaaliin on 50 kilometriä tai enemmän. Kulmakerroin pysyy yhtenä siihen saakka, kunnes kuljetusmatka terminaaliin on alle 50 kilometriä.

Tämä johtuu tosin osittain siitä, että alle 50 kilometrin matkoilla taksat on laskentasovelluksessa luokiteltu kahden kilometrin välein pidempien matkojen viiden kilometrin luokittelun sijaan. Tämä luokitusmenetelmä on käytössä monien kuljetusyrittäjien taksoissa, kun taas osalla yrittäjistä taksat vaihtuvat jokaista kilometriä kohden. Terminaalin sijaintia siirrettäessä kauemmas käyttöpaikasta terminaalin hankintasäde ei enää pienene samassa suhteessa. Kuvaajan kulmakerroin on näissä tilanteissa joko 2/5 tai 4/5.

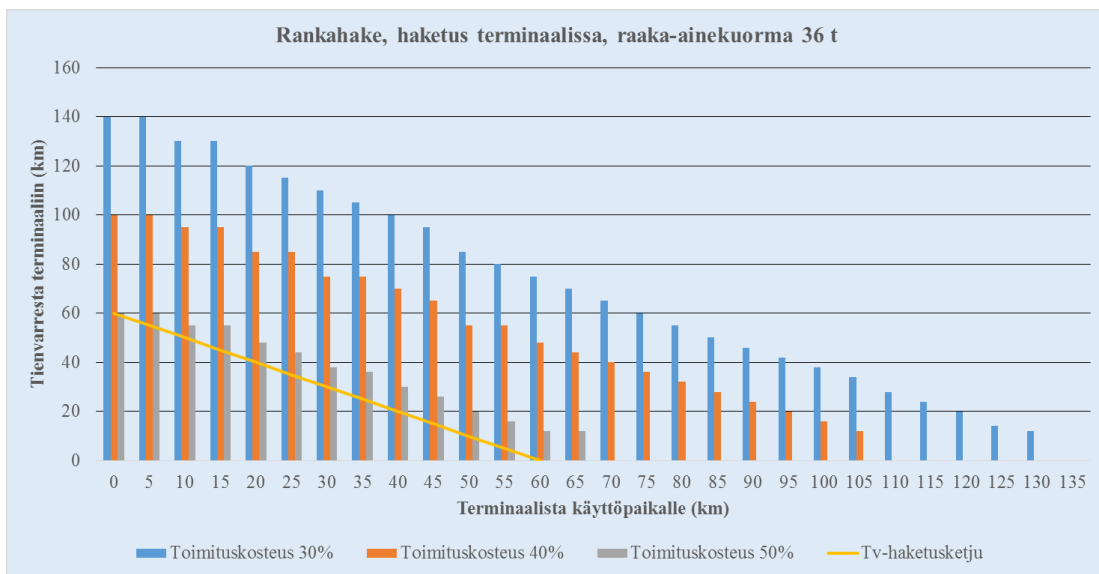
Aina puutavara-autoon ei saada lastattua samansuuruisia kuormia. Seuraavaksi havainnollistetaan tilannetta, jossa kuorma jääkin aiemman 36 tonnin sijaan 30 tonniin takuuton ollessa edelleen 38 tonnia (Kuvio 27). Suurin vaikutus rankakuorman massan alenemisella on toimituskosteudeltaan 30 %:n hakkeeseen, jonka osalta lähellä käyttöpaikkaa olevan terminaalin hankintasäde pienenee 20 kilometriä (vrt. Kuvio 26). Sen sijaan toimituskosteuksilla 40 ja 50 % hankintasäde pienenee 16 ja 10 kilometriä. Toinen merkittävä vaikutus rankakuorman massan pienenemisellä on, että terminaalin ja käyttöpaikan välinen suurin mahdollinen etäisyys pienenee 10 kilometrillä; esimerkiksi 30 %:n toimituskosteudella 65 kilometristä 55 kilometriin.



Kuvio 27. Maksimaaliset kuljetusmatkat rankahakkeen terminaalihaketusketjulle, kun rajoitteena ovat alle viiden kilometrin tienvarsihaketusketjun yksikkökustannukset.

Vapon tienvarsihaketusketjun kautta toimittamien metsähakkeiden keskimääräinen kuljetusmatka on 60 kilometriä. Seuraavaksi tarkastellaan, kuinka pitkät kuljetusmatkat ovat mahdollisia samoilla yksikkökustannuksilla terminaalihaketusketjua käyttäen (Kuvio

28). Samoin kuin edellä tarkastellussa lyhyen matkan tienvarsihaketusketjussa, tässäkin ketjujen välisten kokonaismatkojen välinen ero on enimmillään 80 kilometriä. Huomionarvoista on, että tässä tapauksessa toimituskosteudeltaan 50 %:n rankahakkeen toimittaminen terminaalihaketusketjun kautta mahdollistaa vain yhtä pitkän kokonaismatkan kuin tienvarsihaketusketju (60 km), kun terminaali on aivan käyttöpaikan läheisyydessä. Sen sijaan terminaalin siirtäminen kauemmas käyttöpaikasta kasvattaa potentiaalista kokonaismatkaa kyseisen toimituskosteuden osalta enimmillään 77 kilometriin (terminaalista käyttöpaikalle 65 km, tienvarresta terminaaliin 12 km).



Kuvio 28. Maksimaaliset kuljetusmatkat rankahakkeen terminaalihaketusketjulle, kun rajoitteena ovat 60 kilometrin tienvarsihaketusketjun yksikkökustannukset.

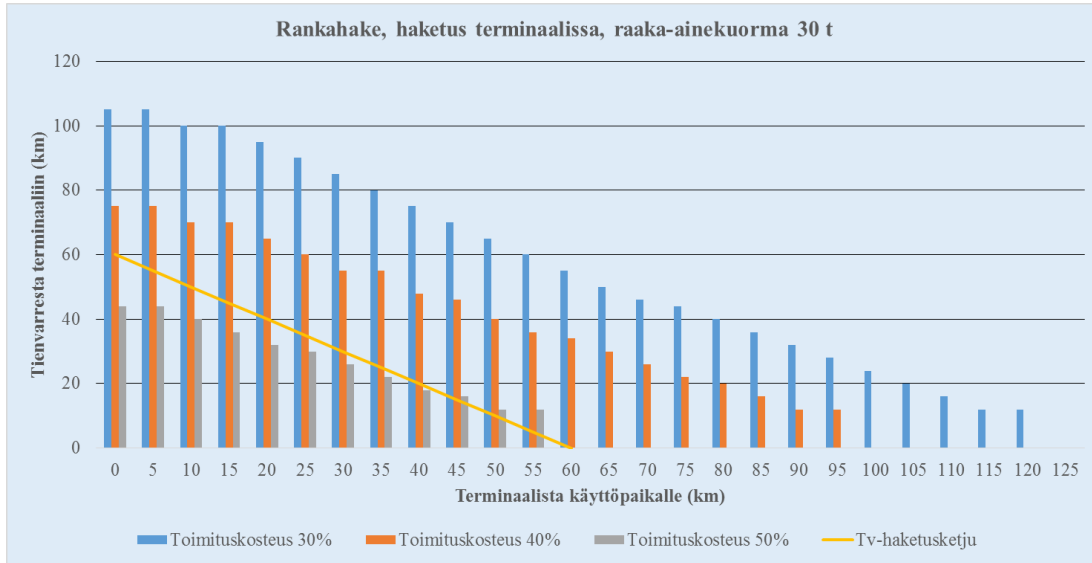
Kuvio 28 havainnollistaa selkeät erot, ei vain tienvarsihaketusketjun ja terminaalihaketusketjun välillä, vaan myös eri toimituskosteuksien vaikutuksia tavoiteltujen yksikkökustannusten rajoissa oleviin maksimaalisiin kuljetusmatkoihin. Esimerkiksi 40 kilometrin päässä olevan terminaalin hankintasäde on 100 kilometriä, jos toimituskosteus saadaan terminaalisissa 30 %:iin. Jos toimituskosteus on sen sijaan 50 %, tippuu maksimaalinen hankintasäde 30 kilometriin. Toisin sanoen tehokkaalla ja tarkoituksenmukaisella terminaalitoiminnalla voidaan kasvattaa terminaalin hankintasädettä.

Toisaalta laskelmissa oletetaan, että toimituskosteudet ovat samat sekä tienvarresta että terminaalista toimitettaessa. Tosi asiassa terminaalissa haketettu hake on usein laadultaan parempaa (Luku 3.6.1). Tämän vaikutuksen huomioon ottaminen kasvattaisi entisestään terminaalihaketusketjun toimintaympäristön laajuutta kosteuden alenemisesta johtuvan tehollisen lämpöarvon kasvun ansiosta.

Tarkasteltaessa tilannetta, jossa rankakuorma tienvarresta terminaaliin jää 36 tonnin sijaan 30 tonniin (Kuvio 29), takuutonien käytön johdosta terminaalin hankintasäde lyhenee enimmillään 35 kilometriä (toimituskosteus 30 %), 25 kilometriä (toimituskosteus 40 %) ja 16 kilometriä (toimituskosteus 50 %). Yleisenä johtopäätöksenä tästäkin tarkastelusta voidaan todeta, että terminaalin kauimmainen sijainti käyttöpaikasta lyhenee 10 kilometrillä kaikkien toimituskosteuksien osalta.

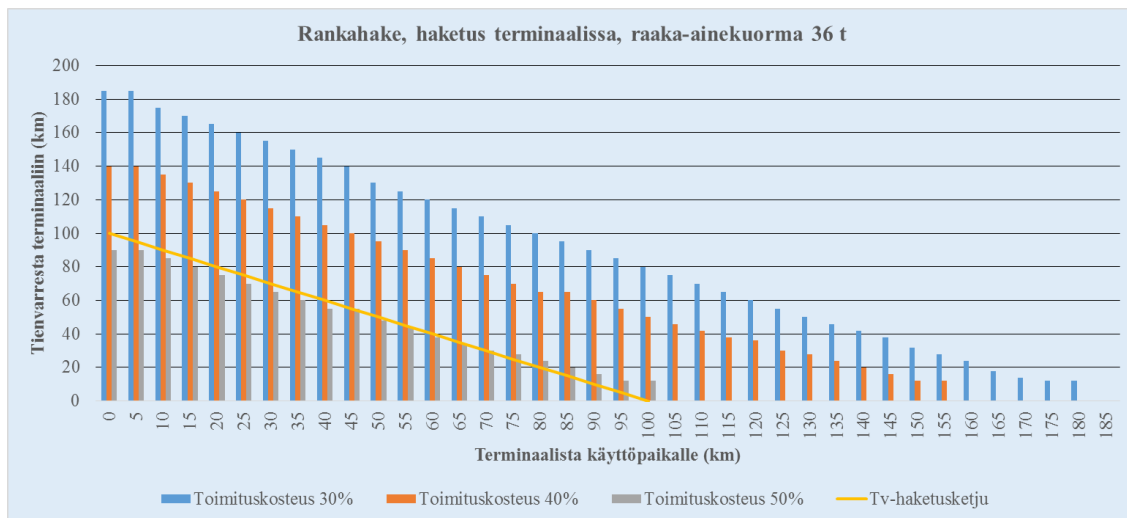
Toimituskosteudeltaan 50 %:n rankahakkeen tulokset todistavat selkeästi kautta linjan tuloksissa esiintyvän havainnon: kun terminaalin sijaintia siirretään kauemmas käyttöpaikasta, mahdollistaa se pidemmän kokonaismatkan samoilla yksikkökustannuksilla kuin tilanteessa, jossa terminaali sijaitsee lähempänä käyttöpaikkaa. Samoihin kokonaismatkoihin tienvarsihaketusketjun kanssa päästään vasta, kun terminaali sijaitsee 45 kilometrin päässä käyttöpaikasta.

Tienvarsihaketusketjun kanssa samanmittaista terminaalihaketusketjua kuvaavan tason (keltainen viiva) alle jäävät skenaariot eivät siis yllä vastaamaan edes lyhintä mahdollista kokonaismatkaa. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että kyseiset ketjut olisivat sinällään kannattamattomia, vaan kyseisillä ketjuilla yksikkökustannusten haettu raja tulee vastaan ennen kuin suoran ketjun kuljetusmatkat on saavutettu. Toisin sanoen kyseiset ketjut eivät ole relevantteja tarkastelun kannalta, koska tilanne, jossa samalta tienvarsivarastolta samalle käyttöpaikalle ajaminen terminaalin kautta tuottaisi lyhemmän kokonaismatkan kuin suora tienvarsihaketusketju, ei vastaa todellisuutta.



Kuvio 29. Maksimaaliset kuljetusmatkat rankahakkeen terminaalihaikutsetjulle, kun rajoitteena ovat 60 kilometrin tienvarsihaikutsetjun yksikkökustannukset.

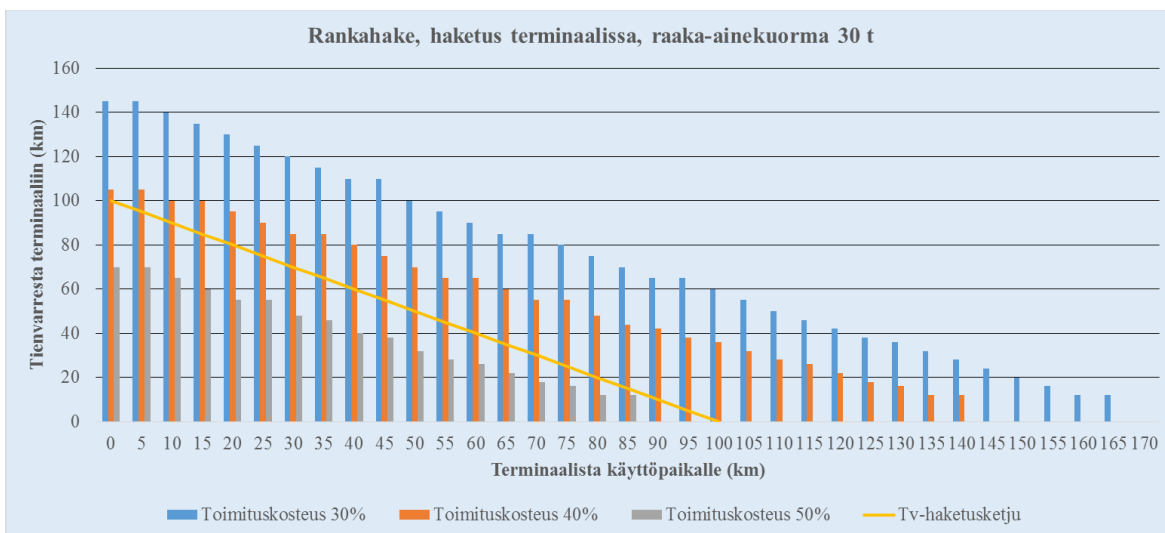
Viimeisenä vaiheena rankahakkeen osalta tarkastellaan tilannetta, jossa tienvarsihaikutsetjun kuljetusmatkaksi on määritelty 100 kilometriä (Kuvio 30). Tulokset antavat vahvistusta aiemmille tuloksille, joiden mukaan suurin mahdollinen ero kokonaismatkassa on n. 80 kilometriä. Tässä tapauksessa tosin ero näyttäisi nousevan 90 kilometriin. Nousu voidaan kuitenkin laskea virhemarginaalin sisään.



Kuvio 30. Maksimaaliset kuljetusmatkat rankahakkeen terminaalihaikutsetjulle, kun rajoitteena ovat 100 kilometrin tienvarsihaikutsetjun yksikkökustannukset.

Kuten aiemmissakin tuloksissa, tässä tarkastelussa huomataan kuinka kuljetusmatkojen ero toimituskosteuksiltaan 40 ja 50 %:n välillä on selkeästi suurempi kuin ero 30 ja 40 %:n välillä. Tämä johtuu Vapon keräämien irtotiheystilastojen perusteella siitä, että rankapuun irtotiheyksien erotus välillä 30–40 % on 40 kilogrammaa pienempi kuin välillä 40–50 %. Kilometreiksi muutettuna tämä irtotiheyden kasvun eritahtisuus näkyy rankapuuta kuljettaessa kahtena kilometrinä, kun terminaalista käyttöpaikalle on 30 kilometriä ja yhdeksänä kilometrinä, kun terminaali sijaitsee 60 kilometrin päässä käyttöpaikasta.

Rankakuorman jäädessä 36 tonnin sijaan 30 tonniin toimituskosteudeltaan 50 % olevan rankahakkeen terminaalihaketusketjun kokonaiskuljetusmatkat eivät missään kohta vastaa tienvarsihaketusketjun 100 kilometrin matkaa (Kuvio 31). Tässä havainnossa näkyy osaltaan myös se, että on olemassa myös raja-arvoja, joissa suora tienvarsihaketusketju on kilpailukykyisempi vaihtoehto rankahakkeen toimittamiseen. Kostean hakkeen kuljetus yhdessä vajaan raaka-ainekuorman kanssa nostavat yksikkökustannuksia siinä määrin, että terminaalihaketusketju ei ole enää kilpailukykyinen vaihtoehto. Suoran tienvarsihaketusketjun kuljetuskustannukset perustuvat toimitettuihin megawattitunteihin, kun taas terminaalihaketusketjun kuljetuskustannukset toimitettuihin tonneihin ja kuormiin. Tästä johtuen toimituskosteuden muutosten vaikutukset näkyvät täysin päinvastaisina näissä kahdessa toimitusketjussa.



Kuvio 31. Maksimaaliset kuljetusmatkat rankahakkeen terminaalihaketusketjulle, kun rajoitteena ovat 100 kilometrin tienvarsihaketusketjun yksikkökustannukset.

Kuvio 31 osoittaa, kuinka 40-prosenttisen hakkeen kokonaiskuljetusmatka ylittää niukasti suoran ketjun kuljetusmatkan, kun terminaali sijaitsee aivan käyttöpaikan läheisyydessä. Sen sijaan terminaalin sijaintia siirrettäessä yhä kauemmas käyttöpaikasta kasvaa ero ketjujen kuljetusmatkojen kesken sitä mukaa.

Terminaalihaketusketju ei kuitenkaan aina mahdollista pidempiä kokonaismatkoja kuivallekaan rankahakkeelle. Raja-arvoja haettiin toimituskosteudeltaan 30 % olevalle hakkeelle. Olettamuksena pidettiin, että taksojen nousu jatkuu samassa suhteessa kuin taksataulukoissa olevilla matkoilla. Kokeilemalla löydettiin tienvarsihaketusketjun raja-arvoksi 370 kilometriä, kun terminaaliin toimitettava rankakuorma on 30 tonnia ja takuutonit 38 tonnia. Tämän ketjun yksikkökustannuksilla terminaalihaketusketjun kokonaiskuljetusmatka ei ole pidempi, mikäli terminaali sijaitsee aivan käyttöpaikan tuntumassa. Sen sijaan tässäkin tapauksessa terminaalin ja käyttöpaikan välimatkaa kasvattamalla kasvaa myös terminaalihaketusketjun kokonaismatka terminaalin hankintasäteen laajenemisen vuoksi.

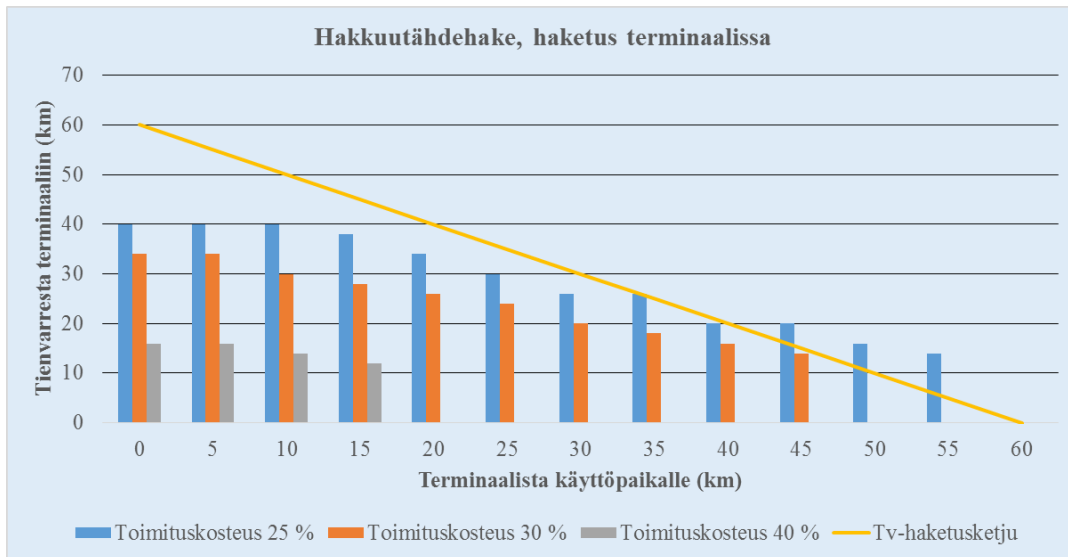
Sen sijaan etsittäessä raja-arvoa tilanteeseen, jossa toimitettava rankakuorma onkin 36 tonnia, ei terminaalihaketusketjun kustannukset kasva tienvarsihaketusketjun kustannuksia vastaaviksi edes tilanteessa, jossa molempien ketjujen kokonaismatkat ovat satoja kilometrejä. Tämä johtuu siitä, että tienvarresta ajatun rangan sekä kuumalla ketjulla toimitetun hakkeen kuljetuskustannusten tasot lähenevät matkan kasvaessa toisiaan, mutta eivät kohtaa (Kuvio 16).

7.2.1.2 Hakkuutähdehake

Hakkuutähdehakkeen toimitusketjujen tarkastelun tulokset poikkeavat merkittävästi rankahakkeen vertailuista. Mikäli tienvarsihaketusketjun kuljetusmatka on välillä 0-5 kilometriä, saman kustannustason sisällä pysymiseksi ei terminaalihaketusketjun kautta kannata toimittaa lainkaan hakkuutähdehaketta. Tilanne pysyy samana, vaikka laskelmista otetaan kokonaan pois terminaalin investoinneista tai vuokrasta aiheutuvat kustannukset.

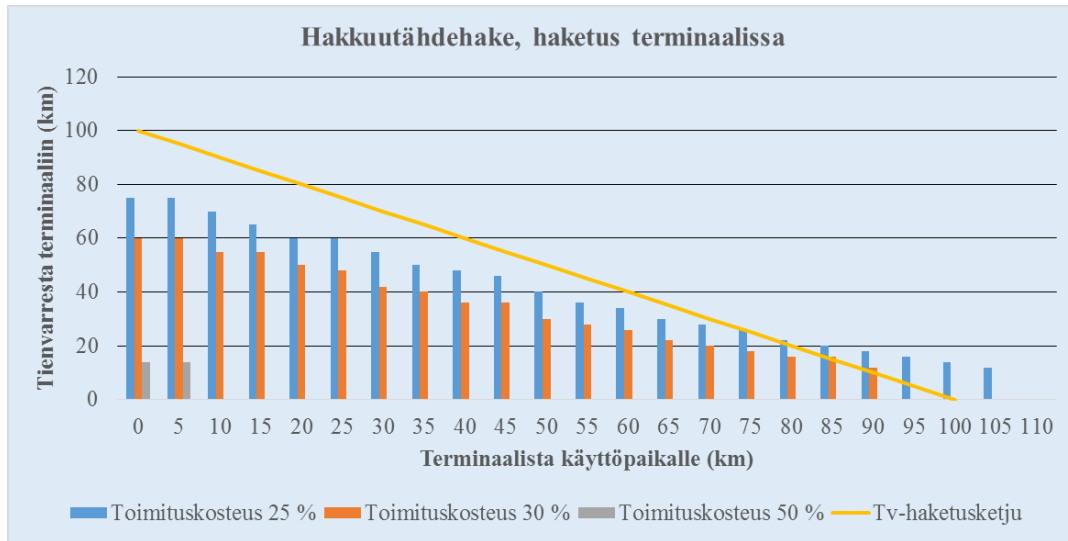
Kun tienvarsihaketusketjun toimitusmatka on 60 kilometriä, samoilla kustannuksilla ja vähintään samaan kokonaistoimitusmatkaan päästäkseen ei ole kannattavaa terminaalihaketusketjun kautta kuljettaa toimituskosteudeltaan muun laatuista kuin toimituskosteudeltaan 25-prosenttista hakkuutähdehaketta (Kuvio 32). Tältäkin osin vasta, kun terminaalin ja käyttöpaikan välinen etäisyys on kasvanut 40 kilometriin.

Kuvio 32 havainnollistaa, kuinka terminaalihaketusketjun kokonaismatkat jäävät toimituskosteudeltaan 30 %:n hakkuutähdehakkeen osaltakin enimmillään 26 kilometriä lyhimmästä mahdollisesta terminaaliketjusta, mikä tarkoittaa, että kyseistä hakelaatua voidaan samoilla yksikkökustannuksilla kuljettaa tienvarsihaketusketjun kautta 60 kilometriä ja terminaalihaketusketjun kautta 34 kilometriä.



Kuvio 32. Maksimaaliset kuljetusmatkat hakkuutähdehakkeen terminaalihaketusketjulle, kun rajoitteena ovat 60 kilometrin tienvarsihaketusketjun yksikkökustannukset.

Tienvarsihaketusketjun pituuden kasvaessa 100 kilometriin laajenee kannattavien terminaalihaketusketjujen kenttä myös toimituskosteudeltaan 30 %:n hakkuutähdehakkeelle (Kuvio 33). Kuten kuviosta nähdään, tämä vaatii kuitenkin terminaalin sijaintia vähintään 85 kilometrin päässä. Toimintakenttä ei kyseisen toimituskosteuden osalta tosin ole kovin laaja, sillä pisin mahdollinen etäisyys käyttöpaikasta terminaaliin, johon raaka-ainetta vielä kannattaa ajaa, on 90 kilometriä. Myös toimituskosteudeltaan 25 % olevan hakkuutähdehakkeen kilpailukykyiset terminaalihaketusketjun vaihtoehdot ovat varsin suppeat. Jotta kustannukset pysyvät samalla tasolla 100 kilometrin tienvarsihaketusketjun kanssa, terminaalin etäisyys käyttöpaikasta rajoittuu välille 75-105 kilometriä.

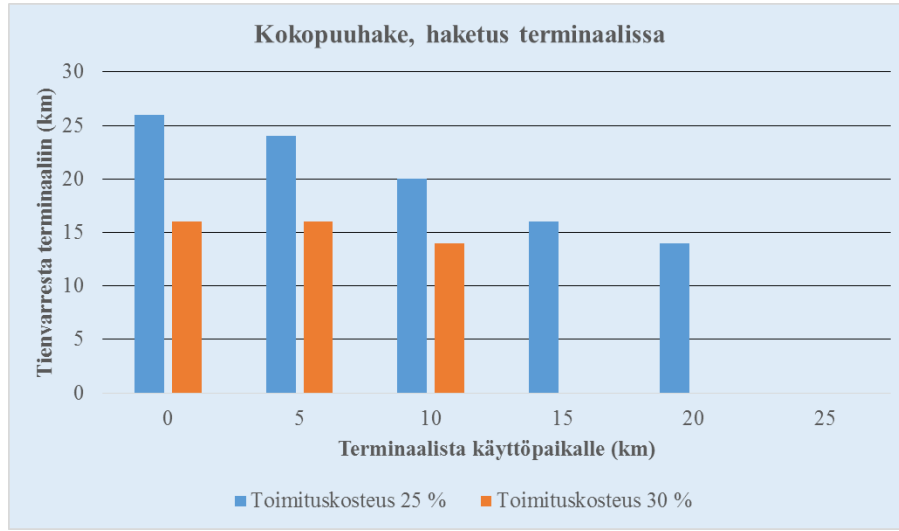


Kuvio 33. Maksimaaliset kuljetusmatkat hakkuutähdehakkeen terminaalihaketusketjulle, kun rajoitteena ovat 100 kilometrin tienvarsihaketusketjun yksikkökustannukset.

7.2.1.3 Kokopuuhake

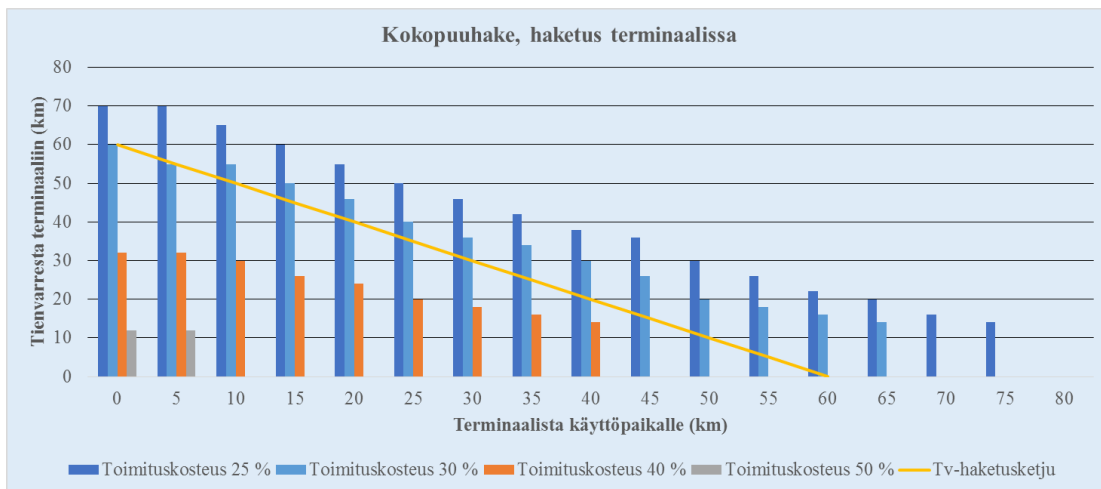
Kokopuu hakkeen raaka-aineena voidaan koostumukseltaan luokitella hakkuutähteiden ja rankapuun yhdistelmäksi. Kokopuulla tarkoitetaan koko puun maanpäällistä biomassaa, joka otetaan energiakäyttöön sisältäen siten runkopuun, oksat, lehdet ja neulaset. Vapon liiketoiminnassa kokopuun kuljetukset ovat hyvin harvinaisia eikä niihin ole olemassa yhtenäistä taksajärjestelmää. Osa yrittäjistä kuljettaa kokopuuta samoilla taksoilla kuin hakkuutähteitä tai kuljetuksista maksetaan tuntihintojen mukaan. Tässä tutkielmassa tehdyt tarkastelut kokopuun kuljetuksista pohjautuvat vain kahden yrittäjän kuljetustaksoihin, joten virheen todennäköisyys on kolmesta raaka-aineesta kaikkein suurin.

Lyhimpään mahdolliseen terminaalihaketusketjuun verratessa ei terminaalihaketusketju ole kilpailukykyinen vaihtoehto muulloin, kun toimituskosteuden ollessa riittävän alhainen, mikä tarkoittaa tässä tarkastelussa mukana olevista laatuluokista 25 ja 30 prosentin kosteuspuoisuuksien hake-eriä (Kuvio 34).



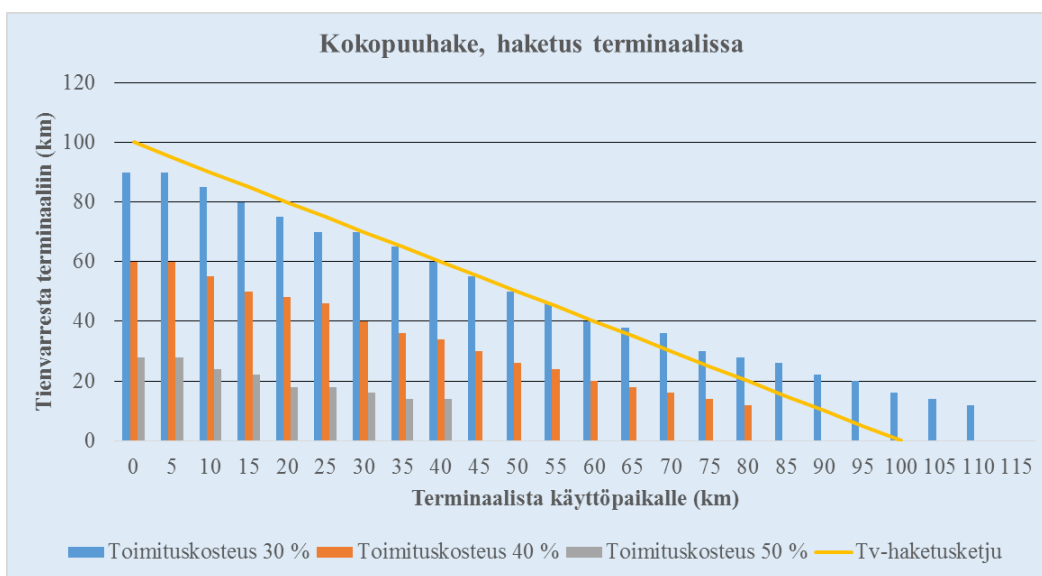
Kuvio 34. Maksimaaliset kuljetusmatkat kokopuuhakkeen terminaalihaikutusketjulle, kun rajoitteena ovat alle viiden kilometrin tienvarsihaikutusketjun yksikkökustannukset.

Samoin kuin lyhyelläkin matkalla, kokopuuhakkeen 60 kilometrin tienvarsihaikutusketjulle kilpailukykyiset vaihtoehdot ovat terminaalihaikutusketjut, joissa toimituskosteus saadaan pidettyä alhaisella tasolla (25 ja 30 %) (Kuvio 35). 30 prosentin toimituskosteuden osalta on tosin huomioitava 60 kilometrin kokonaismatkan täyttyminen niukasti skenaarioissa, jossa terminaalista käyttöpaikalle on alle 20 kilometriä.



Kuvio 35. Maksimaaliset kuljetusmatkat kokopuuhakkeen terminaalihaikutusketjulle, kun rajoitteena ovat 60 kilometrin tienvarsihaikutusketjun yksikkökustannukset.

Kun kokopuuhakkeen tienvarsihaketusketjua kasvatetaan 100 kilometriin, näkyy selkeämmin terminaalihaketusketjun käytön kannattavuuden rajakohta 30 %:n toimituskosteuden kohdalla (Kuvio 36). Kyseistä laatua olevan kokopuuhakkeen toimittaminen terminaalihaketusketjua käyttäen on kannattava vaihtoehto tienvarsihaketusketjulle, mikäli terminaalin ja käyttöpaikan välinen etäisyys on vähintään 30 kilometriä.



Kuvio 36. Maksimaaliset kuljetusmatkat kokopuuhakkeen terminaalihaketusketjulle, kun rajoitteena ovat 100 kilometrin tienvarsihaketusketjun yksikkökustannukset.

Laskelmat osoittivat, kuinka merkittäviä eroja kuljetusmatkoissa toimitusketjujen välillä voi olla, vaikka yksikkökustannukset pysyisivät täysin samoina. Riippuen metsähakkeen raaka-aineesta, joko tienvarsihaketus- tai terminaalihaketusketju mahdollistaa pidemmän kuljetusmatkan samoin yksikkökustannuksin. Tässä luvussa tehtyä toimintasäteiden vertailua voidaan käyttää tunnistamaan kuljetusmatkojen rajat, missä säästöä voidaan saavuttaa käyttämällä vaihtoehtoista toimitusketjua. Rankahakkeen toimituksissa terminaalihaketusketjujen kilpailukyky ulottuu laajemmalle, kun taas hakkuutähde- ja kokopuuhakkeen toimituksissa tienvarsihaketusketju on ensisijainen toimitusmuoto, pois lukien aivan kuivimpien hakkeiden toimitukset hyödyntäen kaukana käyttöpaikasta olevia terminaaleja.

Huomionarvoista on, että hakkuutähteiden ja kokopuun kuljetusten osalta ei ole näissä laskelmissa käytetty takuutonnejä, vaikka juuri näiden raaka-aineiden kuljetuksissa riski kuorman jäämisestä pieneksi on kaikkein suurin (Luku 3.6.1). Takuutonniin sisällyttäminen näiden raaka-aineiden kuljetukseen heikentäisi siten entisestään terminaalihaketusketjujen kannattavuutta. Koska merkittävimmät terminaalihaketusketjun käytön edut löytyivät rankahakkeen osalta, keskitytään seuraavassa luvussa (7.2.2) etsimään suurimpia potentiaalisia säästöjä vain kyseisen haketuotteen osalta. Rankahakkeen toimitusketjuista löytyivät laajimmat terminaalihaketusketjun edut, jotka kestävät merkittäviäkin muutoksia toimintaympäristössä.

7.2.2 Potentiaaliset säästöt toimitusketjujen kesken

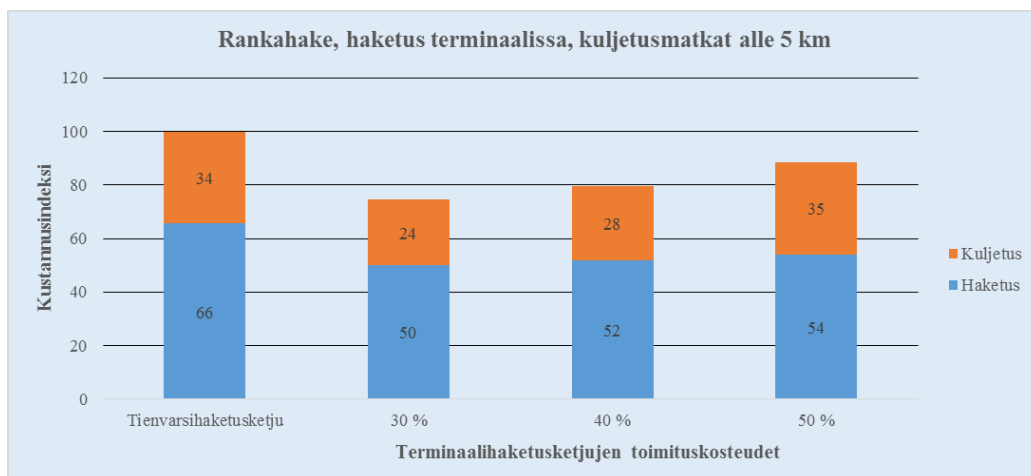
Tässä luvussa tarkastellaan mahdollisia toimitusketjujen välisiä säästömahdollisuuksia, joita voitaisiin saavuttaa hyödyntämällä vaihtoehtoisia toimitusketjuja rankahakkeen toimituksissa. Samoin kuin edellisissäkin laskelmissa, tässä tarkastelussa otetaan huomioon erimittaiset toimitusmatkat sekä toimituskosteuden vaihtelut. Jotta vertailu tienvarsihaketusketjuun olisi helpompaa, on terminaalihaketusketjujen kahden kuljetusvaiheen kustannukset laskettu yhdeksi kustannuseräksi. Samalla tavalla on terminaaliin liittyvät kustannukset, haketus-, kuormaus- ja terminaalikustannukset, laskettu yhteen *haketus*-kustannusosioksi.

Kustannussäästöt tuodaan esiin toimitusketjujen työvaiheiden yhteenlaskettujen yksikkökustannusten kautta, joita verrataan kustannusindeksien avulla. Tienvarsihaketusketjun kustannukset toimivat tässä tarkastelussa vertailupohjana, joten sen yksikkökustannukset on indeksoitu arvoon 100. Muiden tarkasteltavana olevien ketjujen yksikkökustannukset suhteutetaan siten tähän arvoon.

Tarkasteltavina ovat skenaariot, joissa terminaalihaketusketju ei kasvata kokonaismatkaa tienvarsihaketusketjuun verrattuna. Kyseinen toimitusketjumalli on kustannusrakenteeltaan kevyin vaihtoehto kulloinkin tarkasteltavana olevalle tienvarsihaketusketjulle, joten sen käytön tuomat potentiaaliset säästöt ovat teoreettisesti suurimpia.

Tarkasteltaessa teoreettista tilannetta, jossa tarkasteltavien ketjujen kaikki kuljetusmatkat ovat alle viisi kilometriä, ovat terminaalihaketusketjun kustannukset 11–26 % pienemmät kuin tienvarsihaketusketjussa (Kuvio 37). Toimituskosteuden mukaan tarkasteltuna

kustannustasojen ero 30 ja 50 %:n hakkeiden terminaalihaketusketjujen välillä on haketuksessa seitsemän ja kuljetuksessa 31 prosenttia kuivemman hakkeen hyväksi.



Kuvio 37. Kustannusjakaumat rankahakkeen toimitusketjuille teoreettisessa tilanteessa, jossa kaikki kuljetusmatkat ovat alle viisi kilometriä.

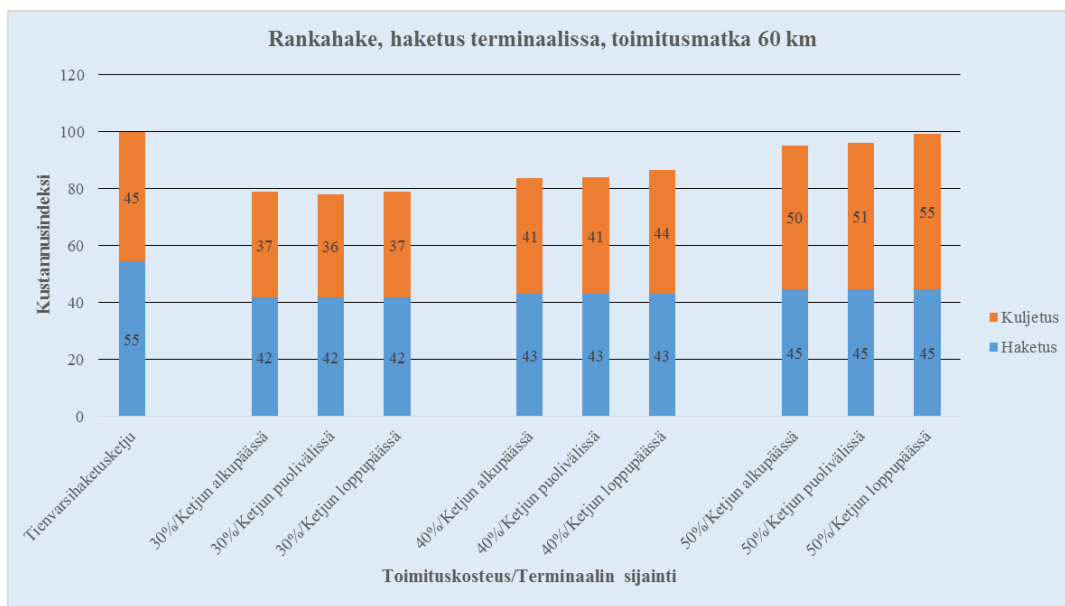
Kuvio 37 näyttää havainnollisesti, miten tienvarsi- ja terminaalihaketusketjujen kustannusrakenteet poikkeavat toisistaan. Kun toimitetaan toimituskosteudeltaan 30- ja 40 – prosenttista rankahaketta terminaalien kautta, kahden eri kuljetusvaiheen kustannusten summa jää alle tienvarsihaketusketjun yhden kuljetusvaiheen kustannusten. Sen sijaan toimituskosteuden ollessa 50 % kuljetuskustannukset terminaalien kautta nousevat hieman korkeammiksi kuin tienvarsihaketusketjussa, mutta alempien haketus-kustannusten vuoksi koko ketjun yksikkökustannukset jäävät pienemmiksi.

Terminaalien sijainti joko lähellä tienvarsivarastoja, toimitusketjun puolivälissä tai lähellä käyttöpaikkaa vaikuttaa omalta osaltaan toimitusketjujen yksikkökustannuksiin (Kuvio 38). Terminaalien sijainnin vaikutusta on laskelmissa tarkasteltu muuttamalla kuljetusmatkoja siten, että puolivälissä ketjua olevasta terminaalista on yhtä pitkä matka sekä tienvarsivarastolle että käyttöpaikalle. Sen sijaan ketjun alkupäässä oleva terminaali on alle viiden kilometrin päässä tienvarsivarastolta, kun taas ketjun loppupäässä olevasta terminaalista matkaa käyttöpaikalle on alle viisi kilometriä. Tällä tavalla mukana ovat kaikkien mahdollisten työvaiheiden kustannukset.

Sitä, vastaavatko lyhyen matkan kuljetukset todellisuutta, voidaan kyseenalaistaa. Toisaalta on huomioitava, että näissä tarkasteluissa pyritään kartoittamaan käytännön tarkastelun

lisäksi myös teoreettisia tilanteita, joissa säästöjä voitaisiin saada aikaan. Nämä tarkastelut näyttävät omalta osaltaan, mihin suuntaan toimintaa on kannattavinta ohjata, vaikka ne eivät vastaisikaan täysin realistisia skenaarioita.

Kun verrataan 60 kilometrin tienvarsihaketus- ja terminaalihaketusketjuja, saadaan kustannusindeksit yhdeksälle eri terminaalihaketusketjun vaihtoehdolle. Toimituskosteudeltaan 30 % olevan hake-erän toimitus terminaalihaketusketjun kautta, tienvarsihaketusketjun sijaan, säästää haketuskustannuksista 23 ja kuljetuskustannuksista 18 prosenttia (Kuvio 38). Sama yksikkökustannustaso säilyy terminaalin sijaintia muutettaessa, joskin puolivälissä ketjua olevan terminaalin käyttö osana toimitusta näyttäisi tulosten perusteella olevan hieman edullisempaa kuin muiden terminaali vaihtoehtojen käyttäminen.



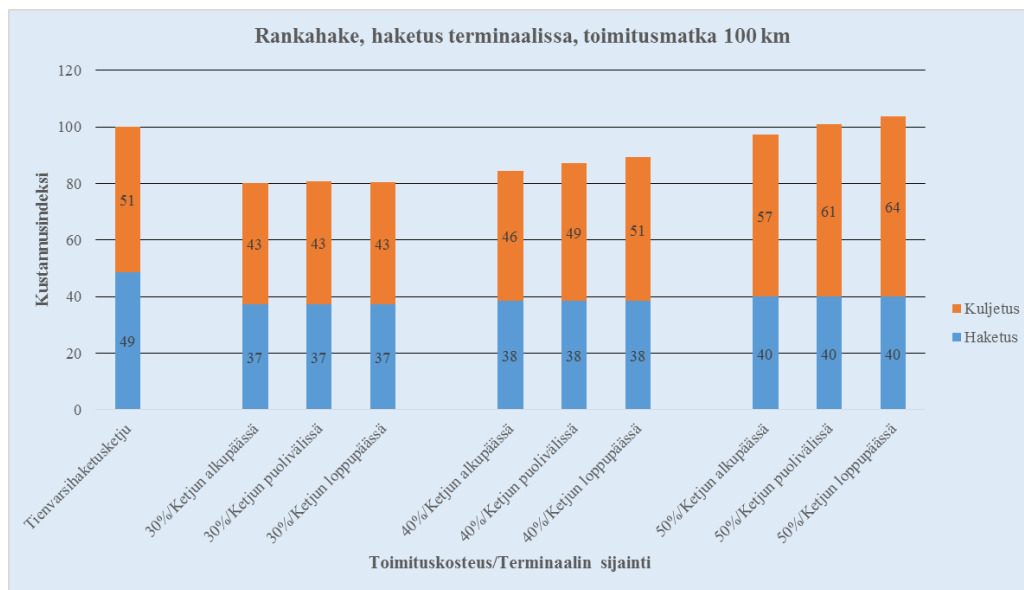
Kuvio 38. Kustannusjakaumat rankahakkeen toimitusketjuille, kun kaikkien ketjujen kokonaismatkat ovat 60 kilometriä.

Sen sijaan toimituskosteuden noustessa 40 prosenttiin terminaalin sijainti alkaa vaikuttaa kuljetuskustannuksiin. Ketjun loppupäässä olevan terminaalin kautta toimitettaessa kuljetuskustannukset ovat seitsemän prosenttia korkeammat kuin tilanteissa, joissa terminaali on joko ketjun puolivälissä tai ketjun alkupäässä. Halvemman kuljetuskaluston

käyttäminen pidemmän matkaa alentaa yksikkökustannuksia kokonaisuudessaan 13–16 prosenttia, vaikka kokonaismatka pysyy täysin samana.

Merkittävin vaikutus terminaalien sijainnilla on toimituskosteudeltaan 50-prosenttisen rankahakkeen toimituksessa. Käyttöpaikan läheisyydessä olevan terminaalien kautta toimitettaessa yksikkökustannukset ovat yhtä suuret tienvarsihaketusketjun kanssa, mutta lähellä tienvarsivarastoja olevan terminaalien kautta toimitettaessa säästetään kustannuksista viisi prosenttia.

Kokonaismatkan kasvaessa 100 kilometriin terminaalien sijainnilla ei näyttäisi edelleenkaan olevan vaikutusta yksikkökustannuksiin, kun toimitetaan 30 %:n toimituskosteudella olevaa rankahaketta terminaalihaketusketjun kautta (Kuvio 39). Oli terminaali missä kohtaa sadan kilometrin mittaista ketjua tahansa, terminaalihaketusketju säästää kustannuksista 20 prosenttia tienvarsihaketusketjuun verrattuna.



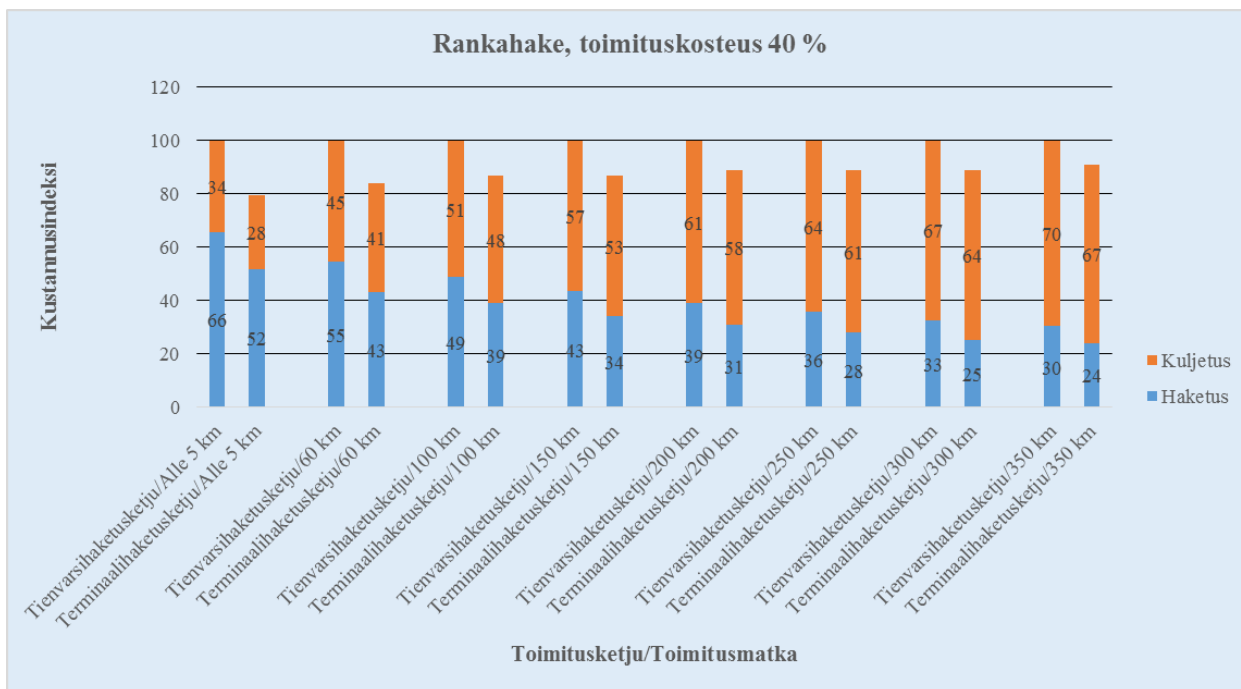
Kuvio 39. Kustannusjakaumat rankahakkeen toimitusketjuille, kun kaikkien ketjujen kokonaismatkat ovat 100 kilometriä.

Toimituskosteuden ollessa 40 % terminaalien sijainnin vaikutus alkaa jälleen näkyä. Lähellä tienvarsivarastoja olevan terminaalien käyttäminen osana hakkeen toimitusketjua säästää kymmenen prosenttia kuljetuskustannuksista verrattuna toimitusketjuun, jossa terminaali sijaitsee ketjun loppupäässä lähellä käyttöpaikkaa. Terminaalien sijainnilla näyttäisi siten

tässä tarkastelussa olevan vielä suurempi merkitys kuin aiemmassa, 60 kilometrin tarkastelussa. Kokonaisuudessaan terminaalihaketusketjun käyttö säästää kustannuksista 11–16 prosenttia tienvarsihaketusketjuun verrattuna.

Kun terminaalista on sekä käyttöpaikalle että tienvarsivarastolle 50 kilometriä, ei toimituskosteudeltaan 50-prosenttisen hakkeen toimittaminen terminaalihaketusketjun kautta ole enää edullisempaa kuin tienvarsihaketusketjua käyttäen. Terminaalin ja käyttöpaikan välisen etäisyyden ollessa suurin mahdollinen voidaan kustannuksista kuitenkin säästää kolme prosenttia, kun taas terminaalin sijainti lähellä käyttöpaikkaa aiheuttaa neljä prosenttia suuremmat kustannukset kuin tienvarsihaketusketju.

Kun tiivistetään edellä tarkastellut tilanteet yhteen, huomataan kuinka toimitusmatkojen pidentyessä terminaalihaketusketjun kustannusten taso suhteessa tienvarsihaketusketjuun kasvaa 80 prosentista lähelle 100 prosenttia vasta, kun toimitusmatkat ovat satoja kilometrejä (Kuvio 40). Vertailussa on käytetty tienvarsivaraston ja terminaalin välimatkana 30 kilometriä ja toimituskosteutena 40 prosenttia. Kuviossa olevia tuloksia tarkastellaan vain samanpituisten toimitusmatkojen kesken. Toisin sanoen esimerkiksi 60 kilometrin tienvarsihaketusketju ei ole verrattavissa 100 kilometrin terminaalihaketusketjuun, koska niiden skaalaus on tehty vastaamaan ainoastaan kokonaismatkaltaan yhtä pitkää vaihtoehtoista toimitusketjua.



Kuvio 40. Toimitusketjujen kustannusjakaumat rankahakkeen erimittaisille toimitusketjuille, kun tienvarresta terminaaliin on 30 kilometriä (pl. lyhin matka).

Toimitusmatkojen kasvaessa kuljetuskustannusten osuus ketjun kokonaiskustannuksista luonnollisesti kasvaa. Huomionarvoista on, että kuljetuskustannusten suhteellinen ero ketjujen kesken pysyy 100 kilometrin jälkeen samana, mutta haketuskustannusten osuus terminaalihaketusetjujen kokonaiskustannuksista ei pienene samassa suhteessa kuin tienvarsihaketusetjuissa. Tästä johtuen terminaalihaketusetjujen kokonaiskustannusten taso kasvaa kohti tienvarsihaketusetjujen tasoa, mutta yltää 350 kilometrin kohdallakin vain 91 prosenttiin. Toimituskosteudeltaan 30 prosentin rankahakkeen osalta vastaava luku olisi 86 prosenttia.

Taulukossa 16 verrataan vuosittaisia säästöjä, kun terminaalihaketusetjun osuus kaikista Vapon oman prosessoinnin kautta menevistä toimituksista vaihtelee välillä 25–100 %. Laskelmissa on siis oletettu, että jäljelle jäävä osa toimituksista hoidettaisiin tienvarsihaketusetjun kautta. Lisäksi oletuksena on, että keskimääräinen kuljetusmatka on 60 kilometriä. Potentiaaliset säästöt on laskettu tilikauden 2014–2015 rankahakkeen myyntilukujen perusteella.

Terminaalihaketusketjun käyttö tienvarsihaketusketjun sijaan voi tuottaa vuosittain lähes puolen miljoonan euron säästöt (toimituskosteus 30 %, terminaalihaketusketjun osuus 100 %) tai tuhansien eurojen tappiot (toimituskosteus 50 %, terminaalihaketusketjun osuus 25 %, terminaali ketjun loppupäässä). Tilanne ei kuitenkaan ole näin yksiselitteinen, koska hakkeen toimituskosteudet vaihtelevat vuodenaikojen mukaan (Luku 3.8). Toisaalta terminaalihaketusketjun etuna on parempi laadunhallinta, joka ehkäisee osaltaan suuria laadunvaihteluita.

Taulukko 16. Potentiaaliset säästöt rankahakkeen terminaalihaketusketjuille, kun kaikkien ketjujen kokonaismatkat ovat 60 kilometriä.

		Terminaali ketjun alussa	Terminaali ketjun puolivälissä	Terminaali ketjun lopussa
Toim.kosteus 30 %	Kustannusindeksi, tv-haketusketju = 100	79	78	79
	Terminaalihaketusketjun osuus toimituksista	Vuosittaiset säästöt (€)		
	100 %	454 958	476 622	445 673
	75 %	341 218	357 467	334 255
	50 %	227 479	238 311	222 836
	25 %	113 739	119 156	111 418
Toim.kosteus 40 %	Kustannusindeksi, tv-haketusketju = 100	84	84	87
	Terminaalihaketusketjun osuus toimituksista	Vuosittaiset säästöt (€)		
	100 %	352 824	343 539	278 546
	75 %	264 618	257 655	208 909
	50 %	176 412	171 770	139 273
	25 %	88 206	85 885	69 636
Toim.kosteus 50 %	Kustannusindeksi, tv-haketusketju = 100	95	96	100
	Terminaalihaketusketjun osuus toimituksista	Vuosittaiset säästöt (€)		
	100 %	102 133	80 469	-3 095
	75 %	76 600	60 352	-2 321
	50 %	51 067	40 234	-1 547
	25 %	25 533	20 117	-774

Harvoin tilanne on kuitenkin sen mukainen, että terminaalien kautta ajaminen ei lisää lainkaan toimitusmatkaa tienvarsihaketusketjuun nähden. Kun terminaalien sijainti poikkeaa lyhimmältä mahdolliselta reitiltä, eivät terminaalihaketusketjun käytön mukanaan tuomat säästöt ole enää yhtä suuret kuin tässä luvussa aiemmin esitetyt.

Taulukkoon 17 on koottu 60 kilometrin tienvarsihaketusketjulle vaihtoehtoisten terminaalihaketusketjujen tuomat suurimmat potentiaaliset säästöt. Säästöt ovat teoreettisia, sillä kaikkien niiden laskemisessa on edellä olevien tulosten perusteella oletettu, että terminaali sijaitsee aivan tienvarsivarastojen läheisyydessä jolloin raaka-aineen kuljetusmatka jää alle viiteen kilometriin. Taulukossa on jaoteltu terminaalihaketusketjun matkat 20 kilometrin välein ja lisäksi siinä on huomioitu tarkasteltavana olevan vaihtoehtoisen ketjun käytön osuus kaikista toimituksista.

Myyntimääränä on käytetty jälleen koko Suomen alueella tilikauden 2014–2015 aikana oman prosessoinnin kautta toimitettua rankahakemäärää. Tarkastelun kannalta ongelmallista on, että myyntimäärää ei ole mahdollista jaotella erimittaisille toimitusketjuille, vaan myyntimäärä pitää sisällään niin lyhyen kuin pitkänkin matkan toimitukset. Toisaalta se osa toimituksista, jota ei toimiteta käyttäen tarkasteltavana olevaa terminaalihaketusketjua, oletetaan kokonaisuudessaan toimitettavan 60 kilometrin tienvarsihaketusketjua käyttäen. Olennaisinta ovat kuitenkin raja-arvot, joissa kevyimmänkin mahdollisen kustannusrakenteen omaava terminaalihaketusketju ei ole enää kannattavampi kuin tienvarsihaketusketju.

Taulukon 17 tulokset osoittavat saman, minkä tarkastelut luvussa 7.2.1, mutta hieman eri näkökulmasta. Rankahakkeen toimituskosteuden ollessa 30 % säästöjä on mahdollista saada aikaan käyttämällä vaihtoehtoisena toimitusketjuna myös 120 kilometrin mittaista terminaalihaketusketjua. Sen sijaan toimituskosteuden ollessa 50 % vaihtoehtoisena toimitusketjuna käytetty 80 kilometrin terminaalihaketusketjukaan ei ole enää kilpailukykyinen vaihtoehto 60 kilometrin tienvarsihaketusketjulle. Merkittävä yksityiskohta on, että 120 kilometrin mittaisella terminaalihaketusketjulla voi parhaimmassa tapauksessa (toimituskosteuden ollessa 30 %) saavuttaa viiden prosentin kustannussäästöt puolet lyhempään tienvarsihaketusketjuun verrattuna.

Taulukko 17. Teoreettisesti suurimmat säästöt rankahakkeen terminaalihaketusketjuille 60 kilometrin tienvarsihaketusketjuun verrattuna, kun tienvarsivarastolta terminaaliin on alle viisi kilometriä.

	Tienvarsihaketusketju 60 km		Toimituskosteus 30 %	Toimituskosteus 40 %	Toimituskosteus 50 %	
	Terminaalihaketusketjun kokonaismatka	60 km	Kustannusindeksi, tv-haketusketju = 100		79	84
Terminaalihaketusketjun osuus toimituksista			Vuosittaiset säästöt/tappiot (€)			
100 %			454 958	352 824	102 133	
75 %			341 218	264 618	76 600	
50 %			227 479	176 412	51 067	
25 %		113 739	88 206	25 533		
80 km		Kustannusindeksi, tv-haketusketju = 100		84	89	102
		Terminaalihaketusketjun osuus toimituksista		Vuosittaiset säästöt/tappiot (€)		
		100 %	337 350	232 121	-49 519	
		75 %	253 012	174 091	-37 139	
		50 %	168 675	116 061	-24 760	
25 %		84 337	58 030	-12 380		
100 km		Kustannusindeksi, tv-haketusketju = 100		90	95	109
		Terminaalihaketusketjun osuus toimituksista		Vuosittaiset säästöt/tappiot (€)		
		100 %	222 836	114 513	-194 982	
		75 %	167 127	85 885	-146 236	
	50 %	111 418	57 257	-97 491		
25 %	55 709	28 628	-48 745			
120 km	Kustannusindeksi, tv-haketusketju = 100		95	100	115	
	Terminaalihaketusketjun osuus toimituksista		Vuosittaiset säästöt/tappiot (€)			
	100 %	111 418	-3 095	-334 255		
	75 %	83 564	-2 321	-250 691		
	50 %	55 709	-1 547	-167 127		
25 %	27 855	-774	-83 564			
140 km	Kustannusindeksi, tv-haketusketju = 100		100	106	122	
	Terminaalihaketusketjun osuus toimituksista		Vuosittaiset säästöt/tappiot (€)			
	100 %	-3 095	-120 703	-479 717		
	75 %	-2 321	-90 527	-359 788		
	50 %	-1 547	-60 352	-239 859		
25 %	-774	-30 176	-119 929			

Tilanne, jossa terminaali sijaitsee aivan tienvarsivarastojen välittömässä läheisyydessä, ei ole kovinkaan todenmukainen tilanne. Vapon liiketoiminnassa terminaaliin kuljetetaan raaka-ainetta hakettavaksi keskimäärin 30 kilometrin päästä. Taulukossa 18 on esitetty potentiaaliset säästöt, jotka voidaan saavuttaa käyttämällä terminaalihaketusketjua vaihtoehtoisena toimitusketjuna tienvarsihaketusketjulle, kun tienvarsivarastolta terminaaliin on 30 kilometriä. Loppuosa terminaalihaketusketjun kokonaismatkasta on siten polttoaineen kuljetusta hakkeena käyttöpaikalle.

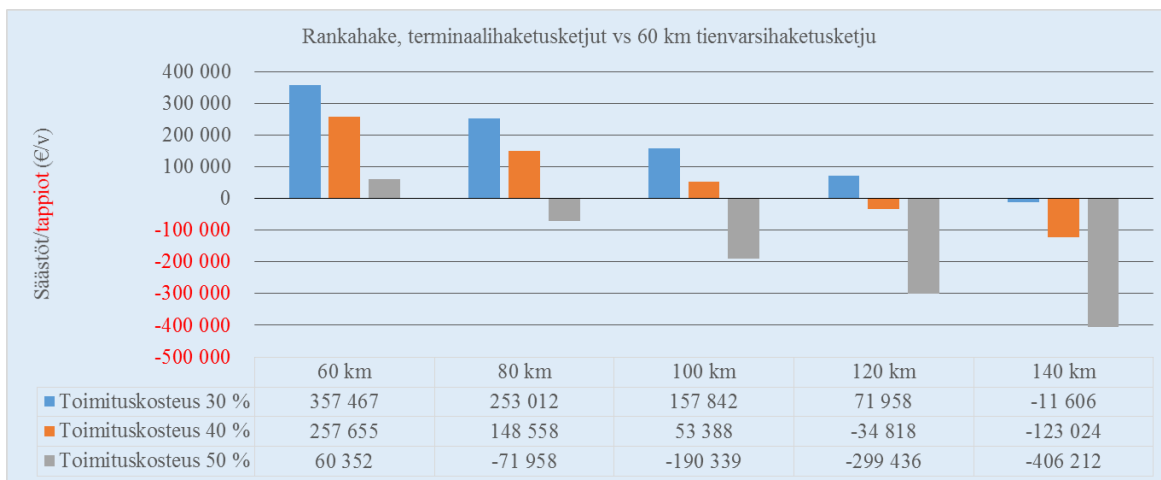
Erona edelliseen vertailuun (Taulukko 17) on, että potentiaaliset säästöt eivät ole enää yhtä suuret ja mahdolliset tappiot ovat suurempia. Esimerkiksi 80 kilometrin terminaalihaketusketjusta saatavat suurimmat mahdolliset säästöt toimituskosteudeltaan 40 % olevalle rankahakkeelle pienenevät noin 34 000 eurolla (232 121 € → 198 077 €). Jos tarkastellaan 140 kilometrin terminaalihaketusketjun käyttämistä toimitettaessa toimituskosteudeltaan 50 % olevaa rankahaketta, voidaan havaita suurimpien mahdollisten tappioiden kasvavan 62 000 eurolla (479 717 € → 541 616 €). Nämä havainnot vahvistavat

aiempia tuloksia siitä, että terminaalin sijainnin siirtyessä lähemmäs käyttöpaikkaa menetetään terminaalihaketusetjusta saatavaa hyötyä.

Taulukko 18. Potentiaaliset säästöt rankahakkeen terminaalihaketusetjuille 60 kilometrin tienvarsihaketusetjuun verrattuna, kun tienvarsivarastolta terminaaliin on 30 kilometriä.

		Tienvarsihaketusetju 60 km	Toimituskosteus 30 %	Toimituskosteus 40 %	Toimituskosteus 50 %
				Kustannusindeksi, tv-haketusetju = 100	78
Terminaalihaketusetjuun kokonaismatka	60 km	Terminaalihaketusetjuun osuus toimituksista	Vuositteiset säästöt/tappiot (€)		
		100 %	476 622	343 539	80 469
		75 %	357 467	257 655	60 352
		50 %	238 311	171 770	40 234
		25 %	119 156	85 885	20 117
	80 km	Kustannusindeksi, tv-haketusetju = 100	84	91	104
		Terminaalihaketusetjuun osuus toimituksista	Vuositteiset säästöt/tappiot (€)		
		100 %	337 350	198 077	-95 943
		75 %	253 012	148 558	-71 958
		50 %	168 675	99 038	-47 972
	100 km	Kustannusindeksi, tv-haketusetju = 100	90	97	112
		Terminaalihaketusetjuun osuus toimituksista	Vuositteiset säästöt/tappiot (€)		
		100 %	210 457	71 184	-253 786
		75 %	157 842	53 388	-190 339
		50 %	105 228	35 592	-126 893
	120 km	Kustannusindeksi, tv-haketusetju = 100	96	102	118
		Terminaalihaketusetjuun osuus toimituksista	Vuositteiset säästöt/tappiot (€)		
		100 %	95 943	-46 424	-399 249
		75 %	71 958	-34 818	-299 436
50 %		47 972	-23 212	-199 624	
140 km	Kustannusindeksi, tv-haketusetju = 100	101	108	125	
	Terminaalihaketusetjuun osuus toimituksista	Vuositteiset säästöt/tappiot (€)			
	100 %	-15 475	-164 032	-541 616	
	75 %	-11 606	-123 024	-406 212	
	50 %	-7 737	-82 016	-270 808	
		-3 869	-41 008	-135 404	

Tällä hetkellä Vapon toimittamasta rankahakkeesta noin 70–80 % toimitetaan terminaalihaketusetjuja käyttäen. Vuositteiset säästöt tähän tilanteeseen, jossa lisäksi oletetaan, että kaikkien raaka-ainetoimitusten kuljetusmatka terminaaliin on 30 kilometriä, on koottu kuvioon 41. Lisäksi kuvio näyttää säästöjen erot tilanteisiin, jossa keskimääräinen toimituskosteus vaihtelee 30 prosentista korkeaan, 50 prosentin, tasoon.



Kuvio 41. Vuosittaiset säästöt tai tappiot johtuen erimittaisten terminaalihaketusketjujen käytöstä rankahakkeen toimituksissa, kun vertailukohtana on 60 kilometrin tienvarsihaketusketju.

Tarkasteltaessa tarkemmin tilannetta, jossa toimituskosteus olisi keskimäärin 40 prosenttia, säästöä on mahdollista saada vuosittain 257 655 euroa, jos toimitusmatkat ovat yhtä pitkiä kuin tienvarsihaketusketjussa. Säästöä syntyy vielä, kun kokonaismatka kasvaa 100 kilometriin (53 388 €), mutta ei enää kokonaismatkan kasvaessa kaksinkertaiseksi (120 km). Säästöt ja tappiot on esitetty koko vuoden myyntilukujen valossa olettaen, että koko määrä toimitetaan kyseistä ketjua pitkin. Olennaisempaa onkin nähdä raja-arvot, joissa säästöjä on mahdollista saada aikaan. Näissä tarkasteluissa olevien yksikkökustannusten ero säilyy samana, vaikka säästöjen tai menetettyjen hyötöjen absoluuttisessa määrässä tapahtuisikin muutosta.

7.3 Herkkyysanalyysit

Terminaalien sijainnilla on merkitystä toimitusketjun toimivuuden ja ennen kaikkea taloudellisen kannattavuuden kannalta (Luku 7.2.2). Kuljetusmatkoilla onkin merkittävin vaikutus terminaalihaketusketjun kannattavuuteen. Terminaalin kannattavan hyötösuhteen saavuttaminen edellyttää lisäksi puun riittävää saantia, mikä puolestaan vaatii hakeraaka-aineiden kuljettamista pidempienkin matkojen takaa. Tällä taataan terminaalin läpi kulkevien hake-erien riittävän suuri määrä. Muita terminaalin kannattavuuteen vaikuttavia

tekijöitä ovat mm. alueen rakentamis- ja ylläpitokustannukset sekä terminaalien toimintaan liittyvän infrastruktuurin rakenne.

Riippuen alueen olemassa olevan infrastruktuurin määrästä ja tasosta, investointikustannukset voivat vaihdella hyvinkin paljon. Jos metsähakkeen haketustermiini sijoitetaan turvesuolle, jossa on esimerkiksi tuotannosta poistuneita alueita, uusien investointien tarve ei ole niin suuri. Turvesuolla on valmiina raskaampiakin yhdistelmäajoneuvoja kantavia teitä ja kääntymispaikkoja.

Laskentasovelluksessa on mahdollista terminaalitietojen syöttötaulukon tietoja vaihtamalla vertailla investointikustannuksiltaan erilaisten terminaalien vaikutusta toimitusketjun kannattavuuteen. Myös vuokra-alueen vuotuisten kustannusten kohdistumista yhdelle megawattitunnille on mahdollista tarkastella syöttämällä vuosittaisen poiston tilalle vuokran määrän.

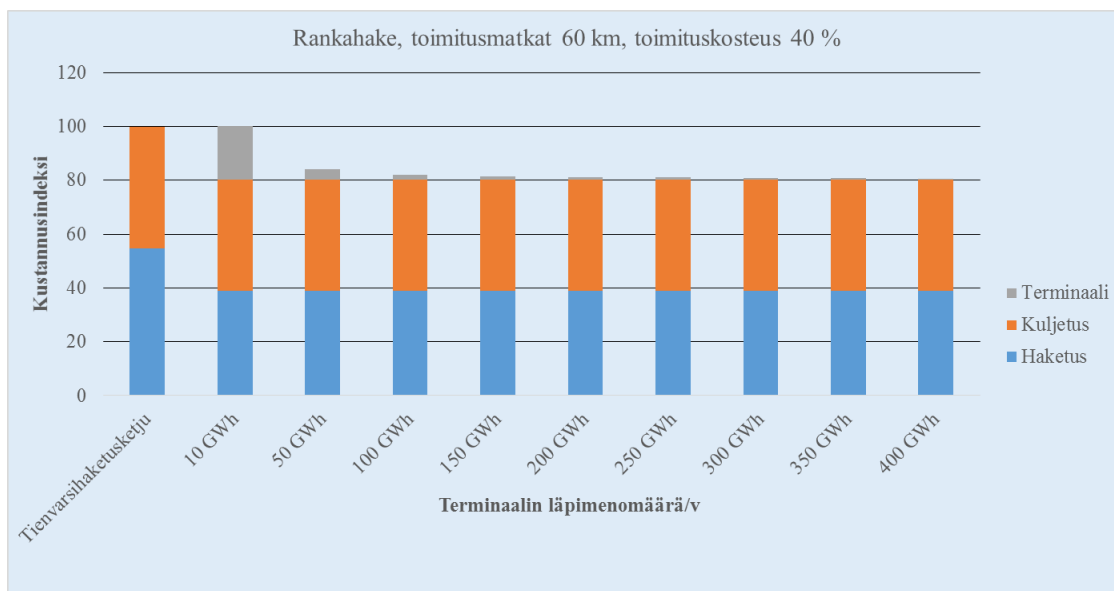
Aiemmissa laskelmissa terminaalien läpimenomääränä käytetty 50 GWh on suhteellisen pieni määrä, joka vastaa yhden lämpölaitoksen tarvitsemaa vuosittaista polttoainemäärää. Sen vuoksi aiempien laskelmien tulokset voivat antaa todelliseen tilanteeseen nähden liian korkeita yhteen yksikköön kohdistuvia kustannuksia. Samoin toimintasäteitä vertailevissa tarkasteluissa potentiaaliset kuljetusmatkat voivat todellisuudessa olla pidempiäkin, koska terminaalien suuremman läpimenomäärän johdosta säästyneitä resursseja on mahdollista käyttää enemmänkin kuljetusvaiheisiin.

Edellä kuvatuissa laskelmissa on oletettu terminaalien vuosittaiseksi tuotantomääräksi 50 GWh ja investointikustannuksiksi 100 000 €. Pitoaikana on käytetty 10 vuotta ja laskentakorkokantana 5 prosenttia. Lisäksi laskelmissa on ollut mukana 1 000 euron vuosittaiset huoltokustannukset johtuen esimerkiksi aurauksesta ja siivouksesta. Tällöin terminaalikustannukset ovat 0,28 euroa yhtä megawattituntia kohden.

Seuraavaksi tarkastellaan erisuuruisten terminaalien läpimenomäärien sekä investointikustannusten vaikutuksia yhdelle megawattitunnille kohdistuvaan kustannukseen sekä sen vaikutuksia tarkasteltavien toimitusketjujen toimintasäteisiin ja kustannusrakenteisiin. Pitoaika ja laskentakorkokanta pidetään muuttumattomina. Laskelmissa on edelleen mukana myös 1 000 euron terminaalien ylläpidosta aiheutuvat vuosittaiset kustannukset.

Vertailun kautta huomataan, kuinka merkittävät vaikutukset terminaalin tuottavuuden kasvulla on terminaalista yhdelle energiayksikölle kohdistuvaan kustannukseen (Kuvio 42). Aiemmissa laskelmissa käytetty 50 GWh:n läpimenomäärä on siis kohdistanut yksikköä kohden kaksinkertaisen kustannuksen kuin se olisi tilanteessa, jossa läpimenomäärää olisikin saatu kasvatettua 100 GWh:iin. Laskelmissa käytettyä investoinniltaan 100 000 euron suuruisen terminaalin vuosittaista läpimenomäärää kasvattamalla huomataan, kuinka terminaalikustannusten taso laskee läpimenomäärän kasvaessa 400 GWh:iin, mutta määrän kasvaessa tätä suuremmaksi vaikutukset eivät enää näy kustannusrakenteessa.

Toisin sanoen tässä rajakohdassa terminaalikustannusten osuus muuttuu niin merkityksettömäksi, ettei läpimenomäärää kasvattamalla voida saada enää lisäsäästöjä aikaan. Sen sijaan alkuinvestoinniltaan 50 000 euron terminaalilta ei vaadita yhtä suurta läpimenomäärää, vaan siinä tapauksessa rajakohta on 300 GWh:n kohdalla. Tämä todistaa osaltaan myös sen tosiasian, kuinka investointikustannuksiltaan suuremmalta terminaalilta vaaditaan suurempaa läpimenomäärää, jotta se olisi yhtä kustannustehokas kuin terminaalit, jonka alkuinvestoinnit ovat pienemmät.



Kuvio 42. Terminaaliläpimenomäärän vaikutus rankahakkeen terminaalihaketusetjujen kustannusrakenteisiin.

Monien toimitusketjuihin vaikuttavien muuttujien vuoksi ketjujen vertailut vaativat täsmällisempää tarkastelua etenkin Vapon liiketoiminnan kannalta realistisissa skenaarioissa. Kun toimitusmatkat ovat 60 kilometriä ja keskimääräinen toimituskosteus oletetaan 40 %:iin, alkuinvestoinniltaan 100 000 euron terminaalin läpimenomäärä voi alimmillaan laskea vain 10 GWh:iin, jolloin terminaalihaketusketjun kustannukset ovat yhtä suuret kuin tienvarsihaketusketjussa (Kuvio 42 ja Taulukko 19). Tällöin terminaalihaketusketju on vielä yhtä kilpailukykyinen vaihtoehto tienvarsihaketusketjun kanssa, mutta ei enää läpimenomäärän laskiessa tämän raja-arvon alapuolelle.

Myös toimituskosteudella on omat vaikutuksensa siihen, kuinka suuri läpimenomäärän tulisi olla, jotta terminaalihaketusketju olisi kilpailukykyinen vaihtoehto tienvarsihaketusketjulle. Toimituskosteuden ollessa 30 % samaiselta terminaalilta vaadittava minimiläpimenomäärä laskee 8 GWh:iin, kun taas toimituskosteudeltaan 50 prosentin hake-erän toimittaminen kyseisen terminaalin kautta on kannattavaa vain, jos läpimenomäärä vuodessa on vähintään 25 GWh.

Taulukko 19. Terminaalilta vaadittava minimiläpimenomäärä erimittaisille terminaalihaketusketjuille, jotta säästöjä 60 kilometrin tienvarsihaketusketjuun verrattuna olisi saavutettavissa.

<i>Tienvarresta terminaaliin 30 km</i>	Vaadittava läpimenomäärä (GWh)		
Kokonaistoimitusmatka (km)	Toimituskosteus 30 %	Toimituskosteus 40 %	Toimituskosteus 50 %
60	8	10	25
80	10	15	*
100	15	25	*
120	25	150	*
140	70	*	*
160	*	*	*

* = Läpimenomäärän kasvu ei käännä kustannusetua terminaalihaketusketjun hyväksi

Terminaalihaketusketju on kuitenkin harvoin samanpituisen kuin vaihtoehtoisena toimitusketjuna oleva tienvarsihaketusketju. Vaihtoehdossa, jossa toimituskosteudeltaan 40 % olevan rankahakkeen terminaalihaketusketjun kokonaismatka onkin 20 kilometriä pidempi, vaaditaan terminaalin tuottaman hakemäärän olevan vähintään 15 GWh. Kuten aiemmissa tuloksissa on jo käynyt ilmi (esim. Taulukko 18), 40 kilometrin poikkeama terminaalihaketusketjussa mahdollistaa vielä kustannussäästöjä, mikäli terminaalin vuosittainen läpimenomäärä on 50 GWh. Taulukosta 19 voidaan kuitenkin lukea, kuinka

läpimenomäärä voi jopa puolittua 25 GWh:iin terminaalihaketusketjun ollessa edelleen kustannustehokas vaihtoehto tienvarsihaketusketjulle.

Toimitusmatkan ollessa terminaalihaketusketjun kautta kaksinkertainen (120 km) vaaditaan terminaalin läpimenomääräksi 150 GWh, mutta 140 kilometrin terminaalihaketusketju ei ole enää millään läpimenomäärällä varteenotettava vaihtoehto 60 kilometrin tienvarsihaketusketjulle. Toisin sanoen muilla kustannuslähteillä, etupäässä kuljetuksella, on tässä tilanteessa merkittävä painoarvo kustannusrakenteeseen samaan aikaan, kun terminaalikustannusten osuus on muuttunut kokonaisuuden kannalta merkityksettömäksi. Toimituskosteudeltaan 50 % olevalle rankahakkeelle vastaava raja on jo 20 kilometrin poikkeaman kohdalla ja 30 %:n toimituskosteuden hakkeelle vasta 80 kilometrin lisämatkan kohdalla.

Edellä olevissa laskelmissa (Luku 7.2.1) haettiin maksimaalisia hankintasäteitä terminaalille, kun rajoitteena olivat tietyn mittaisen tienvarsihaketusketjun tuottamat yksikkökustannukset. Tässä luvussa olevat laskelmat voidaan tulkita myös osoittavan, kuinka hankintasäteen pituutta ei voida rajattomasti suurentaa tuotantomäärää kasvattamalla. Taulukossa 20 on kuvattu investointikustannuksiltaan erisuuruisilta terminaaleilta vaadittavia vähimmäisläpimenomääriä, jotta eri matkojen päästä kannattaa kuljettaa rankaa terminaaliin haketettavaksi. Vertailukohtana on jälleen 60 kilometrin tienvarsihaketusketju ja tarkastelut on tehty eri toimituskosteuksille olettaen terminaalin ja käyttöpaikan välisen etäisyyden 30 kilometriin.

Taulukosta 20 voidaan lukea, ettei investointikustannusten suuruudella ole vaikutusta terminaalin hankintasäteen pituuteen. Hankintasäteen raja, jossa läpimenomäärän kasvulla ei enää käännetä kustannusetua terminaalihaketusketjun hyväksi, tulee vastaan aina samassa kohdassa toimituskosteuden mukaan määräytyen. Esimerkiksi toimituskosteudeltaan 40 prosentin rankahakkeen toimitus terminaalihaketusketjun kautta rajoittuu tilanteeseen, jossa pisin hankintasäde pysyy 70 kilometrissä riippumatta terminaalin vaatimien investointien suuruudesta.

Taulukko 20. Investointikustannusten ja terminaalien hankintasäteen mukaan määräytyvät terminaalien minimilämpimienomäärät, jotta rankahakkeen terminaalihaketusketju olisi kilpailukykyinen vaihtoehto 60 kilometrin tienvarsihaketusketjulle.

Terminaalista käyttöpaikalle 30 km		Vaadittava läpimienomäärä (GWh)		
Investointikustannukset	Hankintasäde	Toimituskosteus 30 %	Toimituskosteus 40 %	Toimituskosteus 50 %
50 000 €	30 km	5	6	15
	50 km	5	8	*
	70 km	8	20	*
	90 km	12	*	*
	110 km	35	*	*
	130 km	*	*	*
100 000 €	30 km	8	10	25
	50 km	10	15	*
	70 km	15	35	*
	90 km	20	*	*
	110 km	50	*	*
	130 km	*	*	*
150 000 €	30 km	10	15	40
	50 km	15	25	*
	70 km	20	45	*
	90 km	35	*	*
	110 km	75	*	*
	130 km	*	*	*

* = Lämpimienomäärän kasvu ei käännä kustannusetua terminaalihaketusketjun hyväksi

Vaikka hankintasäteen maksimaaliseen pituuteen ei terminaalien investointikustannuksilla ole vaikutusta, terminaalien läpimienomäärä sen sijaan on avainasemassa hankintasäteen määräytymisessä. Jotta hankintasäde olisi samansuuruinen, korkeampien investointikustannusten terminaalissa tuotantomäärät tulisivat luonnollisesti olla suurempia kuin pienempien investointikustannusten terminaalissa. Toimituskosteudeltaan 40 prosenttia olevan rankahakkeen toimituksessa alkuinvestoinniltaan 50 000 euron terminaalien 70 kilometrin hankintasäteen saavuttamiseen riittää 20 GWh:n vuosittainen läpimienomäärä. Sen sijaan investointikustannuksiltaan 150 000 euron terminaalien kautta kulkeva hakemäärä täytyisi olla vähintään 45 GWh, jotta sama hankintasäde voitaisiin saavuttaa.

Herkkyysanalyysit osoittavat, kuinka aiemmissa laskelmissa käytetty 50 GWh:n läpimienomäärä 100 000 euron investointeja vaatineissa terminaalissa on valittu riittävän varovasti. Toisin sanoen terminaalien läpimienomäärä ei ole valittu liian optimistisiin tuotantomääriin perustuen, jolloin energiayksikköön kohdistuvat kustannukset olisivat olleet liian pieniä. Päinvastoin läpimienomäärä voi olla merkittävästikin laskelmissa käytettyä määrää alempi terminaalihaketusketjun säilyttäessä yhä kilpailukykyensä. Tämän

vuoksi esitetyt tulokset voidaan yleistää laajemmin sovellettaviksi erilaisia toimitusketjun optimointitilanteita ajatellen.

Terminaalihaketusketjun kannattavuus riippuu osaltaan terminaalin läpi kulkevasta hakemäärästä. Johtopäätöksenä voidaan todeta, että terminaalin tuotantomäärää kasvattamalla voidaan parantaa terminaalihaketusketjun kannattavuutta. Tuotantomäärän kasvattamiselle on kuitenkin olemassa raja-arvot, joiden jälkeen terminaalikustannusten osuus ketjun yhteenlasketuista yksikkökustannuksista on olematon.

Terminaalien pitoaika voi vaihdella paljonkin esimerkiksi puun saatavuuden ja kysynnässä tapahtuvien muutosten mukaan. Laskelmissa poistoajan oletusarvona käytetty kymmenen vuotta vaikuttaa omalta osaltaan tuloksiin. Mikäli terminaali-investoinnit kohdistetaankin esimerkiksi viidelle vuodelle aiemman kymmenen vuoden sijaan, tarkoittaa se suurempaa kustannusta yhtä energiayksikköä kohden. Poistoajan muutosten vaikutuksiin tulee jatkossa kiinnittää tarkemmin huomiota, vaikkakin terminaalikustannuksilla ei näyttäisi olevan suurta painoarvoa normaalimittaisilla toimitusmatkoilla.

Tulosten tarkastelun näkökulmasta investointikustannusten muutoksella sekä terminaalin läpimenomäärällä on omat vaikutuksensa tuloksiin, vaikka terminaalikustannusten osuus kokonaiskustannuksista ei nouse tarkasteltavana olevissa skenaarioissa hallitsevaan asemaan. Kuljetusmatkojen kasvaessa terminaalikustannusten osuus kaikista yksikkökustannuksista pienenee, eikä niillä ole enää yhtä suurta painoarvoa kuin lyhemmillä matkoilla. Tulosten luotettavuutta arvioitaessa on huomioitava, että laskelmissa käytettiin yksinomaan investointikustannusta 100 000 euroa ja terminaalin läpimenomääränä 50 GWh. 50 GWh:n terminaali vastaa pienen lämpölaitoksen vuosittaista energiantuotantoa, joten Vapon liiketoiminnassa 50 GWh:n terminaali on pienimmästä päästä. Tästä voidaan päätellä, että tuloksissa esitetyt terminaalin hankintasäteet ovat minimiarvoja, jotka ainakin teoriassa voivat kasvaa tuotantomäärän kasvun mukana.

Samoin terminaalin vuosittaisten poistojen tai vuokran vaikutus tuotettua yksikköä kohden ei ole merkityksetön, vaan niistä koituva kustannus joko rajoittaa tai lisää toimintamahdollisuuksia. Toisaalta niiden kohdentumista yksikköä kohden voidaan pienentää suoritemäärää kasvattamalla. Käytännössä suoritemäärän kasvattamisen rajoituksina ovat myös puun saatavuus terminaalia ympäröivältä alueelta sekä hakkeen kysyntä.

7.4 Tulosten yhteenveto

Edellä käytyjen tarkastelujen perusteella voidaan päätellä, että valinta tienvarsihaketusketjun ja terminaalihaketusketjun välillä ei ole lainkaan toissijainen päätös. Sekä kahden tienvarsihaketusketjun että tienvarsihaketusketjun ja terminaalihaketusketjun välillä kilpailukykyiset ratkaisut riippuvat haketuotteesta, toimituskosteudesta sekä terminaalien sijainnista.

Kahden tienvarsihaketusketjun (Ketjut 1 ja 2) vertailuissa tuli esille, ettei tällä hetkellä ole realistisissa vaihtoehdoissa kannattavaa hyödyntää terminaalivarastointia osana tienvarsihaketusketjua. Hakkurin tuottavuuden kasvun kautta on kuitenkin mahdollista täyttää terminaaliketjuissa oleva tehostamistarve. Keskimääräisillä toimitusmatkoilla tehostamistarpeet ovat 16–34 % riippuen haketuotteesta, toimituskosteudesta sekä terminaalien sijainnista.

Laskelmien avulla etsittiin pisimpiä mahdollisia kuljetusmatkoja terminaalihaketusketjun kuljetuksille, kun vertailukohtana käytetään erimittaisia tienvarsihaketusketjuja (Ketjut 1 ja 3). Muuttuvina tekijöinä tarkasteluissa oli mukana myös toimituskosteuden vaihtelut ja rankakuormien osalta takuutonien vaikutukset. Laskelmien perusteella merkittävimmit terminaalihaketusketjun hyödyt on mahdollista saavuttaa rankahakkeen toimituksissa. Yksikkökustannusten pysyessä samalla tasolla voi terminaalihaketusketjun kuljetusmatkat olla jopa 80 kilometriä pidemmät kuin tienvarsihaketusketjussa. Tällä tarkastelulla pyrittiin osoittamaan, kuinka paljon on mahdollista laajentaa toimintaympäristöä ilman yksikkökustannustason nousua.

Vertailuista huomattiin, kuinka rankahakkeen osalta terminaalihaketusketju on normaaleilla toimituskosteuksilla selvästi kannattavin vaihtoehto, kun taas hakkuutähdehakeella tilanne on päinvastainen. Kokopuuhakkeen osalta ei voida tehdä pitkälle meneviä johtopäätöksiä siihen liittyvien epävarmuustekijöiden vuoksi. Hakkuutähteiden ja kokopuun osalta takuutonien ei laskelmissa käytetty, vaikka juuri kyseisten raaka-aineiden kuljetuksissa kuormat jäävät usein kevyiksi.

Toisaalta kyseisten raaka-aineiden kuljetus terminaaliin haketettavaksi on jo nykyisellään erittäin harvinaista juuri edellä mainitun syyn vuoksi. Takuutonien käyttäminen hakkuutähteiden ja kokopuun raaka-ainekuljetusten osalta tarkoittaisi entistä parempaa

hyötyä tienvarsihaketusketjun käytöstä. Taloudellisten synergioiden hakeminen rankahakkeen eri toimitusketjuvaihtoehtojen kesken osoitti, kuinka terminaalihaketusketjun käyttäminen vaihtoehtona tienvarsihaketusketjulle voi enimmillään tuoda lähes 500 000 euron vuosittaiset säästöt.

Yleisenä päätelmänä tuloksista voidaan todeta, että nykyisillä kustannustasoilla turvetuotteiden toimituksissa käytettävien yhdistelmäajoneuvojen hyödyntäminen osana metsähakkeen toimituksia on kannattavaa vain rankahakkeen osalta. Johtuen hakkuutähteiden ja kokopuun pienestä hyötykuormasta, niiden terminaaliin kuljettamisesta aiheutuvat kustannukset heikentävät ketjun kannattavuutta, jota muuten terminaalitoiminnan kautta olisi mahdollista saavuttaa. Saatujen tulosten pohjalta voidaan esittää optimaalisimmat toimitusvaihtoehdot rankahakkeelle toimituskosteuksien mukaan (Taulukko 21), kun tienvarsihaketusketjun vaihtoehtona on erimittaisia terminaalihaketusketjuja. Olettamuksena voidaan jälleen pitää tilannetta, jossa tienvarsihaketusketjun pituus on 60 kilometriä. Terminaalihaketusketjuissa on muuttujana myös terminaalien sijainti.

Taulukko 21. Optimaaliset toimitusketjut rankahakkeelle kokonaismatkan, terminaalin sijainnin sekä toimituskosteuden mukaan jaoteltuna.

Kannattavampi vaihtoehto:

Tienvarsihaketusetketju

Terminaalihaketusetketju

Tienvarsihaketusetketjun (60 km) kustannusindeksi = 100

Kokonaismatka	60 km								
Terminaalin sijainti	Ketjun alussa			Ketjun puolivälissä			Ketjun lopussa		
Toimituskosteus	30 %	40 %	50 %	30 %	40 %	50 %	30 %	40 %	50 %
Kustannusindeksi	79	84	95	78	84	96	79	87	100
Kokonaismatka	80 km								
Terminaalin sijainti	Ketjun alussa			Ketjun puolivälissä			Ketjun lopussa		
Toimituskosteus	30 %	40 %	50 %	30 %	40 %	50 %	30 %	40 %	50 %
Kustannusindeksi	84	89	102	84	91	104	84	93	108
Kokonaismatka	100 km								
Terminaalin sijainti	Ketjun alussa			Ketjun puolivälissä			Ketjun lopussa		
Toimituskosteus	30 %	40 %	50 %	30 %	40 %	50 %	30 %	40 %	50 %
Kustannusindeksi	90	95	109	90	98	113	90	100	116
Kokonaismatka	120 km								
Terminaalin sijainti	Ketjun alussa			Ketjun puolivälissä			Ketjun lopussa		
Toimituskosteus	30 %	40 %	50 %	30 %	40 %	50 %	30 %	40 %	50 %
Kustannusindeksi	95	100	115	96	104	121	95	106	124
Kokonaismatka	140 km								
Terminaalin sijainti	Ketjun alussa			Ketjun puolivälissä			Ketjun lopussa		
Toimituskosteus	30 %	40 %	50 %	30 %	40 %	50 %	30 %	40 %	50 %
Kustannusindeksi	100	105	122	102	110	129	100	112	132

Metsähakkeen yksikkökustannuksiin vaikuttavien erilaisten muuttujien määrä on suuri. Tuloksista voidaan kuitenkin poimia tekijöitä, joiden vaikutukset näyttävät olevan ilmeisimpiä. Rankahakkeen osalta merkittävimpien terminaalihaketusetketjun kannattavuuteen vaikuttavien tekijöiden vaikutukset voidaan tiivistää seuraavasti:

- Toimituskosteus: Korkea toimituskosteus heikentää terminaalihaketusetketjun kannattavuutta.
- Terminaaln sijainti: Terminaaln sijainti lähempänä käyttöpaikkaa kuin tienvarsivarastoja heikentää terminaalihaketusetketjun kannattavuutta.
- Kevyet kuormat/ takuutonnit: Kevyet raaka-ainekuormat yhdessä takuutonnie kanssa heikentävät terminaalihaketusetketjun kannattavuutta.
- Terminaaln läpimenomäärä: Läpimenomäärää kasvattamalla on kuljetusmatkojen määrittelyjen rajojen sisällä mahdollista parantaa terminaalihaketusetketjun kannattavuutta.

Useiden kustannusrakenteisiin vaikuttavien muuttujien vuoksi edellä esitetyt tulokset eivät välttämättä sellaisenaan vastaa jokaista mahdollista toimitusketjuvaihtoehtoa. Niiden perusteella on kuitenkin mahdollista hahmottaa, miten eri osatekijöiden muutokset vaikuttavat kokonaisuuteen. Samoin tulosten perusteella on nähtävissä, mihin asioihin keskittymällä voidaan saada suurimpia muutoksia aikaan. Esimerkiksi terminaalin sijainnilla, samoin kuin toimituskosteudellakin, voi olla merkittäviäkin toimitusketjun valintaan heijastavia vaikutuksia.

Osa esitetyistä tuloksista ovat teoreettista, parasta mahdollista skenaariota kuvaavia, jolloin niiden suora yhteys realistisiin toimitusketjuvaihtoehtoihin on heikko. Nämä tulokset ovat kuitenkin merkittäviä vaikuttimia, kun pohdittavana on, mihin suuntaan toimintaa olisi kannattavinta ohjata. Muun muassa tulokset, joissa kuljetusmatkana on käytetty lyhintä mahdollista vaihtoehtoa (0-5 km), havainnollistavat, missä kohtaa toimitusketjua terminaalin sijainti on paras mahdollinen. Vaikka terminaalin sijaintia ei voida suunnitella jokaista yksittäistä toimituserää ajatellen, tulosten perusteella voidaan yleisenä johtopäätöksenä todeta terminaalin sijainnin aivan käyttöpaikan läheisyydessä tarkoittavan useimmissa tilanteissa terminaalihaketusketjun hyötyjen menettämistä tienvarsihaketusketjuun nähden. Toisaalta käyttöpaikkaterminaali olisi voimalaitoksen näkökulmasta paras ratkaisu.

8 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Synergiat ovat kahden tai useamman osapuolen rakenteellisista tai toiminnallisista tekijöistä kumpuavia hyötyjä, joiden yhteisvaikutus on suurempi kuin osiensa summa. Synergioiden havainnoiminen edellyttää kaikkien osatekijöiden perusteellista tuntemista niin rakenteellisesti kuin toiminnallisesti. Puun ja turpeen toimitusketjujen toisilleen mahdollistamien synergiaetujen löytäminen vaatii niin raaka-aineista johtuvien kuin alueellistenkin eroavaisuuksien tunnistamista. Toimitusketjujen erilaiset muodot sekä niiden erityisvaatimukset asettavat omat haasteensa synergioiden löytämiselle.

Vapon strateginen tavoite olla maailman paras osaja lähienergian arvoketjussa vaatii toimia monilla erilaisilla osa-alueilla. Yksi tähän tähtäävä toimenpide on muuttua polttoainetoimittajasta kokonaispalvelujen tarjoajaksi. Kokonaispalvelujen tarjoajan asema antaa vahvemman neuvotteluaseman lisäksi vakautta liiketoimintaan. Synergioiden löytäminen toimitusketjujen kesken lisää kilpailukykyä varsinkin, kun kilpailijoilla toimitukset ovat keskittyneet monesti pelkästään joko puupolttoaineisiin tai turpeeseen.

Niin energiaturpeen kuin metsähakkeenkin toimitusketjuissa vaaditaan erilaisia tietoja ja taitoja. Näiden esille nostamiseksi yhteiseen käyttöön tarvitaan laajaa henkilöstön sitouttamista sekä päällekkäisten osatoimintojen karsimista. Tällä ehkäistään osaoptimoinnista toimitusketjujen kokonaisuudelle aiheutuvia haittoja. Jo raaka-aineiden erilainen hankinta- ja tuotantotapa erottaa ketjuja toisistaan niin merkittävästi, että niissä vaadittavien tieto-taitojen erot jatkuvat ainakin tiettyjen osa-alueiden osalta aina loppukäyttöpaikalle saakka.

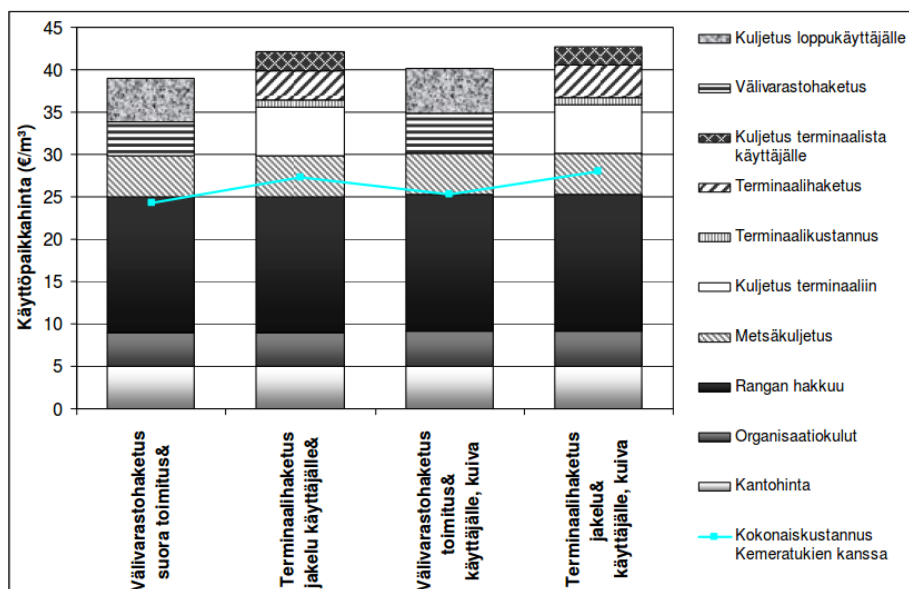
Vapon toimittamien polttoaineiden toimitusketjuille on ominaista raaka-ainelähteiden ja loppukäyttöpaikkojen hajanaiset sijainnit, mikä luo vaatimuksia toimitusketjujen kannattavaan ja toimitusvarmuuden takaavaan hallintaan. Esimerkiksi synergiamatriisiin vastauksissa esille tullut ehdotus turpeen toimituksissa käytössä olevan kuljetuskaluston hyödyntämisestä puupolttoaineiden toimituksissa on tulosten perusteella yksi toimitusketjujen hallintaa parantava tekijä.

Laskentasovelluksen avulla saadut tulokset erilaisten toimitusketjuvaihtoehtojen kustannuslaskennoista sekä niiden kustannusrakenteiden tarkastelu antavat hyvän pohjan tutkia, mistä eri toimitusketjujen osatekijöistä kilpailukyky koostuu sekä mihin tilanteisiin

mikäkin toimitusketju sopii parhaiten. Tulosten perusteella on havaittavissa, että muista tutkimuksista saatuihin tuloksiin verrattuna Vapon edellytykset käyttää terminaalihaketusketjua, turpeen kuljetuskalustoa hyödyntäen, ovat rankahakkeen toimituksissa paremmat.

Rankapuun kuljettaminen terminaaliin haketettavaksi on myös Ihalaisen ym. (2010: 27) mukaan edullisempaa kuin hakkuutähteiden ja kokopuun. Tämän osalta tulos vastaa tässäkin tutkielmassa esille nousutta tosiasiaa, että hakkuutähde- ja kokopuuhakkeen tuotanto- ja toimitusketjuna on kannattavampaa käyttää tienvarsihaketusketjua.

Päinvastoin kuin tässä tutkielmassa, Ihalainen ym. (2010:24) havaitsivat tutkiessaan kustannustekijöiden vaikutuksia bioenergian tuotannon arvoketjuissa, että haketus tienvarsivarastolla on edullisin rankahakkeen tuotanto- ja toimitusmenetelmä (Kuvio 43). Heidän tutkimuksessaan on huomioitu myös kantohinta, organisaatiokulut, rangan hakkuu sekä metsäkuljetus. Tämä ei kuitenkaan vaikuta tulosten vertailtavuuteen, koska kyseisten vaiheiden osuudet ovat jokaisessa tarkasteltavassa vaihtoehdossa olleet samansuuruisia.



Kuvio 43. Rankahakkeen käyttöpaikkahinnat. (Ihalainen ym. 2010: 50.)

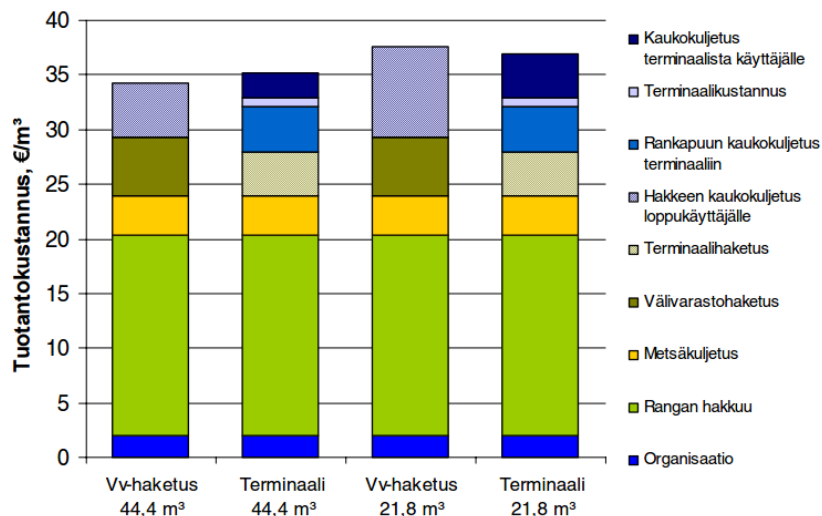
Tutkimuksen mukaan terminaalihaketusketjun kustannukset ovat kahdeksan prosenttia korkeammat kuin tienvarsihaketusketjussa. Sen sijaan hakkuutähteiden osalta tutkimuksen tulokset ovat samansuuntaiset tässä tutkielmassa esitettyjen tulosten kanssa:

hakkuutähteiden terminaalihaketus ei normaalitilanteissa ole kannattavaa. Toisaalta tutkimuksessa esitetään käyttöpaikkahaketuksen olevan kuitenkin kaikkein edullisin tuotantotapa hakkuutähteiden osalta. (Ihalainen ym. 2010: 24.)

Käyttöpaikkahaketuksen mahdollisuutta ei tässä tutkimuksessa ole suuressa määrin huomioitu, mutta sen voisi olettaa hakkuutähteiden osalta olevan vielä terminaalihaketusketjua kannattamattomampi, mikäli terminaalitoiminnot olisivat Vapon hallinnoimat. Pikaisen analyysin pohjalta voidaan todeta käyttöpaikkahaketuksen säästävän jopa 30 prosenttia kustannuksista verrattuna tienvarsihaketusketjuun, mikäli huomioidaan vain raaka-aineen toimittamisesta käyttöpaikalle aiheutuvat kustannukset. Sen sijaan haketuskustannusten huomioon ottaminen kääntää edun tienvarsihaketusketjun hyväksi.

Heikkilä ym. (2005: 36–37) vertasivat rankahakkeen toimituksia tienvarsihaketusketjua (välivarastohaketus = Vv-haketus) ja terminaalihaketusketjua käyttäen (Kuvio 44). Kaukokuljetusmatkana heidän tutkimuksessaan on 40 kilometriä ja terminaalista käyttöpaikalle kuljetusmatkana 10 kilometriä. Lisäksi rankakuorma tienvarresta terminaaliin on määritelty 42 kiinto- m^3 :iin ja molempien ketjujen osalta hakekuljetuksissa on käytetty kahta eri kuormakokoa: täysperävaunuyhdistelmää (44,4 kiinto- m^3) ja neliakselista hakeautoa eli ns. nuppikuormaa (21,8 kiinto- m^3). Tulosten mukaan täysperävaunuyhdistelmällä toimitettujen hake-erien vertailussa tienvarsihaketusketju oli edullisempi menetelmä, mutta pelkän vetoauton kuljetuksissa terminaalihaketusketju oli edullisempi.

Tässä tutkielmassa ei otettu huomioon kuormatilaltaan pienempien nuppikuormien hyödyntämisen mahdollisuutta. Tarkastellessa taksataulukkoja voidaan huomata, kuinka pelkän nuppikuorman toimittamisen taksat ovat keskimäärin 2/3 täysperävaunuyhdistelmän taksasta. Sen sijaan kuormakoko on suurimmillaankin vain puolet täysperävaunuyhdistelmän kuormakoosta. Tästä voidaan päätellä, etteivät yksikkökustannukset nykyisellä kustannustasolla tulisi nuppikuormalla toimitettaessa ainakaan halvemaksi kuin täysperävaunuyhdistelmällä. Toisaalta lyhemmän kuormausajan ansiosta etua voitaisiin saavuttaa lyhyillä toimitusmatkoilla.

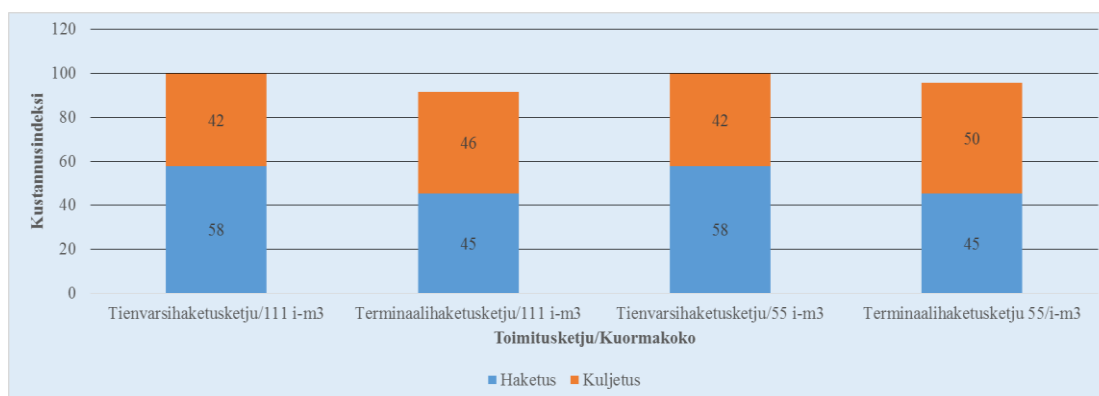


Kuvio 44. Rankahakkeen työvaiheiden osuudet tuotantokustannuksista hakkeen kuormakokojen mukaan. (Heikkilä ym. 2005: 37).

Vertailun vuoksi tarkastellaan ketjujen kannattavuutta samoilla laskentaperusteilla kuin Heikkilä ym. (2005). Terminaalihaketusketjuissa ovat mukana myös kuormaus- ja terminaalikustannukset. Merkittävä ero löytyy kuormauskustannuksista: tämän tutkielman laskelmissa käytetty kuormauskustannus on kolminkertainen vertailtavassa tutkimuksessa käytettyyn. Kuormauskustannusten taso voi tosiasiaassa vaihdella jopa saman yrittäjän työmaiden välillä johtuen esimerkiksi kuormaajan siirtelyyn käytettävästä ajasta. Tässäkin ajankäyttö on merkittävin kustannustasoa määrittävä tekijä. Jatkotutkimuksia ajatellen tähän kustannustekijään on syytä kiinnittää enemmän huomiota.

Vertailukuviassa (Kuvio 45) on kuormakoot ilmoitettu irtokuutiometreinä kiintokuutiometriin sijaan, koska samaa yksikköä on käytetty kuormatilavuudesta jo aiemmin tässä tutkielmassa. Eri yksikköjen käyttö toimitusketjujen kustannusrakenteiden vertailuissa haastaa pohtimaan, millä yksiköillä toimitusketjujen kustannuksia olisi järkevintä mitata. Tässä tutkielmassa on tarkasteltu toimitusketjujen kustannusrakenteita yhdelle megawattitunnille kohdistuvien kustannusten mukaan. Kuutiometriin ja tonniin mukaan hinnoittelu ei huomioi hakkeen energiasisältöä, jonka perusteella asiakas maksaa tuotteesta. Yleisesti ottaen voikin todeta asiakkaan ostavan polttoainetta energiasisällön mukaan, ei niinkään laatutekijät huomiotta jättävien kuutiometriin tai tonniin perusteella.

Toimitusketjujen kannattavuusvertailujen yksinkertaistamiseksi voisi olla järkevää laskea kustannukset samoilla yksiköillä, minkä perusteella asiakas maksaa tuotteesta. Toisaalta tässä tutkielmassa käytetty menetelmä laskea koko toimitusketjun yksikkökustannukset toimituskosteuden mukaan tarkoittaa, että raaka-aineen kuljetuksesta terminaaliin aiheutuvat lopulliset kustannukset vaihtelevat sen mukaan, kuinka hyvin onnistutaan kuivaamaan raaka-aine terminaalissa ennen haketusta.



Kuvio 45. Vapon toimittaman rankahakkeen työvaiheiden osuudet tuotantokustannuksista hakkeen kuormakokojen mukaan jaoteltuna.

Kuormauskustannusten suuresta erosta huolimatta terminaalihaketusetju näyttäisi näillä laskentaperusteilla olevan edullisempi menetelmä. Terminaalihaketusetjun kautta toimitettavan rankahakkeen yksikkökustannukset ovat yhdeksän prosenttia alemmat kuin tienvarsihaketusetjussa, kun kuljetus tapahtuu täysperävaunuyhdistelmällä. Sen sijaan nappikuormana toimitettaessa ei terminaalihaketusetjun hyödyt ole enää yhtä suuret; terminaalihaketusetju on silti viisi prosenttia tienvarsihaketusetjua edullisempi. Johtopäätöksenä vertailusta Heikkilän ym. (2010) tekemään tutkimukseen voidaan todeta tulosten poikkeavan toisistaan siinä määrin, että Vapon liiketoiminnassa terminaalihaketusetju on tienvarsihaketusetjuun verrattuna kannattavampi vaihtoehto sekä täysperävaunuyhdistelmällä että ns. nappikuormalla kuljetettaessa.

Muihin tutkimuksiin verrattuna tässä tutkielmassa esitetyt terminaalihaketusetjun hyödyt ovat siis ilmeiset. Syitä tähän voidaan pohtia esimerkiksi sen kautta, kuinka kilpaillut tällä hetkellä Vapon turvetoimituksissaan käyttämien autojen toimintakenttä on. Turvetoimituksia jo tällä hetkellä hoitavien yrittäjien työkentän laajentaminen metsähakkeen toimituksiin olisi ainakin tällä hetkellä ilmeisen kannattava vaihtoehto

tienvarsihaketusketjuille. Kuljetusyrittäjän näkökulmasta hyötyjä voisivat olla esimerkiksi työmäärän lisääntymisen myötä tuleva kuljetuskaluston tehokkaampi käyttö sekä mahdollisuudet pidempiaikaisiin kuljetussopimuksiin.

Terminaalihaketusketjujen hyödyntäminen rankahakkeen toimituksissa johtaa alempien yksikkökustannusten ja sitä kautta saavutettujen parempien tuottojen ansiosta parempaan maksukykyyn raaka-ainemarkkinoilla. Energiapuumarkkinoiden käydessä yhä kilpaillummiksi hakkeen raaka-aineiden hankinnassa maksukyky tuo merkittävää kilpailuetua. Toimitusketjujen optimointia ei siis voi nähdä vain yksittäisen toiminnon, tässä tapauksessa logistiikan, kannalta merkittävänä tekijänä. Sen sijaan optimoinnin vaikutukset heijastuvat läpi koko tuotanto- ja toimitusketjun. Optimaalisten tuotanto- ja toimitusketjujen hyödyntämisellä on mahdollista tulevaisuudessa laajentaa markkinoita yhä uusille alueille. Uusien markkinoiden saavuttaminen ei välttämättä vaadi edes lisäresurssien käyttöä, vaan kuten luvussa 7.2.1 tuotiin esille, on samoilla yksikkökustannuksilla mahdollista laajentaa toiminta-aluetta hyödyntämällä vaihtoehtoisia toimitusketjumenetelmiä.

Jatkotutkimuksissa olisi merkittävää kiinnittää huomiota siihen, kuinka hakkeen kuormakokoja kasvattamalla voitaisiin parantaa hakekuljetusten kannattavuutta. Tiiviiden kuormien saaminen edellyttää kuitenkin oikeaa kuormaustapaa sekä sopivaa kosteuspitoisuutta. Erityisesti rankahakkeen kuljetuksissa kuormat jäävät usein kevyiksi johtuen suuresta palakoosta. Lisäksi kuiva rankahake ei kevyen painonsa vuoksi tiivisty kuormassa omalla painollaan, toisin kuin kosteammat rankahake-erät. Tiivistymisen myötä kuormassa voitaisiin kuljettaa enemmän haketta, mutta toisaalta rajoitteeksi voisi tulla auton kantavuus. Kosteaa hakea tarkoittaa kuitenkin myös matalampaa energiasisältöä, joten näiden tekijöiden välillä tasapainon löytäminen vaatisi lisätutkimuksia.

Osaltaan edelliseen liittyen, erikokoisten kuormien vaikutusta toimitusketjujen kannattavuuteen olisi tärkeä tutkia tarkemmin. Tässä tutkielmassa hakekuormaa rajoittavina tekijöinä käytettiin kaikkien hakekuljetusten osalta samoja mittoja: kuormatilana 140 m^3 ja auton kantavuutena 40 tonnia. Kuormatilojen vaikutusten tutkiminen olisikin aiheellista, koska hakkeen terminaalista käyttöpaikalle suoritettavien turveautokuljetusten kustannukset ovat tässä tutkielmassa kuormaperusteisia. Pienempi kuormatila lisäisi luonnollisesti yhteen yksikköön kohdistuvaa kustannusta. Täsmällisemmän kokonaiskuvan saaminen eri kuormatilojen vaikutuksista edellyttäisi siten tarkempia tutkimuksia.

9 YHTEENVETO

Tämän tutkielman tutkimuskysymyksenä sekä sitä tarkentavina alakysymyksinä olivat:

- Mitä synergiaetua puupolttoaineiden ja turpeen tuotanto- ja toimitusketjut mahdollistavat toisilleen?
 - Mitkä osatekijät puupolttoaineiden ja turpeen tuotanto- ja toimitusketjuissa ovat sellaisia, joita voidaan hyödyntää molemmin puolin?
 - Ovatko em. osatekijöiden yhteisvaikutukset suurempia kuin osiensa summa?

Tavoitteena oli tunnistaa kahden tuotanto- ja toimitusketjuiltaan toisistaan poikkeavien polttoaineiden kesken sellaisia osatekijöitä, joiden yhteistoiminnan kautta olisi mahdollista saavuttaa lisäarvoa. Lisäarvon tuottamista painottanut teoreettinen viitekehys loi laajan pohjan lähteä selvittämään, mitkä toimitusketjujen osatekijät saavat aikaan sellaisia kokonaisvaikutuksia, joihin ei voisi päästä ilman yhteistoimintaa ketjujen kesken.

Potentiaalisia synergiaetuja kartoitettiin esitutkimuksessa haastattelujen ja kyselylomakkeen avulla. Näissä vastauksissa tuli esiin monia asioita, jotka koettiin olevan tavoiteltavan arvoisia toimitusketjujen yhteistoiminnan näkökulmasta. Yhtenä esimerkkinä voidaan nostaa esiin strateginen tavoite olla maailman paras osaja lähien energiain arvoketjussa. Tämän ylätasoin käsitteen tavoittamiseksi vaaditaan kuitenkin konkreettisia toimenpiteitä. Yksi osaltaan tähän tähtäävä yhteistoimintamuoto on käytössä olevan kuljetuskaluston tehokas hyödyntäminen. Tämä valikoitui myös laskentasovelluksella mitattavien ketjujen välisten yhteisvaikutusten arviointikohteeksi.

Laskentasovelluksen rakentaminen synergioiden tunnistamisen työkaluksi vaati tarkkojen tulosten saamiseksi monipuolisen aineiston keräämistä kaikkien työvaiheiden osalta. Laskentasovellus antaa hyvän lähtökohdan lähteä tunnistamaan ketjujen välisiä yhteistoiminnan muotoja välivarastovaiheesta alkaen. Työkalu tarjoaa myös mahdollisuuden tarkastella erilaisia toimitusketjuja sellaisenaan, ilman yhteisvaikutusten hakemistarkoitusta. Jatkojalostusta ajatellen siihen olisi mahdollista liittää myös ennen välivarastovaihetta suoritettavat työvaiheet kuten korjuu- ja metsäkuljetusvaiheet. Laskentasovelluksen muokkaaminen muille toimialoille sen sijaan vaatii kokonaan uudenlaisen pohjan rakentamista. Sovelluksen keskittyminen yksinomaan metsähakkeen toimitukseen rajoittaa sen käyttömahdollisuuksia sellaisenaan merkittävästi. Jokaisella

toimialalla ja yrityksellä on omat erityispiirteensä ja rakenteensa, joiden pohjalta voidaan alkaa etsiä joko yrityksen sisäisiä tai yritysten välisiä lisäarvoa tuottavia yhteistoiminnan muotoja.

Laskentasovelluksella vertailtiin kolmea rakenteiltaan toisistaan poikkeavia metsähakkeen toimitusketjuja. Ensimmäinen oli suora tienvarsihaketusketju, toinen tienvarsihaketusketju sisältäen terminaalivarastoinnin ja kolmas puolestaan terminaalihaketusketju. Näiden ketjujen kesken etsittiin sellaisia optimaalisia skenaarioita, joissa tällä hetkellä turvetuotannon toimituksissa käytössä olevan kuljetuskaluston hyödyntäminen olisi kilpailukykyinen ja kannattava vaihtoehto. Turveautojen hyödyntämisen mahdollisuuksia osana metsähakkeen toimitusketjuja tarkasteltiin terminaalista käyttöpaikalle tapahtuvissa kuljetuksissa. Tarkasteluja tehtiin kolmelle eri haketuotteelle: ranka-, hakkuutähde- ja kokopuuhakkeille.

Saadut tulokset osoittavat, että hakkeen ajaminen hakkurin alta terminaaliin puskurivarastoksi odottamaan asiakkaan tilausta ei ole realistisesti kannattava vaihtoehto. Tämän tyyppisen toimitusketjun muuttaminen kilpailukykyiseksi vaihtoehdoksi suoralle tienvarsihaketusketjulle vaatisi merkittäviä tehostamistoimia, jotka toisaalta olisi jossain määrin mahdollista toteuttaa esimerkiksi lyhempien kuljetusmatkojen kautta saavutettavan hakkurin tuottavuuden kasvun myötä.

Sen sijaan terminaalihaketusketjun hyödyt tienvarsihaketusketjuun nähden voivat olla merkittävät. Tulosten pohjalta voidaan todeta, ettei hakkuutähteiden terminaalihaketusmenetelmä ole kannattava vaihtoehto muulloin, kuin toimitettaessa kuivaa (toimituskosteus alle 30 %) haketta kaukana käyttöpaikasta olevaa terminaalia hyödyntäen. Kokopuuhakkeen osalta luotettavia johtopäätöksiä ei voida tehdä kapean aineistopohjan vuoksi. Sen sijaan rankahakkeen toimitukset terminaalihaketusketjun kautta tarjoaa parhaimmillaan merkittäviä operatiivisia ja taloudellisia synergioita.

Operatiivisiksi synergioiksi voidaan katsoa toimintasäteiden vertailun kautta saatuja tuloksia, joiden perusteella terminaalihaketusketju mahdollistaa rankahakkeen toimitusten osalta samoilla yksikkökustannuksilla moninkertaisia kuljetusmatkoja tienvarsihaketusketjuun nähden. Kokonaismatkat voivat olla jopa 80 kilometriä pidemmät riippuen toimituskosteudesta ja terminaalien sijainnista. Toimituskosteuden hallinta osana

laajempaa laadunvalvontaa tarjoaa mahdollisuuden kasvattaa terminaalin hankintasädetä samalla, kun se osaltaan määrittää rajat terminaalin ja käyttöpaikan väliselle etäisyydelle.

Taloudellisten synergioiden hakemiseksi laskettava potentiaalisten säästömahdollisuuksien etsiminen rajattiin koskemaan yksinomaan rankahaketta johtuen terminaalihaketusketjun heikosta kannattavuudesta muiden haketuotteiden toimituksissa. Tarkastelujen tuloksena havaittiin, kuinka merkittäviä taloudellisia etuja on mahdollista saavuttaa rankahakkeen terminaalihaketusketjun kautta. Terminaalihaketusketjun kokonaismatkan, toimituskosteuden ja terminaalin sijainnin yhteisvaikutuksesta vuosittaisten säästöjen teoreettinen suuruus on suurimmillaan lähes puoli miljoonaa euroa. Summa kertoo tilanteesta, jossa kaikki rankahakkeen tienvarsihaketustoimitukset on korvattu terminaalihaketusketjun menetelmällä. Tämä osoittaa, kuinka merkittäviä säästöjen kautta syntyviä synergioita on mahdollista saavuttaa käytettävissä olevan kuljetuskaluston tehokkaan hyödyntämisen kautta.

Suurimpien potentiaalisten säästöjen saavuttamiseksi vaaditaan kaikkien kolmen tekijän osumista kohdalleen: kokonaismatka ei kasva merkittävästi tienvarsihaketusketjuun verrattuna, toimituskosteus saadaan pidettyä ympäri vuoden matalana ja tienvarsivarastolta terminaaliin oleva välimatka mahdollisimman lyhyenä. Tällainen tilanne on kuitenkin todellisuudessa erittäin harvinaisen eikä esimerkiksi terminaalin sijaintia voida miettiä aina jokaisen yksittäisen tienvarsivaraston tuotanto- ja toimitusketjun vaatimusten mukaan.

Toistettavuus ja jäljitettävyyden ovat tärkeitä tutkimuksen luotettavuutta määritteleviä tekijöitä. Tämä tutkimus on mahdollista toistaa identtisesti etenkin laskentasovelluksen käytön osalta. Sen sisältämä tausta-aineisto kuljetus-, haketus- ja kuormauskustannuksineen on jäljitettävissä Vapon omiin taksataulukoihin sekä muihin aineistolähteisiin. Sen sijaan esitutkimuksena tehty kartoitus potentiaalisista synergioista haastattelujen ja kyselylomakkeen avulla on mahdollista toteuttaa myös toisin tavoin, jolloin sillä voi olla vaikutuksensa myös saatuihin tuloksiin.

Tutkielman tavoite tuli saavutettua toimitusketjuihin olennaisesti liittyvän logistisen ketjun tarkastelun pohjalta. Liiketoimintojen välisten synergiaetujen hakeminen vastauksena kiristyvään kilpailutilanteeseen vaatii kuitenkin vielä laaja-alaisempia tutkimuksia, joiden pohjalta voidaan tuottaa lisätietoa johdon päätöksenteon tueksi. Tämän tutkielman tulokset antavat kuitenkin merkittävän signaalin siitä, että puupolttoaineiden ja turpeen

toimitusketjujen täyden hyödyntämisen kautta on mahdollista parantaa liiketoiminnan tuottavuutta sekä vastata paremmin asiakkaiden aika-, hinta- ja laatuvaatimuksiin.

LÄHTEET

- Ahern, K. & J. Weston (2007). M&As: The Good, the Bad, and the Ugly. *Journal of Applied Finance* [online], 17: 1, 5-20. Saatavissa: <http://poseidon01.ssrn.com/delivery.php?>
- Alakangas, E. & R. Impola (2013). *Puupolttoaineiden laatuohje VTT-M-07608-13*. [online] 66 s. Saatavissa: <https://www.metsateollisuus.fi/mediabank/918.pdf>.
- Andersson, G., A. Asikainen, R. Björheden, P.W. Hall, J.B. Hudson, R. Jirjis, D.J. Mead, J. Nurmi & G.F. Weetman (2002). Production of forest energy. In: *Bioenergy from sustainable forestry*, 49-123. Eds. Richardson, J., R. Björheden, P. Hakkila, A. T. Lowe & C. T. Smith. Dordrecht, Boston & London: Kluwer Academic Publishers. ISBN 1-4020-0676-4.
- Christopher, M. (2011). *Logistics and Supply Chain Management*. 4th ed. Harlow: Pearson Prentice-Hall. 276 p. ISBN: 978-0-273-731112-2.
- Council of Supply Chain Management Professionals (2014). *Supply Chain Management Definitions*. [online] [Siteerattu 17.6.2015]. Saatavissa: <https://cscmp.org/about-us/supply-chain-management-definitions>.
- Damodaran, A. (2005). *The Value of Synergy*. [online] [Siteerattu 30.5.2015]. Saatavissa: <http://people.stern.nyu.edu/adamodar/pdfiles/papers/synergy.pdf>.
- Denzin N. K. (1978). *The research act: A theoretical introduction to sociological methods*. 3rd ed. New York: McGraw Hill. ISBN 0-205-06062-5.
- Energiateollisuus (2015a). *Ympäristö ja kestävä kehitys*. [online] [Siteerattu 11.5.2015]. Saatavissa: <http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/ymparisto-ja-kestava-kehitys>.
- Energiaverolaki 24.4.2015/513.
- Föhr, J. (2009). *Energiapienpuun toimitusketjujen kannattavuus –laskuri*. Lappeenrannan teknillinen yliopisto/ Mikkelin yksikkö/Bioenergiatekniikka. [online]. Saatavissa: http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/tietolahteita/laskureit
a.

- Gold, S. & S. Seuring (2011). Supply chain and logistics issues of bio-energy production. *Journal of Cleaner Production*. [online] 19:1, 32–42. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652610003240>. ISSN 0959-6526.
- Golicic, S. L. & D. F. Davis (2012). Implementing mixed methods research in supply chain management. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. [online] 42: 8, 726-741. Saatavissa: <http://site.ebrary.com.proxy.tritonia.fi/lib/tritonia/reader.action?docID=10651499&ppg=11>. ISSN 0960-0035.
- Hakkila, P. (2006). Factors driving the development of forest energy in Finland. *Biomass and Bioenergy*. [online] 30:4, 281–288. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com.proxy.tritonia.fi/science/article/pii/S0961953405001546>. ISSN 0961-9534.
- Haverila, M., E. Uusi-Rauva, I. Kouri & A. Miettinen (2009). *Teollisuustalous*. 6. Painos. Tampere: Infacs Oy. 510 s. ISBN: 978–951-96765-6-2.
- Heikkilä, J., J. Laitila, V. Tantt, J. Lindblad, M. Sirén, A. Asikainen, K. Pasanen & K. T. Korhonen (2005). Karsitun energiapuun korjuuvaihtoehdot ja kustannustekijät. *Metlan työraportteja 10*. [online] 56 s. Saatavissa: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2005/mwp010.htm>. ISBN 951-40-1964-4.
- Hirsjärvi, S., P. Remes & P. Sajavaara (2007). *Tutki ja kirjoita*. 13. osin uudistettu painos. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi. 448 s. ISBN-13: 978-951-26-5635-6.
- Hokkanen, S., J. Karhunen & M. Luukkainen (2011). *Johdatus logistiseen ajatteluun*. 6. uudistettu painos. Kangasniemi: Sho Business Development Oy. 464 s. ISBN: 978-952-67428-3-0.
- Ihalainen, T. & A. Niskanen (2010). Kustannustekijöiden vaikutukset bioenergian tuotannon arvoketjuissa. *Metlan työraportteja 166*. [online] 47 s. Saatavissa: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2010/mwp166.htm>. ISBN 978-951-40-2245-6.

- Ikonen, T., M. Jahkonen, K. Pasanen & T. Tahvanainen (2013). Laadunhallinta ja keskeiset laatutekijät metsäenergian toimitusketjussa. *Metlan työraportteja* 275. [online] 41 s. Saatavissa: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2013/mwp275.htm>. ISBN 978-951-40-2430-6.
- Jahkonen, M., J. Lindblad, S. Sirkiä & A. Laurén (2012). Energiapuun kosteuden ennustaminen. *Metlan työraportteja* 241. [online] 35 s. Saatavissa: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2012/mwp241.htm>. ISBN 978-951-40-2379-8.
- Järvenpää, M., A. Länsiluoto, V. Partanen & J. Pellinen (2010). *Talousohjaus ja kustannuslaskenta*. 1. painos. Helsinki: WSOYpro Oy. 452 s. ISBN: 978-951-0-35813-9.
- Kananen, J. (2011). *Kvantitatiivisen opinnäytetyön kirjoittamisen käytännön opas*. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. 179 s. ISBN: 978-951-830-191-5.
- Kaplan, R. S. & R. Cooper (1998). *Cost and Effect: Using Integrated Cost Systems to Drive Profitability and Performance*. Boston: Harvard Business School Press. 357 s. ISBN 978-087-584-788-7.
- Kaplan, R. S. & D. P. Norton (2007). *Strategian toteutus*. Helsinki: Talentum Media Oy. 329 s. ISBN: 978-952-14-1168-7.
- Karrus, K.E. (2001). *Logistiikka*. 3. uudistettu painos. Helsinki: WSOY. 419 s. ISBN: 951-0-25497-5.
- Kärhä, K. (2005). Metsähakkeen tuotantoketjujen benchmarking. *Metsätehon raportti* 185. Helsinki: Metsäteho Oy. 63 s.
- Laitinen, E. K. & T. Laitinen (2009). *Avain laskentatoimeen ja rahoitukseen*. 1. painos. Helsinki: KY-Palvelu Oy. 174 s. ISBN: 978-952-99060-4-8.
- Mentzer, J.T., W. DeWitt, J. S. Keebler, S. Min, N. W. Nix, C. D. Smith & Z. G. Zacharia (2001). Defining supply chain management. *Journal of Business Logistics*. [online] 22: 2, 1-25. Saatavissa: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/j.2158-1592.2001.tb00001.x/abstract>. ISSN 2158-1592.

- Pellinen, J. (2006). *Kustannuslaskenta ja kannattavuusajattelu*. 2., uudistettu painos. Helsinki: Talentum Media Oy. 319 s. ISBN: 952-14-1062-0.
- Porter, M. E. (1985). *The Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. New York: Free Press. ISBN 978-002-92509-07.
- Ritvanen, V. (2011). *Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet*. Helsinki: Reijo Rautauoman säätiö, Suomen Huolintaliikkeiden Liitto ry & Suomen Osto- ja Logistiikkayhdistys LOGY ry. 252 s. ISBN: 978-952-67347-1-2.
- Ritvanen, V. & E. Koivisto (2007). *Logistiikka pk-yrityksissä: Hankinta kilpailutekijänä*. Helsinki: WSOY. 200 s. ISBN: 978-951-0-32375-5.
- Rock, M., R. Rock & M. Sikora (1987). *The Mergers & Acquisitions Handbook*. 2. painos. McGraw-Hill. Yhdysvallat. 551 s. ISBN: 0-07-053353-9.
- Rusanen, A. (2013) Energiapuun hankinta ja terminaalijärjestelmät- Esimerkkinä Hattulan Merven alue. *Hämeen uusiutuvan energian tulevaisuus –hanke*. [online] 26 s. Saatavissa:
https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/energiapuun_logistiikka_ja_terminaalit_-_merven_bioenergiakeskus.pdf.
- Sakki, J. (2014). *Tilaus-toimitusketjun hallinta. Digitalisoitumisen haasteet*. 8. uudistettu painos Vantaa: Jouni Sakki Oy. 161 s. ISBN: 978–951-97668-7-4.
- Strandström, M. (2015). Metsähakkeen tuotantoketjut Suomessa vuonna 2014. *Metsätehon tuloskalvosarja* 8/2015. [online] 20 s. Saatavissa:
<http://www.metsateho.fi/metsahakkeen-tuotantoketjut-suomessa-vuonna-2014>.
- Tahvanainen, T. & P. Anttila (2011). Supply chain cost analysis of long-distance transportation of energy wood in Finland. *Biomass and Bioenergy*. [online] 35:8, 3360–3375. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953410004046>. ISSN 0961-9534.
- Tilastokeskus (2015a). *Energian hankinta ja kulutus 4. vuosineljännes 2014*. [online]. Saatavissa: http://www.stat.fi/til/ehk/2014/04/ehk_2014_04_2015-03-23_tie_001_fi.html.

- Tilastokeskus (2015b). *Energian hinnat 3. vuosineljännes 2015, Liitetaulukko 2. Energian hintoja lämmöntuotannossa syyskuussa 2015.* [online].
Saatavissa: http://www.stat.fi/til/ehi/2015/03/ehi_2015_03_2015-12-14_tau_002_fi.html.
- Tilastokeskus (2015c). *Energian hinnat 3. vuosineljännes 2015, Liitekuvio 4. Voimalaitospolttoaineiden hinnat sähkötuotannossa.* [online].
Saatavissa: http://www.stat.fi/til/ehi/2015/03/ehi_2015_03_2015-12-14_kuv_004_fi.html.
- Tulli (2015). *Valmisteverotuksen ohje 21, Energiaverotus, toukokuu 2015.* [online].
Saatavissa: http://www.tulli.fi/fi/suomen_tulli/julkaisut_ja_esitteet/asiakasohjeet/valmisteverotus/tiedostot/021.pdf.
- Turunen, T. (2008). *The long run impact of mergers and acquisitions on performance-empirical study in the pulp and paper industry.* Lappeenranta University of Technology. School of Business. Master's Thesis.
- Työ- ja elinkeinoministeriö (2013). *Uusiutuvat energialähteet.* [online]. [Siteerattu 11.5.2015]. Saatavissa: https://www.tem.fi/energia/uusiutuvat_energiälähteet.
- Työ- ja elinkeinoministeriö (2014). *Kotimaisten polttoaineiden kilpailukyvyn parantaminen 2015 budjettiesitykseen.* [online] [Siteerattu 11.5.2015] Saatavissa: https://www.tem.fi/ajankohtaista/tiedotteet/tiedotearkisto/vuosi_2014?117197_m=116466.
- Vapo (2015a). *Vapon strategia tiivistyy kolmeksi päätökseksi.* [online] Saatavissa: <http://www.vapo.fi/konserni/strategia>.
- Vapo (2015b). *Polttopuista bioenergian edelläkävijäksi.* [online] Saatavissa: <http://www.vapo.fi/konserni/tarinamme>.
- Vapo (2015c). *Yritysvastuuraportti 2014.* 51 s.
- Vapo (2015d). *Energiaturve- ja polttoaineratkaisut.* [online] Saatavissa: <http://www.vapo.fi/tuotteet-ja-palvelut/yritykset-ja-kunnat/puupolttoaineet>.

Virkkunen, M., M. Kari, V. Hankalin & J. Nummelin (2015). Solid biomass fuel terminal concepts and a cost analysis of a satellite terminal concept. *VTT Technology 211*. [online] 69 s. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2015/T211.pdf>. ISBN 978-951-38-8221-1.

Tutkielmaa varten suoritettut haastattelut ja muu tiedon keruu:

Matti Alakoskela, asiakkuuspäällikkö, Vapo Oy

Jarmo Harju, asiakkuuspäällikkö, Vapo Oy

Kari Heikkilä, asiakkuuspäällikkö, Vapo Oy

Raimo Helander, tuotepäällikkö, Vapo Oy

Janne Hurskainen, kehityspäällikkö, Vapo Oy

Mikko Höykinpuro, energiapuujohtaja, Vapo Oy

Ville Hämäläinen, hankintaesimies, Vapo Oy

Jari Jääskeläinen, urakointipäällikkö, Vapo Oy

Juuso Keskinen, Pertti Kirkinen Ky

Janne Kirkinen, Pertti Kirkinen Ky

Kalle Kolehmainen, asiakkuuspäällikkö, Vapo Oy

Juha Koskiniemi, tilaus- ja toimitusketjun johtaja, Vapo Oy

Esa Marttila, tuotantopäällikkö, Vapo Oy

Niko Nevalainen, kehityspäällikkö, Vapo Oy

Mauri Niskanen, urakointipäällikkö, Vapo Oy

Mira Näykki, ajojärjestelijä, Vapo Oy

Tommi Pihlajasalo, aluejohtaja, Vapo Oy

Markku Pullinen, aluejohtaja, Vapo Oy

Pasi Rantonen, aluejohtaja, Vapo Oy

Sami Risteelä, kehityspäällikkö, Vapo Oy

LIITE 1:

Synergiamatriisi

Kuinka tärkeänä pidät puun ja turpeen toimitusketjujen välisten synergioiden tavoittelemista seuraavien asioiden kannalta?
Strategia
Tavoitteen "Vapo on maailman paras osaaja lähienergian arvoketjussa" saavuttaminen
Kokonaisratkaisujen tarjoaminen asiakkaille
Kehittyminen polttoainemyyjästä palvelujen tuottajaksi
Muu, mikä?
Talous
Läikevaihdon kasvattaminen
Verohyötyjen saavuttaminen
Investointien lisääminen
Investointien tuottojen kasvattaminen
Mittakaavaeduista johtuvat kustannussäästöt
Muu, mikä?
Johtaminen/organisaatiot
Asiakaslähtöisemmän johtamisen toteutuminen (siiloutumisen ehkäiseminen)
Organisaatioissa olevien päällekkäisyyksien (henkilöstö, tietojärjestelmät ym.) karsiminen
Olemassa olevan tieto- taidon tehokas hyödyntäminen
Kuljetusyrittäjien pidempiaikainen sitoutuminen
Muu, mikä?
Myynti/tuotekehitys
Uusien markkinoiden saavuttaminen
Myyntiprosessien tehostuminen
Tuotevalikoiman monipuolistuminen (seospolttoaineet, erilaiset toimitusvaihtoehdot)
Tuotteiden korkeamman jalostusasteen saavuttaminen
Muu, mikä?
Kuljetukset/toimitustenohjaus
Toimitusvarmuuden (palvelutason) paraneminen
Käytettävissä olevan kuljetuskaluston tehokas hyödyntäminen
Ajojärjestelytoiminnan tehostuminen
Kuorman käsittelypaikkojen väheneminen
Kuljetussopimusten ympärivuotinen jatkuvuus
Kuljetusmatkojen lyheneminen
Muu, mikä?
Varastointi
Yhteisvarastoinnin lisääminen (keskitetty varastointi)
Varmuusvarastojen lisääminen
Toimitusten joustavuuden lisääminen
Varaston kierron nopeutuminen
Laadunhallinnan paraneminen
Muu, mikä?