



Open your mind. LUT.
Lappeenranta University of Technology

TUOTANTOTALOUDEN KOULUTUSOHJELMA

Raakapuun kaukokuljetukset kemiallisen metsäteollisuuden tarpeisiin

**Long-distance transportation of roundwood for the needs
of chemical forest industry**

Kandidaatintyö

Jesse Huttunen

TIIVISTELMÄ

Tekijä: Jesse Huttunen

Työn nimi: Raakapuun kaukokuljetukset kemiallisen metsäteollisuuden tarpeisiin

Vuosi: 2018

Paikka: Lappeenranta

Kandidaatintyö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, tuotantotalous.

41 sivua, 9 kuvaa

Tarkastaja(t): Petra Pekkanen

Hakusanat: kemiallinen metsäteollisuus, raakapuu, kaukokuljetus, kuljetussuunnittelu

Keywords: chemical forest industry, roundwood, long-distance transport, transportation planning

Tämän työn tavoitteena on luoda kuva raakapuun kaukokuljetusten nykytilasta kemiallisen metsäteollisuuden alalla ja lisäksi arvioida kuljetusten tulevaisuuden näkymiä. Tarkoitus on tuoda erityisesti esille kuljetussuunnitteluun vaikuttavia seikkoja. Työssä perehdytään kemiallisen metsäteollisuuden raaka-ainekuljetusten suunnitteluun sekä toteutukseen, eri kuljetustapoja käyttäen ja niitä yhdistellen. Lisäksi kuljetussuunnitteluun vaikuttavia seikkoja tarkastellaan nykytilanteessa, jossa paperin kysyntä laskee jatkuvasti, mutta toisaalta massan ja kartongin kysyntä on ollut viime vuosina voimakkaassa kasvussa. Lopputuloksena muodostuu yleiskatsaus kemiallisen metsäteollisuuden raakapuun kaukokuljetuksista.

Tutkimus on tehty perehtymällä alaan liittyvään kirjallisuuteen, tieteellisiin julkaisuihin ja lehtiartikkeleihin. Teoriaosassa esitellään kemiallisen metsäteollisuuden yleinen tilanne Suomessa sekä raakapuun kuljetusmuodot. Lisäksi käydään läpi teoriaa teollisuusyritysten hankintojen ja kuljetussuunnittelun taustalla.

Soveltavassa osassa sovelletaan aiemmin käsiteltyä kuljetussuunnittelun teoriaa raakapuukuljetusten suunnitteluun. Tietoa kuljetusten nykytilasta ja historiasta käytetään myös pohjana raakapuukuljetusten tulevaisuuden skenaarioiden luomiseen.

Merkittävimpinä raakapuukuljetusten suunnitteluun vaikuttavista tekijöistä nousevat esiin sijainti, kustannukset ja olosuhteet. Olosuhteiden ja sijainnin muuttujien aiheuttamiin haasteisiin pyritään vastaamaan tulevaisuudessa uusilla innovaatioilla, joista merkittävimpiä ovat kuljetuskaluston koon kasvattaminen maanteillä sekä reaaliaikaisen tiedonvälityksen kehittäminen.

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	4
1.1	Tavoite	4
1.2	Rakenne & Rajaus.....	5
2	KEMIALLINEN METSÄTEOLLISUUS	6
2.1	Kemiallisen metsäteollisuuden asema Suomessa	7
2.2	Innovaatiot ja kemiallisen metsäteollisuuden tulevaisuus	10
3	RAAKAPUUN KAUKOKULJETUSMUODOT.....	11
3.1	Maantiekuljetukset.....	14
3.2	Rautatiekuljetukset.....	14
3.2.1	Rautateiden tavaraterminaalit.....	16
3.3	Vesistökuljetukset	17
3.3.1	Uittokuljetukset	18
3.3.2	Aluskuljetukset.....	18
3.4	Raakapuun tuonti	19
4	HANKINTAKULJETUSTEN SUUNNITTELU	21
4.1	Kuljetussuunnittelussa huomioitavat tekijät	21
5	RAAKAPUUKULJETUSTEN SUUNNITTELU	23
5.1.1	Sijainnin merkitys raakapuun kuljetuksissa	24
5.1.2	Raakapuun kuljetuskustannukset	26
5.1.3	Olosuhteiden vaikutus kuljetuksiin	27
5.1.4	Esimerkkitehtaat Suomessa.....	29
6	RAAKAPUUKULJETUSTEN TULEVAISUUS	31
6.1	HCT-kuljetukset.....	31
6.2	CTI.....	32

6.3	Tietotekniikka ja teknologia kuljetuksissa.....	33
7	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	34
	LÄHTEET	37

1 JOHDANTO

Metsät ovat Suomen arvokkain luonnonvara. Metsäsektorin merkitys on ollut Suomen historiassa merkittävä ja erityisesti paperiteollisuudella on Suomessa erittäin vahvat perinteet. Kemiallinen metsäteollisuus, johon luetaan paperiteollisuuden lisäksi myös massan ja kartongin valmistus, näytti katoavan kokonaan Suomesta kysynnän heikentyessä digitalisaation ja globaalien taloustaantumien myötä. Paperitehtaita suljettiin nopeaan tahtiin ja tuotanto siirtyi halvempien tuotantokustannusten maihin.

Viime vuosina massan kasvava kysyntä erityisesti Kiinassa, pakkauskartongin lisääntynyt tarve, uudet biotuotteet ja puun lukeminen uusiutuviin luonnonvaroihin ovat kuitenkin saaneet puun kysynnän ja puunjalostuksen uudelleen kasvuun. Viime vuosina Suomeen on rakennettu useita uusia tehtaita massan- ja kartongintuotantoa varten. Lisäksi vanhoja paperitehtaita on otettu uudelleen käyttöön. Äänekoskelle avattiin Suomen selvästi suurin biotuotetehdas, jossa sellun lisäksi valmistetaan monia muita innovatiivisia puutuotteita. Vastaavia tehtaita on suunnitteilla myös muualle Suomeen. Lähimpänä toteutumista on Kuopion tehdashanke.

Tehtaiden määrän ja tuotannon muutokset ovat vaikuttaneet suoraan puutavaran kysyntään. Tämän seurauksena raakapuun kaukokuljetusten on täytynyt mukautua kysyntään ja toimia kustannustehokkaasti kuljetusmatkojen ja -määrien vaihtelusta huolimatta. Lisäksi ympäristömääräykset, Suomen vaihtelevat olosuhteet ja hakkuualueiden vaihtelevuus ovat aiheuttaneet omat haasteensa. Historian aikana tekninen kehitys ja tuotannon vaatima joustavuus ovat siirtäneet kuljetukset vesiltä maanteille. Tulevaisuudessa kysynnän potentiaalinen kasvu lisää painetta kemiallisen metsäteollisuuden kuljetusten kehittämiseksi ja ohjaa myös panostamaan kuljetuskustannusten kutistamiseen.

1.1 Tavoite

Tämän työn tarkoituksena on luoda kuva raakapuun kaukokuljetusten nykytilasta kemiallisen metsäteollisuuden alalla ja lisäksi arvioida kuljetusten tulevaisuuden näkymiä. Työssä perehdytään kemiallisen metsäteollisuuden raaka-ainekuljetusten suunnitteluun sekä

toteutukseen eri kuljetustapoja käyttäen ja niitä yhdistellen. Työssä tarkastellaan kuljetussuunnitteluun vaikuttavia seikkoja nykytilanteessa, jossa paperin kysyntä laskee jatkuvasti, mutta toisaalta massan ja kartongin kysyntä on ollut viime vuosina voimakkaassa kasvussa. Raakapuun kuljetusten nykytilannetta taustoitetaan peilaamalla sitä kuljetusten historiaan sekä kemiallisen metsäteollisuuden tuotteiden kysynnän muutoksiin. Historiaa ja nykyhetkeä tarkastelemalla luodaan myös mahdollisia skenaarioita kuljetusten tulevaisuudesta.

Tarkoituksena on tuoda esille myös muita suunnitteluun vaikuttavia seikkoja kuin suorat kustannukset. Esimerkiksi olosuhteet, ympäristö, laatu ja joustavuus ovat merkittäviä tekijöitä kuljetussuunnittelun taustalla. Suomessa maantieteellisillä seikoilla on suuri merkitys ja tätä pyritään myös työssä tuomaan voimakkaasti esille.

1.2 Rakenne & Rajaus

Työ on rajattu koskemaan kemiallisen metsäteollisuuden raakapuukuljetuksia Suomessa. Raakapuulla tarkoitetaan tässä työssä siis puuta, joka kuljetetaan metsävarastoista, eli hakkuiden jälkeen kasatuista pinoista, tehtaille jalostettavaksi. Hakkuuvaiheen lähikuljetukset eivät kuulu työn alueeseen. Valmiiden tuotteiden tai jalosteiden kuljetuksia ei työssä käsitellä. Mekaanisen puunjalostuksen kuljetukset eivät sisälly työhön, vaikka kuljetustapojen suhteellisissa osuuksissa saatetaan joissakin esimerkeissä, selkeyden vuoksi, puhua koko metsäteollisuuden kuljetusmääristä.

Työ muodostuu teoriaosasta sekä soveltavasta osasta. Teoriaosan alussa kerrotaan kemiallisen metsäteollisuuden yleisestä tilanteesta Suomessa. Sen jälkeen kerrotaan kuljetusten historiasta, esitellään kuljetustyypit ja vertaillaan niiden hyviä ja huonoja puolia. Lisäksi puun tuontia Suomeen, kemiallisen metsäteollisuuden tarpeisiin, käsitellään myös lyhyesti. Tuotannonalan ja kuljetustapojen esittelyn jälkeen siirrytään työn merkittävimpään osaan, eli kuljetussuunnitteluun. Kuljetussuunnittelukappale käsittelee yleisesti teollisuuden logistiikkaa, jonka osuvuutta raakapuukuljetuksiin pohditaan soveltavassa osassa.

Soveltavassa osassa vertaillaan eri tekijöiden vaikutuksia ja painotuksia kuljetussuunnittelun taustalla. Hankintojen ja kuljetussuunnittelun teoriaa sovelletaan raakapuukuljetuksiin. Esiin nostetaan seikkoja, jotka kuljetussuunnittelussa ovat merkittäviä juuri kemiallisen

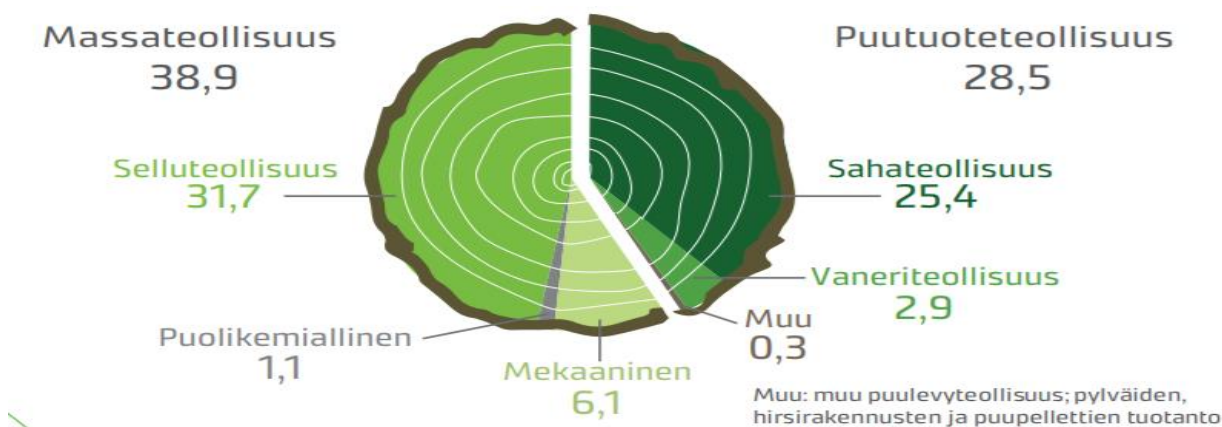
metsäteollisuuden raakapuukuljetusten kannalta. Lisäksi arvioidaan kuljetustapojen kustannuksia, joita verrataan valitun kuljetustavan tuomiin hyötyihin ja haittoihin. Soveltavassa osassa tarkastellaan myös uusien investointien ja innovaatioiden vaikutuksia alan kuljetuksille sekä tehdään kartoitusta kemiallisen metsäteollisuuden tulevaisuudennäkymistä ja mahdollisesti muuttuvista vaatimuksista raakapuukuljetuksille. Lopuksi tehdään yhteenveto ja johtopäätökset tutkimuksessa selvinneistä asioita.

2 KEMIALLINEN METSÄTEOLLISUUS

Kemiallisessa puunjalostuksessa puuaines jalostetaan massaksi, paperiksi tai kartongiksi kemiallisia aineita apuna käyttäen. Kemiallisessa puunjalostuksessa raaka-aineena käytetään kuitupuuta, jolla käytännössä tarkoitetaan puutavaraa, joka ei yllä tukkipuun mittoihin. Kuitupuun pienin sallittu läpimitta on 6-8 senttimetriä ja puun pituus 3-5,5 metriä. Myös laadultaan heikompi tukkipuu käytetään kuitupuuna. Kuusikuidusta valmistetaan hiomalla mekaanista massaa, josta syntyy sanoma- ja aikakauslehtipaperia. Muista kuitulajeista tehdään yleensä kemiallista massaa eli sellua (Kuitupuulla on monta nimeä, Metsälehti 19.2.2018).

2.1 Kemiallisen metsäteollisuuden asema Suomessa

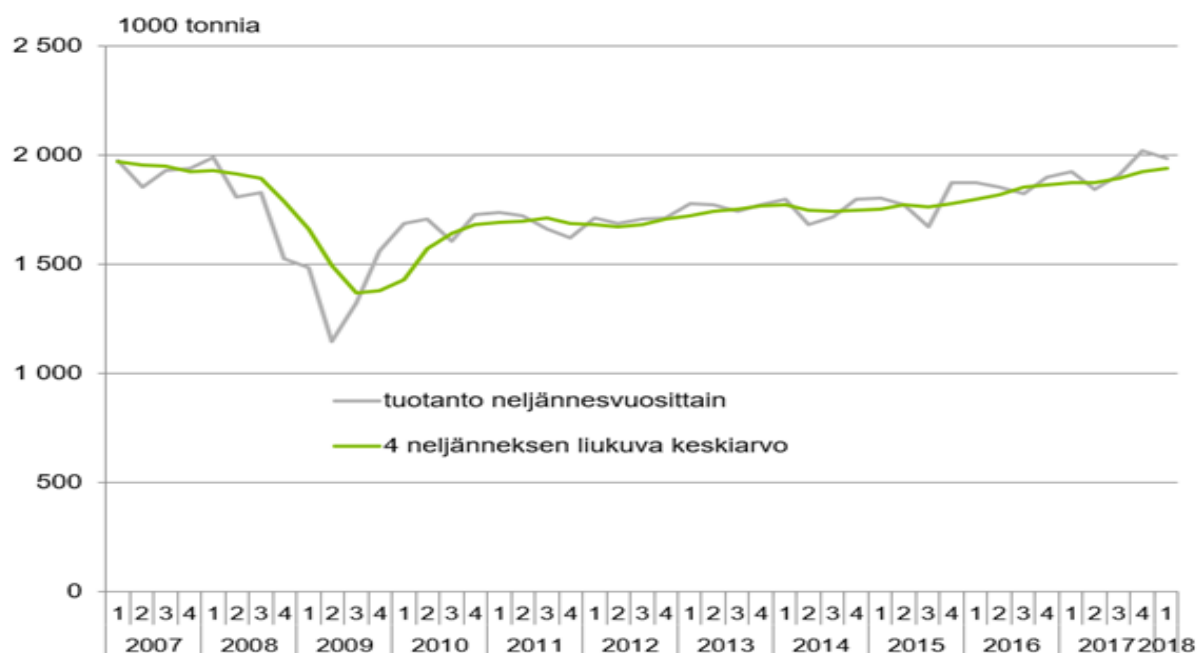
Kemiallisen metsätalouden asema on Suomessa ollut perinteisesti vahva ja Suomen puunjalostusosaaminen onkin yleisesti maailman kärkeä. Suomessa massa- ja paperiteollisuuden tuotannosta 90 % valmistaa kolme suurta yhtiötä; UPM, Stora Enso ja Metsä Group (Metsäntutkimuslaitos 2012).



Kuva 1 Metsäteollisuuden raakapuun käyttö toimialoittain 2016, milj. m³ (Luonnonvarakeskus 2017a).

Kuten kuvasta 1 nähdään, on kemiallisen metsäteollisuuden osuus merkittävä raakapuun käytöstä. Massateollisuuden kokonaispuunkäyttömäärä 39,9 milj. m³, on selvästi puutuoteteollisuuden vastaavaa lukemaa, 28,5 milj. m³, suurempi.

Paperin kysynnän notkahduksen jälkeen ala on saanut uutta nostetta massan kysynnän voimakkaasta kasvusta Kiinassa. Vuonna 2016 Suomen sellun tuotanto oli jo 7,5 miljoonaa tonnia, joka ylitti paperin tuotannon, 6,8 miljoonaa tonnia. Kasvua sellun tuotannossa oli edelliseen vuoteen nähden 5 %. Äänekoskelle avatun tehtaan uskotaan nostavan sellun tuotannon takaisin jopa vuoden 2007 huippulukemille 8 miljoonaa tonniin. Kartonkia valmistettiin puolestaan 3,3 miljoonaa tonnia vuonna 2016, joka tarkoitti 9 % kasvua edellisestä vuodesta. Kartongin kysyntä on myös ollut kasvussa viime aikoina pakkauskartongin käytön voimakkaan kasvun seurauksena. (Sellun tuotanto ohitti paperin Suomessa, Tekniikka&Talous 7.2.2017).

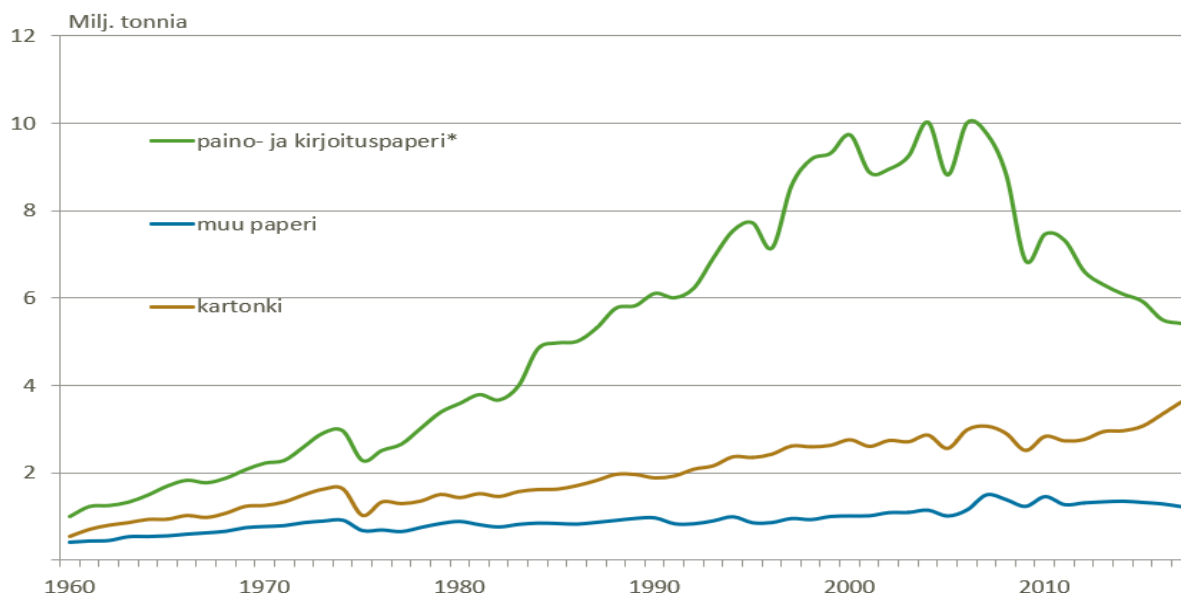


Kuva 2 Sellun tuotanto neljännesvuosittain (Metsäteollisuus ry 2018)

Kuvasta 2 nähdään hyvin sellun tuotannon notkahdus taantumien alkaessa 2008. Vuoden 2009 pohjalukemien jälkeen tuotanto on ollut jälleen tasaisessa nousussa, joka on kiihtynyt viime vuosina Kiinan kysynnän voimakkaan kasvun seurauksena.

Sellun tuotannon osuuden kasvun kehitystä voi pitää osin ongelmallisena, sillä sellu on alemman jalostusarvon tuote. Tästä voi aiheutua ongelmia kansainvälisessä kilpailussa Suomen korkeiden tuotantokustannusten takia. Toisaalta Suomen havupuuvarannot ovat laadultaan hyvää softwoodia, joka on selkeä kilpailuetu. Positiivista on myös korkeamman jalostusasteen

kartongin kysynnän kasvu. Kartongin tuotannossa voidaan käyttää uusinta teknologiaa ja vahvaa kotimaista alan osaamista.



Kuva 3 Paperin ja kartongin tuotannon kehitys (Metsäteollisuus ry 2018)

Kuten kuvan 3 kuvaaja selkeästi osoittaa, paperin tuotanto on jatkanut edelleen laskuaan 2008 taantuman jälkeen. Paperin tuotanto on laskenut vuoden 2007 huipusta vuosikymmenen aikana 30 % ja useita paperitehtaita ja koneita on suljettu. Digitalisaatio vaikuttaa merkittävästi paperin kysynnän laskuun. Paperi on kuitenkin tuotannon supistumisesta huolimatta yhä merkittävä vientituote aiemman valta-asemansa ansiosta (Metsäntutkimuslaitos 2012).

Metsäteollisuuden tuotteiden osuus Suomen kokonaisviennistä on noin viidesosa (Tulli 2017). Kemiallisen metsäteollisuuden tuotteista vientiin menevän tuotannon osuus on suurimmillaan kartongissa, josta viedään 98 %. Valmistetusta paperista vientiin menee 93 % ja sellusta 43 % (Paperin tuotanto Suomessa enää puolet huippuvuosista - kartonki ja sellu nousussa, Tekniikka&Talous 26.3.2018). Tärkein vientimaa Suomessa tuotetulle sellulle on Kiina, jonka kysynnän kasvu on ollut merkittävä tekijä Suomen sellutuotannon uudessa kasvussa. Paperituotteiden tärkeimmät markkinamaat puolestaan ovat Saksa sekä Iso-Britannia (Tulli 2017).

2.2 Innovaatiot ja kemiallisen metsäteollisuuden tulevaisuus

Nykyinen vahva tuotannon kasvu sekä potentiaaliset uudet sovellukset ovat lisänneet myös kemiallisen metsäteollisuuden investointeja, jotka kasvoivat vuonna 2016 reaalisesti peräti 60 % vuodesta 2015 (Luonnonvarakeskus 2017a).

Paperi- ja massateollisuuden sivutuotteiden hyödyntäminen biotuotteiden valmistuksessa on parantanut kemiallisen metsäteollisuuden tuottavuutta. Havusellun sivutuotteena syntyvästä mäntyöljystä valmistetaan biodieseliä ja ligniiniä voidaan puolestaan käyttää fenolihartsin raaka-aineena. Tulevaisuudessa selluloosan sokereista voidaan todennäköisesti kehittää suoraan biomuoveja. Sellusta valmistetut komposiittimateriaalit voidaan nähdä myös suoraan muovin korvaavana vaihtoehtona. Etuna on sellun edullisempi hinta ja siitä valmistetun muovin paremmat kestävyys ja värjättyvyys ominaisuudet. Tähän uuteen teknologiaan investoiminen on kuitenkin riskialtista ja kallista, minkä seurauksena investointeja ei ole vielä juuri tehty (Pöyry 2016).

Sellulla korvataan kuitenkin jo nyt muoveissa käytettyjä lujitteita, kuten mineraaleja ja lasikuitua. Sellu on erittäin vahvaa, uusiutuvaa sekä muita vaihtoehtoja kevyempää, mikä vähentää kuljetuskustannuksia. Muoviseoksissa sellua on kuitenkin käytetty tähän mennessä lähinnä vasta soittimien valmistuksessa, mutta tulevaisuuden käyttökohteina nähdään esimerkiksi auto- ja kodinelektroniikkateollisuus (Metsäyhdistys 2018).

Pöyryn 2016 valmistunut arvio metsäteollisuuden tulevaisuudesta ennustaa kysynnän aiheuttamien rakennemuutosten saavan jatkoa paperiteollisuudessa. Pakkauskartonkien kysynnän oletetaan jatkavan kasvuaan seuraavan 15 vuoden ajan, kun taas paino- ja kirjoituspaperin kysynnän oletetaan putoavan vielä puolella nykyisestä määrästä. Pehmo-, pakkaus- ja käärepapereiden kysyntä pysynee samana seuraavan vuosikymmenen ajan.

VTT:n tulevaisuuden skenaariotyössä puolestaan arvioidaan Suomen metsäteollisuuden tuotannon arvon voivan jopa kaksinkertaistua vuoteen 2050 mennessä. Kasvuarvio perustuu metsäbiomassan hyödyntämiseen komposiiteissa ja muissa muovina korvaavissa tuotteissa, kuten pakkausmateriaaleissa ja tekstiileissä (Teknologian tutkimuskeskus 2018).

3 RAAKAPUUN KAUKOKULJETUSMUODOT

Metsäteollisuuden raakapuun käyttö nousi vuonna 2017 lähes 70 miljoonaan kuutiometriin, josta kemiallisen metsäteollisuuden osuus oli 40 miljoonaa kuutiometriä (Luonnonvarakeskus 2018a). Raakapuun kokonaiskuljetussuorite vuonna 2016 oli 7 342 milj. m³km (Metsäteho Oy 2017b). Vuotuiset kuljetusmäärät ovat todella suuria, joten niiden suunnittelu ja organisointi ovat merkittävä tekijä niin tehtaiden sujuvan toiminnan kuin kustannustenkin kannalta. Kuljetusvälineiltä tarvitaan kykyä kuljettaa puuta suuria määriä mahdollisimman edullisesti, mutta samalla pitäisi pyrkiä myös mahdollisimman pieniin varastoihin sekä suureen joustavuuteen.

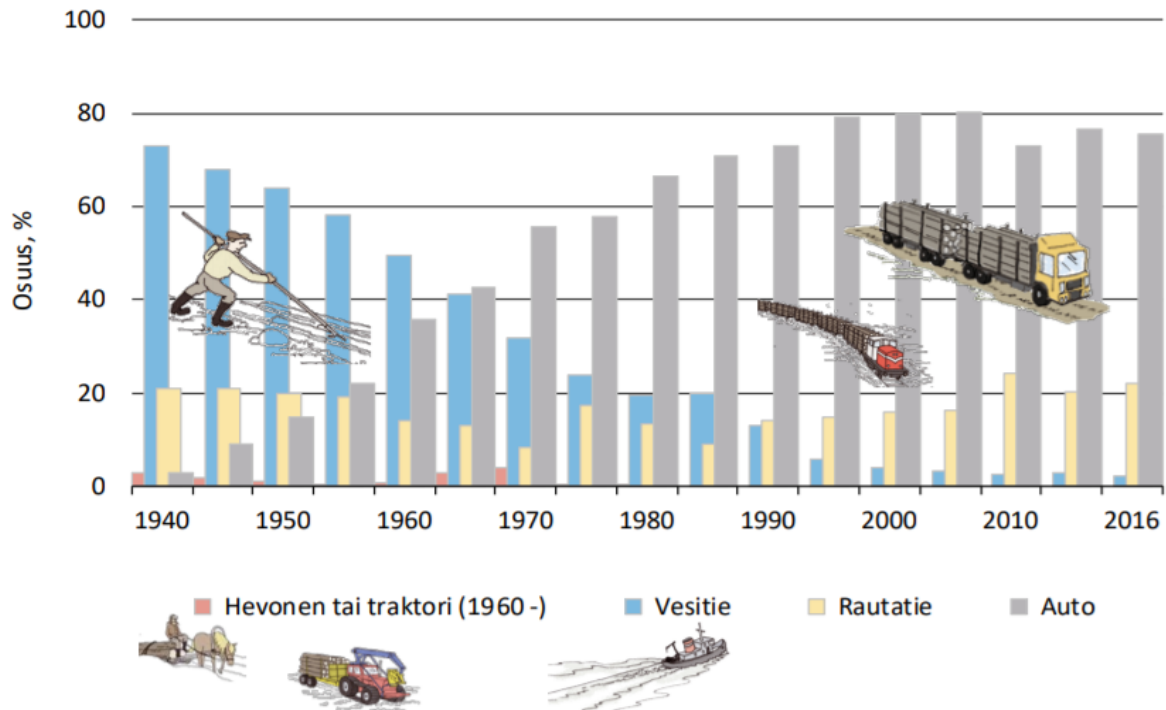
Tässä työssä keskitytään kolmeen merkittävimpään kotimaisen raakapuun kuljetusmuotoon, jotka ovat rautatie-, maantie- ja vesistökuljetukset. Lentokuljetuksia ei raskaissa ja suurivolyymisissa raakapuun kuljetuksissa ole järkevää käyttää. Yleisesti raakapuukuljetuksissa pyritään, kustannustehokkuuteen, joustavuuteen ja vaivattomuuteen. Näihin tavoitteisiin pääseminen vaatii tehokasta tiedonsiirtoa sekä priorisointia.

Keskimääräinen kuljetusmatka metsävarastoilta tehtaille on:

- Autokuljetus 110 km
- Uitto 270 km + alkukuljetusmatka 50 km
- Aluskuljetus 220 km + 50 km
- Junakuljetus 270 km + 50 km

(Puuhuolto 2016b).

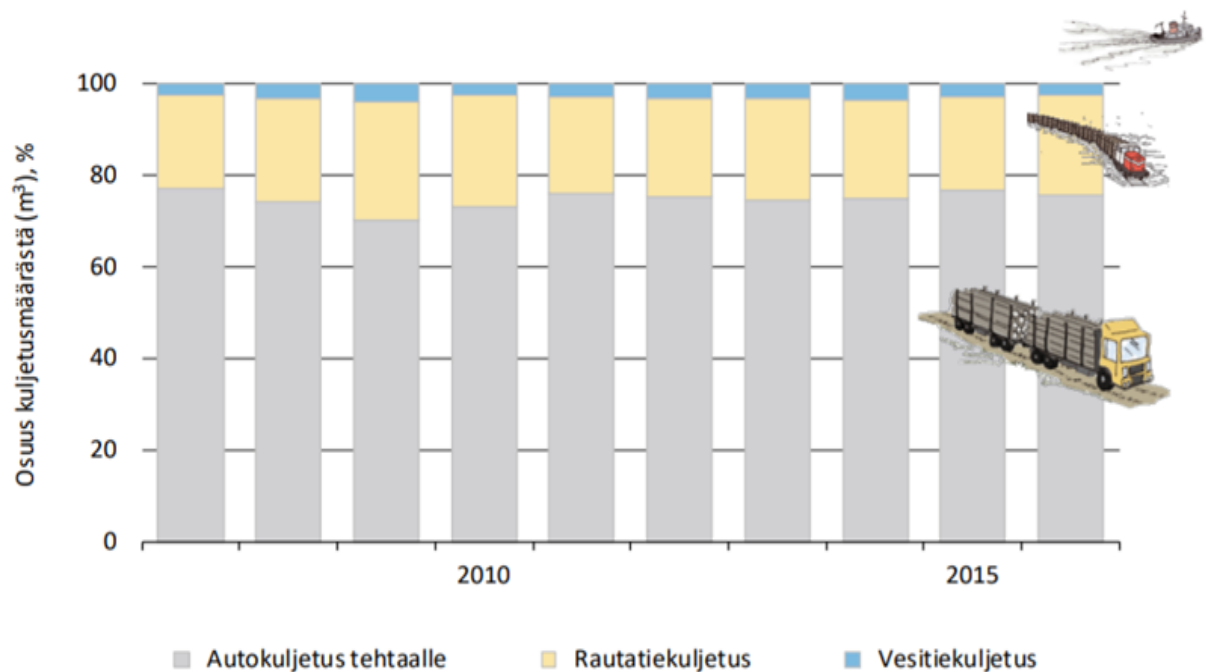
Helpoin ratkaisu raakapuun kuljettamiseksi on maantiekuljetus suoraan metsästä tehtaalte. Tällöin puutavaraa ei tarvitse siirrellä useaan kertaan. Tämä on usein järkevintä myös kustannusnäkökulmasta, sillä tällöin säästetään siirto ja terminaalikustannuksissa. Lisäksi rautatiekuljetukset ja vesistökuljetukset vaativat joka tapauksessa autokuljetuksia avukseen. Pidemmällä matkoilla ja suurilla kuljetusmäärillä alkavat vesistökuljetus ja rautatiekuljetus puolestaan saavuttaa mittakaavaetuja kustannuksissa.



Kuva 4 Puutavaran kaukokuljetustekniikat 1940-2016 (Metsäteho Oy 2018).

Kuten kuvasta 4 näkyy, olivat vesistökuljetukset hallitseva tapa raakapuun kuljetukseen vielä 1900-luvun alkupuolella. Autojen ja tieverkoston kehittyminen sekä suuremman joustavuuden ja samalla pienempien varastomäärien tavoittelu siirsivät kuljetukset kuitenkin vesiltä maanteille. Nykyään maantiekuljetusten osuus lähentelee 80 % kaikista raakapuun kuljetuksista. Myös rautatiekuljetukset ohittivat vesistökuljetukset rataverkon laajenemisen myötä. Osansa rautateiden kehityksessä on ollut myös metsäteollisuuden runsaasti kasvaneilla volyyymeillä, joiden seurauksena puuta piti saada runsaasti myös muualta kuin vesistöjen ääreltä.

Viimeisen kymmenen vuoden aikana kuljetustapojen suhteellisissa osuuksissa ei ole enää tapahtunut juurikaan muutoksia, mikä nähdään myös kuvasta 5.



Kuva 5 Puutavaran kaukokuljetustekniikat 2007-2016 (Metsäteho Oy 2018).

Myös olosuhteet suosivat autokuljetuksia Suomessa. Tieverkko on hyvin kattava ja maasto enimmäkseen tasaista. Rautatieverkko on myös melko kattava ja lähes kaikilta suurilta metsäteollisuuden tuotantolaitoksilta löytyykin rautatieyhteys. Rautateiden käyttöön vaikuttaakin lähinnä hakkuualueiden sijainti ja etäisyys lähimmästä rautatieterminaalista tai kuormauspaikasta. Vesistökuljetuksia puolestaan käytetään lähinnä Vuoksen vesistössä puun kuljetukseen Kaakkois-Suomen tehtaalle ja lisäksi jonkin verran rannikkoalueilla sekä saaristohakkuiden yhteydessä (Puuhuolto 2016c).

Kuljetuksiin on vaikutuksensa myös kysynnällä. Kemiallisen metsäteollisuuden kysyntä pysyy vuoden ympäri samansuuruisena poiketen mekaanisesta metsäteollisuudesta, jossa sahat ovat kesän tauolla. Raakapuuvirta on pidettävä tasaisena, joten autokuljetuksia suurempivolyyymiset rautatiekuljetukset luovat hyvän pohjakuorman. Joustavilla autokuljetuksilla saadaan hyvin katettua mahdolliset pienet kysyntähuiput. Varastojen pitäminen on myös tärkeää ongelmatilanteiden varalle. Tähän uitto on erittäin pätevä vaihtoehto, sillä puuta voidaan säilyttää kellumassa, jos se ympäristötekijöiden takia on mahdollista.

Kuljetusten kannalta suurimmat haasteet liittyvät laajan väyläverkon kunnossapitoon. Lisäksi kasvaneet välityskykyodotukset lisäävät ylläpitohaasteita (Ritvanen et al. 2011, s. 108). Liikenneinfrastruktuurin huoltoon ja ylläpitoon on tulossa yhä enemmän painetta, sillä uusien investointien arvioidaan jatkossakin kasvattavan raakapuun kuljetusvolyymiä vähintään 16 % vuosittain (Metsäteollisuus ry 2017).

3.1 Maantiekuljetukset

Maantieverkosto on Suomessa erittäin laaja, mutta kunnoltaan hyvin vaihteleva. Maanteitä on yhteensä 78 200 km, joista moottoriteiden osuus on vain 700 km ja valtateiden 8600 km. Lisäksi erilaisia yksityisteitä on peräti 350 000 km (Ritvanen et al. 2011, s. 108).

Maantiekuljetukset ovat olleet suosituin raakapuun kuljetusmuoto vuodesta 1965, jolloin niiden määrä ohitti ensimmäistä kertaa uittokuljetusten määrän. Maantiekuljetuksia joudutaan joka tapauksessa käyttämään jokaisen kuljetustavan yhteydessä. Maantiekuljetuksilla puutavara saadaan toimitettua suoraan hakkuualueelta tehtaalle, sijainnista huolimatta. Ylimääräisiä lastauksia ei myöskään tarvitse tällöin tehdä, jolloin säästetään siirto- ja terminaalikustannuksissa. Kuljetukset pyritään yleensä järjestämään mahdollisimman läheltä kohdetehdasta, jolloin maantiekuljetus on myös edullisin vaihtoehto. Suomen sivutiestön heikohko kunto ja olosuhteiden aiheuttamat ongelmat, kuten routavauriot, aiheuttavat kuitenkin ongelmia maantiekuljetuksille. Hakkuualueet ovat usein juuri pienten, hiekkasten sivuteiden varrella, jolloin puutavaran nouto voi olla hankalaa.

Varsinaisia metsäautoteitä on rakennettu Suomessa noin 120 000 km. Valtion KEMERA tuella tuetaan metsäautoteiden rakentamista. Maantiekuljetuksilla kuljetetaan raakapuuta yhteensä koko metsäteollisuuden käyttöön noin 40milj m³/vuosi (Puuhuolto 2016c).

3.2 Rautatiekuljetukset

Suomen liikennöidyn rataverkon pituus oli vuoden 2016 lopussa 5 926 km, josta 3 270 km oli sähköistetty (Liikennevirasto 2018b). Rataverkkoa käytetään myös raakapuun tuontiin. Puuta

tuodaan Suomeen lähinnä Idästä, Suomen ja Venäjän välisten kolmen rajanylityspaikan kautta. Idän yhdysliikennettä helpottaa se, että Venäjän raideleveys on sama kuin Suomella, jolloin veturikalusto on yhteensopivaa. Liikenne Venäjälle hoidetaan rajaliikennesopimuksin venäläisellä kalustolla. Ruotsin raideleveys poikkeaa Suomen vastaavasta ja aiheuttaa siten ylimääräisiä siirtokuluja (Ritvanen et al. 2011, s. 108).

Rautatiekuljetuksia käytetään pidemmillä kuljetusmatkoilla. Keskimääräinen kuljetusmatka puutavaran rautatiekuljetukselle on hieman yli 300 km. Rautatiekuljetukset vaativat joka tapauksessa avukseen maantiekuljetuksen, jotta puutavara saadaan rautatien varteen. Keskimääräisessä rautatiekuljetuksessa autokuljetuksen osuus on noin 50 km (Puuhuolto 2016b).

Junakuljetusta käytettäessä puutavara kuljetetaan yleensä metsävarastosta ja lastataan välittömästi ajoneuvon omalla kuormaimella junavaunuun. Kuorman lastaus ja sidontaohjeet tulevat junakuljetuksen suorittajalta. Kuljettaja laatii junavaunujen kuormista nippukaaviot ja lähettää ne kuljetuksenantajan tietojärjestelmään. Joillakin lastauspaikoilla puutavaran käsittely on ulkoistettu kuormausrityttäjille, jotka suorittavat kuormauksen omalla laitteistollaan. Puukuorma voidaan purkaa myös ensin terminaalivarastoon, josta se siirretään erikseen junaan (Puuhuolto 2016a).

Rautatiekuljetuksilla raakapuuta kuljetetaan noin 10 miljoonaa kuutiota vuodessa, joka on noin 20 % kokonaiskuljetusmäärästä. Pitkillä matkoilla rautatiekuljetus on edullisempi vaihtoehto kuin maantiekuljetus. Puuta saadaan tällöin toimitettua runsaammin kerralla ja samalla myös maantieliikenteen haitat vähenevät. Rataverkon käytettävyyteen raakapuun kuljetuksissa vaikuttavat mm. eri rataosuuksien sähköistys, akselipainorajat, nopeusrajoitukset ja junien maksimipituudet (Puuhuolto. 2016b).

Rautatiekuljetusten suuri haaste on VR:n monopoliasema Suomessa. Kuljetusmuodon sisäinen kilpailu voisi pudottaa kustannuksia ja tehdä rautatiekuljetuksista houkuttelevamman vaihtoehdon yrityksille. Tavaraliikenne avattiin kilpailulle jo vuonna 2007, mutta VR:n haluttomuus vuokrata veturikalustoa muille toimijoille on pitänyt kilpailijat loitolla (Kilpailun puute näkyy raiteilla, Turun Sanomat 7.4.2015). Ongelmia aiheuttaa myös Suomen Keski-Eurooppalaisesta standardista poikkeava raideleveys, jonka takia sopivia vaunuja on hankala

saada. (Liikenne- ja viestintäministeriö. 2002). Kun tämä yhdistetään VR:n haluttomuuteen vuokrata sopivaa kalustoa, on rautatiemarkkinoille lähtemisen kynnys erittäin korkea

VR:n monopoliasema Suomen ja Venäjän yhdysliikenteessä purettiin vuoden 2016 lopussa. Ensimmäinen varteenotettava kilpailija Fenniarail teki UPM:n kanssa sopimuksen Venäjän tuontipuun kuljetuksesta 2018 alkaen. Tulevaisuudessa kilpailua rautatieliikenteessä pyritään lisäämään (VR:n yhdysliikenteen monopoli päättyy neljän viikon kuluttua. Etelä-Saimaa 26.11.2016).

3.2.1 Rautateiden tavaraterminaalit

Puutavaran rautatiekuljetuksia varten on Suomessa tällä hetkellä käytettävissä vajaat 90 terminaalialueita ja kuormauspaikkaa. Terminaalien yhteydessä sijaitsevat varastoalue ja käsittely sekä kuormauskalusto (Puuhuolto 2016c).

Tavaraterminaalit sijaitsevat kuljetusten solmukohdissa, joissa toimitukset siirtyvät yleensä kuljetusmuodosta toiseen. Tavaraterminaalissa tehdään yleensä tavaran purku, lajittelu, välivarastointi sekä kuormaus. Terminaalien koneet ja laitteet ovat yleensä arvoltaan vähäisempiä kuin varsinaisten varastojen, joten myös niiden kiinteät kustannukset ovat pienemmät. (Karhunen et al. 2004. s. 395).

Puutavaran kuljetukset usealta pieneltä kuormauspaikalta usealle pienelle kuormauspaikalle aiheuttaa suuren vaihtotyötarpeen ja vaunukierto hidastuu. Ongelmana on lisäksi se, että kaikki tehtaat eivät ota vastaan rautatiekuljetuksia viikonloppuisin. Pienempiä kuormauspaikkoja onkin poistettu runsaasti käytöstä viime vuosina. Liikenneviraston vuosien 2011-2017 välisessä hankkeessa terminaalien ja kuormauspaikkojen määriä pyrittiin optimoimaan raakapuukuljetusten kustannustehokkuuden ja toimitusvarmuuden parantamiseksi. Terminaalien määrää lisättiin yhdeksästä neljäentoista ja kuormauspaikkojen määrää vähennettiin 95:stä 32:een (Välke 2014).

Tulevaisuudessa tavoitteena on keskittää raakapuun kuormaustoiminta terminaaleihin ja muutamalle kuormauspaikalle, joissa kuormauspalvelu on jatkuvasti toiminnassa. Keskittämällä toimintaa kuljetuksiin voidaan käyttää pelkästään kokojunia, jolloin savutetaan kustannustehokkuutta ja lisäksi toimitusvarmuus paranee. Säästöä syntyy myös pienenevistä

kuormauspaikkojen huoltokustannuksista. Lisäksi raakapuun toimitusvarmuus paranee, terminaalien toimiessa kausivaihteluita tasaavina puskurivarastoina kelirikkoaikana. Negatiivisena puolena on alkukuljetusmatkojen pidentyminen, joka heikentää saavutettua kustannustehokkuutta (Liikennevirasto 2011).

3.3 Vesistökuljetukset

Vesiväyliä Suomessa on rannikolla 10 100 km ja sisävesillä 9 700 km. Ulkomaanliikennettä hoitaa yli 50 satamaa ja merikuljetukset vastaavatkin suurimmasta osasta Suomen ulkomaankauppaa (Ritvanen et al. 2011, s. 108).

Sisäisten vesistökuljetusten määrä on nykyisin Suomessa hyvin vähäinen. Vielä 1960-luvulla vesistökuljetukset olivat suosituin tapa puun kuljettamiseksi. Nykyään raakapuun vesistökuljetuksia toteutetaan merkittäviä määriä lähinnä Vuoksen vesistössä. Liikenneviraston mukaan vuonna 2017 kuljetettiin raakapuuta vesitse kaikkiaan 0,86 miljoonaa tonnia, josta uiton osuus oli 0,25 miljoonaa ja aluskuljetusten 0,61 miljoonaa tonnia. 88 % aluskuljetuksista toteutui Saimaan alueella, rannikon kuljetusten osuuden ollessa 12 % (Liikennevirasto 2018c, s.20).

Saarien hakkuupuiden kuljettamiseen käytetään proomuja. Saaripuut kuljetetaan matalareunaisilla proomuilla, jotta puutavara saadaan kyytiin ilman lastauspaikkaa. Alusten lastaaminen toteutetaan satamissa tai erityisillä lastauspaikoilla. Uittopuulle on puolestaan rakennettu omia pudotuspaikkoja, joista puut saadaan veteen. Tuotantolaitoksilla, jotka voivat vastaanottaa vesistökuljetuksia, on yleensä oma satama, johon puutavara kuljetetaan (Puuhuolto 2016b).

Vesistökuljetusten etuna ovat niiden vähäiset päästöt sekä kuljetuskustannukset kuljetettua puumäärää kohti. Erityisesti uittaminen on hyvin ympäristöystävällinen tapa toteuttaa kuljetuksia. Ongelmana uitoissa on kuljetusten ja tavaramäärien joustamattomuus.

3.3.1 Uittokuljetukset

1930-luvulla uitto- ja lauttausväyliä oli käytössä noin 47 000 km ja uittokuljetus olikin selvästi merkittävin raakapuun kuljetustapa. Uittaminen oli vielä 1960-luvulle asti suosituin tapa kuljettaa puutavaraa pidempiä matkoja 15 miljoonan kuution vuotuisella määrällään. (Metsäteho Oy 2008).

Vähitellen työläimmät uittoreitit jäivät käytöstä ja rautatie sekä maantiekuljetukset korvasivat niiden roolia. Nykyään puuta uitetaan lähinnä nippuina Vuoksen vesistössä. Uittomäärät ovat viime aikoina vähentyneet selvästi, mutta toisaalta ympäristöystävällisyys puhuu vieläkin uittamisen puolesta. Uiton suosion hiipumisen syistä voimakkain on ollut autokuljetusten voimistunut asema, kuljetuskaluston ja tiestön kehittymisen seurauksena. Myös kemiallisen metsäteollisuuden tarvitseman tasaisen puuvirran tavoittelu, suurten varastojen välttämiseksi, on vähentänyt isoihin kertakuormiin sopivimman uiton suosiota (Metsäteho Oy 2008).

Vuonna 2017 raakapuun uittomäärä oli enää 0,25 miljoonaa tonnia ja kuljetussuorite 0,06 miljardia tonnakilometriä. Uiton määrä laski jälleen 3 % edellisestä vuodesta. Kymijoen uiton päätyttyä 2008 ovat uittomäärät jatkaneet laskuaan, pudoten vielä selvästi alle puoleen vuoden 2010 määristä (Liikennevirasto 2018c, s.18).

Saimaalla tapahtuva nippu-uitto toteutetaan kokoamalla puut nippuihin, jonka jälkeen nipuista muodostetaan lautta. Yhdessä lautassa on keskimäärin 20 000 m³ puuta, joka vastaa 400 puurekkalastia. Lautta kulkee hinaajan vetämänä noin 2 km/h. Suurin osa uitettavasta puusta on juuri sellutehtaille menevää kuitupuuta. Uitto on edelleen erittäin kustannustehokas ja ympäristöystävällinen kuljetusmuoto, mutta sen suurimmat ongelmat; osavuotisuus, tehtaiden sijainti ja veden vaikutus puutavaran laatuun estävät sen nousua takaisin suosioon (Pakkanen & Leikola 2011).

3.3.2 Aluskuljetukset

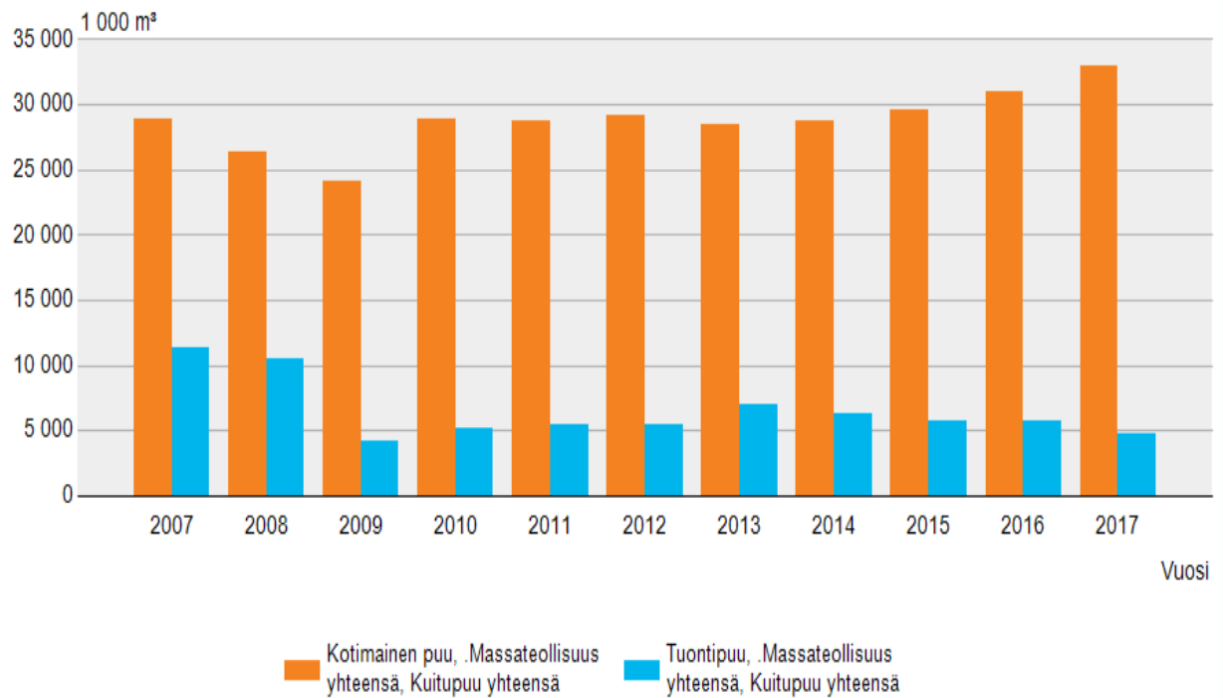
Alun perin uittokuljetusta täydentäneistä aluskuljetuksista muodostui oma kuljetusmuotonsa 1980-luvulla. Nykyisin aluskuljetus kilpailee rautatiekuljetuksen ja uiton kanssa Saimaalla. Saimaan syväväyläverkosto on 772 km pituinen ja mahdollistaa liikennöinnin aluksilla, joissa

on lastia maksimissaan 2 500 tonnia (Puuhuolto 2016c). Alus- ja proomukuljetuksilla kuljetetaan noin 0,5 milj.m³ raakapuuta vuodessa. Myös ympärivuotista aluskuljetusta on kokeiltu Saimaalla ja Päijänteellä. Rannikkoalueella käytetään lisäksi aluskuljetuksia vähäisiä määriä. Proomuliikenteen lastauspaikkojen vähäisyys rajoittaa kuljetusten laajempaa käyttöä (Pakkanen & Leikola 2011).

Aluskuljetukset alkavat olla yhä relevantimpi vaihtoehto, sillä monina talvina jäätilanne jää nykyisin niin heikoksi, että jäät eivät kestä autokuljetuksia. Varsinkaan kun kaluston massa ja koko kasvavat jatkuvasti. Suuremmilla aluksilla toteutettavilla kuljetuksilla voidaan myös pitää laivaväyliä auki talvisin.

3.4 Raakapuun tuonti

Suomeen tuotiin raaka- ja jätetuuta yhteensä 9,8 miljoonaa kuutiometriä vuonna 2016, josta metsäteollisuus jalosti 8,5 miljoonaa kuutiometriä. Puun tuonnin arvo oli yhteensä 343 miljoonaa euroa. Kemiallisen metsäteollisuuden tarpeisiin tuotiin koivukuitupuuta 4,6 miljoonaa kuutiometriä ja kuusikuitupuuta 0,6 miljoonaa kuutiometriä. Tärkeimmät puun tuontimaat olivat Venäjä, Viro ja Latvia, joiden osuus tuonnista oli 98 %. Ylivoimaisesti merkittävin tuontimaa oli Venäjä 85 % osuudellaan (Luonnonvarakeskus 2017a).



Kuva 6 Metsäteollisuuden puunkäyttö (Luonnonvarakeskus 2018b).

Kuvasta 6 nähdään, että kotimaisen puun käyttömäärä massateollisuuden tarpeisiin on suurempi kuin ennen taantumaa. Tähän vaikuttaa tuotannon elpymisen lisäksi kuitenkin myös se, että teollisuudessa käytettävän tuontipuun määrä ei ole kasvanut taantumien romahduksesta. Kotimaisen puun lisääntyntä osuutta voidaan pitää pääsääntöisesti hyvänä asiana, varsinkin kun se ei ole johtanut metsien ylikäyttöön. Metsien vuotuinen kasvu on ollut jatkuvasti suurempaa kuin käyttö. Esimerkiksi vuonna 2015 kasvu oli noin 110 milj.m³ ja poistuma 82 milj.m³ (Luonnonvarakeskus 2017b).

4 HANKINTAKULJETUSTEN SUUNNITTELU

Hankintojen osuus yritysten kokonaiskustannuksista on tyypillisesti 40-80 %. Hankintojen logistiikan tärkein tavoite on varmistaa täsmälliset ja oikeat toimitukset, mahdollisimman pienin kustannuksin. Tavoitteeseen päästään laadukkaalla tarveinformaation tuottamisella ja välittämällä toimittajalle (Lehtonen, J-M. 2004, Tuotantotalous. s.81).

Hankintojen suunnitteluinformaatio muodostuu pitkän aikavälin kysyntäennusteista, joiden perusteella ostaja- sekä toimittajayritys varautuvat toteuttamaan suunnitellun tuotannon. Varautuminen toteutetaan käytännössä varaamalla kapasiteettia ja hankkimalla pitkän toimitusajan komponentteja valmiiksi. Koska suunnitelma perustuu ennusteisiin, on myös poikkeuksiin varauduttava. Suunnittelun ennustevirheitä mittaamalla saadaan selville tarvittavan jouston suuruus toimituksissa. Näin vältetään toiminnan katkoksilta ja ylimääräiseltä sidotulta pääomalta. Ostajayritys luo yleensä kysyntäennusteen pohjalta ohjaustiedot ja lähettää määrävälein toimitusohjelman. Ohjelma sisältää lyhyemmän eli kiinteän jakson sekä pidemmän muuttuvan jakson. Ostaja sitoutuu kiinteän jakson tilausmääriin, kun taas muuttuvan jakson osalta määrät voivat vielä poiketa ennusteesta (Lehtonen, J-M. 2004, Tuotantotalous. s.98-99).

Aiemmin ongelmana on ollut ostajayrityksen haluttomuus jakaa kysyntäennustetietoa toimittajalle, sekä kysyntätiedon siirto ostajayritysten toiminnanohjausjärjestelmästä toimittajien toiminnanohjausjärjestelmiin. Nykyisin ostajayritys luo kuitenkin usein kysyntäennusteen yhdessä toimittajien kanssa (Lehtonen, J-M. 2004, Tuotantotalous. s.100).

4.1 Kuljetussuunnittelussa huomioitavat tekijät

Laajana ja harvaan asuttuna maana Suomen elinkeinoelämän kuljetusten hoitaminen tehokkaasti on haasteellinen tehtävä. Suomi on kuljetustyöllä mitattuna EU:n kuljetusintensiivisin maa suhteutettuna bruttokansantuotteeseen ja väkilukuun. Raskas teollisuus on lisäksi sijoittunut hyvin eri puolille maata. Pääkaupunkiseudun metropolin muodostuminen ja isojen kasvukeskusten syntyminen eri puolille maata ovat luoneet pohjan

valtakunnalliselle kuljetustoiminnalle. Kuljetusten osuus on vain osa hankintakustannuksesta, mutta erityisesti teollisuudessa sen osuus on myös merkittävä, raaka-ainekuljetusten suuren volyymin takia. (Ritvanen et al. 2011, s. 107).

Kuljetusten toimintaympäristöön vaikuttavia maantieteellisiä sekä talousmaantieteellisiä seikkoja ovat:

- maantieteellinen sijainti
- ilmasto-olosuhteet
- tuotannon rakenne & sijainti
- tavaravirtojen lajit ja määrät
- infrastruktuuri
- kansainväliset sopimukset ja lait

(Ritvanen et al. 2011, s. 107).

5 RAAKAPUUKULJETUSTEN SUUNNITTELU

Raakapuun hankinnassa kauppaa käydään metsänomistajien ja metsäyhtiöiden välillä. Metsäyhtiöt ostavat puutavaran ja järjestävät sille kuljetukset. Kuljetuskalusto voi olla yhtiön omaa, mutta yleensä kuljetukset on ulkoistettu kuljetusyrittäjille. Metsäteollisuuden hankintaa kokonaisuudessaan ei ole ulkoistettu yhtä vahvasti kuin monella muulla alalla. Nykyisin moni puunhankintaorganisaatio siirtää pelkän kuljetustehtävän ulkoiselle toimittajalle. Kuljetusten ohjaus jää hankkijayritykselle, jonka seurauksena ulkoisen toimittajan päätöksentekoa joudutaan kontrolloimaan hyvinkin tarkasti hankkijayrityksen tuotantoon liittyvien kytkentöjen vuoksi (Palander et al. 2006, s.8).

Raakapuun kuljetusten suunnittelun kannalta merkittävin vaikutus on sijainnilla. Jos hakkuualueen tai tehtaan lähistöllä ei ole vesistöä, käytetään pelkästään maantie ja rautatiekuljetuksia. Vesistökuljetukset tulevat kysymykseen lähinnä rannikkoseuduilla, saarista kuljetettaessa ja suuremmissa määrissä Vuoksen vesistössä.

Maantiekuljetus on yleensä kokonaisuuden kannalta helpoin ja joustavin kuljetusmuoto, sillä siten tuote saadaan suoraan perille metsästä ja täten päästään metsäteollisuusyrittäjien toivomaan joustavuuteen kuljetuksissa. Autokuljetuksilla määrät ovat myös hallittavampia kuin uitossa ja rautatiekuljetuksessa, jotka johtavat puutavaran varastointiin ja siten ylimääräiseen sidottuun pääomaan. Toisaalta kemiallisen metsäteollisuuden vaatima raaka-aine määrä on niin suuri, että myös suurivolyymiset vesistö- ja rautatiekuljetukset tulevat kysymykseen, jos kuljetettava matka on tarpeeksi pitkä. Tällöin kustannussäästö menee joustavuuden edelle. Kemiallisessa metsäteollisuudessa puun kysyntä ei vaihtelee kovin merkittävästi vuoden sisällä. Muutoksissa on kyse pidemmän ajan trendeistä, joten valtaviin kysynnän joustoihin ei ole tarvetta. Varastoja pidetään lähinnä olosuhteiden aiheuttamia kuljetusongelmia varten.

Kustannukset ovat toinen hyvin ilmeinen kuljetussuunnitteluun vaikuttava tekijä. Kustannussäästöt lisäävät kilpailukykyä ja kasvattavat liikevoittoa. Kuljetuskustannukset ovat merkittävä tekijä kuljetusvolyymiltaan suurilla teollisuusaloilla, jollainen kemiallinen metsäteollisuuskin on.

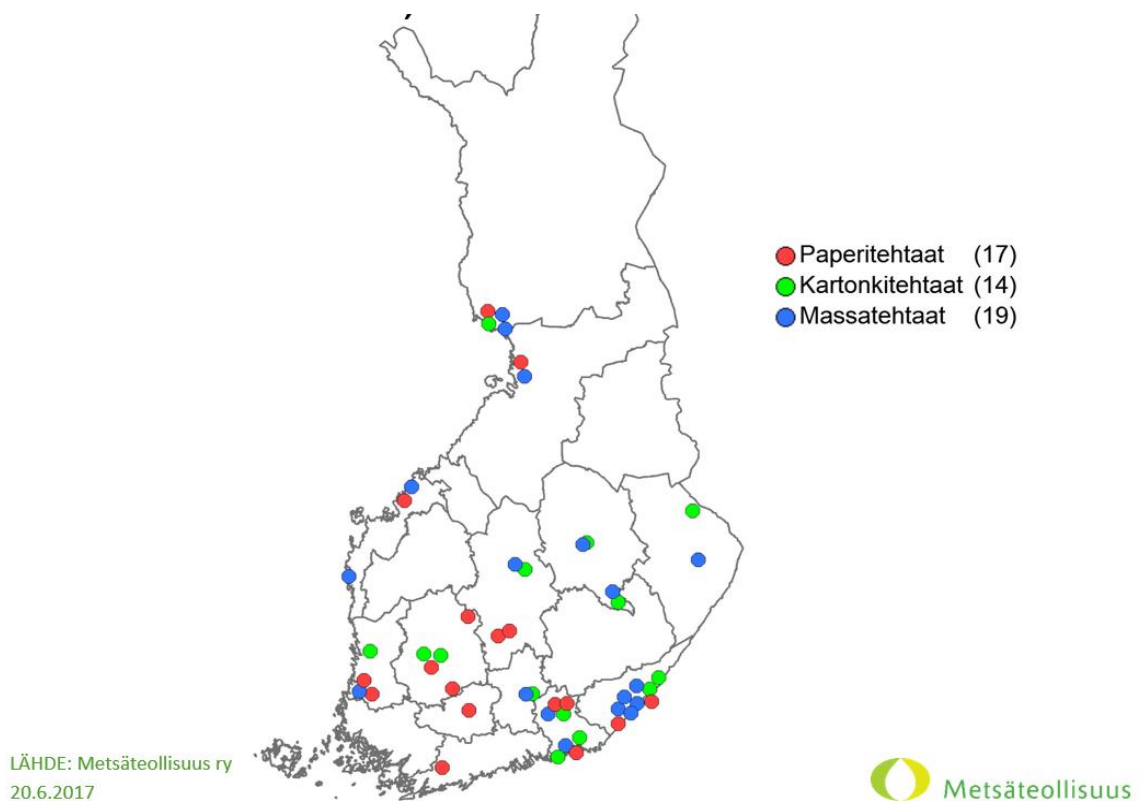
Olosuhteiden merkitys on myös suuri erityisesti Suomessa, jossa on neljä vuodenaikaa. Kelirikkoaika voi olla pahimmillaan erittäin pitkä ja aiheuttaa merkittäviä haasteita. Varsinkin

kun suuri osa puutavarasta pitäisi pystyä hakemaan metsistä pienten metsäautoteiden varrelta. Yhä raskaammaksi muuttuva kalusta aiheuttaa yhä isommat haasteet tiestön kunnon puolesta.

Muiden seikkojen ohessa merkittävää kehityspainetta tulee kansainvälisten ympäristösopimusten seurauksena. Liikenteen päästöt ovat merkittävien päästöleikkausten kohteena, mikä näkyy erityisesti suuripäästöisten raskaiden kuljetusten osalta. Kuljetusyhdistelmien maksimikokoa kasvatetaan, jotta ajokerrat vähenisivät ja päästöjä saataisiin siten leikattua. Ympäristötekijät ja Suomen haastavat olosuhteet ovat luoneet muitakin uusia innovaatioita ja kokeiluja erityisesti yleisimmin käytettyihin maantiekuljetuksiin. Lisäksi rautatiekuljetusten tehokkuutta on pyritty parantamaan vähentämällä terminaalien määrää sekä keskittämällä toimintoja ja kuljetuksia, jolloin päästään täydempiin kuljetuksiin. Päästö- ja kustannusnäkökulmien voi nähdä suosivan uittokuljetusta, mutta uittokuljetusten joustamattomuus ja monien tehtaiden sijainti sisämaassa estävät uiton palaamisen merkittävään asemaan.

5.1.1 Sijainnin merkitys raakapuun kuljetuksissa

Sijaintia voidaan pitää merkittävimpana tekijänä kuljetussuunnittelussa. Maantiekuljetus on sijainnin suhteen joustavin ja se on myös toimiva vaihtoehto kaikkiin muihin paitsi saarihakkuisiin. Saarihakkuissakin autokuljetus voi olla mahdollinen talvisin, jos jäätilanne sen sallii. Rautatie- tai vesistökuljetuksen hyödyntäminen vaatii mahdollisen yhteyden vesistöön tai kiskoille. Tällöin on myös mietittävä, onko autolla suoritettava alkukuljetusmatka järkevän suuruinen, jotta puiden siirto vesille tai kiskoille olisi taloudellisesti järkevää.



Kuva 7 Suomen paperi-, kartonki- ja massatehtaat (Metsäteollisuus ry 2017)

Suomen teollisuus on maantieteellisesti hyvin hajanaista. Myös Kemiallisen metsäteollisuuden tehtaita löytyy laajasti ympäri Suomen, Pohjoisinta Lappia lukuun ottamatta. Kuten kuva 7 esittää, tehtaita on niin sisämaassa, kuin rannikollakin. Vaihtoehtoja raakapuun kuljetuksille lisäävät Idässä Venäjän rajan läheisyys ja sisämaassa rautatieyhteydet sekä suuret vesistöt kuten Vuoksi.

Puunkuljetus vaatii runsaasti suunnittelua. Parametrejä on runsaasti ja jokaiselle puuerälle on valittava optimiketju korjuun, varastoinnin, kuljetuksen ja käyttöpaikan suhteen. Apuna käytetään matemaattisia optimointimalleja ja karttajärjestelmän satelliittipaikannusta. Suunnitelmiin vaikuttavat useat muuttujat kuten puuntarve, varastot ja korjuuajat. Logistinen suunnitelma lähtee alueiden kuukausittaisista tavoitteista, joista muodostetaan optimoinnilla viikko-ohjelma, joka sisältää tarkan suunnitelman määristä, kuljetuksista sekä aikatauluista. Kuljetusten optimoinnissa pyritään meno-paluukuljetuksiin, jotta kaluston tyhjänä ajolta välttyttäisiin. Lähin tehdas ei välttämättä olekaan kannattavin toimituskohde, kun kuljetuksia yhdistellään. Tietojärjestelmien avulla autokuljetukset päivittävät varastotilanteen

automaattisesti, joka helpottaa kuljetusten suunnittelua (Puuvirtojen kulku on optimoinnin tulos. Metsän henki 3.9.2014).

5.1.2 Raakapuun kuljetuskustannukset

Kotimaisten yritysten ja toimialojen liikevaihoilla painotetut logistiikkakustannukset olivat vuonna 2011 keskimäärin 12,1 % liikevaihdosta, josta kuljetuskustannusten osuus on noin kolmannes (Solakivi et al. 2012, s. 19). Raaka-aineiden kuljetuskustannukset ovat merkittävä osa kemiallisen puunjalostuksen kustannusrakenteesta, johtuen alan suuresta raaka-ainetarpeesta. Kuljetustapa valitaankin sijainnin realiteettien huomioimisen jälkeen yleensä kustannuserusteisesti.

Vuonna 2016 puutavaran kaukokuljetuksen yksikkökustannukset olivat keskimäärin 8,06 €/m³. Kustannukset olivat laskeneet edellisestä vuodesta 4,0 % reaalisen kustannusmuutoksen ollessa 2,9 % (Metsäteho Oy 2017b).

	Kustannukset		Puumäärät	Kuljetussuorite	
	milj. €	%	milj. m ³	milj. m ³ km	%
Puunkorjuu	432,0		39,9		
Puutavaran kaukokuljetus	375,6	100		7 342	100
Autokuljetus	307,6	82		4 222	58
Rautatiekuljetus	60,6	16		2 807	38
Vesitiekuljetus	7,4	2		313	4

Kuva 8 Kustannukset ja puumäärät 2016 (Metsäteho Oy 2017b).

Kuten kuvasta 8 nähdään, ovat kuljetustapojen kuljetuskustannusosuudet melko hyvin linjassa kuljetettujen määrien osuutta kohti. Autokuljetusten kustannusosuus on hieman suurempi kuin sen osuus kuljetusmäärästä. Rautatie- sekä vesitiekuljetuksen osuudet kustannuksista ovat

puolestaan vastaavasti hieman pienemmät kuin niiden osuudet kuljetusmääristä. Lisäksi kuvasta näkyy, että kuljetussuoritteella mitattuna rautatiekuljetus pääsee selvästi lähemmäs autokuljetusta kuin kuljetusmäärillä mitattuna, jolloin sen osuus on vain noin 20 %.

	Kotimainen puu				
	1 000 m ³	%	km	snt/m ³ km	€/m ³
Kaukokuljetus yhteensä	46 602		157	5,1	8,06
Autokuljetus yhteensä	46 418	99,6	91	7,3	6,63
Autokuljetus tehtaalle	35 233	75,6	105	6,9	7,23
Rautatiekuljetusketju	10 278	22,1	320	3,3	10,56
Autokuljetus asemalle	10 217	21,9	48	10,0	4,76
Rautatiekuljetus	10 278	22,1	273	2,2	5,90
Vesitiekuljetusketju	1 097	2,4	286	3,8	10,74
Autokuljetus uittoon/alukse	927		47	9,7	4,53
Vesikuljetus	1 097		238	2,9	6,90

Kuva 9 Puutavaran kaukokuljetus (Metsäteho Oy 2017b).

Kuutiota kohti laskettuna autokuljetus on selvästi edullisin vaihtoehto kuvan 9 mukaisesti, mutta kun kuljetussuoritteessa otetaan huomioon keskikuljetusmatka, muuttuu tilanne radikaalisti vesi- ja rautatiekuljetuksen eduksi. Pidemmällä matkalla on rautatiekuljetus tai vesitiekuljetus siis kustannusperusteisesti selvä valinta ainakin nykyisten kokorajoitusten mukaisella autokalustolla. Toki kustannuksista voidaan tehdä kompromisseja, jos tarvitaan esimerkiksi kiireellisiä suorja kuljetuksia.

5.1.3 Olosuhteiden vaikutus kuljetuksiin

Kausivaihtelut aiheuttavat ongelmia puuteollisuudelle. Vuoden sisäistä tuotantokapasiteetinvaihtelua kemiallisessa metsäteollisuudessa ei juuri ole toisin kuin mekaanisen metsäteollisuuden puolella, jolla sahat ovat seis kesäaikana. Suomen vaihtelevien

olosuhteiden seurauksena kuljetusvirtaa ei kuitenkaan voida pitää ympäri vuoden tasaisena. Kelirikkoon on aina varauduttava varastoimalla puutavaraa talvella parhaiden kuljetusolosuhteiden aikana syksyn ja kevään kelirikkoajalle, vaikka vuoden kelirikkovauriot olisivatkin lopulta pienet. Ilmastonmuutoksen seurauksena puunkuljetukseen optimaaliset talvikelit uhkaavat vähentyä entisestään ja sateiden määrän odotetaan kasvavan.

Kausivaihtelun tasaus varastoinnilla sitoo pääomaa ja heikentää puutavaran jalostusarvoa. Toisaalta alivarastotilanteessa taas raakapuun hankintamatkat saattavat pidentyä, jolloin kustannukset nousevat. Kuljetusresurssit joudutaan myös mitoittamaan talven kuljetushuipun mukaan, joka puolestaan johtaa tyhjäkäyttöön muina vuodenaikoina. Suurimmat kustannukset olosuhteisiin liittyen tulevatkin kuljetuskalustoon sidoksissa olevasta pääomasta sekä metsäyhtiöiden maksamista tiestöjen korjauskustannuksista. Kausivaihtelun takia kuljetustyöntekijöille maksetaan lisäksi vilkkaimpina kevättalven sesonkina ylityökorvausta ja kelirikkoaikana he taas tekevät vajaata viikkoa, josta joudutaan kuitenkin maksamaan ansiotakuun mukaisesti. Teiden painorajoitusten takia saatetaan joutua myös kuljettamaan vajaita kuormia. Raakapuukuljetusten optimointi on myös vaikeampaa välivarastoiden pienentyessä. Samalla kuljetusmatkat pidentyvät, kuljetusten nopeus hidastuu ja kalustovaurioita esiintyy enemmän teiden heikon kunnon johdosta (Venäläinen et al. 2017a, s. 27).

Kausivaihtelu, eli säiden ja olosuhteiden vaihtelu vuoden aikana, aiheuttaa puun toimitusketjuille 70 milj. euron lisäkustannukset vuodessa, josta kaukokuljetusten aiheuttaman yksityisteiden kunnossapidon osuus on noin 19 %. Puun hankintaorganisaatioiden ja Metsähallituksen maksamat yksityisteiden korjaus- ja aurauskustannukset ovat yhteensä 7,1 milj. €/v, joista korjauskustannusten osuus on 6,3 milj. €/v ja aurauskustannusten 0,8 milj. €/v (Venäläinen et al. 2017a, s. 24, 29).

Suomen kattavasta maantieverkosta suuri osa on lisäksi hyvin vähäisellä käytöllä ja alimpaan hoitoluokkaan kuuluukin noin 41 000 kilometriä tiestöä. Määrä on yli puolet Suomen maantieverkosta (Liikennevirasto 2017). Tämä aiheuttaa suuria ongelmia puun hankinnassa, varsinkin kun suuri osa hakkuualueista on juuri pienempien teiden varrella.

Olosuhdeongelmien ratkaisuun on etsitty vaihtoehtoja esimerkiksi virtuaalisesti olosuhteiden mukaan muuttuvien painorajoitusten, yksityisteiden kelirikkoennustedatan ja kaluston

kehittämisen avulla (Venäläinen et al. 2017a, s. 43). Suuri potentiaali tulevaisuutta ajatellen on Liikenneviraston pilottihankkeessa, ”Automaattisen tiedon tuotannon kokeilut tieverkon ennakoivassa kunnonhallinnassa”, jossa selvitettiin reaaliaikaisen tiestön kuntotiedon vaikutuksia kuljetusten tehostamiseksi. Pilotissa raakapuun kuljetuksista vastaaviin kuljetusvälineisiin sijoitettiin puhelinkamerat, jotka kuvasivat yleisesti käytettyjen kuljetusreittien kuntoa (Venäläinen et al. 2017c, s. 2). Tämän kaltaista dataa voidaan hyödyntää teiden kunnostusten kohdentamiseksi ja kuljetusten reittien sekä aikataulujen suunnittelemiseksi. Tulevaisuudessa vastaavasta järjestelmästä saadaan varmasti paljon hyötyä, jos dataa saadaan kerättyä vielä laajemmalla joukolla ja sille saadaan luotua toimiva palvelualusta, jonne tietoa voidaan jakaa ja josta sitä voidaan hyödyntää.

5.1.4 Esimerkkitehtaat Suomessa

Monipuolisista raakapuu kuljetuksista hyvänä esimerkkinä voidaan mainita pitkät perinteet omaava Lappeenrannan Kaukaan tehdas, jonne puutavaraa toimitetaan kaikilla kuljetusmuodoilla. UPM:n Kaukaan tehdas käyttää noin 5 miljoonaa kuutiota puuta, jota toimitaan autoilla, junilla, aluksilla ja uittamalla. Raakapuu tulee suurelta osin Itä-Suomesta noin 200 km säteeltä. Kaukaan tehdasintegraatti koostuu sellu- ja paperitehtaasta, sahasta, biovoimalaitoksesta sekä biojalostamosta. Tehdas valmistaa vuosittain 770 000 tonnia havu- ja koivusellua. Kaukaan tehtaasta tekee poikkeuksellisen se, että siellä sisävesien vesistökuljetukset ovat vielä yleisesti käytössä. Kaukas on Vuoksen vesistön yhteydessä, joten vesiteitse saadaan kuljetettua puutavaraa lähes koko Itä-Suomesta. Lisäksi Saimaan kanavan kautta on myös vesistöyhteys Venäjälle. (UPM Kaukas 2018).

Uittamalla Kaukaalle tuotiin vuonna 2016 150 000-200 000 kuutiota, joka on noin kymmenesosa tehtaalle tuotavasta havupuusta. Määrä on vähentynyt jatkuvasti, mutta uiton säilymisen Saimaalla turvaa Kaukaan vesivarasto, jonka etuna on puun säilyminen vedessä huomattavasti paremmin kuin maalla. Puuta tuodaan tehtaille entistä kauempaa ja pitkillä kuljetusmatkoilla uitto onkin erittäin edullinen ja vähäpäästöinen kuljetusmuoto. (Saimaalla hinataan tänä vuonna ennätysvähän uittopuuta— Joutsenon tehtaalle ei uiteta ollenkaan. Etelä-Saimaa 29.5.2016)

Merkittävin valmistuneista uusista tehdashankkeista on Metsä Groupin Äänekoskelle rakennuttama biotuotetehdas, jossa tuotanto aloitettiin vuonna 2017. Uudella tehdasalueella valmistetaan sellun lisäksi biokemikaaleja ja -tuotteita sekä uusiutuvaa energiaa. Tehdas tarvitsee 6,5 miljoonaa kuutiota puuta vuodessa. Biotuotetehtaalle tuodaan puuta kuitupuuna sekä hakkeena autoilla 150 kilometrin säteeltä. Pidemmät kuljetukset hoidetaan rautateitse. Päivittäin tehtaalle saapuu noin 240 rekallista ja 70 junavaunullista puuta. Toiminnan turvaamiseksi kelirikkoaikana on luotu 15 terminaalin verkosto, joka huolehtii varastoinnista ja tasaisesta puuvirrasta, olosuhteista riippumatta (Metsä Group tarvitsee Äänekosken biotuotetehtaalleen 6,5 miljoonaa kuutiota puuta vuodessa. Aarre 08.03.2017).

Yhteistyökumppanit hoitavat puun korjuun metsästä sekä kuljetukset terminaaleihin. Puiden kuljetukset terminaaleista tehtaalle hoitaa puolestaan kaksi yrittäjää kalustoineen. Tehtaan puutarpeesta vastaavat henkilöt neuvottelevat yrittäjien kanssa siitä, paljonko puuta tarvitaan ja mistä terminaaleista se haetaan (Eisto 2018).

6 RAAKAPUUKULJETUSTEN TULEVAISUUS

Raakapuun kuljetuksien suunnittelussa ja toteuttamisessa koetaan jatkossakin muutoksia ja haasteita. Päästötavoitteet, uudet investoinnit ja kansainvälinen kilpailu ovat tärkeimpiä teemoja, kun kuljetuksien tulevaisuutta ja kehityskohteita mietitään. Suomen on ympäristöolosuhteiden ja pitkien kuljetusmatkojen aiheuttamien haasteiden seurauksena pystyttävä kehittämään innovatiivisia ratkaisuja kuljetusten tehostamiseen. Tällä hetkellä isoimmat muutokset ja kehitysaskleet ovat tulossa maantiekuljetusten parissa. Kuljetusten kokoa kasvatetaan, joka johtaa suoriin kustannus ja ympäristösäästöihin, mutta aiheuttaa ongelmia suuremman kaluston heikomman ketteryyden takia. Rautatiekuljetusten suurin kehitystarve tulevaisuudessa, terminaali ja kuormauspaikkojen määräuudistuksen jälkeen, on kuljetustavan sisäisen kilpailun esteiden purkamisessa ja uusissa helpommissa tavoissa saada rautatieyhteys yhteensopivaksi Ruotsin kanssa, jotta kuljetukset Länteen onnistuisivat helpommin.

Euroopan unionin Suomelle asettama päästövähennystavoite, 39 % vuoteen 2030 mennessä, aiheuttaa painetta leikata erityisesti liikenteen ja kuljetussektorin päästöjä. Noin 40 % taakanjakosektorin päästöistä aiheutuu juuri liikenteestä, josta autoliikenteen osuus on 90 % (Tieyhdistys 2016). Lisää haastetta kemiallisen metsäteollisuuden kuljetuskustannusten ja päästöjen leikkaamiselle aiheuttaa jatkuvasti kasvava sellun ja kartongin kysyntä, joka puolestaan lisää raakapuukuljetusten tarvetta entisestään.

6.1 HCT-kuljetukset

Vuonna 2013 raskaiden tavarankuljetusajoneuvojen ja ajoneuvoyhdistelmien suurin sallittu massa nostettiin 60 tonnista 76 tonniin (Trafi 2013). Raakapuukuljetuksissa isompi 68- ja 76-tonninen kalusto on yleistynyt huomattavasti muutoksen jälkeen ja vuonna 2017 jo noin 90 % raakapuusta kuljetettiin metsistä tehtaalle suuremmalla kalustolla. Kaluston kokoa kasvattamalla pyritään tonnikohtaisiin päästövähennystavoitteisiin (Nietola 2017).

Kokeilu ja tutkimusmielessä Trafin poikkeusluvalla on viime vuosina otettu käyttöön HCT eli High Capacity Transport kalustoa. HCT-ajoneuvolla tarkoitetaan yli 25,25 metrin pituisia tai

yli 76 tonnia painavia yhdistelmiä. HCT-yhdistelmillä pyritään vähentämään kuljetuskertoja ja sitä kautta päästöjä sekä teiden rasiutusta (Metsäteho Oy 2018).

Suomen johtavien metsäteollisuusorganisaatioiden omistaman, tutkimus- ja kehitystyöhön erikoistuneen yrityksen, Metsäteho Oy:n, laskelmien mukaan HCT-yhdistelmillä saavutetaan kuljetettua kuutiota kohden jopa 15 %:n kustannussäästö, jos siirtokuormauksia ei huomioida. Siirtokuormausta tarvitaan kuitenkin usein, sillä suuret HCT-autot eivät usein pääse hakemaan puutavaraa suoraan metsästä kapeilta metsäautoteiltä. Tämä vähentää kustannussäästöjä, mutta haittoja voidaan kompensoida tehokkaalla terminaalitoiminnalla sekä käyttämällä kuljetuksiin valmiiksi täytettyjä vaunuja. Tulevaisuudessa HCT-kuljetusten todennäköisesti yleistyessä tavaraterminaaleja tarvitaan lisää. Autojen lastaamista varten joudutaan lisäksi suunnittelemaan siirtokuormausta paikkoja hakkuualueiden läheisyyteen. HCT-kuljetusten kilpailuetu paranee matkan pidentyessä. Tämä asettaa ne kilpailemaan rautatiekuljetusten kanssa. Erityisesti väleillä, joilla suoraa rautatieyhteyttä ei ole, on HCT-kuljetuksen potentiaali vahva. Raakapuun rautatiekuljetusten arvioidaankin vähentyvän 5–7 % HCT-yhdistelmien yleistymisen myötä (Metsäteho Oy 2017a).

84-tonninen HCT-kuljetus tuo vähintään 10 % kustannusedun kuljetusmatkasta riippumatta, jos kuljetus tehdään suoraan metsästä käyttöpaikalle. Terminaalien tai puutavaran siirtokuormausta paikkojen käyttö vähentää kustannusetuja, mutta terminaalien korkealla käyttöasteella ja valmiiksi kuormattujen vaunujen käytöllä voidaan pitää kustannusten nousu maltillisena. Suorien kuljetuskustannusten säästöjen lisäksi tarvitaan HCT-kuljetusten suosimiseen tällä hetkellä myös muita motiiveja, kuten henkilöstö- ja kalustoresurssien tasainen käyttö (Venäläinen et al. 2017b, s. 47).

6.2 CTI

Rengaspaineiden säätöjärjestelmä CTI on yleistymässä Suomen puutavara-autoissa. Järjestelmän avulla pystytään käyttämään tilanteeseen nähden sopivia rengaspaineita. Tällöin paineet saadaan sopimaan olosuhteeseen, kuorman suuruuteen ja ajonopeuteen. Rengaspainetta laskemalla voidaan kasvattaa auton renkaan kosketuspintaa tiehen jopa kolmanneksella ja

vähentää samalla tiekuormaa noin 11–17 % renkaan sijainnista riippuen. Vuonna 2015 CTI-järjestelmä oli käytössä 21:ssä puunkuljetus ajoneuvossa. (Siekkinen & Korpilahti 2015).

Säädettävillä rengaspaineilla raskaan liikenteen ajoneuvot voivat vähentää tiehen kohdistuvaa raskautta merkittävästi. Alennetuilla paineilla voidaan pienentää maanteiden kulutusuria jopa kolminkertaisesti. Lisäksi kiinnijuuttumisen riski laskee ja vetokyky ylämäissä paranee. Polttoaineenkulutuksessa CTI-järjestelmän käytöstä ei ole kuitenkaan havaittu merkittäviä muutoksia (Siekkinen & Korpilahti 2015). Liikennevirastolla on käynnissä kokeilu, jossa tällaisille CTI-järjestelmällä varustetuille autoille myönnetään poikkeuslupia myös kelirikon seurauksena painorajoitetuilla teillä ajamiseen (Liikennevirasto 2018a).

6.3 Tietotekniikka ja teknologia kuljetuksissa

Yritysten välisen tiedonvälityksen ongelmina ovat usein erilaiset toiminnanohjausohjelmat. Tämä puolestaan aiheuttaa ongelmia reaaliaikaisen kysyntätiedon välittämisessä. Näiden ERP-järjestelmien tiedonsiirto-ongelmien takia yrityksissä on yleistynyt malli, jossa ohjelmiston sijaan hankitaan palvelu ASP:lta (Application Service Provider) varastojen ja kuljetusten hallintaan. Toimivalla tiedonsiirrolla voidaan puun hankinnat ja kuljetukset suunnitella tarkemmin ja välttyään näin ylimääräiseltä käyttö- ja vaihtopääomalta (Ritvanen et al. 2011, s. 80-81).

Kuljetuserien yksityiskohtaisemman laatu- ja tilatiedon saamiseksi, pyritään erilaisten tunnistimien määrää tulevaisuudessa lisäämään. Metsäteollisuuden puunhankinnassa on jo nykyisin käytössä tarkkaa informaatiota sisältäviä järjestelmiä, joihin kuuluu useita tuotantolaitoksia, ajoneuvoja ja hakkuukoneita. Metsäkoneissa on tiedot kohdotehtaan vaatimuksista koon ja laadun suhteen, ja korjuutiedot päivittyvät myös automaattisesti järjestelmiin. Puupinojen määrä- ja sijaintitietoja voidaan hyödyntää kuljetusreittien optimoimiseen valtakunnallisesti, yli hankintarajojen, ja näin tyhjänä ajoa saadaan minimoitua. Kuljetusten saapuessa tehtaalle, puutavaran tiedot ja laatu kuitataan tietojärjestelmään (Ritvanen et al. 2011, s. 80-81).

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Metsäteollisuuden tulevaisuus Suomessa vaikuttaa positiiviselle. Globaalisti pyritään kohti ympäristöystävällisiä ratkaisuja, ja koska metsävarat luetaan uusiutuvaksi luonnonvaraksi, pidetään puuvalmisteita hyvänä vaihtoehtona energianlähteeksi sekä muovin korvaajaksi. Uusia puutuotteita kehitetään jatkuvasti erityisesti kemiallisen metsäteollisuuden sivutuotteista. Tämä yhdistettynä sellun kysyntähuipun kanssa lupaa hyvää kemialliselle metsäteollisuudelle.

Uusien innovaatioiden merkitys on tärkeää koko alalle. Vaikka Suomella onkin suhteellinen etu metsäteollisuudessa ja osaaminen täällä on maailman kärkeä, jäisi Suomi puhtaasti volyymia ja tuotantokustannuksia ajatellen helposti jalkoihin alhaisen jalostusarvon sellun tuotannossa. Sellun hinnan noustessa kysynnän kasvun myötä, mukaan tulee lopulta suuremmilla metsävaroilla tai pienemmillä tuotantokustannuksilla varustettuja kilpailijoita. Tällöin on yhä tärkeämpää, että sellua tuottaessa pystytään hyödyntämään tehokkaasti myös tuotannon sivutuotteita. Kartongilla pyritään paikkaamaan muovin osuutta erityisesti pakkausmateriaalina, ja puuta voidaan hyödyntää mahdollisesti tulevaisuudessa runsaammin myös muovia korvaavana puukomposiittina. Tuotannossa on siis pysyttävä jatkossakin laatukilpailun kärjessä.

Voimistunut sellun kysyntä ja sen seurauksena kansainvälisesti kiristyvä kilpailu lisäävät painetta kehitykseen kaikissa valmistuksen vaiheissa. Hankintakuljetukset ovat iso kustannuserä ja hankintakustannusten minimoimisen merkitys vain kasvaa kysynnän kasvaessa. Hankinnassa tärkeintä on kuitenkin turvata tuotannon sujuvuus ja siksi kustannusten lisäksi on huomioitava myös muita näkökulmia. Joustavuudesta on tullut tärkeä valinnan peruste ja sen seurauksena maantiekuljetukset ovat nousseet ylivoimaisesti suosituimmaksi kuljetustavaksi. Maantiekuljetusten hallitsevan aseman seurauksena painottui myös tässä työssä niihin liittyvien innovaatioiden ja ongelmien käsittely.

Suomessa suurin osa puunhankinnasta toteutetaan maantiekuljetuksilla, jonka mahdollistaa hyväkuntoinen ja kattava tiestö. Ongelmia aiheuttavat teiden kuluminen, olosuhteet sekä raskaan liikenteen haittavaikutukset muuhun liikenteeseen ja ympäristöön. Myös etäisyydet ja sijaintitekijät aiheuttavat haasteita, sillä pidemmillä kuljetusmatkoilla autokuljetusten kustannukset ovat suuret kuljetettuun määrään nähden. Tulevaisuudessa onkin tärkeää panostaa olosuhdetiedonkeruuseen puun hankinta-alueilla ja käyttää tätä dataa hyödyksi tehokkaammin

jo hakkuita suunniteltaessa. Tällöin hankintamatkoja voidaan lyhentää ja tiestövauriot vähenevät. Kollektiivisen tiestön kuntoseurantajärjestelmän luomiseksi tarvitaan jatkuvaa ja kattavaa tiedonkeruuta. Puutavaraliikenteen käyttämän tiestön kuntoa on myös yleisesti kehitettävä, sillä pienet vauriot muuttuvat nopeasti suuremmiksi, kun raskaat puutavarakuljetukset lähtevät liikkeelle. Teiden kestävyyttä parantavat myös säädettävällä rengaspainejärjestelmällä varustettu kuljetuskalusto ja kuljetuskertojen väheneminen HCT-kuljetusten yleistyessä. Vaikka HCT-kuljetusten suorista kustannussäästöistä ollaankin montaa mieltä, siirto- ja terminaalikustannusten mahdollisen kasvun takia, ovat säästöt teiden kunnostuskustannuksissa kiistattomia. Suuremmalla kalustolla saadaan myös yleistä liikennettä sujuvoitettua, kuljetuskertojen vähenemisen myötä. HCT-kuljetukset voivat myös haastaa rautatiekuljetuksia, sillä niiden avulla pystytään luomaan eräänlainen välivaihtoehto rautatiekuljetuksen ja perinteisen maantiekuljetuksen välille. HCT-kaluston metsävarastolle pääsyn haasteet pystytään paikkaamaan tehokkaalla terminaalitoiminnalla tai keskittämällä HCT-kuljetukset sellaisille hakkuualueille, joilla puut saadaan pinottua isomman tien laitaan. HCT kuljetukset voidaan myös ottaa käyttöön vain terminaalien ja tehtaan välille.

Rautatiekuljetuksillakin on puolensa. Kiskoilla liikkuva puutavara ei häiritse muuta liikennettä ja säästää teitä. Ongelmana on kuitenkin se, että puutavaran siirtoon tarvitaan joka tapauksessa autokuljetuksia. Rautatieverkostosta ei ole taloudellisesti järkevää rakentaa kattavampaa, sillä kiskoja ei kuitenkaan saada hakkuualueiden viereen. Rautatiekuljetuksia kannattaakin jatkossa keskittää vielä runsaammin tietyille pääyhteyksille. Näin säästetään terminaalien ja kiskojen ylläpitokuluissa ja saadaan puuta kuljetettua täysillä vaunumäärillä. Tällöin voidaan tärkeimmät rautatieyhteydet pitää mahdollisimman hyvässä kunnossa ja parantaa toimintavarmuutta entisestään. Ensimmäinen kilpailija raakapuun kuljetuksille on myös saatu ja rautatietoiminta tulee varmasti tehostumaan entisestään, kun kilpailua kasvaa alan sisällä sekä HCT-kuljetuksia vastaan. Metsäteollisuudenkin kannalta olisi merkittävää saada tulevaisuudessa rautatiekalusto yhteensopivaksi Ruotsin kanssa, mutta jää nähtäväksi tuleeko se onnistumaan kustannustehokkaasti.

Vesistökuljetusten rooli on nykyään melko pieni ja sellaiseksi se todennäköisesti jää myös tulevaisuudessa. Vesistökuljetuksilla on kuitenkin paikkansa ja esimerkiksi saarihakkuita on käytännössä mahdottomia toteuttaa muulla tavalla. Puutavaran hyvä säilyvyys vedessä ja toimitusten ekologisuus takaavat sen, että tehtaille, joille sijainnin puolesta on mahdollisuus

toimittaa puuta vesireittejä pitkin, tullaan todennäköisesti jatkossakin kuljettamaan raakapuuta jossain määrin. Vesistökuljetusta voidaan käyttää tällöin myös puskurivarastona, sillä suuren kertakuljetusmäärän takia puutavaraa jää yleensä ylimääräiseksi.

Kuljetussuunnittelu merkitys kasvaa entisestään kysynnän kasvaessa. Suurimmat ongelmat raakapuun kuljetussuunnittelulle aiheuttavat sijainti ja olosuhteet. Sijainti aiheuttaa haasteita lähinnä hakkuupaikkojen suhteen, sillä tehtaat on yleensä perustettu hyvien kulkuyhteyksien päähän. Etäinen maantieteellinen sijainti hankalassa paikassa estää käytännössä tällä hetkellä niin HCT-, vesistö- kuin rautatiekuljetuksenkin käytön. Rautatieverkon laajentaminen ei ole järkevää, joten HCT-kuljetus tulee jatkossa olemaan melko yleinen vaihtoehto pitkän matkan kuljetukseen. Niiden kannattavuuden takaamiseksi tarvitaan kuitenkin toimiva terminaalijärjestelmä tai toimiva kuormauspaikkojen kokonaisuus.

Suomen tieverkon laajuus on myös sen heikkous, sillä valtavan laajan tiestön kunnossapito on lähes mahdotonta. Olosuhteiden aiheuttamiin ongelmiin tullaan kuitenkin jatkossa varmasti kehittämään ratkaisuja, joilla voidaan parantaa raakapuukuljetusten toimintaa kokonaisuudessaan valtavasti. Ajantasainen, kattava ja helposti saatavissa oleva tiestön kuntotieto mahdollistaisi paremman kuljetussuunnittelun ja pienentäisi siten niin tiestön kuin kalustonkin vaurioita sekä vähentäisi varastoinnin tarvetta.

Kuljetuskustannukset muodostuvat hankintasuunnittelun valintojen seurauksena. Joustavammat kuljetukset ja pienemmät varastot johtavat kuljetuskustannusten kasvuun. Kuljetustapojen suhteelliset kustannukset voivat muuttua lähinnä kilpailutilanteen muuttuessa. Mahdollisia muutoksia kilpailutilanteessa voidaan nähdä HCT-kuljetusten yleistyttyä, mikä todennäköisesti aiheuttaa hinnanlaskupainetta rautatiekuljetuksille. Lisäksi rautateiden sisäisen kilpailun laajeneminen voi pudottaa kustannuksia lisää tulevaisuudessa. Kuljetusten tehostamisella ja kuljetuskustannuksia leikkaamalla saadaan yleensä myös ympäristöpäästöjen määrää supistettua.

LÄHTEET

Eisto, S. 2018. 240 puurekan päivätahti – näin Metsä Groupin biotuotetehtaan puuhuolto toimii. op.media. [Verkkodokumentti] Saatavissa: <https://op.media/teemat/Metsa/240-puurekan-paivatahti-nain-Metsa-Groupin-biotuotetehtaan-puuhuolto-toimii-c9f88aa2f8fb40789991980de2a22d92>

Karhunen, J., Pouri, R., Santala, J. 2004. Kuljetukset ja varastointi – järjestelmät, kalusto ja toimintaperiaatteet. WS Bookwell Oy. 437 s. 395

Kilpailun puute näkyy raiteilla. Turun Sanomat 7.4.2015 [Verkkajulkaisu] Saatavissa: <http://www.ts.fi/uutiset/talous/755104/Kilpailun+puute+nakyy+raiteilla>

Kuitupuulla on monta nimeä. Metsälehti 19.2.2018 [Verkkajulkaisu] Saatavissa: <https://www.metsalehti.fi/artikkelit/kuitupuulla-on-monta-nimea/>

Lehtonen, J-M. 2004. Tuotantotalous. Vantaa, Dark Oy. 292 s. (81, 98-99, 100)

Liikenne- ja viestintäministeriö. 2002. Tavaraliikenteen vapauttaminen kilpailulle Suomen rautateillä. [Verkkajulkaisu] Saatavissa: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/78363/1_21_2002.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Liikennevirasto. 2011. Rataverkon raakapuun terminaali- ja kuormauspaikkaverkon kehittäminen. [Verkkajulkaisu] Saatavissa: <https://www.liikennevirasto.fi/documents/20473/158035/Rataverkon+raakapuuterminaali+ja+kuormauspaikkaverkon+kehitt%C3%A4minen/8663af95-64a8-4e01-ac07-c3959a77a10c>

Liikennevirasto. 2017. Tieverkko. [Verkkodokumentti] Saatavissa: <https://www.liikennevirasto.fi/tieverkko#.W3l2f-gzZPZ>

Liikennevirasto. 2018a. Säädetävät rengaspaineet mahdollistavat puukuljetukset myös kelirikko aikaan. [Verkkodokumentti] Saatavissa: <https://www.liikennevirasto.fi/-/saadettavat-rengaspaineet-mahdollistavat-puukuljetukset-myo-kelirikko-aikaan#.W3mww-gzZPZ>

Liikennevirasto. 2018b. Rataverkko. [Verkkajulkaisu] Saatavissa: <https://www.liikennevirasto.fi/rataverkko#.W3lWhegzZPZ>

Liikennevirasto. 2018c. Kotimaan vesiliikennetilasto 2017. [Verkkajulkaisu] Saatavissa: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lti_2018-03_kotimaan_vesiliikennetilasto_web.pdf

Luonnonvarakeskus. 2017a. Ruoka ja luonnonvaratilastojen e-vuosikirja. [Verkkajulkaisu] Saatavissa: https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/540980/luke-luobio_81_2017.pdf?sequence=5

Luonnonvarakeskus. 2017b. Valtakunnan metsien inventointi: Puuston kasvu nousut edelleen – Pohjois-Suomessa metsät järeytyvät. [Verkkodokumentti] Saatavissa: <https://www.luke.fi/uutiset/valtakunnan-metsien-inventoinnin-tulosjulkistus-2017/>

Luonnonvarakeskus. 2018a. Kotimaisen raakapuun käyttö nousi ennätystasolle 2017. [Verkkodokumentti] Saatavissa: <https://www.luke.fi/uutiset/kotimaisen-raakapuun-kayttouusi-ennatystasolle-2017/>

Luonnonvarakeskus. 2018b. Tilastotietokanta. [Verkkodokumentti] Saatavissa: http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE_04%20Metsa_04%20Talous_08%20Metsateollisuuden%20puunkaytto/02_metsateol_puunk_toimialoittain.px/chart/chartViewColumn/?rxid=7fe3aec1-24ac-43b9-96c4-2b2ae8cf08dc

Metsä Group tarvitsee Äänekosken biotuotetehtaalleen 6,5 miljoonaa kuutiota puuta vuodessa. Aarre 08.03.2017 [Verkkajulkaisu] Saatavissa: <https://www.aarrelehti.fi/uutiset/mets%C3%A4-group-tarvitsee-%C3%A4%C3%A4nekosken-biotuotetehtaalleen-6-5-miljoonaa-kuutiota-puuta-vuodessa-1.181150>

Metsäntutkimuslaitos. 2012. Metsäteollisuus Suomessa. [Verkkajulkaisu] Saatavissa: <http://www.metla.fi/metinfo/kestavyys/SF-1-forest-industry.htm>

Metsäteho Oy. 2008. Uitto-opas. [Verkkajulkaisu] Saatavissa: http://puuhuolto.info/Uitto_opas/start.html

Metsäteho Oy. 2017a. Kuljetustalous. Puutavaran HCT-yhdistelmien tutkimus. [Verkkodokumentti] Saatavissa: <http://www.metsateho.fi/hct/>

Metsäteho Oy. 2017b. Puunkorjuu ja kaukokuljetus vuonna 2016. [Verkkodokumentti] Saatavissa: http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja_2017_01a_Puunkorjuu_ja_kaukokuljetus_vuonna_2016.pdf

- Metsäteho Oy. 2018. Puutavaran HCT-yhdistelmien kokeilut. Puutavaran HCT-yhdistelmien tutkimus. [Verkkodokumentti] Saatavissa: <http://www.metsateho.fi/hct/>
- Metsäteollisuus. 2017. Mitä teollisuuden kuljetukset odottavat tiestöltä. [Verkkojulkaisu] Saatavissa: https://www.tieyhdistys.fi/site/assets/files/1484/outi_nietola.pdf
- Metsäteollisuus. 2018. Massa- ja paperiteollisuus. [Verkkodokumentti] Saatavissa: <https://www.metsateollisuus.fi/tilastot/massa-ja-paperiteollisuus/>
- Metsäyhdistys. 2018. Sellu lujittaa muovikomposiitteja. [Verkkojulkaisu] Saatavissa: <https://www.smy.fi/tuotteet-palvelut/sellu-lujittaa-muovikomposiitteja/>
- Nietola, O. 2017. Mitä teollisuuden kuljetukset odottavat tiestöltä. Metsäteollisuus ry. [Verkkodokumentti] Saatavissa: https://www.tieyhdistys.fi/site/assets/files/1484/outi_nietola.pdf
- Pakkanen, E. & Leikola, M. 2011. Suomen metsien käytön historiaa. Toinen nide, Puut perille ja käyttöön. Helsinki: Metsäkustannus.
- Palander, T., Säynäjoki, T., Högnäs, T. 2006. Metsätieteen aikakauskirja. Puutavaran autokuljetuksen uudet organisointimallit. Metsäntutkimuslaitos. 18 s. (8) [Verkkodokumentti] Saatavissa: <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff06/ff061005.pdf>
- Paperin tuotanto Suomessa enää puolet huippuvuosista - kartonki ja sellu nousussa. Tekniikka&Talous 26.3.2018 [Verkkojulkaisu] Saatavissa: <https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/metsa/paperin-tuotanto-suomessa-ena-puolet-huippuvuosista-kartonki-ja-sellu-nousussa-6710472>
- Puuvirtojen kulku on optimoinnin tulos. Metsän henki 3.9.2014. 36 s. (33) [Verkkojulkaisu] Saatavissa: https://issuu.com/zeelandsociety/docs/metsan_henki_03_2014/33
- Puuhuolto. 2016a. Autokuljetus junaan. [Verkkojulkaisu] Saatavissa: <http://puuhuolto.fi/autokuljetusopas/kuljetusten-suoritus/autokuljetus-junaan/>
- Puuhuolto. 2016b. Kuljetusmuodot. [Verkkojulkaisu] Saatavissa: <http://puuhuolto.fi/autokuljetusopas/kaukokuljetus/kuljetusmuodot/>
- Puuhuolto. 2016c. Kuljetusten infrastruktuuriverkko. [Verkkojulkaisu] Saatavissa: <http://puuhuolto.fi/autokuljetusopas/kaukokuljetus/kuljetusten-infrastruktuuriverkko/>

Pöyry. 2016. Suomen metsäteollisuus 2015-2035. [Verkkodokumentti] Saatavissa: https://tem.fi/documents/1410877/2772829/P%C3%B6yry_Suomen+mets%C3%A4teollisuus+2015-2035.pdf/ac9395f8-8aea-4180-9642-c917e8c23ab2

Ritvanen, V., Inkiläinen, A., von Bell, A., Santala, J., Relander, S. 2011. Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet. Saarijärvi, Saarijärven Offset Oy. 252 s. (80-81, 107, 108)

Saimaalla hinataan tänä vuonna ennätysvähän uittopuuta— Joutsenon tehtaalle ei uiteta ollenkaan. Etelä-Saimaa 29.5.2016 [Verkkojulkaisu] Saatavissa: <https://esaimaa.fi/uutiset/lahella/f8b58876-69f2-41a4-a256-ff0f6a388636>

Sellun tuotanto ohitti paperin Suomessa. Tekniikka&Talous 7.2.2017 [Verkkojulkaisu] Saatavissa: <https://www.tekniikkatalous.fi/tpaiiva/sellun-tuotanto-ohitti-paperin-suomessa-6622013>

Siekinen, A., Korpilahti, A. 2015. CTI-järjestelmät vähentävät tiekuormitusta ja mahdollistavat ympärivuotiset puukuljetukset. Metsäteho Oy. [Verkkodokumentti] Saatavissa: <http://www.metsateho.fi/cti-jarjestelmat-vahentavat-tiekuormitusta/>

Solakivi, T., Ojala, L., Lorentz, H., Laari, S., Töyli, J. 2012. Logistiikkaselvitys. Liikenne- ja viestintäministeriö. s. 19 [Verkkodokumentti] Saatavissa: http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/78043/Julkaisuja_11-2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Teknologian tutkimus VTT Oy. 2018. VTT laati kehityspolut 2050-ilmastotavoitteisiin - Suomen kansantalous hyrräämään biotaloudella. [Verkkodokumentti] Saatavissa: <https://www.vtt.fi/medialle/uutiset/vtt-laati-kehityspolut-2050-ilmastotavoitteisiin-suomen-kansantalous-hyrr%C3%A4m%C3%A4n-biotaloudella>

Tieyhdistys. 2016. Miten liikenteen päästövähennystavoitteet saavutetaan? [Verkkodokumentti] Saatavissa: <https://www.tieyhdistys.fi/uutiset/miten-liikenteen-paastovahennystavoitteet-saavutetaan/>

Trafi. 2013. Rekkojen massojen ja mittojen korotus ei tuo liikennevirtaan näkyviä muutoksia. [Verkkodokumentti] Saatavissa: https://www.trafi.fi/trafi/ajankohtaista/2326/rekkojen_massojen_ja_mittojen_korotus_ei_tuo_liikennevirtaan_nakyvia_muutoksia

Tulli. 2017. Metsäteollisuuden ulkomaankauppa. [Verkkodokumentti] Saatavissa: <https://tulli.fi/documents/2912305/3436465/Mets%C3%A4teollisuuden+ulkomaankauppa+vuonna+2017%281-8%29/8233fcd1-d6e1-4f82-a53b-ddb32d140454?version=1.0>

UPM Kaukas kotisivu. 2018 [Verkkosivu] Saatavissa: <https://www.upmpulp.com/fi/upm-kaukas/>

Venäläinen, P., Alanne, H., Ovaskainen, H., Poikela, A., Strandström, M. 2017a. Kausivaihtelun kustannukset ja vähentämiskeinot puun toimitusketjussa. Metsäteho Oy. 76 s. (24, 27, 29, 43) [Verkkodokumentti] Saatavissa: http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja_2017_08_Kausivaihtelun-kustannukset.pdf

Venäläinen, P., Aalto, M., Heljanko, E., Hilmola, O-P., Korpinen, O-J., Ovaskainen, H., Pesonen, M., Poikela, A. 2017b. Terminaalitoiminnot energiatehokkaassa puutavaralogistiikassa. Metsäteho Oy. 80 s. 47 [Verkkodokumentti] Saatavissa: http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Raportti_242_Terminaalitoiminnot_energiatehokkassa_puutavaralogistiikassa_T3.pdf

Venäläinen, P., Raatevaara, A., Hämäläinen, J., Strandström, M., Pihlajisto, I., Melander, M., Hienonen, P. 2017c. Tilannekuva ja automatisoitu tiedonkeruu metsäsektorin kuljetuksista. Metsäteho Oy & Vionice Oy & Liikennevirasto. 24 s. 2 [Verkkodokumentti] Saatavissa: http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja_2017_07_Tilannekuva_ja_automatisoitu_tiedonkeruu.pdf

VR:n yhdysliikenteen monopoli päättyy neljän viikon kuluttua. Etelä-Saimaa 26.11.2016 [Verkkojulkaisu] Saatavissa: <https://esaimaa.fi/uutiset/lahella/5b7c315d-60b6-4caa-8737-a036038e5475>

Välke, T. 2014. Rataverkon raakapuun terminaali- ja kuormauspaikkaverkon kehittäminen. Liikennevirasto. [Verkkodokumentti] Saatavissa: <https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/rataverkon-raakapuun-terminaaliverkon-kehittaminen-valke.pdf>