

# **Aines- ja energiapuun kaukokuljetuksen tulevaisuuden haasteet ja teknologiat**

Kari Väätäinen, Perttu Anttila, Juha Laitila, Yrjö Nuutinen ja  
Antti Asikainen

Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research Institute -sarjassa julkaistaan tutkimusten ennakkotuloksia ja ennakkotulosten luonteisia selvityksiä. Sarjassa voidaan julkaista myös esitelmiä ja kokouskoosteita yms.

Sarjan julkaisut ovat saatavissa pdf-muodossa sarjan Internet-sivuilta.

<http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/>  
ISSN 1795-150X

**Toimitus**

PL 18  
01301 Vantaa  
puh. 029 532 2111  
faksi 029 532 2103  
sähköposti [julkaisutoimitus@metla.fi](mailto:julkaisutoimitus@metla.fi)

**Julkaisija**

Metsäntutkimuslaitos  
PL 18  
01301 Vantaa  
puh. 029 532 2111  
faksi 029 532 2103  
sähköposti [info@metla.fi](mailto:info@metla.fi)  
<http://www.metla.fi/>

|  |                        |  |                          |
|--|------------------------|--|--------------------------|
| <b>Tekijät</b><br>Kari Väätäinen, Perttu Anttila, Juha Laitila, Yrjö Nuutinen & Antti Asikainen  |                        |  |                          |
| <b>Nimeke</b><br>Aines- ja energiapuun kaukokuljetuksen tulevaisuuden haasteet ja teknologiat  |                        |  |                          |
| <b>Vuosi</b><br>2014   | <b>Sivumäärä</b><br>31 | <b>ISBN</b><br>978-951-40-2470-2 (PDF) | <b>ISSN</b><br>1795-150X |
| <b>Yksikkö / Tutkimusohjelma / Hankkeet</b><br>Joensuun toimipaikka / PUU-ohjelma / Uudet logistiset ratkaisut teollisuuden puunhankinnan turvaamiseksi; ENERWOODS   |                        |  |                          |
| <b>Hyväksynyt</b><br>Henrik Heräjärvi, PUU-ohjelman johtaja, 27.03.2014  |                        |  |                          |
| <b>Tiivistelmä</b><br><p>Viime vuosina aines- ja energiapuun kuljetuksiin on kohdistunut paljon muutostekijöitä. Metsäteollisuuden rakennemuutos on osaltaan käynnistänyt tarpeen toteuttaa kustannustehokkuutta parantavia uudistuksia kaukokuljetukseen. Uudistuksista merkittävimpana esimerkkinä on ollut lokakuun alussa 2013 voimaantullut lakiasetus maantiekuljetuskaluston suuremmista enimmäismassoista ja -mitoista.</p> <p>Tutkimuksessa kartoitettiin kyselyin ja ja haastatteluin kaukokuljetuksen nykytilaa ja tulevaisuuden haasteita sekä etsittiin ratkaisuja aines- ja energiapuun kaukokuljetuksen kehittämiseksi Suomessa. Tietoa haettiin henkilöiltä, jotka toimivat aines- ja energiapuun kuljetuksessa, puunhankinnan organisoimisissa, kuljetuskaluston myynnissä, huollossa ja valmistuksessa sekä toimialaan liittyvässä tutkimus- ja kehitystyössä.</p> <p>Kyselytutkimuksessa havaittiin, että suurimpia ongelmia kustannustehokkaan kaukokuljetuksen näkökulmasta olivat polttoaineen hinta ja sen verotus, ammattitaitoisten kuljettajien rekrytoiminen alalle ja kuljetusverkon kunto ja kunnossapito. Lisäksi todettiin, että teiden kunnan ylläpidon parantamisella saataisiin eniten vastetta aines- ja energiapuun kaukokuljetuksen tehostamiseen. Vastauksissa korostui valtiovallan ja EU:n laatimien päätösten ja asetusten suuri merkitys kestäväälle ja kehittyvälle tavaraliikenteelle. Valtiovallan toivottiin tekevän kuljetusten erityispiirteitä huomioon ottavia, niitä tukevia ja pitkäkestoisia päätöksiä. Puunhankinnan kausivaihtelun tasaamisella olisi myös suuri merkitys aines- ja energiapuun kaukokuljetusten tehostamisessa.</p> <p>Asiantuntijahaastatteluissa tärkeimmäksi kehittämiskohdaksi osoittautui kuljetuskaluston teknologiakehitys kohti suurempia hyötykuormia. Kuljetuksenohjausjärjestelmillä koettiin olevan tarvetta ja potentiaalia kuljetusten tehostamisessa. Haastatteluissa vastaajat painottivat kokonaislogistiikan merkitystä kuljetustoiminnan kehittämässä ja sitä, kuinka logistiikkaketjun eri osat saadaan saumattomasti ja tehokkaasti toimimaan aines ja energiapuun hankinnassa. Tarkasteluissa logistiikkaan liitettiin olennaisena osana biomassaterminaalit, niiden merkitys kaluston käyttöasteen kasvattamisessa ja toiminnan tasaamisessa vuoden ympäri, sekä raaka-aineen saannin varmistamisessa loppukäyttöön.</p> <p>Tärkeimpänä tulevaisuuden haasteena on tieverkoston rapautumisen estäminen ja tieverkon liikennöitävyyden kehittäminen tilaan, joka sallii kuljetuskaluston suuremmat kokonaispainot ja korkeudet. Tämä tulee vaatimaan suurimmat ponnistukset tulevaisuudessa, muutoin kehitysratkaisujen tarjoamat hyödyt jäävät käyttämättä täysimääräisinä.</p> |                        |  |                          |
| <b>Asiasanat</b><br>Kaukokuljetus, autokuljetuskalusto, kustannustehokkuus, kehittämiskohteet, teknologiakehitys, kyselytutkimus   |                        |  |                          |
| <b>Julkaisun verkko-osoite</b><br><a href="http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2014/mwp291.htm">http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2014/mwp291.htm</a>  |                        |  |                          |
| <b>Tämä julkaisu korvaa julkaisun</b>  |                        |  |                          |
| <b>Tämä julkaisu on korvattu julkaisulla</b>   |                        |  |                          |
| <b>Yhteydenotot</b><br>Kari Väätäinen, Metsäntutkimuslaitos, Itä-Suomen alueyksikkö, Yliopistokatu 6, PL 68, 80101 Joensuu<br>Sähköposti: kari.vaatainen@metla.fi  |                        |  |                          |
| <b>Muita tietoja</b><br>Taitto: Anne Siika/Metla   |                        |  |                          |

|   |                    |  |                          |
|---|--------------------|--|--------------------------|
| <b>Authors</b><br>Kari Väättäin, Perttu Anttila, Juha Laitila, Yrjö Nuutinen & Antti Asikainen  |                    |  |                          |
| <b>Title</b><br>Future challenges and technologies of transportation of industrial roundwood and energywood   |                    |  |                          |
| <b>Year</b><br>2014   | <b>Pages</b><br>31 | <b>ISBN</b><br>978-951-40-2470-2 (PDF) | <b>ISSN</b><br>1795-150X |
| <b>Regional Unit / Research programme / Projects</b><br>Eastern Regional Unit / Renewing wood product value chains and timber procurement solutions (PUU) / New logistic and technology innovations in wood procurement of forest industry; ENERWOODS   |                    |  |                          |
| <b>Accepted by</b><br>Henrik Heräjärvi, Coordinator of PUU-programme, 27.03.2014  |                    |  |                          |
| <b>Abstract</b><br><p>The operating environment of transportation of both industrial roundwood and energywood has changed a lot in Finland during the last years. The structural changes in forest industries, increasing transport distances in energy wood supply and poor profitability of transport sector are motivating a search for savings in wood transport. At the same time, e.g., the increasing fuel costs, the European Commission directive on lowering the sulphur content of maritime transport fuels, increasing transport distances of energywood, decreasing condition of the road network, and increasing need of labour and entrepreneurs on the transport sector are affecting to the opposite direction. An example of a recent counter measure is the government decree to increase the maximum weight and length of trucks. The aim of this study was to survey the present state as well as future challenges of transportation of industrial roundwood and energywood and potential technologies to meet the challenges.</p> <p>The first phase of the study consisted of an enquiry sent to four different respondent groups: transport entrepreneurs, timber procurement companies, forest and energy industries and other experts. The numbers of respondents in the respondent groups were five, five, three and two, respectively. The respondents were asked to quantify a set of factors with respect to how big problems are seen in transport presently and the development potential of another set of factors. In the second phase altogether ten experts working with the development of transport sector or manufacturing of machines were inter-viewed on the future technologies and their drivers and barriers. The emphasis on both phases was on road transport, but also rail and waterway transports were analysed.</p> <p>All the 31 factors describing the present problems were seen to be at least a minor problem by the respondents in the enquiry. On average, the top three problems were the price and taxation of fuel, lack of drivers and the poor condition of the road network. The transport entrepreneurs rated especially fuel price, the level of charges and the investment costs as the most important problems. The factors having the biggest development potentials were improvement of the maintenance of the road network, balancing seasonal fluctuations and governmental measures to develop the transport sector.</p> <p>The expert interviews highlighted the technological development to increase load sizes. The experts also saw development potential in transport management systems and biomass terminals. Control of the whole logistic chain was considered to be important: without that new technological innovations may not improve the efficiency of the whole system.</p> <p>A prerequisite for acceptance of new technologies is their potential for cost savings and the payback time. A wish to government is to make long-lasting and persevering decisions. Also the experts noted that the poor condition of the road network is increasing transport costs.</p> |                    |  |                          |
| <b>Keywords</b><br>transportation, machinery, cost efficiency, development needs, technological development, survey   |                    |  |                          |
| <b>Available at</b><br><a href="http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2014/mwp291.htm">http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2014/mwp291.htm</a>  |                    |  |                          |
| <b>Replaces</b>   |                    |  |                          |
| <b>Is replaced by</b>   |                    |  |                          |
| <b>Contact information</b><br>Kari Väättäin, Finnish Forest Research Institute, Yliopistokatu 6, P.O. Box 68, FI-80101 Joensuu<br>Email: kari.vaatainen@metla.fi  |                    |  |                          |
| <b>Other information</b><br>Layout: Anne Siika/Metla  |                    |  |                          |

## Sisältö

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 Johdanto .....</b>  | <b>6</b>  |
| 1.1 Tausta.....  | 6         |
| 1.2 Tavoitteet .....   | 8         |
| <b>2 Aineisto ja menetelmät .....</b>                                      | <b>9</b>  |
| <b>3 Tulokset.....</b>   | <b>10</b> |
| 3.1 Kuljetusten nykytila ja haasteet.....                                  | 10        |
| 3.2 Tulevaisuuden tarpeet ja kehityskohteet .....                          | 12        |
| 3.3 Tulevaisuuden teknologiat sekä kehityksen ajurit ja esteet.....        | 14        |
| 3.3.1 Tulevaisuuden teknologiat ja logistiset ratkaisut .....              | 14        |
| 3.3.2 Kehityksen liikkeelle panevat voimat sekä kehityksen esteet .....    | 18        |
| 3.3.3 Painopisteet teknologian kehittämisessä ja uuden tiedon lähteet..... | 19        |
| <b>4 Tulosten tarkastelu.....</b>  | <b>21</b> |
| 4.1 Aineisto ja menetelmät .....   | 21        |
| 4.2 Tulokset.....  | 22        |
| <b>Kirjallisuus .....</b>  | <b>26</b> |
| <b>Internetlähteet .....</b>   | <b>29</b> |
| <b>Liitteet.....</b>   | <b>30</b> |

## 1 Johdanto

### 1.1 Tausta

Kaukokuljetus on merkittävä osa puuhuollon kokonaisketjua kannolta puujakeiden loppukäyttöpaikalle. Jo viisi vuosikymmentä autokuljetus on ollut ainespuun merkittävin kuljetusmuoto (Strandström 2013a). Sitä ennen kuusikymmentäluvun puoliväliin asti puutavaran vesitiekuljetus oli vallitseva kuljetusmuoto. Ainespuun rautatiekuljetus on puolestaan vakiinnuttanut asemansa pitkien matkojen kuljetuksissa. Vuonna 2012 kuljetusosuudet olivat kotimaisen ainespuun kokonaiskuljetusmääristä 75,2 % autokuljetusta, 21,5 % rautatiekuljetusta, 1,7 % aluskuljetusta ja 1,6 % uittoa (Strandström 2013b). Vastaavasti keskikuljetusmatkat olivat 109 km autokuljetukselle, 325 km rautatiekuljetusketjulle ja 302 km vesitiekuljetusketjulle (Strandström 2013a). Metsäenergiaositteiden kuljetuksessa autokuljetuksella toteutetaan lähes kaikki kuljetukset. Pieniä eriä hakkuutähdepaaleja, kantoja ja metsähaketta on kuljetettu myös rautateitse ja aluskuljetuksella (Routa & Ranta 2012). Rauta- ja vesitiekuljetuksiin kuuluu olennaisena osana puutavaran autokuljetus junaan, ratapihoille, uittoon tai alukseen.

Metsäteollisuus on globaali toimiala ja Suomessa voimakkaasti vientipainotteinen. Siten liiketoiminnan kannattavuus on suoraan riippuvainen metsäteollisuustuotteiden maailmanmarkkinahinnoista tuotantokustannusten ohella. Maailmantalouden pitkään jatkunut matalasuhdanne, painopaperin kysynnän lasku ja lisääntynyt kilpailu metsäteollisuustuotteiden markkinoista ovat laskeneet markkinahintoja, eikä kasvaneita tuotantokustannuksia ole voitu siirtää täysimääräisesti tuotteiden hintoihin. Koko tuotantoketjussa on jouduttu toteuttamaan sopeuttamistoimia ja miettimään uusia toimintamalleja kansainvälisessä kustannuskilpailussa pärjäämiseksi (Niskanen ym. 2008). Painopapereiden kysynnän ja hintojen lasku yhdessä Venäjän raakapuun tuontitullien noston kanssa käynnistivät mittavat metsäteollisuuslaitosten uudelleenjärjestelyt Suomessa. Viiden vuoden aikana sellun, paperin ja sahatavaran tuotantoa leikattiin noin 10 miljoonan raakapuukuutiometrin edestä vuodesta 2007 alkaen (Aarne 2013). Kotimaan puun käytön suhteellinen osuus kasvoi tuontipuuhun nähden Venäjän puuntuonnin romahdettua.

Viimeisten vuosien aikana kuljetuslogistiikka on elänyt murrosvaihetta. Kuljetuksiin on kohdistunut useita samanaikaisia muutospaineita erityisesti kuljetusten kustannusnousun hillitsemisen osalta, mutta myös yrittäjyydessä tapahtuneiden ja pian tapahtuvien muutosten myötä. Erityisesti metsäteollisuuden ongelmat ovat käynnistäneet tarpeen toteuttaa kustannustehokkaita uudistuksia kaukokuljetukseen. Uudistuksista merkittävimpänä esimerkkinä on ollut lokakuun alussa 2013 voimaantullut lakiasetus maantiekuljetuskaluston suuremmista enimmäismassoista ja -mitoista (Valtioneuvoston asetus... 2013).

Tieverkoston kunto on heikentynyt jo pitkään. Syynä tähän on tiemäärärahojen väheneminen sekä tieverkoston huoltamisen kustannusten kasvu (Rakennetun omaisuuden... 2013). Tieverkoston korjausvelka on voimakkaassa kasvussa. On myös todettu, että ajoneuvojen suuremmat massat vaativat nykyistä parempikuntoisen tieverkon (Tieverkon rajoitukset... 2014). Asiantuntijoiden mukaan tieverkon kunnan jatkuva heikkeneminen heikentää alkutuotannon ja teollisuuden kilpailukykyä merkittävästi, sillä ongelmat alemman tieverkon kunnossa ja kantavuudessa nostavat logistiikkakustannuksia ja alentavat koko logistisen ketjun toimintavarmuutta (Puunhuoltoa turvaavan infrastruktuurin... 2011). Samalla lykätty tiekorjaukset tulevat kaiken aikaa kalliimmiksi myöhemmin toteutettuna. Tulevaisuudessa puuhuollon kannalta haasteellinen kelirikkoaika pitkittyy tiestön kunnan edelleen heiketessä (Malinen ym. 2012). Nousiaisen (2012) tutkimuksessa puutavaran autokuljetuksen suurimmaksi pullonkaulaksi kuljetusyrittäjät kokivat tiestön talvihoi-

don, johon sisältyi lumien ja lumipolanteiden poisto ja liukkauden poisto. Seuraavina merkittävinä ongelmakohteina oli mainittu teiden kantavuus ympärivuotisesti ja päällysteiden ja pintausten kunto (Nousiainen 2012). Myös Taipaluksen (2013) Metsäalan Kuljetusyrittäjille kohdistetussa jäsenyytyväisyytutkimuksessa alempiasteisen tieverkon kunto ja hoito oli seuraavaksi merkittävintä ongelma toimialan kannattavuuden jälkeen.

Puutavaran kuljetusyrittäjät ovat olleet perinteisesti pieniä perheyrittäjiä, mutta suuntaus suurempiin yksikkökokoihin ja alan keskittymiseen on jatkunut jo vuosikymmenen ajan ja yritystoimintaan on tullut aiempaa enemmän vastuita ja tehtäviä (Ala-Fossi ym. 2005, Niemelä ym. 2005, Soirinsuo & Mäkinen 2010). Puutavaran kuljetusyrittäjät ovat keski-ikänsä yli 50-vuotiaita ja keski-ikä on kaiken aikaa nousussa (Kuljetusyrittäjien asenteet... 2013). Useat kuljetusyrittäjät ovat tilanteessa, jossa etsitään yritystoiminnalle jatkajaa. Kannattava yritystoiminta on edellytys uusien ja vastuuvaihdosten myötä jatkavien yritysten muodostumiseen. Yritysten kokonaismäärä on vähentynyt samalla kun keskimääräinen yrityskoko on kasvanut (Soirinsuo & Mäkinen 2010). Ammattitaitoisen työvoiman saanti on ollut myös vaikeaa ja kuljettajan työn heikko arvostus näkyy ongelmina kuljettajarekrytoinneissa (Taipalus 2013).

Kuljetuspolttoöljyjen nimellishintojen nousu lähes kaksinkertaiseksi vajaan kymmenen vuoden aikana sekä samalla tapahtuneet nopeat hinnan muutokset ovat tuoneet polttoaineen hintatekijän aiempaakin merkittävämmäksi kustannustekijäksi kuljetuskustannuksissa (Kuluttajanhintaseuranta... 2013). Vuonna 2012 polttoaineveron nosto yhdessä kuljettajien palkankorotusten kanssa nostivat kuljetuskustannuksia voimakkaasti eivätkä kuljetushinnat seuranneet mukana tapahtunutta kustannusmuutosta (Kovat hinnankorotuspaineet... 2012).

EU:n laatiman rikkidirektiivin voimaantulo Itämeren merikuljetuksiin (Communication from... 2011) heikentää vientiteollisuuden kilpailukykyä jatkossa, joten kustannussäästöjä on haettava laajemmin eri osista hankinta- ja tuotantoketjua. On arvioitu, että rikkidirektiivin myötä merirahtien hinnat voivat nousta jopa 30–50 prosenttia, kun siirrytään vähäisempiä päästöjä aiheuttavaan polttoaineeseen (Bondas 2012). Rikkidirektiivi astuu voimaan SECA (Sulphur Emission Control Area) -alueilla (johon Itämeri kuuluu) 1.1.2015, jolloin kuljetuspolttoaineen rikkipitoisuusraja putoaa kymmenesosaan nykyisestä 1,0 prosentista (Routa & Kämäräinen 2011). On arvioitu, että rikkidirektiivi nostaa metsäteollisuuden merikuljetuskustannuksia vähintään 200 miljoonaa euroa vuodessa (Nietola 2013).

Rautateiden tavaraliikenne avattiin kilpailulle Suomessa EU-lainsäädännön mukaisesti 1.1.2007 (Rautatielaki 2006). Valtio on linjannut uusimmassa liikennepoliittisessa selonteossa, että rautatieliikenteen osuutta tulee kasvattaa (Kilpailukyky... 2012). Myös metsäteollisuus yhdessä muiden toimijoiden kanssa on tukemassa puutavaran rautatiekuljetusten kasvattamista nykyistä suuremmaksi viemällä eteenpäin muun muassa koko maan kattavan terminaali- ja kuormauspaikkaverkoston rakentamista (Kohti tehokkaampaa... 2012). Toistaiseksi VR:n lisäksi muita toimijoita ei vielä ole, vaikka kuljetussopimuksia on jo toteutettu (Mattila 2013). Uusien toimijoiden tulo tavaraliikenteen rautatiekuljetuksiin on osoittautunut hankalaksi, sillä kuljetusten käynnistämisen teknisinä esteinä ovat olleet kuljetuskaluston hankinnan haasteet: kalleus, muista maista poikkeava raideleveys sekä muun rautatie-infran ja olosuhteiden erityisvaatimukset (Kolehmainen ym. 2009). Lisäksi VR on ollut haluton vuokraamaan käytössä olevaa tai myymään käytettyä vetokalustoa muille toimijoille (Kasurinen & Kirsi 2012). On arvioitu, että tavaraliikenteen kilpailun käynnistyminen käytännössä pudottaisi kuljetuskustannuksia muun muassa siksi, että olemassa olevan kaluston, rataverkoston ja ratapihojen käyttöasteet kasvaisivat ja niiden ylläpidon kustannukset jakautuisivat eri toimijoiden kesken (Iikkanen ja Sirkiä 2011).

Vesitieliikenteen osuus puutavaran kaukokuljetuksesta on säilyttänyt asemansa viime vuosikymmeninä. Erityisesti aluskuljetuksien osuutta on pyritty kasvattamaan ja liikennöinnin kehittämiseksi on toteutettu useita tutkimus- ja kehittämishankkeita. Aluskuljetuksia on laajennettu myös metsähakkeen kuljetuksiin Saimaan vesistöalueella. Kuljetusten kilpailukykyä pitkillä kuljetusmatkoilla pystytään edelleen parantamaan uusilla logistisilla järjestelyillä, satamatoimintojen tehostamisjärjestelyillä, kalustoratkaisuilla sekä ympärivuotisella kuljetustoiminnalla (Sikiö & Salanne 2008, Karttunen ym. 2012, Sorsa 2013, Väättäinen & Laitila 2014). Sisävesikuljetusten tulevaisuus riippuu kuitenkin kustannustehokkuudesta ja kuljetusten varmuudesta sekä siitä, miten ne soveltuvat logistiikkajärjestelmään ja asiakkaiden tarpeisiin (Sikiö & Salanne 2008). Aluskuljetukset tarjoavat ainoana kuljetusmuotona mahdollisuuden kuljettaa kappale- ja irtotavaraa samalla kalustolla, mikä antaa meno-paluu kuljetuksille hyvät edellytykset (Sikiö & Salanne 2008).

Energiapuun käytön lisäämisen tavoitteet ja niihin kohdistuneet panostukset realisoituvat tulevaisuudessa suurempina energiapuun kuljetusmäärinä ja siten kuljetusyrittäjien, -kaluston ja kuljettajien suurempana tarpeena. Kärhän ym. (2009) tutkimuksessa arvioitiin metsäenergiajakeiden tuotannon ja kuljetuksen kalusto ja työvoimatarvetta vuoteen 2020. Arvion mukaisesti kuljetuskalustotarpeen lisäys vuoden 2008 arvosta olisi 3,3–4 -kertainen, jos metsäenergian tuotanto ja käyttö olisi 25–30 TWh vuodessa Suomessa. Vuonna 2012 metsähakkeen käyttö oli 15 TWh (Ylitalo 2013). Arvioissa kuljetustarve laskettiin pelkästään autokuljetukselle, jonka osuutta vähentäisi muiden kuljetusmuotojen käytön lisäys. Teknologia- ja työmenetelmäkehitys vähentävät kuljetuskaluston arvioitua lisäystarvetta, toisaalta suuremman energiamäärän hankinta edellyttää biomassojen hankintaa pidemmiltä kuljetusmatkoilta (Kärhä ym. 2009).

Kuljetuskalustossa ja kuljetusten hallinnan ja ohjauksen järjestelmissä on tapahtunut kehitystä ja selkeänä tavoitteena on ollut kasvattaa kuljetuskaluston käyttöastetta ja kuljetusmääriä moniasiakkuuden ja meno-paluu kuljetusten avulla (Kohti tehokkaampaa... 2012, LogForce...2014). Autoihin on tullut mm. polttoainetaloudellisempia moottoreita ja auton omamassaa on saatu kevennettyä uusilla materiaaleilla. Renkaiden liikevastuskitkaa on saatu vähennettyä ja siten polttoaineen kulutusta vähennettyä. Kuljetusten ohjausjärjestelmiä on kehitetty ja kuljettajaa opastavia elementtejä on tullut ajojärjestelmiin. Tutkimus- ja kehitystyö on jatkuvaa ja uusia innovaatioita välittyy myös muilta aloilta kuljetukseen. Mikä on suunta tulevaisuudessa ja millaisilla ratkaisuilla saataisiin toimialaa vietyä kilpailukykyisesti eteenpäin? Mihin kehityksessä pitäisi ensisijaisesti keskittyä? Esitettyihin kysymyksiin vastaaminen tarjoaa tietoa myös tutkimus- ja kehityspanosten suuntaamiselle.

## 1.2 Tavoitteet

Tutkimuksen päätavoitteena on kartoittaa kysely- ja haastattelututkimuksen keinoin kaukokuljetuksen nykytilaa ja tulevaisuuden haasteita ja ratkaisuja aines- ja energiapuun kaukokuljetuksen kehittämisessä Suomessa. Tavoitteena on lisäksi osoittaa niitä teknologisia kehityskohtia, joilla koetaan olevan suurimmat vaikutukset aines- ja energiapuun kaukokuljetuksen kustannustehokkuuden parantamisessa. Tutkimus kohdistuu pääasiassa autokuljetukseen.



## 2 Aineisto ja menetelmät

Tutkimusaineisto kerättiin kaksivaiheisesti kysely- ja haastattelututkimuksilla, joissa kysely- ja haastatteluosiot kohdistuivat eri vastaajaryhmiin. Kyselytutkimus kohdistettiin kaukokuljetuksessa toimiviin, hankintaketjussa mukana oleviin ja kaukokuljetuksen tilaan vaikuttaviin henkilöihin ja asiantuntijoihin neljästä eri vastaajaryhmästä, jotka olivat a) kuljetuksen toteutus (kuljetusyritykset), b) hankinnan organisointi ja logistiikan hallinta (metsäyhtiöt), c) asiakkaat (metsäteollisuuslaitokset ja voimalaitokset) sekä d) muut asiantuntijat (etujärjestöjen edustajat, tutkijat tms.). Kysely jakautui kolmeen pääkohtaan: A. Yrityksen koko, B. Kuljetusten nykytila ja haasteet, sekä C. Tulevaisuuden tarpeet ja kehityskohteet.

Kaukokuljetuksen nykytilaa ja haasteita selvitettiin kyselytutkimuksessa hakemalla jokaiseen esitettyyn tekijään vastaajan näkemystä siitä, kuinka merkittävänä ongelmana kutakin tekijää pidettiin kustannustehokkaan kuljetustoiminnan näkökulmasta. Vastaavasti kaukokuljetuksen tulevaisuuden tarpeita ja kehityskohteita selvitettiin kysymällä, kuinka suuri merkitys esitetyillä tekijöillä on aines- ja energiapuun kuljetusten parantamisessa tulevaisuudessa. Kysymykset olivat monivalintakysymyksiä, joissa vastausvaihtoehdot oli rajattu viisiportaiselle tasaväliselle luokittelusteikolle. Asteikon ääripäinä olivat joko vastausvaihtoehdot 1 = ”ei ongelma” ja 5 = ”erittäin merkittävä ongelma” tai 1 = ”ei merkitystä” ja 5 = ”erittäin suuri merkitys”.

Kyselyn *Kuljetusten nykytila ja haasteet* -osiossa monivalintakohdat oli jaettu erillisiin aihealueisiin, jotka olivat: a) Työskentelyolosuhteet ja työvoimatekijät, b) Tiestö, infrastruktuuri ja terminaalit, c) Kuljetuskalusto, d) Tietojärjestelmät, e) Voimalaitosvastaanotto, f) Liiketoimintamuodot ja -mallit ja g) EU:n, Suomen valtion sekä yritysten omat lait ja säännökset. Vastaavasti *Tulevaisuuden tarpeet ja kehityskohteet* -osiossa monivalintakohdat oli jaettu seuraavasti: a) Rekrytointi, koulutus ja hyvinvointi, b) Yritystoiminnan muutokset, c) Ohjausmekanismit, d) Kalustoon liittyvät teknologiaratkaisut, e) Kuljetuslogistiikan kehitys ja f) IT-järjestelmien kehitys. Lisäksi kyselyn kunkin osion aihealueiden merkitys arvoitettiin siten, että kukin vastanneista osoitti kolme tärkeintä aihealuetta ja asetti ne tärkeysjärjestykseen.

Kysely lähetettiin sähköpostitse 40 henkilölle, joista useimpiin otettiin yhteyttä myös puhelimitse. Vastauksia saatiin 15 kpl, joista viisi *kuljetuksen toteutus* -ryhmästä, viisi *hankinnan organisointi ja logistiikan hallinta* -ryhmästä, kaksi *asiakkaat* -ryhmästä ja kolme *muut asiantuntijat* -ryhmästä. Tuloksissa asiakkaat sekä muut asiantuntijat -ryhmät yhdistettiin samaksi, sillä vastausten määrä jäi molemmissa ryhmissä hyvin pieneksi. Myös vastausten samansuuntaisuus mahdollisti ryhmien yhteen liittämisen.

Toisessa vaiheessa haastattelututkimuksen asiantuntijaryhmään valittiin kymmenen henkilöä, jotka ovat mukana tiiviisti toimialan kehittämisessä, laitteiden ja kaluston myynnissä, huollossa tai valmistuksessa ja joilla on suora tai läheinen yhteys kuljetusten toteuttajiin (taulukko 1). Asiantuntijaryhmään valittuja henkilöitä haastateltiin puolistrukturoidusti ja heille kohdistettiin kysymyksiä aihealueista, jotka olivat:

- A. Aines- ja energiapuun kaukokuljetuksen tulevaisuuden visiot, teknologiat ja ratkaisut,
- B. Kehityksen liikkeelle panevat voimat,
- C. Tekijät, jotka voi rajoittaa kehitystä,
- D. Muut toimialat, joista innovaatioita ja kehitysratkaisuja voi hyödyntää,
- E. Kehittämisaalueet ja niiden merkitys,
- F. Väylät ja foorumit, joista ajantasaista tietoa saadaan.

**Taulukko 1.** Haastatellut henkilöt, toimialueet ja yritykset.

| Haastateltava                         | Yritys/Laitos           | Toimintakenttä kaukokuljetukseen liittyen |
|---------------------------------------|-------------------------|---|
| Antti Ranta                           | Konepaja Antti Ranta Oy | Peräkärret, lavarakenteet                 |
| Matti Vepsäläinen                     | Kome Oy                 | Peräkärret, lavarakenteet                 |
| Mauri Laitinen                        | Fibrocom Oy             | Komposiittikonttiratkaisut                |
| Tomi Ristimäki                        | Visedo Oy               | Hybridiratkaisut työkoneissa              |
| Martti Toivanen                       | Mantsinen Oy            | Materiaalinkäsittelykoneet                |
| Hannu Lehikoinen ja<br>Mikko Laitinen | Proxion Train Oy        | Rautatiekuljetus toimija                  |
| Matti Juhola                          | Aalto Yliopisto         | Teknillinen yliopisto                     |
| Marko Härkönen                        | Kesla Oyj               | Kuormaimet                                |
| Timo Korhonen                         | Oy Sisuauto Ab          | Kuorma-autovalmistaja                     |
| Jouni Porokka                         | Porokka Forest Oy       | Kuljetuskalustojen myynti ja huolto       |

Kohdassa *Kehittämisaalueet ja niiden merkitys* vastaajat valitsivat esitetyistä tekijöistä viisi merkittävintä kehittämisaluetta tärkeysjärjestyksessä. Tarkastelu keskittyi yksinomaan maantiekuljetukseen liittyvään teknologiakehitykseen. Valintatehtävässä tekijät uudet kalustoratkaisut ja uudet kuormatilaratkaisut erotettiin tässä haastattelussa toisistaan sillä, että kalustolla tarkoitettiin ve-toauton alustaa ja perävaunua ja vastaavasti kuormatilalla nk. rahtitilaa, joka on päällirakennetta. Kahdeksan valinnassa mukana ollutta tekijää olivat:

- a) Uudet kalustoratkaisut
- b) Uudet kuormatilaratkaisut
- c) Tietojärjestelmät, tietoliikennetarvikkeet, kuljetuksen ohjausjärjestelmät
- d) Moottoritekniikka, polttoainetaloudellisuus
- e) Teiden kunnostuksen, liikennöinnin ylläpidon ja tieturvallisuuden kalustoratkaisut
- f) Kuljettajaopastus ja automaatio
- g) Sähkömoottori- ja hybriditekniikka
- h) Rengastelekniikka
- i) Kuormaintekniikka.

## 3 Tulokset

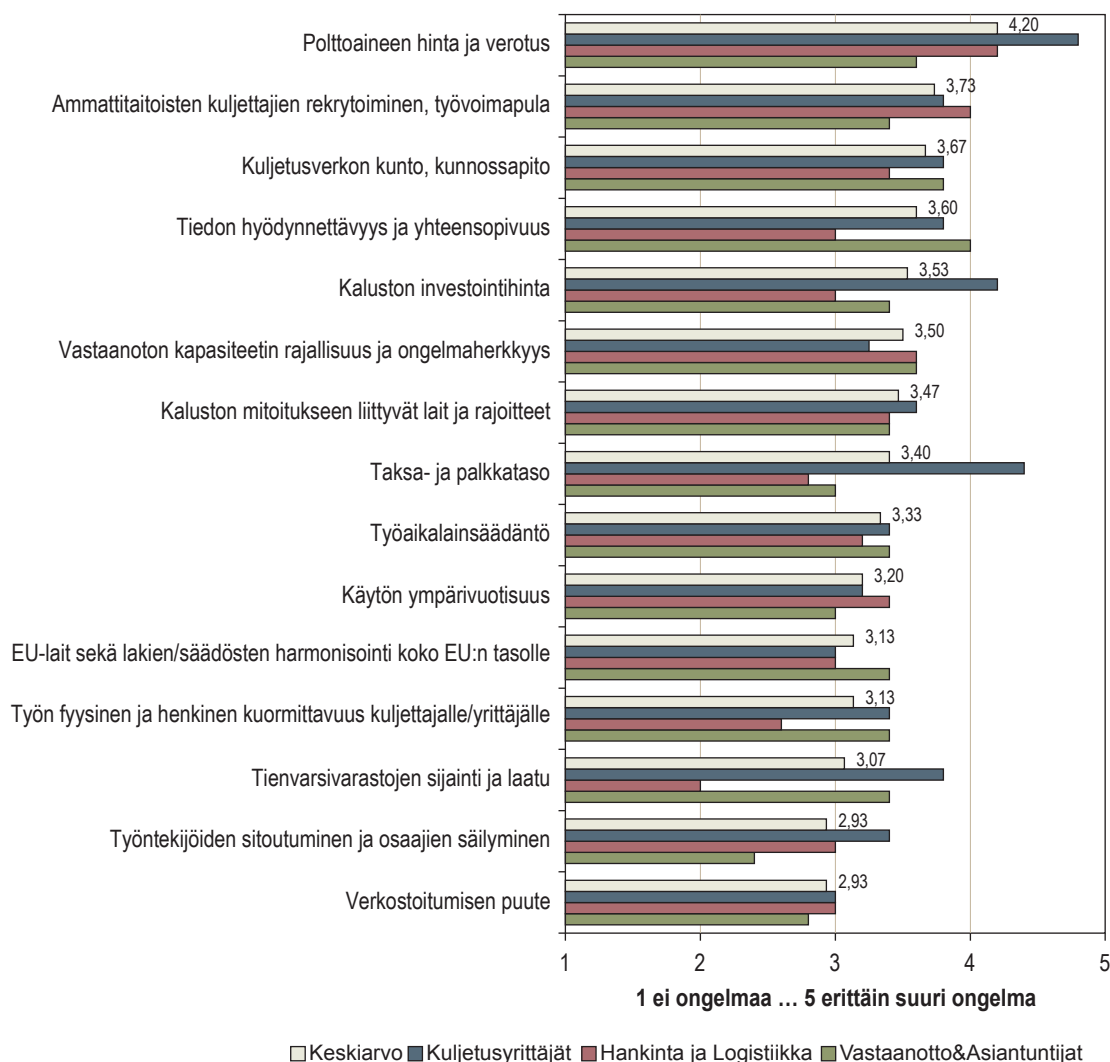
### 3.1 Kuljetusten nykytila ja haasteet

Kuvasta 1 nähdään kyselyssä 15 tärkeimmäksi nousutta tekijää sekä vastaajaryhmittäin että kaikkien viidentoista vastaajan keskiarvoilla esitettyinä. Kolme merkittävintä kustannustehokasta kaukokuljetusta haittaavaa tekijää olivat 1) Polttoaineen hinta ja verotus, 2) Ammattitaitoisten kuljettajien rekrytoiminen ja kuljettajapula, ja 3) Kuljetusverkon kunto ja kunnossapito. Kuljetusyritykset kokivat erityisesti polttoaineen hinnan ja verotuksen, kaluston investointihinnan, taksa- ja palkkatason, tienvarsivarastojen sijainnin ja laadun sekä työn henkisen ja fyysisen kuormittavuuden kuljettajalle/yritykselle muita vastaajaryhmiä suuremmiksi ongelmiksi. Vastaavasti metsäte-

ollisuuden hankinnan ja logistiikan toimihenkilöt kokivat muita pienempinä ongelmina tiedon hyödynnettävyyden ja yhteensopivuuden sekä tienvarsivarastojen sijainnin ja laadun. Kaikkien tekijöiden merkitystasot (keskiarvot ja keskihajonnat) on esitetty taulukkomuodossa liitteessä 1.

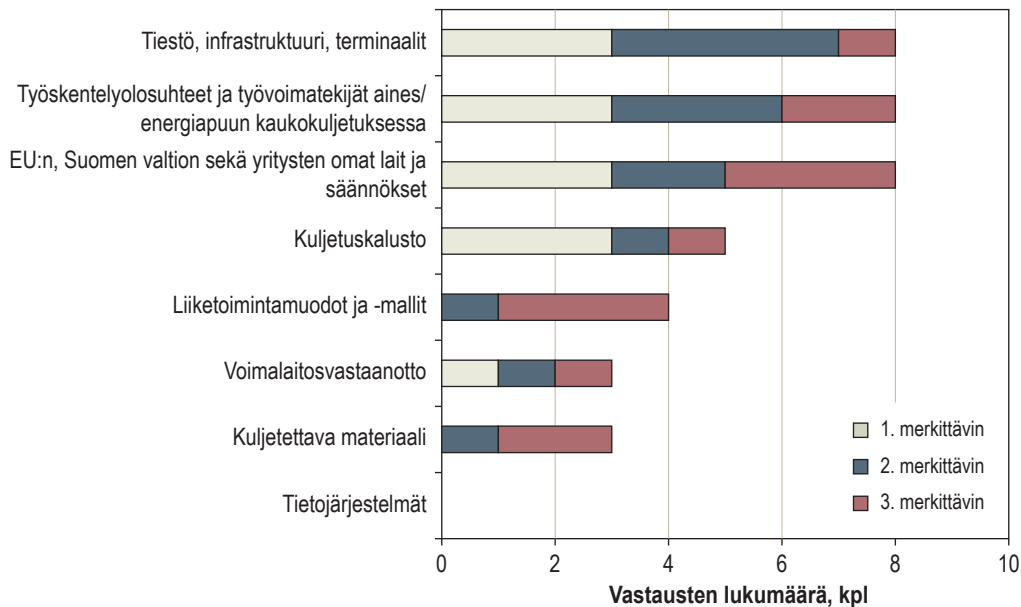
Tämän päivän kuljetustoiminnassa pienimmiksi ongelmiksi koettiin teknologian taso ja luotettavuus, kuljetusverkon kattavuus sekä viranomaistoiminta (poliisi, tulli ja katsastus). Näistä tosin kuljetusyrittäjät kokivat kuljetusverkon kattavuuden ja viranomaistoiminnan kuitenkin selvästi muita vastaajaryhmiä suuremmaksi ongelmaksi. Edellisten lisäksi kuljetusyrittäjät kokivat erityisesti myös tienvarsivarastojen sijainnin ja laadun, työmotivaation, tietojärjestelmien käytettävyyden ja laitteiden vastaanottoaikojen muita vastaajaryhmiä suuremmiksi ongelmiksi.

Kyselyssä esillä olleista tekijöistä kaikki koettiin jonkinasteiseksi ongelmaksi kustannustehokkaan kaukokuljetuksen toteuttamiseksi. Keskiarvoina tarkasteltaessa 31 tekijästä viisi tekijää luokiteltiin vähäiseksi ongelmaksi [1,5–2,49], 20 tekijää kohtalaiseksi ongelmaksi [2,5–3,49] ja loput kuusi tekijää suureksi ongelmaksi [3,5–4,49].



**Kuva 1.** Kaukokuljetuksen nykytilan merkittävimmät ongelmatekijät kustannustehokkaan kuljetuksen näkökulmasta vastaajaryhmittäin. Tekijöiden keskiarvot kaikkien vastanneiden kesken on esitetty myös numerorivona.

Kuljetuksen nykytilan ongelmien merkittävimmät aihealueet kustannustehokkaan kaukokuljetuksen näkökulmasta on esitetty kuvassa 2. Tässä tarkastelussa kolme merkittävintä ja samanarvoista teema-alueetta olivat a) tiestö, infrastruktuuri ja terminaalit, b) työskentelyolosuhteet ja työvoimatekijät ja c) EU:n, Suomen valtion sekä yritysten omat lait ja säännökset. Myös kuljetuskalusto sai saman verran ”1. merkittävin” vastauksia kuin edellä mainitut. Tässä tarkastelussa ja esitettyjen teema-alueiden kesken tietojärjestelmät -teemaa ei arvioitu lainkaan kolmen merkittävimmän teeman joukkoon.

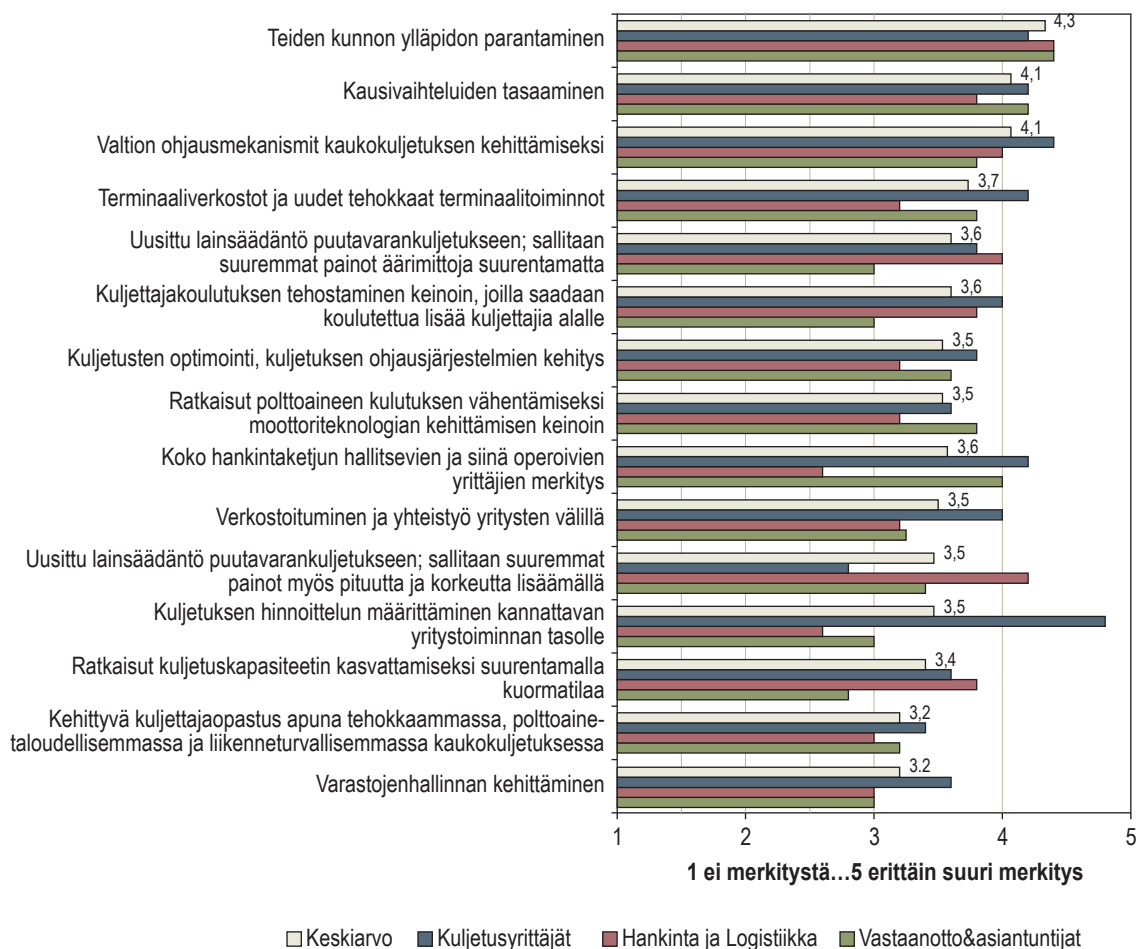


Kuva 2. Kaukokuljetuksen ongelmien merkittävimmät aihealueet.

### 3.2 Tulevaisuuden tarpeet ja kehityskohteet

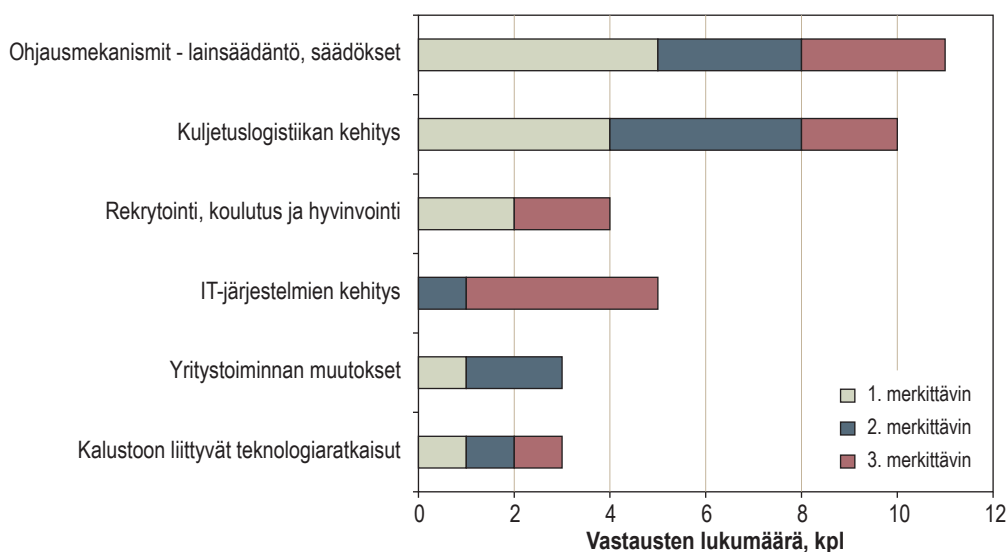
Tärkeimpiä kehittämiskohteita olivat teiden ylläpidon parantaminen, kausivaihtelujen tasaaminen ja valtion ohjausmekanismit kaukokuljetusten kehittämiseksi (kuva 3). Nämä erottuivat selvästi muista tekijöistä. Vastaajaryhmät pitivät myös kolmea merkittävintä tekijää merkitykseltään hyvin samanarvoisina, sillä ero ryhmäkeskiarvojen välillä oli pieni. Kuljetusyrittäjät kokivat seuraavat tekijät muita vastaajaryhmiä suuremmiksi mahdollisuuksiksi: a) kuljetuksen hinnoittelun määrittäminen kannattavan yritystoiminnan tasolle, b) terminaaliverkostot ja uudet tehokkaat terminaalitoiminnot ja c) koko hankintaketjun hallitsevien ja siinä toimivien yrittäjien merkitys. Vastaavasti metsäteollisuuden hankinnan ja logistiikan toimihenkilöt kokivat uusitun lainsäädännön, joka sallii puutavaran kuljetukseen suuremmat painot myös pituutta ja korkeutta lisäämällä, muita vastaajaryhmiä suurempana mahdollisuutena.

Muihin tekijöihin nähden merkitystasoltaan kolme pienintä tekijää vastaajakeskiarvojen mukaan olivat siirrettävien konttien hyödyntäminen kuljetuksissa, renkaiden paineensäätöjärjestelmän laajempi käyttöönnotto sekä kuljetettavan materiaalin volyymimittauksen yhtenäistäminen tonneihin (Liite 2). Kaikkia esillä olleita 27 tekijää pidettiin vähintään kohtalaisesti merkittävänä tekijänä kuljetusten parantamiseksi tulevaisuudessa (Liite 2).



**Kuva 3.** Merkittävimmät tekijät kaukokuljetuksen kehittämisessä vastaajaryhmittäin. Tekijöiden keskiarvot kaikkien vastanneiden kesken on esitetty myös numeroarvona.

Teema-alueittaisessa tarkastelussa aihealueet *Ohjausmekanismit - lainsäädäntö, säädökset* sekä *Kuljetuslogistiikan kehitys* osoittautuivat merkittävimmiksi aihealueiksi kaukokuljetuksen parantamisessa saaden selvästi muita eniten valintoja (kuva 4). *Ohjausmekanismeihin* liittyi välillisesti myös uusia kuljetuskaluston teknologiaratkaisuja ja osaltaan siksi aihealue *Kalustoon liittyvät teknologiaratkaisut* sai vähemmän painoa.



Kuva 4. Merkittävimmät aihealueet kaukokuljetuksen parantamiseksi tulevaisuudessa.

### 3.3 Tulevaisuuden teknologiat sekä kehityksen ajurit ja esteet

#### 3.3.1 Tulevaisuuden teknologiat ja logistiset ratkaisut

Kuljetusketjun kokonaislogistiikan merkitys tuli vahvasti esille kaikilta haastateltavilta (taulukko 2). Usein esille tuotiin se, että uudetkaan teknologiset ratkaisut eivät tuo riittävästi parannusta kaukokuljetukseen, ellei koko ketjua osata hallita tehokkaasti. Kommenttien mukaan parhaissa logistisissa ratkaisuissa voi piillä paljonkin potentiaalia nykyiseen tilaan verrattuna. Tätä painotettiin erityisesti energiapuun hankinnassa, jossa on käytössä useita tapoja ja menetelmiä energijakeen muodon, varastoinnin ja kuljetuksen suhteen. Osa haastatelleista painotti erityisesti logistisen ketjun kehittämistä siten, että käsittelykertojen määrää metsästä käyttöpaikalle saataisiin vähennettyä. Vastanneiden mukaan kuljetusketjujen kokonaislogistiikkaa tulisikin tutkia perusteellisemmin ja käytännön kokeiluista tulisi saada tietoa kentälle.

Terminaalien merkitys ja ymmärrys koko logistiikan tehokkuuden kannalta tuotiin myös esille (taulukko 3). Osa vastaajista kannatti suuria, keskitettyjä terminaaliratkaisuja, mutta myös useiden pienten terminaalien käyttöä perusteltiin. Suurten terminaalien etuina pidettiin esimerkiksi sitä, että suuret volyymit varmistavat tehokkaiden terminaaliratkaisujen toteutuksen ja terminaalin kaluston suuren käyttöasteen. Toisaalta hajautettujen ja pienempien terminaalien koettiin tuovan joustavuutta toimintaan, jolloin esimerkiksi autokuljetusmatkat metsästä terminaaliin eivät kasva liian pitkiksi.

Kuljetuskaluston kokonaisuusmassojen kasvattamista pidettiin hyvin tärkeänä kuljetusten kilpailukykyyn parantamisessa (taulukko 4). Esimerkkejä tuotiin esille muualta maailmasta, kuten Kanadasta ja Australiasta, joissa on jo pitkään käytetty raskaita ja pitkiä yhdistelmiä. Tosin pitkien yhdistelmien soveltuvuutta Suomen metsäteihin kyseenalaistettiin. Kaluston hyötymassaa olisi vielä mahdollista lisätä käyttämällä lujempia ja keveämpiä materiaaleja, kuten uusia rakenneteräksiä ja lujitekomposiittimateriaaleja ja kehittämällä uudenlaisia kiinnitysratkaisuja. Yhdistelmäajoneuvon käytettävyyden ja turvallisuuden parantamisessa tulisi kiinnittää huomiota yhdistelmän tasaiseen kokonaispainon jakautumiseen autolle ja perävaunulle. Osa vastaajista piti tätä tärkeänä erityisesti tilanteessa, jossa siirrytään suurempiin kokonaisuusmassoihin.

**Taulukko 2.** Haastatteluista poimittuja kommentteja. Kokonaislogistiikka.

*"Tärkein on kokonaislogistiikan hallinta. Se ratkaisee sen ketkä pysyy pelissä mukana ja ketkä ei."*

*"Kaluston käyttöaste pitää olla kova. Lähtö- ja tulopään hanskaaminen täytyy olla tehokasta, että kalusto liikkuu aina."*

*"Suurin tekijä olisi logistiikan ja toiminnan optimointi, eli hukka-ajan ja hukkaan heitetty kapasiteetti. Jos joudut hakettamaan metsässä, niin sulla on pieniä kasoja siellä täällä, niin sinulla on jatkuvaa siirtelyä varastojen välillä ja siirtelet sitä paikasta toiseen. Samalla konttiautot ajelevat tyhjänä tai ne odottaa vieressä että se kontti täyttyy."*

*"Ensin pitäisi miettiä logistiikan kokonaisprosessi ja sitten miettiä, että millä vehkeillä se tehdään ja mikä on teknologia. Ja mitä tehokas prosessi vaatii."*

*"Reittisuunnittelut, kuljetusten optimointijärjestelmät kehitty edelleen, niitä on jo olemassa, mutta kehittyvät vielä."*

*"Molempien kuljetusten (aines- ja energiapuun) volyymit ovat sen verran suuret, että niitä on järkevää kehittää omina ratkaisuinä."*

*"Erityisesti logistiikka on energiapuupuolella sellainen, että kehitystä on luvassa. Energiapuullekin on niin monta eri tapaa kuljettaa, missä muodossa ja millä tavoin."*

*"Metsähakkeen käyttö on ongelmallista siksi, että siinä on liian paljon käsittelykertoja, sitä pitäisi yksinkertaistaa. Siinä on nyt 4–5 käsittelykertaa, ennen kuin se saadaan poltettavaksi. Esimerkiksi kannon hyödyntämisessä tulee useita käsittelykertoja, mikä lisää kustannuksia."*

**Taulukko 3.** Terminaalit.

*"Logistiikan kannalta olisi tärkeää uusien terminaalien rakentaminen."*

*"Terminaali on erittäin tärkeä osa. Terminaali tulisi rakentaa niin, että mahdollisimman paljon puuta menisi suoraan syöttöön. Ikään kuin varasto olisi koko ajan kiskoilla ja mahdollisimman paljon menisi koko ajan syöttöön ja mahdollisimman vähän jäisi kentälle. Tämä vaatisi aikataulutuksen, jossa käytetään integroitua ohjausjärjestelmää."*

*"Isot terminaalit tuovat kaivatun tehokkuuden."*

*"Suuriin terminaaleihin keskittäminen ja pienten lastauspaikkojen sulkeminen johtaa siihen että, autokilometrimääräthän nousevat ja se vetää poskelleen tehokkuutta."*

*"Yhtenä ratkaisuna voisi olla se, että pienempiä terminaaleja olisi enemmän ripoteltu eri paikkoihin. Terminaalien välimatkat toisaalta, ja siellä missä sitä kapasiteettia on, missä pystyy tekemään, terminaalien hyödyntäminen. Eli siirtomatkat terminaaleihin ei olisi kovin pitkiä ja siitä voimalaitoksille myös jäävät lyhyiksi."*

**Taulukko 4.** Kalustoratkaisut.

*"Kuljetusten kasvaminen johtaa liikennetiheyden ja päästöjen kasvamiseen ja kaikkia pitäisi pystyä minimoimaan ja tähän ainut ratkaisu on mittojen ja massojen kasvattaminen."*

*"Näillä Suomen pitkillä etäisyyksillä on iso merkitys, että saadaanko lisää massoja tien päälle. Näin tekniikan puolesta ei ole minkään näköistä ongelmaa sille, etteikö voitaisi kuljettaa suurempia massoja tienpäällä."*

*"Kuljetus pitää olla tehokasta ja isoja kuormia pitää saada kulkemaan metsästä tehtaalle."*

*"Ongelmana taas suurikuormaisiin maantieautoihin on se, että käsittelyyn tulee ainakin yksi käsittelykerta lisää."*

*"Energiapuunpuolella kaluston osalta lähitulevaisuudessa korkeuden nostaminen 20 cm olisi merkittävin kehitys, maksimipainot eivät siellä tule vastaan"*

*"Voidaan myös pitää erikseen erilaisia perävaunuja esim. rahtiperävaunuja eli kauksiurakointiin olisi oma kärryensä."*

*"Aina turvallisempaa olisi, että saataisiin vetoautolle enemmän massa ja massajakoa siten, että ollaan lähellä 50–50 suhdetta vetoauton ja perävaunun kokonaispainoissa."*

*"En tiedä millä aikavälillä esim. hybridit tulee käyttöön, mutta jarrutusenergian hyödyntäminen ja talteenottojärjestelmät voisivat olla kehitysalue ja siihen suuntaan varmasti mennään."*

*"En usko että mitään suuria teknologisia innovaatioita olisi kuljetuskalustoon tulossa, sillä paljon on jo kehitetty ja niitä on jo hyllyssä valmiina, mutta useita niistä rajoittaa kustannustekijät, sillä useat näistä ratkaisuista ovat kalliita. Innovaatioiden tulisi olla sellaisia, että ne tuntuvat autoilijoiden pussissa."*

*"Autokuljetuksessa olennaisimmat tekijät polttoaineen kulutuksen pudotuksessa ovat hyötymassan kasvattaminen ja ilmanvastuksen vähentäminen sekä vetoauton että perävaunun osalta."*

Kuljetukseen olennaisesti kuuluva materiaalin käsittely kuormaajilla tuli myös esille osalla haastatelluista (taulukko 5). Kuormainteknologian puolella nähtiin pientä kehittämispotentiaalia hyödyntämällä lujempia teräsyhdistelmiä. Hybridiratkaisujen käyttö voiman tuotossa on yleistynyt jo suuremmissa materiaalinkäsittelykoneissa, mutta aines- ja energiapuuautoihin ei niiden uskottu tuovan hyötyjä, sillä kuormainten käyttö suhteessa kuljetuskaluston kokonaisaikaan jää vähäiseksi. Hybridiratkaisujen todettiin soveltuvan suuremmissa terminaaleissa käytettäviin kuormaimiin. Kevyiden ja kestävien komposiittikonttien tulo markkinoille on kasvanut ja osa haastatelleista uskoi, että niiden käyttö tulee kasvamaan tulevaisuudessa. Uutta siirtokonttilogistiikkaa myös on vastikään tutkittu ja demonstroitu käytännössä. Järjestelmä vaatii uudenlaisen logistiikan nykyiseen kiinteäkuormatilaiseen toimintamalliin verrattuna, mikä edellyttää koko kuljetusketjuun osallistuvien mukaantuloa toiminnan käyttöönottoa varten.



**Taulukko 5.** Kuormain- ja siirtokonttiratkaisut ja haasteet.

*"Kuormainpuolella hyötypaino on melko tärkeä tekijä. Nostureissa on jo testattu suurlujuusteräksiä, eli siten saataisiin seinämiä hieman ohkaisemmiksi ja kokonaispainoa pudotettua."*

*"Pidemmän ulottuman ja suuremman kokoluokan nosturit lisääisi tuottavuutta energiapuun kuljetuksessa. Suurempi ulottuma nostaa myös painoa hieman nosturissa."*

*"Hybriditeknologia on tehokkainta työkonetoiminnassa, joissa on paljon kuormasyklejä. Näissä toiminnoissa voidaan maksimoida polttoaineensäästöt. Metsäkoneilla ja materiaalinkäsittelykoneilla polttoaineen säästöpotentiaali olisi jopa 30–40 %."*

*"Standardi-kuljetuskaluston hyödyntäminen siirtokonttiratkaisuilla, jolloin yrittäjien kannalta se olisi järkevä investointi, sillä konteilla voidaan ajaa erilaisia materiaaleja ympärivuotisella toiminnalla. Kevyt komposiittirakenteinen siirtokonttikonsepti olisi ratkaisu koko logistiselle systeemille."*

*"Yksi kontti useaan eri tarpeeseen; hyötyinä puhdistuvuus, tiiveys, hygieenisuus, jäätyttömyys, hyötykuorma."*

Vain muutama haastateltava toi näkemyksiä pitkän matkan kuljetusmenetelmien teknologiakehityksestä (taulukko 6). Alusten osalta moottoritekniologiassa olisi kehittämispotentiaalia. Käytössä olevien alusten moottorikoot on mitoitettu yli maksimitarpeen. Moottorin maksimitarpeen osuus koko käytöstä voi jäädä alle puoleen, kun otetaan huomioon siirtymiset tyhjänä sekä tuulen ja vesistön virtauksen vaikutukset. Ratkaisuksi esitettiin dieselsähköistä voimantuottoa, jossa sarjaan on kytketty useampi pieni dieselmoottori, jotka voivat olla ns. sarjavalmistaisia ja siten kokonainvestoinniltaan yhtä suurta moottoria edullisempia. Ratkaisulla saataisiin säästöjä myös polttoainekustannuksissa.

**Taulukko 6.** Juna- ja vesitiekuljetus.

*"Vesitiekuljetuksessa lyhyellä tähtäimelläkin DC-välipiirillinen ratkaisu, dieselsähköinen laiva, jossa käytetään DC-verkko. Helpompi hallita, vähemmän sähkökomponentteja, kevyempi laiva ja sitten moottorit korkeammalla hyötysuhteella, laiva toimii tehokkaammin. Korkeamman hyötysuhteen koneet."*

*"DC-verkko mahdollistaa laivan rakentamisen usealla pienellä diesel-koneella. Voitaisiin käyttää myös sarjatuotantomalleja pienemmissä dieselmoottoreissa."*

*"Kalusto on myös saatava ympärivuotisesti tehokkaaseen käyttöön. Kellään toimijalla tuskin on varaa siihen, että energiapuukuljetuksiin käytettävä kalusto seisoo sen ajan kun ei ole lämmityskausi tai käytetään vesitietä. Siinä onkin se haaste, että millaista sen vaunukaluston kuuluisi olla, että se palvelisi mahdollisimman hyvin näitä eri kuljetuksia."*

*"Aikataulutettu junakuljetus terminaalista ja iso käyttöpaikka on erittäin hyvä ja kustannustehokas ratkaisu tehokkaalle junakuljetukselle."*

*"Volyymit pitää olla tietyssä pisteessä kasattuna, mistä lastaaminen käy nopeasti ja säännöllisesti. Ja auton käyttö pitää liittää tehokkaasti koko logistiikkaan."*

*"Operaattorin kannalta sitä parempi mitä yleiskäyttöisempi käytettävä kalusto on ts. konttivaunut ja erityyppiset kuormatilat niihin, voisi olla se ratkaisu tehokkaalle toiminnalle."*

*"Vähäinen kilpailu rajoittaa myös kuljetusten kehittämistä."*

Junakuljetuksissa painotettiin kaluston ympärivuotista käyttöä ja suurta käyttöastetta sekä vaunujen yleiskäyttöisyyttä, sillä junakalustoon sitoutuu paljon pääomaa (taulukko 6). Jos kuormaus tapahtuu autoista suoraan junavaunuihin, kasvaa autokuljetuksen suunnittelun merkitys. Tähän kaivattaisiin tehokas kuljetuksenohjausjärjestelmä, joka sisältäisi koko kuljetusketjun. Uusien toimijoiden mukaantulo toisi kilpailua ja se vauhdittaisi junakuljetusten kehittämistä. Siirtokonttiratkaisulla ei saataisi riittävästi tehokkuutta auto- ja junakuljetusten yhdistämisessä, sillä kuorman maksimileveys rautateilla on 3,4 metriä, joka on selkeästi enemmän kuin maantiekuljetusten 2,6 metriä.

### 3.3.2 Kehityksen liikkeelle panevat voimat sekä kehityksen esteet

Aines- ja energiapuun kaukokuljetuksen teknologiakehityksen liikkeelle panevista voimista painotettiin erityisesti sitä, että käyttöönotettavien uusien teknologiaratkaisujen tulisi tarjota kustannussäästöjä ja maksaa itsensä nopeasti takaisin. Tällöin kehitysratkaisut hyväksytään laajemmin ja otetaan käyttöön nopeammin. Muutamien esimerkkien avulla osoitettiin, että innovaatiosta laajaan käyttöönottoon voi mennä jopa vuosikymmen. Muualta liikenteestä on osoitettavissa useita jo käyttöön otettuja teknologiaratkaisuja, jotka eivät ole vielä lyöneet läpi tavarankuljetuksessa juuri siksi, ettei ratkaisu ole tarjonnut kustannussäästöjä. Tuotiin esille, että pienillä kuljetusyrittäjillä uuden teknologian käyttöönotto tulee usein myöhemmin kuin suurilla yrityksillä, joille mahdolliset uudesta teknologiasta aiheutuvat keskeytykset eivät vaikuta niin ratkaisevasti toimintaan kuin pienillä yrityksillä.

Taulukkoon 7 on avattu haastatteluissa esille tulleita tekijöitä, joilla on vaikutus kaukokuljetuksen teknologiakehitykseen. Vastaajien mukaan monet esille tulleista tekijöistä joko saavat kehityksen liikkeelle tai epäonnistuessaan ne estävät kyseisen kehityssuunnan toteutumisen. Tekijöitä ei arvotettu erikseen tärkeysjärjestykseen.

Kehityksen kannalta tärkeäksi koettiin valtion tekemien päätösten pysyvyys ja pitkäjänteisyys. Tällä koettiin olevan suuri merkitys koko toimialalle ja siihen investoimiselle. Tähän mennessä on koettu, että päätökset ovat olleet nopeita ja yllättäviä. Tämä aiheuttaa epävarmuutta yritystoimintaan ja yritystoiminnan normaaliin kulkuun. Kuljetusten toteuttajat varovat suuria investointeja, joiden käyttöikä 5–10 vuotta, jos tukipolitiikan ja muiden ohjauskeinojen on huomattu

**Taulukko 7.** Haastatteluissa esiin tulleet teknologiakehityksen liikkeelle panevat voimat ja esteet. Tekijät eivät ole tärkeysjärjestyksessä.

| Tekijä   | Ajuri | Este |
|--|-------|------|
| Uuden innovaation tarjoama kustannussäästö     | x     | x    |
| Valtiovallan tekemät päätökset ja niiden kesto | x     | x    |
| Tiestön kunto ja ylläpito                      | x     | x    |
| Koko kuljetusketjun huomiointi                 | x     | x    |
| Muiden energiamuotojen hintakehitys            | x     | x    |
| Luotettava ja riippumaton tutkimus             | x     |      |
| Kasvavat kuljetuskustannukset                  | x     |      |
| Yrittäjien verkostoituminen, yhteistyö         | x     |      |
| Biomassojen uudet käyttömuodot                 | x     |      |
| Taksatason kasvu                               | x     |      |
| Yhteistyön puute, kateus                       |       | x    |

muuttuvan muutaman vuoden välein. Moni vastaaja koki tämän tekijän olleen eräs suurimpia rajoitteita uusien teknologiaratkaisujen käyttöönotossa. Rautatiekuljetusten käynnistämiseksi suuren haasteena ovat ”Suomi-spesifiset” kalustovaatimukset, jotka vaikeuttavat kaluston hankintaa, lisäävät investointikustannuksia ja heikentävät jälleenmyytävyyttä.

Tiestön kunto ja sen vaikutukset kuljetuksiin tulivat selkeästi esille. Nykyistä suuremman ja raskaamman kaluston käyttöönottoa vaikeuttaa tiestön heikentynyt kunto. Osa vastaajista toi esille myös painorajoitteisten siltojen määrän kasvun. Heikentyvän tiestön kunnan todettiin lisäävän kuljetuskustannuksia. Muutaman vastaajan mukaan kasvavat kuljetuskustannukset ovat jo sinällään uudistuksia liikkeelle paneva voima.

Kuljetusten taksatasolla koettiin olevan suuri merkitys uuden teknologian käyttöönotossa, mutta myös koko kuljetusalan houkuttelevuuden ja elinvoimaisuuden parantamisessa. Todettiin, että kovinkaan monet kuljetusyrittäjät eivät nykytilanteessa kykene hankkimaan uusinta teknologiaa, sillä se nostaa ratkaisevasti hankintahintaa eikä tulevista käyttökustannuksista ole varmuutta.

Yrittäjien verkostoitumista ja yhteistyötä keskenään pidettiin selkeänä mahdollisuutena tehokkaampaan toimintaan. Verkostotoimintaa rajoittavia vanhoja toimintamalleja ja muita tekijöitä tulisi purkaa. Tehottomista toimintamalleista tuotiin esille juuri toimiminen yhdelle asiakkaalle, joka aiheuttaa pidempiä siirtymiä ja kuljetuksia sekä suuren osuuden kuormatta ajamista.

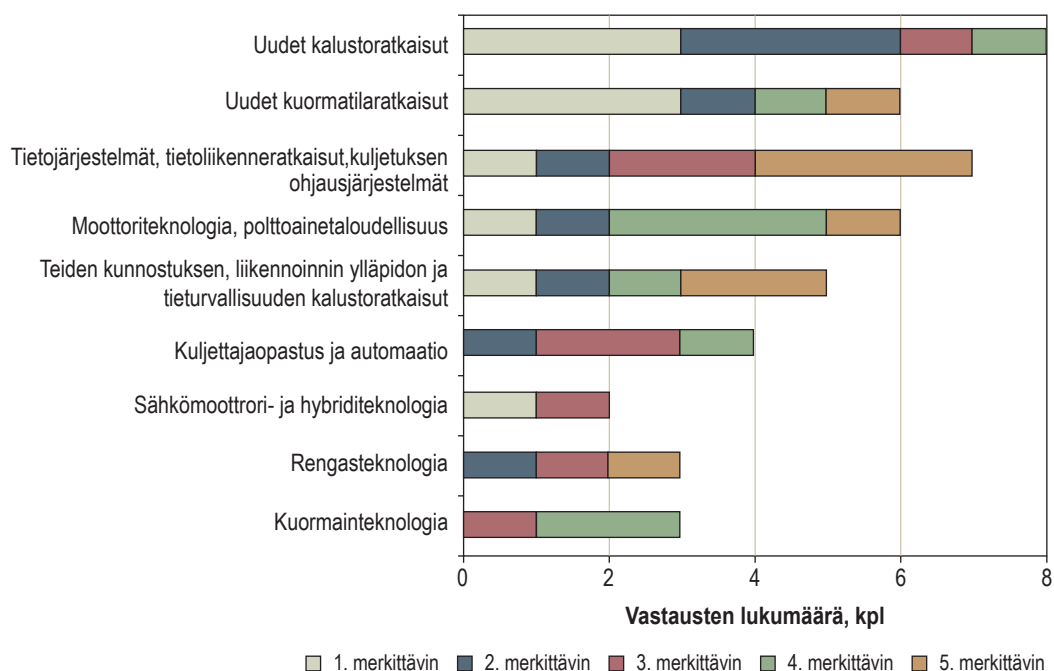
Puolueetonta, luotettavaa ja riippumatonta tutkimustyötä pidettiin tärkeänä tekijänä uusien ratkaisujen esittämisessä ja markkinoimisessa käyttäjille ja päätöksentekijöille. Vastanneiden mukaan erityisesti biomassaterminaalien kustannustehokas käyttöönotto logistiseen ketjuun edellyttää laajaa tutkimusta aiheesta ja saadun tiedon tehokasta jalkauttamista kentälle. Terminaalien tehokkuuden parantamiseksi toimijoiden tulisi tehdä enemmän yhteistyötä ja muodostaa toimijariippumattomia terminaalieja, joissa skaalaedut tulisivat voimaan; esimerkiksi terminaalikoneiden käyttöasteet saataisiin nostettua.

Uusien teknologiainnovaatioiden ja -ratkaisujen täytyy olla perusteellisesti ja kokonaisvaltaisesti tarkasteltuja myös kokonaislogistiikan kannalta. Yhden vastaajan mukaan ei voi olla niin, että esimerkiksi uusissa voimalaitosratkaisuissa ei ole otettu huomioon energijakeiden tehokasta vastaanottoa ja kuljetuskaluston tehokasta käyttöä eri kuljetusmuodoilla ja purkuratkaisuilla. Teknologiakehityksen kulkuun ja erityisesti energiapuun käytön ja kuljetusmäärien muutokseen voimakkaasti vaikuttavana tekijänä tuotiin esille kilpailevien polttoaineiden hinnan muutokset.

Kiistattomaksi kuljetusten ja kuljetusteknologian kehittämistä tukevaksi voimaksi koettiin myös metsäbiomassojen uudet käyttömuodot. Tällä viitattiin erityisesti valmisteilla oleviin ja valmistuneisiin toisen ja kolmannen sukupolven biopolttoainejalostamoihin.

### **3.3.3 Painopisteet teknologian kehittämisessä ja uuden tiedon lähteet**

Haastateltavista jokainen määrittä viisi merkittävintä teknologista kehitysaluetta, joissa on suurin kehityspotentiaali kaukokuljetuksen kehittämiseksi (kuva 5). Tarkastelu keskittyi yksinomaan maantiekuljetuksiin liittyvään teknologiakehitykseen. Merkittävin kehittämisalue oli uudet kalustoratkaisut. Tähän kehitysalueeseen suoraan liittyvä, mutta omaksi tekijäkseen erotettu kuormatilaratkaisut sekä tietojärjestelmät, tietoliikenne- ja kuljetuksen ohjausjärjestelmät -kehittämisalue tulivat seuraavaksi tärkeimpinä tekijöinä esille. Haastattelussa kalustolla tarkoitettiin



**Kuva 5.** Teknologian kehittämialueet, joissa merkittävin hyötypotentiaali kaukokuljetuksen kehittämiseksi (N=10).

vetoauton alustaa ja perävaunua ja kuormatilalla nk. rahtitilaa, joka on päällirakennetta. Teiden kunnostuksen, liikennöinnin ylläpidon ja tieturvallisuuden kalustoratkaisuilla koettiin myös olevan merkitystä kaukokuljetuksen kehittämisessä. Lisäksi moottoritekniikka, polttoainetaloudellisuus -alue osoittautui merkittäväksi tekijäksi.

Kuljettajaopastuksessa tuotiin esille kuljettajan vaikutus polttoaineen kulutukseen, sillä se voi helposti olla 10 %. Kuorma-auton etuosien sekä perävaunujen etuosien muotoilulla voidaan vielä vaikuttaa ilmanvastuksen pienentämiseen ja siten polttoaineen kulutukseen. Lisäksi mainittiin, että puutavara-autoissa pankkojen muotoilulla ja siirrettävyydellä voidaan myös vaikuttaa ilmanvastukseen ja siten polttoaineen kulutukseen.

Kehitystyötä todettiin tapahtuvan jatkuvasti kaikissa esillä olleissa kehittämialueissa ja päivityksiä tulee jatkuvasti uusiin ajoneuvoihin. Osa teknologiaratkaisuista on ensin käytössä henkilöautoissa ja sotilasajoneuvoissa. Tavaraliikenteessä uuden innovaation käyttöönoton edellytykseksi tuotiin esille sen kyky vaikuttaa kuljetuskustannuksiin. Esille tuotiin mm. investoinnin takaisinmaksuajan nopeutta ja teknologian kestävyyttä. Muutamia vastaajista painottivat myös kalustoteknologian vanhenemista. Koska polttoainetaloudellisuudella on selvä vaikutus yrittäjän talouteen, vanhalla kuljetuskalustolla ei saada kannattavuutta ja silloin päivitetään uudempaan, vähemmän polttoainetta kuluttavaan kalustoon. Samalla kaluston teknologia tulee päivitettyksi. Vanhan kaluston hinta voi myös pudota ratkaisevasti, jolloin se ei käy enää vaihdossa tai arvo jää vähäiseksi. Tämä voi vaikuttaa silloin jopa rahoituksen saantiin pankeilta. Toimialalla on tiedostettu myös, että useita innovaatioita ja teknologioita olisi hyödynnettävissä heti laajempaan käyttöön. Esimerkkinä tuotiin esille ajoneuvon CTI-rengaspaineen säätöjärjestelmä, joka on käytössä vain muutamassa kymmenessä puutavara-autossa Suomessa.

Sähkömoottori- ja hybriditekniikan tuloa puubiomassojen maantiekuljetuksiin lähitulevaisuuden ratkaisuna epäiltiin. Teknologian käyttöä edistävinä asioina pidettiin akkuteknologian kehi-

tystä kevyempiin akkuihin, riittävää akunkestoa ja latausajan nopeutta. Mahdollisuuksia olisi esimerkiksi jarrutusenergian talteenotossa, varastoimisessa ja hyödyntämisessä liikkeellelähdessä. Kaukotulevaisuudessa uskottiin, että sähkömoottorit ja sähkön käyttö tulevat kasvamaan. Esille tässä tuotiin suurempi hyötysuhde kuin perinteisissä polttomoottori- ja voimansiirtoratkaisuissa. Muutos näkyy ensimmäisenä kuormaimissa, kaivinkoneissa ja materiaalinkäsittelykoneissa. Hybridiratkaisuja on jo tavara- ja linja-autoliikenteessä. Taajama-alueella toimivat jakeluautot tekevät paljon kiihdytyksiä ja jarrutuksia. Jarrutettaessa liike-energiaa voi kerätä talteen.

Ehkäpä tärkeimpänä uusimpien ideoiden ja innovaatioiden lähteenä vastaajat pitivät kuljetusyrittäjiltä ja kuljettajilta saatavaa palautetta, ajatuksia ja ehdotuksia. Oman toiminnan kehittämisessä uusimman tiedon saamisessa haastateltavat pitivät tärkeinä tietoväylinä alan messuja ja lehtiä. Muutamat vastanneista painottivat, että erityisesti valmistajien omissa yritysjulkaisuissa mutta myös osin toimialan erikoislehdissä esille tuotavaa asiaa tulee kuitenkin lukea tietyin varauksin. Yrittäjien omien järjestöjen, kuten kuljetusalan etujärjestön kautta tietoa tarjotaan eri tavoin, ja erityisesti seminaarit ja tapahtumat tarjoavat ajankohtaista tietoa. Tutkimus- ja kehitystyössä kone ja laitevalmistajien mukana ovat teknilliset korkeakoulut ja yliopistot, tutkimuslaitokset ja yrittäjät. Useilla kone- ja laitevalmistajilla on kenttätestaustoimintaa, jossa kehitystyössä mukana olevat kuljetusyrittäjät testaavat uusia ratkaisuja.

## 4 Tulosten tarkastelu

### 4.1 Aineisto ja menetelmät

Kysely- ja haastattelututkimusten tavoitteena oli kerätä vastaajien näkemyksiä kaukokuljetuksesta ja siihen suoraan vaikuttavista tekijöistä ja toiminnoista sekä vastausten perusteella tuoda esille koko toimintakentän merkittävimmät ongelma-alueet, haasteet ja kehittämismahdollisuudet tulevaisuudessa. Tutkimus mahdollisti useiden aihealueiden ja tekijöiden merkitysten samanaikaisen vertaamisen ja tarjosi siten tukea tutkimus- ja kehitystyön suuntaamiselle jatkossa. Tehtävän asettaman vuoksi monivalintakysymykset kohdistuivat suurempiin kokonaisuuksiin kuin yksittäisiin käytännön ongelmakohtiin. Haastava ja laaja koko kaukokuljetuksen toimintakentän läpi luotava kysely on voinut pienentää vastaamishalukkuutta.

Kyselytutkimuksen pieni vastanneiden määrä heikentää tulosten yleistämistä erityisesti kutakin vastaajaryhmää edustavien toimijoiden keskuudessa. Samalla tarkempi ryhmien välinen vertailu ei ole kovin luotettava, joskin tuloksissa vertailua toteutettiin tekijöissä, joissa erot ryhmäkeskiarvoissa todettiin suuriksi. Vastausten vähäisyyden vuoksi tilastollisia tarkasteluja ei tehty vaan tuloksia verrattiin vastaajaryhmien vastauskeskiarvojen välillä numeerisesti. Tuloksista voitiin kuitenkin todeta, että koko vastaaja-aineiston vastauskeskiarvojen perusteella merkittävimmiksi arvoitetut tekijät vastasivat hyvin sekä yleistä toimialan kuvaa nykytilanteesta että aiempien vastaavantyyppisten kyselytutkimusten tuloksia (vrt. Nousiainen 2012, Kovat hinnankorotuspaineet... 2012, Taipalus 2013).

Sekä kysely- että haastattelututkimus kohdistettiin henkilöihin ja tahoihin, joista selvä enemmistö oli tekemisissä aines- ja energiapuun autokuljetusten ja siihen liittyvän valmistuksen ja kehitystyön kanssa. Siksi kuljetusten nykytilaa, haasteita ja kehitysratkaisuja on tuloksissa eniten tuotu esille autokuljetuksen puolelta. Tutkimuksen valintaa tukee autokuljetusten merkittävä osuus

metsäbiomassan kuljetuksista (Kärhä ym. 2009, Strandström 2013b). Kysymyksiin sisällytettiin myös alueita, joihin kuuluivat rauta- ja vesitiekuljetukset. Tutkimuksessa rauta- ja vesitiekuljetusten puolelta kustakin oli yksi vastaaja aineistossa.

Haastattelut kohdistettiin pääosin autokuljetuksen tutkimuksen/kehittämisen parissa toimiviin sekä kuljetuskaluston ja kuormatilojen valmistajiin. Tutkimuksen kuljetuskalusto-, kuormain- ja kuormatilavalmistajien ja markkinoijien edustajien tiivis yhteys ja laajat kontaktit kentän toimijoihin ilmenivät selvästi haastatteluissa, joten tulokset tuovat hyvin esiin toimialan tilaa. Vastauksista oli kuitenkin havaittavissa, että vastaajan edustaman tuotteen, palvelun tai konseptin priorisointi tuli esille asetettaessa tärkeimpiä teknologian kehittämisalueita tärkeysjärjestykseen.

## 4.2 Tulokset

Aines- ja energiapuun kaukokuljetusten nykytilaa kustannustehokkaan kuljetustoiminnan näkökulmasta tarkasteltaessa kyselyssä mukana olleet tekijät määritettiin vähintään vähäiseksi ongelmaksi. Lisäksi näkemykset vastaajaryhmittäin olivat hyvin samansuuntaiset vastausten välisten hajontojen ollessa suhteellisen vähäistä muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. *Polttoaineen hinta ja verotus* poikkesi merkitykseltään muista tekijöistä selvimmin ja se koettiin olevan hyvin suuri ongelma kustannustehokkaan kuljetustoiminnan näkökulmasta. Puutavara-auton kustannuksista jo lähes kolmannes (31 %) koostuu polttoainekustannuksista (Metsäalan... 2013), jolloin pienetkin muutokset polttoaineen hinnassa realisoituvat nopeasti toiminnan kannattavuuteen. Polttoaineen hintaan sekä verotukseen on kohdistunut kasvua viime vuosien aikana ja yrittäjien mukaan muutosta ei ole täysimääräisesti saatu liitettyä kuljetusten hinnoitteluun (Kovat hinnankorotuspaineet... 2012).

Muista suuriksi ongelmiksi määritetyistä tekijöistä ongelmat *kuljettajien rekrytoimisesta alalle* ovat tulleet laajasti esille viimeisen viiden vuoden aikana (Solakivi 2009, Soirinsuo & Mäkinen 2010, Laitila ym. 2011, Lähes joka neljäs... 2011, Nousiainen 2012, Taipalus 2013, Strandström & Pajujoja 2013). Ammattitaitoisten kuljettajien rekrytoiminen arvioidaan yhä pahenevaksi ongelmaksi tulevaisuudessa ja siksi ratkaisuja tähän tulee etsiä muun muassa koulutusta kehittämällä, imagoa kasvattamalla ja palkkatason nostolla (Schäfer 2014). Soirinsuon ja Mäkisen (2010) tutkimuksessa tuotiin esille osaavan henkilöstön työvoimapulalle vääränlainen koulutuspolitiikka, johon yrittäjille ei ole niinkään vaikutusvaltaa. Schäferin (2014) mukaan kuljettajiksi otetaan mieluummin vanhempia - jopa eläkeikäisiä - henkilöitä kuin työuraansa aloittavia nuoria, sillä kuljettajien tulee heti päästä hyvään tuotokseen, jotta puutavaran korjuu ja kuljetukset pysyvät kannattavana.

Merkittäväksi ongelmaksi määritetyn *kuljetusverkon kunto ja kunnossapito* -tekijän vastausten vaihtelu oli pientä (sd = 0,5). Ongelma on ollut esillä ja vaikuttanut kuljetuksiin jo pitkään, ja tieverkon heikentyvä kunto tulee aiheuttamaan tulevaisuudessa suurempia ongelmia kaukokuljetuksiin (Nousiainen 2012, Taipalus 2103, Ilmastonmuutoksen vaikutus... 2009, Tieverkon rajoitukset... 2014). Ilmaston muutoksen vaikutuksia tiestöön on arvioitu Tiehallinnon (Ilmastonmuutoksen vaikutus... 2009) selvityksessä, jossa todettiin lämpenevien talvien lisäävän tienhoidon kustannuksia, sillä ne nopeuttavat teiden urautumista, rapauttavat päällysteitä ja teiden reikiintymien lisääntyä. Vuoden 2013–2014 lauha talvi on jo osoittanut tiestöön aiheuttavan rapauttavan vaikutuksen. On arvioitu, että liikenneverkoston rapautumisen pysäyttäminen vaatisi 300 miljoonan euron vuosittaisen lisäinvestoinnin liikenneväyliin (Rakennetun omaisuuden... 2013). Kustannustason nousu on 2000-luvulla vähentänyt perusväylänpitoa yhteensä runsaalla 500 miljoonalla.

nalla eurolla (Rakennetun omaisuuden ... 2013). Pohjoismaisessa vertailussa Suomen panostus liikenneväyliin kilometriä kohden on 60 % Ruotsin tasosta ja 30 % Norjan tasosta. Nousiaisen (2013) tekemän puutavaran kuljetusyrittäjille kohdistetun kyselyn tulokset tukevat myös havaintoa, sillä kaksi suurinta ongelmaa kuljetusten sujuvuuden kannalta tieoloissa ja kuljetuksen eri toiminnoissa olivat tiestön talvihoito ja teiden ympärivuotinen kantavuus.

Suurin näkemusero vastaajaryhmien välillä oli *taksa- ja palkkatasossa*, joka arvoitettiin kuljetusyrittäjien keskuudessa erittäin suureksi ongelmaksi kannattavan kuljetustoiminnan toteuttamisessa. Tuoreimman kuljetusyrittäjäselvityksen mukaan erityisesti puunkuljetusyrittäjien kannattavuus oli heikentynyt syys-joulukuussa 2013 (Tieverkon rajoitukset... 2014, Kantola 2014). Nousiaisen (2012) mukaan kuljetusyrittäjät kokivat yrityksen taloudellisen kannattavuuden, uusien kannattavien sopimusten syntyminen ja yrityksen aseman sopimusneuvotteluissa olevan tärkeimmät yrityksen toimintaan vaikuttavat kehittämiskohteet. Kyselyssä myös vastaukset työn fyysinen ja henkinen kuormittavuus kuljettajalle/yrittäjälle sekä tienvarsivarastojen sijainti ja laatu -tekijöissä erosivat erityisesti kuljetusyrittäjien ja metsäyhtiöiden logistiikkavastaavien välillä.

Tulevaisuuden tärkeimpiä kehittämiskohteita tarkasteltaessa *teiden kunnon ylläpidon parantamisella* saataisiin eniten parannusta aines- ja energiapuun kaukokuljetukseen. Tieverkoston kuntoon liittyvät asiat ovat tulleet samanaikaisesti esille kasvaneiden autokuljetusten enimmäismassojen ja -mittojen myötä. Viime vuoden lokakuun alussa voimaan tullut lakiasetus uusista mitoista ja massoista on käynnistänyt tarpeen selvittää tieverkon ongelmakohtia, joista merkittävimmät kohdistuvat painorajoitettuihin siltoihin, alikulkuihin, ja kelirikkoajan painorajoituksiin alemmalla tieverkolla. Kirjoitushetkellä yleisillä teillä taajamien ulkopuolella on yhteensä 521 painorajoitettua siltaa (Suomen painorajoitettut... 2013). Toinen lukunsa on kuntien ja kaupunkien siltojen alikulkukorkeudet ja painorajoitukset. Lisäksi on arvioitu, että suurin osa yksityisteiden silloista on myös painorajoitettuja ja ne tuovat omat ongelmansa suurien massojen kuljetuksiin (Niittymaa 2013). Uusimman kuljetusbarometrin mukaan paino- ja korkeusrajoitukset rajoittavat puutavaran kuljetuksessa merkittävästi kuljetuskalustoinvestointeja suuremmille kokonaispainoille ja korkealle kalustolle (Tieverkon rajoitukset... 2014). Paino- ja korkeusrajoitusten lisääntyessä joudutaan hakemaan uusia reittejä ja kiertoteitä, mikä voi lisätä kustannuksia paljon (Kantola 2014) ja syödä siten suuremmilla hyötykuormilla saavutettavia etuja (Tieverkon rajoitukset... 2014). Toisaalta toimittaessa 68 tonnin ja 76 tonnin yhdistelmillä aiemman 60 tonnin kuljetusten sijaan, ajokertojen lukumäärän väheneminen säästää tiestöä ja yhdistelmätasolla tarkasteltaessa tierasitus voi jopa vähentyä, vaikka yhdistelmän kokonaismassa kasvaa (Anttila ym. 2012).

Sekä kyselyssä että haastattelussa korostuivat valtiovallan ja EU:n asettamien päätösten ja asetusten suuri merkitys kestäväälle ja kehittyvälle tavaraliikenteelle. Valtiovallan toivottiin toteuttavan kuljetusten erityispiirteitä huomioon ottavia, niitä tukevia ja pitkäkestoisia päätöksiä. Tulevaisuuden kehittämiskohteena kausivaihtelun tasaaminen nousi yhdeksi tärkeimmistä kohteista. Kausivaihtelu on edelleen huomattava vaikka sen tasaamiseksi on koetettu etsiä keinoja. Pääosin sorateiden kelirikosta johtuvan puuhuollon kausivaihtelun arvioitiin aiheuttavan vuonna 2003 noin 100 miljoonan euron vuosittaisen lisäkustannuksen (Pennanen ja Mäkelä 2003). Tasainen ja ympärivuotinen puunhankinta toisi kustannussäästöjä vähäisempien varastotappioiden, pienemmän varastoihin sitoutuneen pääoman, tehokkaamman korjuu- ja kuljetuskaluston käytön sekä pysyvämmän ja motivoituneemman kuljettajakunnan kautta (Kärhä & Peltola 2004, Lappalainen 2009, Väättäinen ym. 2010).

Kaukokuljetuksen tulevaisuuden kehittämiskohteista *verkostoituminen ja yrittäjien yhteistyö* nousi tärkeäksi tekijäksi. Kaukokuljetuksen parissa toimivat yrittäjät ovat kokeneet verkostoitumisel-

la olleen selkeitä hyötyjä, sillä kyselyn yrittäjät arvottivat tätä muita vastaajaryhmiä tärkeämmäksi. Verkottuminen, moniasiakkuus ja alihankinnan käyttö ovat osoittautuneet myös aiemmissä tutkimuksissa hyväksi keinoksi resurssien tehokkaammalle käytölle puunkorjuussa ja puutavaran kaukokuljetuksessa tuotannon resurssien korkeamman käyttöasteen ja tehokkuuden ansiosta (Palander ym. 2006, Väättäinen ym. 2008, Lappalainen 2009, Soirinsuo & Mäkinen 2010). Myös Puutavaralogistiikka 2020 -visiossa on tähdennetty verkostoitumisen ja moniasiakkuuden merkitystä. Visiossa verkosto koostuu erikokoisista ja eri tehtäviin erikoistuneista yrityksistä, jotka palvelevat samalla alueella mahdollisuuksien mukaan useita asiakkaita ja jossa toimintaa voidaan ohjata yli organisaatorajojen (Kohti tehokkaampaa... 2012).

Haastatteluissa vastaajat muistuttivat kokonaislogistiikan merkityksestä kuljetusten kehittämisessä ja siitä, kuinka logistiikkaketjun eri osat saadaan saumattomasti ja tehokkaasti toimimaan aines- ja energiapuun hankinnassa. Haastatteluissa logistiikkaan liitettiin olennaisena osana biomassaterminaalit. Vastaajat painottivat terminaalien merkitystä kaluston käyttöasteen kasvattamisessa ja käytön tasaamisessa vuoden ympäri sekä raaka-aineen saannin varmistamisessa lopputuotteen käyttöön. Metsäteollisuus on edistämässä terminaalien tehokkaampaa hyödyntämistä ja uusien terminaalien käyttöönottoa (Kohti tehokkaampaa... 2012). Vision tavoitteena on erityisesti rautatiekuljetusten tehokkuuden parantaminen ja kasvattaminen hyödyntämällä uudelleen laadittua terminaaliverkostoa lukumääräisesti vähempine, mutta samalla suurempine terminaaleineen. Impolan & Virkkusen (2012) mukaan suuret ja useille kuljetusmuodoille soveltuvat terminaalit pudottavat terminaalitoimintojen yksikkökustannuksia, kun käytetään suuritehoisia kuormankäsittelylaitteita. Biomassaterminaaleissa toiminnan tehokkuutta voitaisiin edelleen parantaa hyödyntämällä niitä puutavaran toimituspisteinä ja vaihtopaikkoina sekä hyödyntämällä uutta teknologiaa ja automaatiota biomassojen käsittelyssä, mittauksessa ja varastojen hallinnassa (Kohti tehokkaampaa... 2012). Terminaalien tehokasta käyttöä tutkitaan parhaillaan myös FIBIC Oy:n BEST -ohjelmahankkeessa.

Teknologiakehitys kuljetuskalustossa kohti suurempia hyötykuormia osoittautui tärkeimmäksi kehittämiskohdaksi asiantuntijahaastatteluissa. Aiempaa suuremmat massat ja mitat maantiekuljetuskalustolle salliva lakiasetus tuli voimaan lokakuun alusta (Valtioneuvoston asetus... 2013). Tämä on näkynyt vuoden 2013 viimeisen neljänneksen rekisteröintitilastossa, jossa erityisesti 35 tonnin kokonaisuissa mahdollistavat neliakseliset vetoautot nousivat tilaston kärkeen noin 74 %:n osuudella (Puutavara-autoilijoiden... 2014). Myös aiemmin käytössä olleen kaluston muutoksatsastuksia vastaamaan 64 tonnin maksimikuormia on tehty laajasti, ja lisäksi kalustopäivityksiä vielä suuremmille kuormille kuormatilan pankkoratkaisuilla ja lisäakselasennuksilla on toteutettu (64 tonnisten... 2014, Ensimmäiset lisäakselit... 2014).

Jopa yli 76-tonnisia HCT (high capacity transport) -ajoneuvoyhdistelmiä on suunniteltu käyttöön otettavaksi. Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi myönsi ensimmäisen poikkeusluvan HCT-ajoneuvoyhdistelmälle Etelä- ja Kaakkois-Suomen määrättyille reiteille (Ensimmäinen poikkeuslupa...2013). Luvan sai kokonaisuutensa 80 tonnin painoinen yhdistelmä. Lisäksi vuoden 2014 alusta poikkeusluvalla on käynnistynyt 5-vuotinen pilottiprojekti, jossa Metsähallituksen koordinoimana kokeillaan 110 tonnin ja 33 metrin puutavarayhdistelmää Lapin pidemmällä reittiosuoksilla (110 tonnin ... 2014). Laskennallisesti hyödyt ovat mittavia, jos puutavaran kuljetuksissa verrataan 60 tonnin ja 80 tonnin kuljetuskalustoa. Laskelman mukaan painavammalla yhdistelmällä saataisiin 20 %:n pudotus yksikkökustannuksissa. Lisäksi kuormat ja tierasitus vähenisivät yli 20 % ja päästöt yli 15 % (Korpilahti & Koskinen 2012).



Suomessa on seurattu suurempien kuljetusyksiköiden käyttöönotossa Ruotsia, jossa jo vuonna 2006 aloitettu kehitystyö ja kokeilut suurilla ajoneuvoilla puutavaran kaukokuljetuksessa ovat tuoneet rohkaisevia tuloksia suuremman kaluston soveltuvuudesta liikenteeseen ja kaluston tuomista eduista puutavaran kuljetuksiin (Anttila ym. 2012, Lövroth & Svenson 2012). Yhteensä noin 150 000 kuutiometrin ja 800 000 ajokilometrin perusteella yli 90-tonnisella kokonaispainoyhdistelmällä kuljetuskustannus ja polttoaineen kulutus vähenivät 20 % sekä autoyksiköiden määrä 35 % verrattaessa perinteiseen 60 tonnin kokonaispainon kuljetukseen (Lövroth & Svenson 2012). Kuljetuskokeilujen suurin, yli 90-tonninen puutavara-auto toimii niin kutsuttuna siirtoautona, joka kuormataan joko metsätievarustellun puutavara-auton kuormaimella puutavaran vaihtopisteessä tai erillisellä kuormaajalla väliterminaalissa. Siirtoautokuljetus (ilman omaa kuormainta) soveltuu perinteistä puutavara-autokuljetusta pidemmille etäisyyksille ja erityisesti suurten puutavaraterminaalien ja käyttöpaikkojen välisiin kuljetuksiin (Anttila ym. 2012, Vitikainen 2013). Etuina konseptilla ovat muun muassa suurempi hyötykuorma ja pienempi polttoaineen kulutus, sekä haasteina riippuvuus erillisestä kuormaajasta/kuormaimesta, ylimääräiset käsittelykerat ja tehtaan/terminaalin kuormankäsittelyratkaisut (Lövroth & Svenson 2012, Vitikainen 2013).

Kuljetuksenohjausjärjestelmillä koettiin olevan suuri merkitys kuljetusten tehokkaassa toteuttamisessa ja hyötyjä olisi edelleen saatavilla kehittyneemmistä järjestelmistä. Puutavara-autoissa on ollut käytössä jo pidempään eritasoisia kuljetuksen ohjausjärjestelmiä, mutta energiapuun kuljetuksiin ohjausjärjestelmien tuloa ja kehitystyötä kaivattiin erityisesti. Uusimpien tutkimusten mukaan riittävän tarkalla ennusteella energiapuupinojen kosteudesta ja siihen tukeutuvalla täsmätoimituksella vuotuiset kuljetuskustannukset megawattitunnille pienenisivät jopa 6,6 % nykytilaan nähden (Windisch ym. 2014). Ainespuupuolella kuljetusten hallintaan on valmistunut uusi ohjelma, joka ottaa huomioon verkostoitumisen ja moniasiakkuuden tarjoamat mahdollisuudet (LogForce tehostaa... 2014). Pyrkimyksenä on ollut myös siirtää päivittäistä kuljetusten ohjausvastuuta kuljetusyrittäjille.

Vastanneiden mukaan kehitystyö moottoriteknologiassa sekä kuljettajaa opastavissa järjestelmissä polttoaineen kulutuksen ja päästöjen vähentämiseksi tuovat hyötyjä nyt ja tulevaisuudessa. Uudet moottorit ovat vanhempia polttoainetaloudellisempia, mikä kannustaa kaluston uusimiseen alalla, jossa polttoaineen osuus kustannuksissa on hyvin merkittävä. Useimmilla kuorma-automerkeillä on jo nyt tarjota järjestelmiä, jotka opastavat kuljettajaa polttoainetaloudellisempaan ajoon. Kuljettajan ajotavan vaikutus polttoainekulutukseen kuljetuksissa voi olla kymmenen prosenttia (Heikkinen 2013). Lisäksi vetoauton muotoilulla ja tuuliohjaimilla sekä kuormatilan pankkojen muotoilulla ja niiden sijoittamisella kuormatilaan saadaan vähennettyä ilmanvastusta merkittävästi ja siten vähentäen polttoaineen kulutusta (Koskinen 2013). Hybridi- ja sähköteknologian ei koettu tarjoavan hyötyjä kuljetusalalle lähitulevaisuudessa.

Vastaajien näkemysten mukaan uusien teknologiaratkaisujen ja innovaatioiden käyttöönotto puutavaran kuljetuksiin on toisinaan varovaista. Esimerkkinä maailmalla jo pidempään puutavaran autokuljetuksissa käytetty rengaspaineen säätöjärjestelmä CTI on hiljalleen vakiintumassa käyttöön myös Suomessa. CTI-järjestelmän käytön avulla voidaan kuljettaa puuta muutoin raskaaseen liikennöintiin soveltumattomilla teillä erityisesti kelirikko aikaan ja käytännön testeissä on havaittu, että liikennöidyt soratiet ovat säilyneet hyväkuntoisina CTI-järjestelmän käytön ansiosta. Myös kiinnijäämisten väheneminen ja ajomukavuuden tuntuva paraneminen ovat saaneet kuljetusyrittäjät vakuuttumaan järjestelmän hyödyistä (Autonen 2012). Kanadassa järjestelmä on ollut käytössä puutavarankuljetuksessa jo kymmeniä vuosia. Ruotsissa järjestelmä on jo yli 150 puutavara-autossa. Suomessa järjestelmä on otettu ensimmäisenä käyttöön Metsähallitukselle toimivilla puutavara-autoyrittäjillä muutama vuosi sitten (Autonen 2012).

Haastattelussa tuli esille, että kilpailun puute rajoittaa rautatiekuljetusten kehittämistä. Kilpailun avautumisen on toivottu tuovan sekä lisää kuljetuskapasiteettia että kustannustehokkuutta puutavaran kuljetuksiin rautateilla (Pajuja & Hämäläinen 2012). Haasteina uusien raideliikenneharjoittajien tulolle ovat olleet muun muassa Suomen raideliikenteen erityisvaatimukset, kaluston hinta ja saatavuus sekä vapaan ratakapasiteetin saatavuus vilkkaasti liikennöidyillä osuuksilla (Kolehmainen ym. 2009). Metsäteollisuudella on selkeä tavoite hyödyntää tulevaisuudessa nykyistä enemmän rautateitä puutavaran kuljetuksissa ja sen vuoksi terminaalien sekä kuormauspaikkojen uudelleenjärjestely on meneillään paraikaa (Kohti tehokkaampaa... 2012). Uuden terminaaliverkon myötä rautateiden kilpailukykyä ja puutavaran toimitusvarmuutta kuljetuksissa saadaan parannettua, kun vaunukierto nopeutuu ja käytössä olevan vaunumäärän käyttöasteet kasvavat (Iikkanen ja Sirkiä 2011). Myös Euroopan Unionissa on pyritty suuntaamaan tavaraliikennettä ylikuormittuneelta tieverkolta vesi- ja rautatiekuljetuksiin (Eurooppalainen liikennepoliittikka... 2001).

Aines- ja energiapuun kaukokuljetus on ollut jonkin aikaa murrosvaiheessa, jossa muutoksia ja kehitystyötä on toteutettu muuttuvaan toimintaympäristöön sopeuttamiseksi sekä kilpailukyvyyn ylläpitämiseksi ja parantamiseksi. Ehkäpä suurimpana jo toteutuneena muutoksena on ollut suurempien massojen käyttöönotto autokuljetuksiin. Avainasemassa on ammattitaitoisten kuljetusyrityksien ja kuljettajien pitäminen alalla sekä uusien rekrytoiminen. Erityisesti pätevien kuljettajien hankkiminen alalle on ollut hyvin vaikeaa ja ongelmat näyttävät jatkuvan tulevaisuudessa. Aines- ja energiapuun kaukokuljetuksessa on otettava paremmin huomioon rautatiekuljetusten kehityspotentiaali. Tärkeimpänä haasteena kuljetusten ylläpitämiseksi on tieverkoston rapautumisen estäminen ja tieverkon liikennöitävyyden kehittäminen tasolle, joka tukee kuljetuskaluston suurempia kokonaispainoja ja korkeuksia. Tämä tulee vaatimaan suurimmat ponnistukset tulevaisuudessa, sillä muutoin uusien innovaatioiden tarjoamat hyödyt jäävät käyttämättä täysimääräisinä.

## Kirjallisuus

- Aarne, M. 2013. Metsäteollisuus. Metsätalastollinen vuosikirja 2013. Metsäntutkimuslaitos. 295–322.
- Ala-Fossi, A., Sikanen, L. & Asikainen, A. 2005. Yrittäjien asenteet ja valmiudet alueyrittäjyyteen. Julkaisussa: Kariniemi, A. (toim). Kehittyvä puuhoito 2005 -seminaarijulkaisu. s. 60–65.
- Anttila, P., Korpilahti, A. & Väätäinen, K. 2012. Puutavaran maantiekuljetusten kehittämispyrkimyksiä Suomessa ja Ruotsissa. Tieteen tori. Metsätieteen aikakauskirja 3/2012. 179–186. <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff12/ff123179.pdf>.
- Bondas, K. 2012. Rikkidirektiivi tuhoaa tuhansia suomalaisia työpaikkoja. Pääkirjoitus Merimies 4/2012. <http://www.smu.fi/viestinta/nettijutut/rikkidirektiivi-tuhoaa-tuhansia/>.
- Computerised Vehicle Routing and Scheduling (CVRS) for Efficient Logistics. 2007. FreightBestPractice – Guide. Department of Transport. s. 39. [http://www.freightbestpractice.org.uk/categories/3589\\_211\\_cyfarpar-a-systemau-equipment--amp--systems-.aspx](http://www.freightbestpractice.org.uk/categories/3589_211_cyfarpar-a-systemau-equipment--amp--systems-.aspx)
- Eurooppalainen liikennepoliittikka vuoteen 2010: valintojen aika. 2001. Valkoinen kirja. Euroopan komissio. 123 s. [http://ec.europa.eu/transport/themes/strategies/doc/2001\\_white\\_paper/lb\\_texte\\_complet\\_fi.pdf](http://ec.europa.eu/transport/themes/strategies/doc/2001_white_paper/lb_texte_complet_fi.pdf).

- Heikkinen, L. 2013. Kuorma-auton polttoaineenkulutus jakeluliikenteessä. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. 34 s. + 2 liites. <http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/61089/Kuorma-auton%20polttoaineenkulutus%20jakeluliikenteessa.pdf?sequence=1>.
- Iikkanen, P. & Sirkiä, A. 2011. Rataverkon raakapuun terminaali- ja kuormaustapaikkaverkon kehittäminen. Kaikki kuljetusmuodot kattava selvitys. Liikennevirasto. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 31/2011. 50 s. + 2 liites. [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts\\_2011-31\\_rataverkon\\_raakapuun\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2011-31_rataverkon_raakapuun_web.pdf).
- Ilmastonmuutoksen vaikutus tiestön hoitoon ja ylläpitoon. 2009. Tiehallinnon selvityksiä 8/2009. 66 s. + liitt. 8 s. [http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf2/3201122-v-ilmastonmuutoksen\\_vaikutus\\_kunnossapitoon.pdf](http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf2/3201122-v-ilmastonmuutoksen_vaikutus_kunnossapitoon.pdf)
- Impola, R. & Virkkunen, M. 2012. Metsäenergian käyttö tuplaantuu Joensuussa - terminaaleilla tehoa logistiikkaketjuihin. Tutkimusraportti VTT-R-08636-11. 81 s.
- Kantola, A. 2014. Painorajoituksista riesaa kuljetusyrittäjälle. Maaseudun tulevaisuus. 17.01.2014.
- Karttunen, K., Väätäinen, K., Asikainen, A. & Ranta, T. 2012. The operational efficiency of waterway transport of forest chips on Finland's Lake Saimaa. *Silva Fennica* 46(3): 395–413.
- Kilpailukykyä ja hyvinvointia vastuullisella liikenteellä. 2012. Valtioneuvoston liikennepolittinen selonteko eduskunnalle 2012. Liikenne- ja viestintäministeriö. 63 s. + 5 liites. <http://www.hare.vn.fi/upload/Julkaisut/17748/670671812912207.PDF>.
- Kohti tehokkaampaa puuhuoltoa. 2012. Puutavaralogistiikka 2020 - kehittämissisio ja t&k-ohjelma. Metsäteollisuus ry ja Metsäteho Oy. 16 s. [http://www.metsateho.fi/files/metsateho/tiedote/Tiedote\\_03\\_2012\\_Julkaisu\\_Kohti\\_tehokkaampaa\\_puuhuoltoa.pdf](http://www.metsateho.fi/files/metsateho/tiedote/Tiedote_03_2012_Julkaisu_Kohti_tehokkaampaa_puuhuoltoa.pdf)
- Kolehmainen, K., Kinnula, P., Komscha, A. & Romo, A. 2009. Suomen rautatiemarkkinat - Kilpailun vaikuttavien tekijöiden, kilpailun toimivuuden ja kilpailun vaikutusten mittaaminen. Rautatieviraston julkaisuja 2 /2009. 36 s. [http://www.trafi.fi/filebank/a/1320243459/1bee42b6641d3c6df62d2f3f707f5a5c/513-Suomen\\_rautatiekuljetusmarkkinat\\_RVI-HKKK\\_.pdf](http://www.trafi.fi/filebank/a/1320243459/1bee42b6641d3c6df62d2f3f707f5a5c/513-Suomen_rautatiekuljetusmarkkinat_RVI-HKKK_.pdf).
- Korpilahti, A. & Koskinen, O. 2012. Puutavaran autokuljetus tehokkaammaksi. Metsätehon tuloskalvosarja 1/2012. 19 s. [http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Tuloskalvosarja/Tuloskalvosarja\\_2012\\_01\\_Puutavaran\\_autokuljetus\\_tehokkaammaksi\\_ak.pdf](http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Tuloskalvosarja/Tuloskalvosarja_2012_01_Puutavaran_autokuljetus_tehokkaammaksi_ak.pdf).
- Koskinen, O. H. 2013. Puutavara-auton ilmanvastusvoimat ovat vielä monelle täysin uutta. *XX Magazine Ammattilehti.fi*. s. 16. <http://issuu.com/ammattilehti.fi/docs/xxmagazine2-2013>.
- Kuljetusyrittäjien asenteet työurien pidentämiseen. 2013. SKAL kuljetusbarometri 1/2013. 9 s. [http://www.skal.fi/files/12544/kuljetusbarometri\\_1\\_2013\\_ajankohtaiskysymykset\\_tyourat.pdf](http://www.skal.fi/files/12544/kuljetusbarometri_1_2013_ajankohtaiskysymykset_tyourat.pdf).
- Kärhä, K., Stranström, M., Lahtinen, P. & Elo, J. 2009. Metsähakkeen tuotannon kalusto- ja työvoimatarve Suomessa 2020. Metsätehon katsaus 41/2009. 4 s.
- Laitila, J., Leinonen, A., Flyktman, M., Virkkunen, M. & Asikainen, A. 2011. Metsähakkeen hankinta- ja toimituslogistiikan haasteet ja kehittämistarpeet. VTT Tiedotteita 2564. 143 s.
- Lappalainen, M. 2009. Kotimaisen puunhankinnan tulevaisuuden liiketoimintamallit – tutkimushanke. Loppuraportti 7.1.2009. Jyväskylän yliopisto. 27 s. Saatavissa: <https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/20839/wp355.pdf?sequence=1>.
- Luettelo painorajoitetuista silloista. 2013. Tiehallinto / siltarekisteri. 31 s. <http://portal.liikennevirasto.fi/portal/page/portal/f/liikenneverkko/tiet/siltarajoitukset/Painorajoitetut%2020122013.pdf>.
- Löfroth, C. & Svenson, G. 2012. ETT – Modulsystem för skogstransporter – En trave Till (ETT) och Större Travar (ST). Arbetsrapport från Skogforsk 758. 158 s. <http://www.skogforsk.se/PageFiles/74514/Arbetsrapport%20758-2012.pdf>.
- Malinen, J., Nousiainen, V., Palojärvi, K. & Palander, T. 2012. Ajokuljetuslogistiikan pullonkaulat tulevaisuuden ajo-olosuhteissa. Metsätieteen päivä 2012. 21 s. [http://www.metsatieteellinenseura.fi/files/sms/MTP2012/4-3\\_malinen\\_etal.pdf](http://www.metsatieteellinenseura.fi/files/sms/MTP2012/4-3_malinen_etal.pdf).
- Metsäalan kone- ja autokustannusindeksit. 2013. Lokakuu 2013. 18.11. 2013. Excel-tiedosto.
- Nietola, O. 2013. Metsäteollisuuden logistiikan ja hankinnan haasteita ja tulevaisuuden näkymiä. Logyn foorumi-iltapäivä 28.11.2013. Esitys. 16 s. [http://www.logy.fi/liitetiedostot/LOGY\\_metsateollisuus\\_20131128.pdf](http://www.logy.fi/liitetiedostot/LOGY_metsateollisuus_20131128.pdf).

- Niittymaa, V. 2013. Haanperän turvekuljetukset väivät kahden sillan mottiin. Maaseudun tulevaisuus. 20.09.2013.
- Niskanen, A., Donner-Amnell, J., Häyrynen, S. & Peltola, T. 2008. Metsän uusi aika. Kohti monipuolisempaa metsäalan elinkeinorakennetta. Metsäalan tulevaisuusfoorumin loppujulkaisu. *Silva Carelica* 53. 274 s.
- Nousiainen, V. 2012. Puutavaran autokuljetusten pullonkaulat nykytoimintaympäristössä. Metsätieteen pro-gradu. Itä-Suomen yliopisto. 92 s.
- Palander, T., Säynäjoki, T. & Högnäs, T. 2006. Puutavaran autokuljetuksen uudet organisointimallit. Metsätieteen aikakauskirja 1/2006: 5–22. <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff06/ff061005.pdf>.
- Pennanen, O. ja Mäkelä, O. 2003. Raakapuukuljetusten kelirikkohaittojen vähentäminen. Metsätehon raportti 153. 53 s. [http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Raportti/Raportti\\_153.pdf](http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Raportti/Raportti_153.pdf).
- Puutavara-autoilijoiden määrä on vakiintunut ja yrityskoko kasvanut! 2014. *MetsäTrans* N:o 1 maaliskuu 2014. 20–26.
- Rakennetun omaisuuden tila 2013. 2013. Suomen rakennusinsinöörien liitto. 52 s. [http://www.roti.fi/document.php?DOC\\_ID=403&SEC=52ecbdc426b83d3c35093a8f27c1cae5&SID=1#roti\\_2013\\_aukeamat\\_upd.pdf](http://www.roti.fi/document.php?DOC_ID=403&SEC=52ecbdc426b83d3c35093a8f27c1cae5&SID=1#roti_2013_aukeamat_upd.pdf).
- Routa, J. & Ranta, T. 2012. Energiapuun rautatiekuljetuksissa kehittämispotentiaalia – tutkimuksia Suomesta ja Ruotsista. *Tieteen tori. Metsätieteen aikakauskirja* 3/2012. 187–191.
- Routa, T. & Kämäräinen, J. 2011. IMO 2015 - EU Rikkidirektiivi. Vienti- ja tuontilogistiikan haasteet 13.10.2011. [http://www.logistiikkamessut.fi/liitetiedostot/ editori\\_materiaali/1789.pdf](http://www.logistiikkamessut.fi/liitetiedostot/ editori_materiaali/1789.pdf).
- Schäfer, H. 2014. Eläkeläiset ja ulkomaalaiset puikoissa. *Maaseudun Tulevaisuus* 26.2.2014.
- Sikiö, T. & Salanne, I. 2008. Saimaan sisävesiliikenteen kehittämisselvitys. Merenkululaitoksen julkaisu ja 6/2008. 36 s. [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf5/mkl\\_2008-6\\_saimaan\\_sisavesiliikenteen.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf5/mkl_2008-6_saimaan_sisavesiliikenteen.pdf).
- Soirinsuo, J. & Mäkinen, P. 2010. Puunkorjuu- ja puunkuljetusyritykset kasvavat asiakkaan pyynnöstä. Teoksessa: Kasvun eväät metsä- ja puualan pienyrityksille. Rieppo, K. (toim.). TTS:n julkaisuja 406. ss. 34–47. [http://www.tts.fi/kasvunevaat/files/tj\\_406.pdf](http://www.tts.fi/kasvunevaat/files/tj_406.pdf).
- Sorsa, J. 2013. Raakapuun aluskuljetuksen käyttömahdollisuudet Pielisellä. Opinnäytetyö. Karelia Ammattikorkeakoulu. 76 s.
- Strandström, M. 2013a. Puunkorjuu ja kaukokuljetus vuonna 2012. Metsätehon tulosalvosarja. 31 s. [http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Tulosalvosarja/Tulosalvosarja\\_2013\\_03a\\_Puunkorjuu\\_ja\\_kaukokuljetus\\_vuonna\\_2012\\_ms.pdf](http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Tulosalvosarja/Tulosalvosarja_2013_03a_Puunkorjuu_ja_kaukokuljetus_vuonna_2012_ms.pdf).
- Strandström, M. 2013b. Puunkorjuu ja kaukokuljetus vuonna 2012. Metsätehon Katsaus 43. 4 s.
- Strandström, M. & Pajujoja, H. 2013. Metsäsektorin työvoimatarve - Savotta 2020. Metsätehon raportti 224. 18 s. + 3 liites. [http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Raportti/Raportti\\_224\\_Metsasektorin\\_tyovoimatarve\\_ms\\_hp.pdf](http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Raportti/Raportti_224_Metsasektorin_tyovoimatarve_ms_hp.pdf).
- Taipalus, J. 2013. Metsäalan Kuljetusryttäjät Ry - Jäsenyytyväisyys 2012. Hämeen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. 36 s. [http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/59564/METSAALAN%20KULJETUSYRITTAJAT%20ry\\_Jasentytyvaisuus\\_uusi%202012.pdf?sequence=1](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/59564/METSAALAN%20KULJETUSYRITTAJAT%20ry_Jasentytyvaisuus_uusi%202012.pdf?sequence=1).
- Vitikainen, P. 2013. Puutavaran kaukokuljetus siirtoautolla. Opinnäytetyö. Mikkelin ammattikorkeakoulu. 31 s.
- Väätäinen, K. & Laitila, J. 2014. Kuljetuslogistiikka. Julkaisussa: Heräjärvi, Henrik, Kettunen, Leena & Murtovaara, Irene (toim.). 2014. Uudistuvat puutuotearvoketjut ja puunhankintaratkaisut (PUU) – Tutkimus- ja kehittämisselityksen keskeiset tulokset. Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 284. 44–47. <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2014/mwp284.htm>.
- Väätäinen, K., Lappalainen, M., Asikainen, A. & Anttila, P. 2008. Kohti kustannustehokkaampaa puunkorjuuta – puunkorjuuryrittäjän uusien toimintamallien simulointi. Metlan työraportteja. Saatavissa: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2008/mwp073.htm>.
- Väätäinen, K., Lamminen, S., Sirén, M., Ala-Ilomäki, J. ja Asikainen, A. 2010. Ympärivuotisen puunkorjuun kustannusvaikutukset ojitetuilla turvemaidilla – korjuuryrittäjätason simulointitutkimus. Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 184. 57 s. <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2010/mwp184.htm>.

- Windisch, J., Väätäinen, K., Anttila, P. & Laitila, J. 2014. Precise fuel deliveries for improved energy generation. Käsikirjoitus.
- Ylitalo, E. 2013. Puun energiakäyttö 2012. SVT Maa-, metsä- ja kalatalous 2013. Metsätalostatiedote 15/2013. Metsäntutkimuslaitos, metsätalastollinen tietopalvelu. 9 s. <http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/mtt/2013/puupolttoaine2012.pdf>.
- 110 tonnin jättirekka. 2014. Metsätrans N:o 1 maaliskuu 2014. 82–83.
2011. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS. On the review of the implementation of Directive 1999/32/EC related to the Sulphur Content of Certain Liquid Fuels and on further pollutant emission reduction from maritime transport. European Commission. Brussels, 15.7.2011 COM(2011) 441 final. [http://ec.europa.eu/environment/air/transport/pdf/ships/com\\_2011\\_441\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/environment/air/transport/pdf/ships/com_2011_441_en.pdf).

## Internetlähteet

- Autonen, O. 2012. CTI-järjestelmä yleistyy puutavarakuljetuksessa. Metsä.fi. Metsähallitus. <http://www.metsafi-lehti.fi/metsatalous/cti-jarjestelma-yleistyy-puutavarakuljetuksessa/>.
- Ensimmäinen poikkeuslupa myönnetty yli 76-tonniselle – nyt on vaalittava kuljetusmarkkinoiden tasapuolisuutta. 2013. SKAL tiedote. [http://www.skal.fi/ajankohtaista/skal\\_tiedottaa/tiedotearkisto/tiedotteet\\_2013/ensimmainen\\_poikkeuslupa\\_myonnetty\\_yli\\_76-tonniselle\\_nyt\\_on\\_vaalittava\\_kuljetusmarkkinoiden\\_tasapuolisuutta.9997.news](http://www.skal.fi/ajankohtaista/skal_tiedottaa/tiedotearkisto/tiedotteet_2013/ensimmainen_poikkeuslupa_myonnetty_yli_76-tonniselle_nyt_on_vaalittava_kuljetusmarkkinoiden_tasapuolisuutta.9997.news).
- Ensimmäiset lisäkselit asennettu ja muutostaksastukset tehty. 2014. Metsäalan Ammattilehti. <http://www.ammattilehti.fi/uutiset.html?a100=6238>.
- Kasurinen, R. & Kirsi, K. 2012. Kilpailuvirasto selvittämään Proxionin ja VR:n riitaa. YLE uutiset. 9.11.2012. [http://yle.fi/uutiset/kilpailuvirasto\\_selvittamaan\\_proxionin\\_ja\\_vrn\\_riitaa/6370922](http://yle.fi/uutiset/kilpailuvirasto_selvittamaan_proxionin_ja_vrn_riitaa/6370922).
- Kovat hinnankorotuspaineet ja kannattavuusremontti vuonna. 2012. SKAL Kuljetusbarometri 1/2012. [http://www.skal.fi/viestinta/tiedotteet/?6234\\_m=6240](http://www.skal.fi/viestinta/tiedotteet/?6234_m=6240).
- LogForce tehostaa metsäalan kuljetuksia. 2014. LogForce. Fifth Element. <http://www.logforce.fi>.
- Mattila, R. 2013. VR:n monopolia rautateilla puretaan pienin paloin. YLE uutiset. 15.9.2013. [http://yle.fi/uutiset/vrn\\_monopolia\\_rautateilla\\_puretaan\\_pienin\\_paloin/6830001](http://yle.fi/uutiset/vrn_monopolia_rautateilla_puretaan_pienin_paloin/6830001).
- Pajuoja, H. & Hämäläinen, J. 2012. Kohti tehokkaampaa puuhuoltoa. Puutavaralogistiikka 2020 - kehittämisvisio ja T&K-ohjelma. Esitys. 29 s. [http://www.metsateho.fi/files/metsateho/tiedote/Tiedote\\_03\\_2012\\_Esitys\\_Kohti\\_tehokkaampaa\\_puuhuoltoa\\_Pajuoja\\_Hamalainen.pdf](http://www.metsateho.fi/files/metsateho/tiedote/Tiedote_03_2012_Esitys_Kohti_tehokkaampaa_puuhuoltoa_Pajuoja_Hamalainen.pdf).
- Rautatielaki. 2006. 555/2006. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060555>.
- Tieverkon rajoitukset syövät hyötyjä suuremmasta kuljetuskalustosta. 2014. SKAL Kuljetusbarometri 1/2014. Luettu 25.2.2014. [http://www.skal.fi/files/13643/SKAL\\_Kuljetusbarometri\\_1\\_2014\\_diat\\_1501.pdf](http://www.skal.fi/files/13643/SKAL_Kuljetusbarometri_1_2014_diat_1501.pdf).
- 64 tonnisten yhdistelmien kuormatilapäivitys on kannattava investointi. 2014. Metsäalan Ammattilehti. Luettu: <http://www.ammattilehti.fi/uutiset.html?a100=7528>.

**LIITE 1.** Kaukokuljetuksen nykytilan merkittävimmät ongelmatekijät kustannustehokkaan kuljetuksen näkökulmasta vastaajaryhmittäin (1 = ei ongelma...5 = erittäin merkittävä ongelma).

|  | Kuljetuksen toteutus |              | Hankinnan organisointi ja logistiikan hallinta |              | Tehdas ja voimalaitosvastaanotto & asiantuntijat |              | Yhteensä   |              |
|--|----------------------|--------------|--|--------------|--|--------------|------------|--------------|
|  | Keskiarvo            | Keskihajonta | Keskiarvo                                      | Keskihajonta | Keskiarvo  | Keskihajonta | Keskiarvo  | Keskihajonta |
| Polttoaineen hinta ja verotus                                      | 4,8                  | 0,4          | 4,2  | 0,4          | 3,6  | 0,9          | <b>4,2</b> | <b>0,8</b>   |
| Ammattitaitoisten kuljettajien rekrytoiminen, työvoimapula         | 3,8                  | 1,1          | 4,0  | 0,7          | 3,4  | 1,3          | <b>3,7</b> | <b>1,0</b>   |
| Kuljetusverkon kunto, kunnossapito                                 | 3,8                  | 0,4          | 3,4  | 0,5          | 3,8  | 0,4          | <b>3,7</b> | <b>0,5</b>   |
| Tiedon hyödynnettävyys ja yhteensopivuus                           | 3,8                  | 0,8          | 3,0  | 0,7          | 4,0  | 1,4          | <b>3,6</b> | <b>1,1</b>   |
| Kaluston investointihinta  | 4,2                  | 0,4          | 3,0  | 0,7          | 3,4  | 0,9          | <b>3,5</b> | <b>0,8</b>   |
| Vastaanoton kapasiteetin rajallisuus ja ongelmaherkkyys            | 3,3                  | 1,5          | 3,6  | 0,5          | 3,6  | 1,1          | <b>3,5</b> | <b>1,0</b>   |
| Kaluston mitoitukseen liittyvät lait ja rajoitteet                 | 3,6                  | 0,9          | 3,4  | 0,5          | 3,4  | 1,3          | <b>3,5</b> | <b>0,9</b>   |
| Taksa- ja palkkataso   | 4,4                  | 0,5          | 2,8  | 0,8          | 3,0  | 1,0          | <b>3,4</b> | <b>1,1</b>   |
| Työaikalainsäädäntö  | 3,4                  | 0,5          | 3,2  | 1,5          | 3,4  | 1,5          | <b>3,3</b> | <b>1,2</b>   |
| Käytön ympärivuotisuus   | 3,2                  | 1,3          | 3,4  | 1,1          | 3,0  | 1,2          | <b>3,2</b> | <b>1,1</b>   |
| Työn fyysinen ja henkinen kuormittavuus kuljettajalle/yrittäjälle  | 3,4                  | 0,5          | 2,6  | 0,9          | 3,4  | 1,1          | <b>3,1</b> | <b>0,9</b>   |
| EU-lait sekä lakien/säädösten harmonisointi koko EU:n tasolle      | 3,0                  | 1,2          | 3,0  | 1,6          | 3,4  | 0,5          | <b>3,1</b> | <b>1,1</b>   |
| Tienvarsivarastojen sijainti ja laatu                              | 3,8                  | 0,4          | 2,0  | 0,7          | 3,4  | 0,9          | <b>3,1</b> | <b>1,0</b>   |
| Verkostoitumisen puute   | 3,0                  | 0,7          | 3,0  | 1,0          | 2,8  | 0,4          | <b>2,9</b> | <b>0,7</b>   |
| Työntekijöiden sitoutuminen ja osajien säilyminen                  | 3,4                  | 0,9          | 3,0  | 0,7          | 2,4  | 0,5          | <b>2,9</b> | <b>0,8</b>   |
| Yrittäjien vastuiden kasvu ja kuljetusten ohjauksen hallinta       | 3,0                  | 1,4          | 2,6  | 0,5          | 3,0  | 1,6          | <b>2,9</b> | <b>1,2</b>   |
| Materiaalin ominaisuudet kuljetusta ajatellen                      | 2,8                  | 1,3          | 3,0  | 1,0          | 2,8  | 1,1          | <b>2,9</b> | <b>1,1</b>   |
| Terminaalien sijainti, määrä ja laatu                              | 3,2                  | 0,8          | 2,8  | 0,4          | 2,6  | 0,9          | <b>2,9</b> | <b>0,7</b>   |
| Taloudellinen suorituskyky   | 3,0                  | 0,7          | 3,0  | 1,0          | 2,6  | 1,1          | <b>2,9</b> | <b>0,9</b>   |
| Kuljetusyksikön koko ja kapasiteetti                               | 3,2                  | 0,8          | 3,0  | 1,6          | 2,4  | 0,5          | <b>2,9</b> | <b>1,1</b>   |
| Tehdas- tai voimalaitosalueiden suunnittelu ja liikennejärjestelyt | 2,5                  | 0,6          | 2,8  | 1,3          | 3,2  | 1,3          | <b>2,9</b> | <b>1,1</b>   |
| Tehtaiden/asiakkaiden omat säädökset kuljetukseen                  | 3,2                  | 0,8          | 2,0  | 1,0          | 3,0  | 1,4          | <b>2,7</b> | <b>1,2</b>   |
| Käytettävyys, käyttäjäystävällisyys                                | 3,4                  | 0,9          | 2,4  | 0,5          | 2,4  | 0,5          | <b>2,7</b> | <b>0,8</b>   |
| Vastaanoton aukioajat  | 3,3                  | 1,7          | 2,2  | 0,8          | 2,2  | 1,3          | <b>2,5</b> | <b>1,3</b>   |
| Yrityksen koko   | 2,2                  | 0,4          | 2,6  | 0,9          | 2,6  | 1,1          | <b>2,5</b> | <b>0,8</b>   |
| Työmotivaatio  | 3,0                  | 0,7          | 1,8  | 0,8          | 2,6  | 1,1          | <b>2,5</b> | <b>1,0</b>   |
| Materiaalin ominaisuudet tehdas- tai voimalaitoskäyttöä ajatellen  | 2,0                  | 1,2          | 2,0  | 1,0          | 3,0  | 1,2          | <b>2,4</b> | <b>1,2</b>   |
| Tekninen kehitys   | 1,8                  | 0,4          | 2,8  | 0,4          | 2,0  | 0,7          | <b>2,2</b> | <b>0,7</b>   |
| Viranomaistoiminta (poliisi, tulli, katsastus)                     | 2,8                  | 0,8          | 2,0  | 1,0          | 1,6  | 0,5          | <b>2,1</b> | <b>0,9</b>   |
| Kuljetusverkon kattavuus   | 2,4                  | 1,1          | 1,6  | 0,5          | 2,2  | 0,4          | <b>2,1</b> | <b>0,8</b>   |
| Teknologian taso ja luotettavuus                                   | 2,0                  | 0,7          | 1,8  | 0,8          | 1,8  | 0,4          | <b>1,9</b> | <b>0,6</b>   |

**LIITE 2.** Merkittävimmät tekijät kaukokuljetuksen kehittämisessä vastaajaryhmittäin  
 (1 = ei merkitystä...5 = erittäin suuri merkitys).

|  | Kuljetuksen toteutus |              | Hankinnan organisointi ja logistiikan hallinta |              | Tehdas ja voimalaitosvastaanotto & asiantuntijat |              | Yhteensä   |              |
|--|----------------------|--------------|--|--------------|--|--------------|------------|--------------|
|  | Keskiarvo            | Keskihajonta | Keskiarvo                                      | Keskihajonta | Keskiarvo  | Keskihajonta | Keskiarvo  | Keskihajonta |
| Teiden kunnan ylläpidon parantaminen   | 4,2                  | 0,4          | 4,4  | 0,5          | 4,4  | 0,5          | <b>4,3</b> | <b>0,5</b>   |
| Valtion ohjausmekanismit kaukokuljetuksen kehittämiseksi   | 4,4                  | 0,9          | 4,0  | 0,7          | 3,8  | 1,1          | <b>4,1</b> | <b>0,9</b>   |
| Kausivaihteluiden tasaaminen   | 4,2                  | 0,8          | 3,8  | 1,3          | 4,2  | 0,8          | <b>4,1</b> | <b>1,0</b>   |
| Terminaaliverkostot ja uudet tehokkaat terminaalitoiminnot   | 4,2                  | 0,4          | 3,2  | 0,8          | 3,8  | 1,3          | <b>3,7</b> | <b>1,0</b>   |
| Kuljettajakoulutuksen tehostaminen keinoin, joilla saadaan koulutettua lisää kuljettajia alalle                                  | 4,0                  | 1,2          | 3,8  | 1,1          | 3,0  | 0,7          | <b>3,6</b> | <b>1,1</b>   |
| Uusittu lainsäädäntö puutavarankuljetukseen; sallitaan suuremmat painot äärimittoja suurentamatta.                               | 3,8                  | 1,3          | 4,0  | 1,0          | 3,0  | 1,0          | <b>3,6</b> | <b>1,1</b>   |
| Koko hankintaketjun hallitsevien ja siinä operoivien yrittäjien merkitys   | 4,2                  | 0,8          | 2,6  | 0,5          | 4,0  | 0,8          | <b>3,6</b> | <b>1,0</b>   |
| Ratkaisut polttoaineen kulutuksen vähentämiseksi moottoriteknologian kehittämisen keinoin  | 3,6                  | 0,5          | 3,2  | 1,8          | 3,8  | 0,8          | <b>3,5</b> | <b>1,1</b>   |
| Kuljetusten optimointi, kuljetuksen ohjausjärjestelmien kehitys  | 3,8                  | 0,4          | 3,2  | 0,4          | 3,6  | 0,9          | <b>3,5</b> | <b>0,6</b>   |
| Verkostoituminen ja yhteistyö yritysten välillä  | 4,0                  | 1,0          | 3,2  | 1,3          | 3,3  | 0,5          | <b>3,5</b> | <b>1,0</b>   |
| Kuljetuksen hinnoittelun määrittäminen kannattavan yritystoiminnan tasolle   | 4,8                  | 0,4          | 2,6  | 0,5          | 3,0  | 1,2          | <b>3,5</b> | <b>1,2</b>   |
| Uusittu lainsäädäntö puutavarankuljetukseen; sallitaan suuremmat painot myös pituutta ja korkeutta lisäämällä                    | 2,8                  | 1,3          | 4,2  | 0,8          | 3,4  | 1,1          | <b>3,5</b> | <b>1,2</b>   |
| Ratkaisut kuljetuskapasiteetin kasvattamiseksi suurentamalla kuormatilaa   | 3,6                  | 1,1          | 3,8  | 1,3          | 2,8  | 1,3          | <b>3,4</b> | <b>1,2</b>   |
| Varastojenhallinnan kehittäminen   | 3,6                  | 0,5          | 3,0  | 0,7          | 3,0  | 1,2          | <b>3,2</b> | <b>0,9</b>   |
| Kehittyvä kuljettajaopastus apuna tehokkaammassa, polttoaine- taloudellisemmassa ja liiketurvallisemmassa kaukokuljetuksessa     | 3,4                  | 0,9          | 3,0  | 0,7          | 3,2  | 1,1          | <b>3,2</b> | <b>0,9</b>   |
| Metsien energijakeiden suurimittakaavainen kuljetus suurten kaupunkien lämpölaitoksille  | 3,2                  | 1,1          | 2,6  | 0,5          | 3,6  | 0,9          | <b>3,1</b> | <b>0,9</b>   |
| Kuljetusyrittäjäkoulutuksen ja kurssitusten kehittäminen   | 3,2                  | 1,3          | 3,2  | 1,3          | 3,0  | 0,7          | <b>3,1</b> | <b>1,1</b>   |
| Yrittäjien ja kuljettajien terveyden ja hyvinvoinnin kehittäminen  | 3,6                  | 1,1          | 2,6  | 0,5          | 3,2  | 0,8          | <b>3,1</b> | <b>0,9</b>   |
| Kuljetettavan materiaalin mittaustapojen ja parhaiden mittausten kehittämisen ja käyttöönotto                                    | 3,6                  | 1,1          | 2,8  | 0,8          | 2,6  | 1,1          | <b>3,0</b> | <b>1,1</b>   |
| Monilähdeinformaation tehokkaampi hyödyntäminen teiden kulkukelpoisuuksien määrittämisessä ja ennustamisessa eri sääolosuhteissa | 3,2                  | 0,8          | 2,2  | 0,8          | 3,6  | 1,3          | <b>3,0</b> | <b>1,1</b>   |
| Ratkaisut polttoaineen kulutuksen vähentämiseksi kuljetusyksikön aerodynamiikan kehittämisen keinoin                             | 2,8                  | 0,4          | 2,8  | 1,5          | 3,2  | 1,1          | <b>2,9</b> | <b>1,0</b>   |
| Kuljetusyritysten koon kasvattaminen   | 3,0                  | 1,2          | 3,0  | 1,6          | 2,8  | 0,5          | <b>2,9</b> | <b>1,1</b>   |
| Ratkaisut kuljetuskapasiteetin kasvattamiseksi kuljetettavaa materiaalia tiivistämällä   | 2,2                  | 0,8          | 2,8  | 1,1          | 3,4  | 0,5          | <b>2,8</b> | <b>0,9</b>   |
| Metsäenergiajakeiden energiatheyden kasvattaminen  | 2,6                  | 0,5          | 2,6  | 1,1          | 3,0  | 1,4          | <b>2,7</b> | <b>1,0</b>   |
| Kuljetettavan materiaalin volyymimittauksen yhtenäistäminen tonneihin  | 2,8                  | 0,8          | 2,4  | 1,1          | 2,4  | 1,1          | <b>2,5</b> | <b>1,0</b>   |
| Renkaiden paineensäätöjärjestelmän laajempi käyttöönotto   | 2,2                  | 0,8          | 2,2  | 1,1          | 3,0  | 1,2          | <b>2,5</b> | <b>1,1</b>   |
| Siirrettävien konttien hyödyntäminen kaukokuljetuksessa  | 2,0                  | 1,0          | 2,4  | 0,9          | 2,6  | 0,5          | <b>2,3</b> | <b>0,8</b>   |