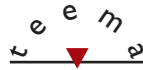


Perttu Anttila, Antti Korpilahti ja Kari Väätäinen

Puutavaran maantiekuljetusten kehittämispyrkimyksiä Suomessa ja Ruotsissa



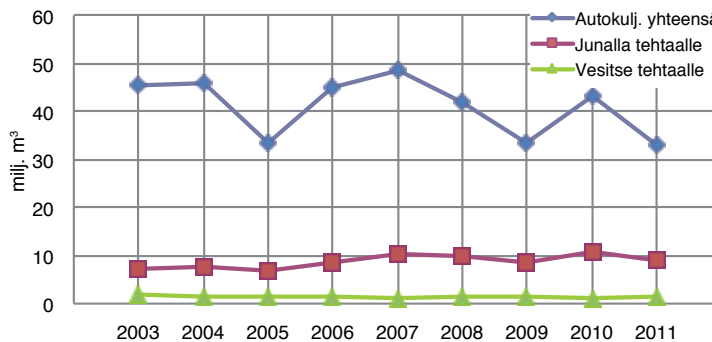
Aines- ja energiapuun kuljetuksen haasteita Suomessa

Ainespuuta, metsäenergiajakeita ja puujalosteita kuljetetaan Suomessa paljon. Metsäteollisuusintegraatit ja suuret lämpö- ja voimalaitokset sijaitsevat pääosin eteläisessä Suomessa ja rannikolla, kun taas metsäbiomassareserviä on runsaasti Itä- ja Pohjois-Suomessa. Osittain tästä johtuen sekä ainesettä energiapuun kuljetusmatkat ovat suuren mittakaavan tehtaalle ja voimalaitoksille pitkiä, kuljetukset energiaintensiivisiä ja vaativat usein erilaisia varastointijärjestelyjä kuljetusketjun eri vaiheissa.

Puutavaran kaukokuljetuksen tilastoitu suorite vuonna 2011 oli 7,1 miljardia m³km, josta 58 % kuljetettiin autolla, 36 % rautateitse ja 6 % vesiteitse. Kuljetussuoritteella tarkoitetaan kuljetetun tavar-

määrän ja matkan tulona saatavaa kuljetustyön määrää. Rauta- ja vesitiekuljetuksia lyhyemmistä kuljetusmatkoista johtuen maantiekuljetusten osuus kuljetetusta puumäärästä oli suhteellisesti vielä suurempi kuin kuljetussuoritteesta, noin 76 % (kuva 1). Kaukokuljetuksen kustannukset vuonna 2011 olivat yhteensä noin 366 miljoonaa euroa. Puunkorjuun ja kaukokuljetuksen kokonaiskustannuksista kaukokuljetuksen osuus oli 37 % vuonna 2010. Puun osuus kotimaan kaikkien maantiekuljetusten kuljetussuoritteesta oli 11 %.

Puutavaran kaukokuljetuksen kalusto- ja työvoimatarpeet ovat suuria, ja metsäbiomassajakeiden käytön ja hankinnan kausivaihtelut aiheuttavat haasteita resurssien tehokkaassa käytössä. Vuonna 2010 raakapuun kuljetuksessa oli 1330 puutavara-autoa. Energiapuun kuljetuskalustoa ei ole tilastoi-



Kuva 1. Vuosittain maanteitse kuljetettavan puutavaran määrä vaihtelee enemmän kuin rauta- tai vesiteitse kuljetettavan puutavaran määrä.

tu, mutta Pöyryn ja Metsätehon laskelmien mukaan vuonna 2009 tuotetun metsähakkeen kuljetukseen olisi tarvittu 100 hakeautoa ja 90 energiapuuautoa. Tulevaisuudessa kaluston ja työvoiman saatavuus saattaa jopa rajoittaa metsähakkeen käytön kasvua. Metsäenergian hankinta lämpövoimalaitoksille on hyvin kausittaista kuljetusten painottuessa kylmään vuodenaikaan. Myös metsäteollisuuden ainespuun hankinta painottuu edelleen syksyyn ja talveen.

Tulevaisuudessa puun kuljetuskustannukset tulevat kasvamaan. Polttoaineen hintaan vaikuttavat raakaöljyn hinnan lisäksi nousevat polttoaineverot. Lisäksi energiapuun osalta kuljetusmatkat ovat vielä pidentymässä käyttömäärien ja kilpailun lisääntymisessä. Metsähakkeen hankinta-alueiden laajentaminen ja monipuolistaminen vaatii uudenlaisia logistisia ratkaisuja.

Autokuljetuksen kannalta ongelmia ovat myös tiestön kuluminen, sillä vähentyneet ylläpidon määrärahat eivät riitä alempiasteisten teiden kunnostukseen. Teiden päällysteet rapistuvat, ja etenkin sillat ovat huonokuntoisia. Vanhanaikainen tieverkko lisää myös onnettomuusriskiä. Lisäksi maantiekuljetuksissa syntyvät päästöt kiihdyttävät ilmastonmuutosta ja aiheuttavat terveyshaittoja.

Hankinta- ja kuljetuslogistiikka on moninainen erityisesti energiapuun, mutta myös ainespuun hankinnan osalta. Sekä aines- että energiapuun kuljetusten kustannus- ja energiätehokkuutta on mahdollista parantaa uusilla kuljetusratkaisuilla. Yhdistetyssä aines- ja energiapuun hankinnassa kuljetusmuotojen ja terminaalien tehokasta ja järkevää yhteistoiminnan konseptia etsitään useissa käytännön organisaatioissa parhaillaan.

Yksi ratkaisu edellä kuvattuihin ongelmiin voisi olla kasvattaa puutavara-ajoneuvojen kuormien kokoa. Mm. Metsäteollisuus ry onkin esittänyt liikenne- ja viestintäministeriölle raskaiden ajoneuvojen kokonaispainojen korottamista. Korotuksen myötä kuljetukset tehostuisivat, mikä osaltaan helpottaisi alan kuljettajapulaa. Jo tällä hetkellä Suomi on EU:ssa paremmassa asemassa Ruotsin kanssa, sillä suurin sallittu ajoneuvoyhdistelmän kokonaisuudessa meillä on 60 t, kun muualla EU:ssa rajoitukset vaihtelevat 40 ja 50 tonnin välillä. Toisaalta EU:n ulkopuolella voidaan ajaa jopa 115-tonnisiä ”maantiejunia”.

Tässä kirjoituksessa selostetaan Ruotsissa tehtyjä

kokeiluja suuremmilla puutavara-autoilla sekä käydään läpi viimeaikaisia kehittämistoimia Suomessa.

Kuljetuskokeiluja Ruotsissa: ”ETT – Modulsystem för skogstransporter”

Kuten Suomessa myös Ruotsissa on tarve alen-taa puutavaran kaukokuljetuksen kustannuksia ja vähentää siitä johtuvia kasvihuonekaasupäästöjä. Ruotsissa käynnistettiin vuonna 2006 suurilla ajoneuvoilla kokeilu, jonka tavoitteena oli tuottaa kokemus- ja tutkimustietoa edellytyksistä suurempien puutavara-ajoneuvojen käyttöönotolle ja niiden vaikutuksia puutavaran kaukokuljetukseen. Suurempien ajoneuvojen myötä on tarkoitus kasvattaa kaukokuljetuksen tuottavuutta ja pienentää ympäristökuormitusta. Hankkeessa tarkasteltiin ympäristövaikutuksia, liikenneturvallisuutta, polttoaineen kulutusta, kuljetuskustannuksia, teiden kulumista ja siltojen kestävyyttä, ajoneuvojen kulumista sekä kuljettajan fyysistä ja henkistä kuormittumista. Laajaa konsortiota veti metsäntutkimuslaitos Skogforsk, ja mukana oli kaikkiaan kolmisenkymmentä metsä- ja kuljetusalan viranomaista ja yritystä.

Testatut ajoneuvot on rakennettu Eurooppalaisen moduulijärjestelmän (European Modular System, EMS) periaatteiden mukaisesti. EU:n jäsenvaltiot voivat sallia pitkät ajoneuvoyhdistelmät, jos ne koostuvat moduuleista, joiden enimmäismitat on säädetty direktiivillä (EY 1996). ”ETT – Modulsystem för skogstransporter” -hanke koostui kahdesta osahankkeesta: ”En Trave Till (ETT)” ja ”Större Travar (ST)”.

”En Trave Till” – yksi nippu lisää

Osahankkeessa ”En Trave Till” kokeiltiin puutavara-ajoneuvoa, joka voi kuljettaa yhden nipun enemmän kuin tavallinen ajoneuvo (ns. ETT-auto). ETT-auto koostuu kuorma-autosta, apuvaunusta (”dolly”), linkkivaunusta ja puoliperävaunusta (kuva 2). Auto toimii junan tapaan pitkän matkan kuljetuksessa siten, että puu kuljetetaan ensin terminaaliin normaaleilla puutavara-autoilla, jossa se kuormataan ETT-autoon ja ajetaan edelleen käyttöpaikalle.

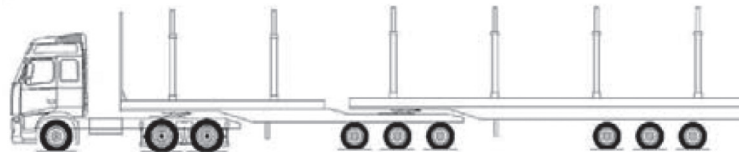
Tielaitokselta saatiin poikkeuslupa kokeilla ETT-



Kuva 2. ETT-auto, joka koostuu kuorma-autosta, apuvaunusta, linkkivaunusta ja puoliperävaunusta (kuva: Löfroth & Svenson 2012).



Kuva 3. ST-kuormainautoyhdistelmä, joka koostuu kuormaimella varustetusta kuorma-autosta, apuvaunusta ja puoliperävaunusta (kuva: Löfroth & Svenson 2012).



Kuva 4. ST-vetoautoyhdistelmä, joka koostuu vetoautosta, linkkivaunusta ja puoliperävaunusta (kuva: Löfroth & Svenson 2012).

Taulukko 1. Autojen teknisiä tietoja.

	ETT-auto (ks. kuva 2)	ST-kuormainauto (ks. kuva 3)	ST-vetoauto (ks. kuva 4)	Tavanomainen auto
Malli	Volvo FH16, 6 × 4	Volvo FH16, 8 × 4	Volvo FH16, 6 × 4	Volvo FH16, 6 × 4
Teho, kW	485	485	515	485
Kokonaismassa kuormattuna, t	90	74	74	60
Maksimikuorma, t	64–66	47–49	52–53	38–42
Kokonaispituus, m	30	24	24	24
Leveys, m	2,6	2,6	2,6	2,6
Maksimikorkeus, m	4,5	4,5	4,5	4,5
Akselien lukumäärä	11	9	9	7

autoa normaalin liikenteen seassa. Testireitti alkoi Pohjois-Ruotsissa puutavaraterminaalista Överkalixista ja päättyi sahalle Piteåssa. Reitin kokonaispituus oli 170 km, ja se sisälsi sekä maantie- että kaupunkiajoa. Vertailun vuoksi samaa reittiä samantyyppisissä olosuhteissa ajettiin myös tavanomaisella 60 tonnin puutavara-autolla.

Auton kokonaispituus on 30 m ja kokonaismassa 90 tonnia (taulukko 1). Koska ajoneuvon kaikki pyörät jarruttavat, ei jarrutusmatka ole pidempi kuin tavanomaisella 60 tonnin autolla. Akselimassoja seurataan ajoneuvon jousitukseen asennetulla

vaa'alla, ja auton tietojärjestelmä auttaa kuljettajaa kuormaamaan siten, etteivät suurin sallittu kokonaismassa tai akselimassat ylity. Perävaunu on rakennettu tavanomaista kevyemmästä ja vahvemmassa teräslaadusta.

Ohitustilanteista hankittiin tietoa tarkkailemalla ETT-ajoneuvon perässä ajaneita ja ohittaneita autoja ja haastatteleamalla niiden kuljettajia. Tierunгон kantokykyä mitattiin tien alle sijoitetuilla mittareilla, ja auton tekninen kunto tutkittiin vuoden ajon jälkeen. Samoin kuljettajien työympäristöä on tutkittu sekä haastatteleamalla että värinämittauksin.

”Större Travar” – suurempia nippuja

Elokuussa 2009 käynnistettiin Länsi-Ruotsissa toinen osahanke ”Större Travar” (ST), jossa puolestaan testattiin kahta erilaista ajoneuvoa. ST-kuormainautoyhdistelmä koostuu kuormaimella varustetusta kuorma-autosta, apuvaunusta ja puoliperävaunusta, ja ST-vetoautoyhdistelmä vetoautosta, linkkivaunusta ja puoliperävaunusta (kuvat 3 ja 4).

Kuljetusjärjestelmän ideana on, että ST-kuormainautoyhdistelmä kerää kuorman välivarastoilta ja kuljettaa sen joko suoraan käyttöpaikalle tai lähellä sijaitsevalle kuormanjärjestelypaikalle josta puutavara kuljetetaan ST-vetoautoyhdistelmällä käyttöpaikalle.

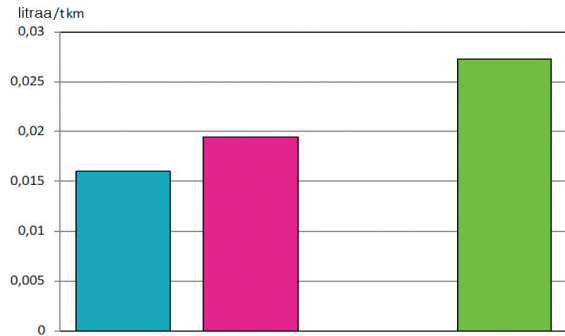
Kokeilussa kuljetusmatka metsästä kuormanjärjestelypaikalle oli 30–60 km ja kuormanjärjestelypaikalta käyttöpaikalle n. 100 km. Näin systeemi hyödyntää kevyempää ajoneuvoa maantiellä ja kuormaimella varustettua ajoneuvoa metsätiellä. Myös ST-autot ovat saaneet poikkeusluvan kokeiluun normaalin liikenteen seassa. Länsi-Ruotsissa sijainnut testialue (Dalarna-, Värmland- ja Bohuslänien alueella) oli testin kannalta erinomainen, sillä maasto on mäkiä: maksimikaltevuus oli 13 %, ja nousu saattoi olla jopa 2000 m pitkä.

Molempien autojen pituus on 24 m ja kokonaismassa 74 tonnia (taulukko 1). Myös ST-autoissa ja perävaunuissa on sähköinen EBS-jarrujärjestelmä, ja ST-kuormainautoyhdistelmässä tarkka kuormainvaaka. Kulkukelpoisuuden lisäämiseksi ja akselimassojen pienentämiseksi ST-kuorma-autoon on lisätty yksi akseli.

Tulokset hyviä

Kahdella ETT-autolla voidaan korvata kolme tavanomaista puutavara-autoa

Testitulokset osoittivat, että ETT-auto on vastannut odotuksia: kaksi ETT-autoa hoitaa kolmen tavanomaisen auton työt. Yhteensä 800 000 ajettua kilometrin ja 150 000 kuljetetun kuutiometrin jälkeen voitiin todeta, että hiilidioksidipäästöt ja polttoaineen kulutus kuljetettua tonnia kohti olivat vähentyneet 21 % tieturvallisuuden kärsimättä. Kilometriä kohti laskettuna ETT-auto kulutti enemmän



Kuva 5. Polttoaineen kulutus tonnikipometriä kohti. Vertailussa ETT-auto (vasemmanpuoleinen pylväs), tavanomainen puutavara-auto samalla reitillä (keskimmäinen pylväs) ja tavanomaisten puutavara-autojen keskiarvo Ruotsissa (oikeanpuoleinen pylväs) (kuva: Löfroth ja Svenson 2012).

polttoainetta kuin tavanomainen puutavara-auto samalla reitillä, mutta koska ETT-auton kuorma on yli 50 % suurempi kuin tavanomaisen auton kuorma, vie saman puumäärän kuljettaminen vähemmän polttoainetta ETT-autolta (kuva 5). Vuonna 2011 tehdyssä kokeessa haettiin lisäsäästöä tyhjänäajoon nostamalla ylös viisi yhdestätoista akselista, jolloin tyhjänäajon polttoaineenkulutus pieneni 8 %. Lisäksi toimenpide vähensi renkaiden kulumista ja paransi ajettavuutta. Pieni lisäsäästö saatiin vielä laskemalla puutavarapankot alas.

Suuremmasta kuormatilasta johtuen myös kuljetuskustannukset alenivat (taulukko 2). Kustannukset 1000 kuutiometrin puuerän kuljetuksessa ETT-autolla olivat 23 Rkr/m³ (n. 2,6 €/m³) pienemmät kuin tavanomaisella autolla. Taulukon 2 vertailussa on huomattava, että yleensä puutavara-auto on varustettu kuormaimella, jolloin kuormauskustannus tavanomaiselle autolle olisi todennäköisesti tässä esitettyä pienempi, mutta kilometrikustannus pienemmästä kuormakoosta johtuen suurempi.

Vaarallisia tai keskeytettyjä ohitustilanteita ei havaittu n. 700 tutkitun ohitustilanteen joukossa. Ohitustilanteita myös videoitiin, ja aikaväli ohittaneen auton omalle kaistalle palaamishetkestä vastaantullevan auton kohtaamishetkeen mitattiin. Näissä tutkimuksissa ei pystytty osoittamaan tilastollisia eroja tavanomaiseen autoon verrattuna aikavälin tai ohitusnopeuden suhteen, mutta todettiin, että pienen

Taulukko 2. Kustannukset 1000 kuutiometrin puuerälle ETT-autolla ja tavanomaisella puutavara-autolla.

	ETT-auto		Tavanomainen auto	
		Rkr		Rkr
Kiinteät kustannukset	3,75 pv × 700 Rkr/pv	2650	5,75 pv × 600 Rkr/pv	3500
Kilometrikustannus	4890 km	46750	7500 km	57800
Normaali työaika	75 h	20400	115 h	31250
Ilta- tai viikonloppulisä	30 h	1200	46 h	1850
Kuormaus erillisellä kuormaimella		8000		8000
Yhteensä		79000		102400

otoksen vuoksi tarvitaan lisätutkimuksia. Onnettomuusriskiä pienentää lisäksi se, että ETT-autoja tarvitaan vain kaksi kolmen tavanomaisen auton sijaan.

Koska ETT-autossa on 11 akselia, eivät akselimasinat ole tavanomaista puutavara-autoa suuremmat. Tästä johtuen vaikutus tierunkoon ei eronnut muusta raskaasta liikenteestä. Suurempi kokonaisuudessa voi silti vaatia pitkien siltojen vahvistamista. ETT-autolla on ajettu myös metsäteillä, joilla on normaalit kääntöpaikat, mutta tämä ei aiheuttanut ongelmia.

Kuljettajat ovat kokeneet auton vakaaksi ja sen ajettavuuden hyväksi. Jarrujärjestelmä on toiminut hyvin, ja se eliminoi ”linkkuveitsi-ilmiön”. Kuljettajat eivät ole myöskään altistuneet tavanomaista puutavara-autoa suuremmalle tärinälle. Auton vaakasysteemin tarkkuus on todettu tyydyttäväksi, sillä kontrollimittauksiin verrattuna systeemi antoi kolmen prosentin yliarvion. Normaalista poikkeavaa kulumista ei paljastunut kuljettajien päivittäisessä seurannassa eikä myöskään kattavissa teknisissä tarkastuksissa.

Myös ST-autot tehokkaampia kuin tavanomaiset autot

ST-vetoauto voi kuljettaa jopa 30% suuremman kuorman kuin tavanomainen puutavara-auto. Syksyllä 2010 tehdyn testin mukaan ST-vetoauto kulutti kuljetettua puutavaraa kohti 8% vähemmän polttoainetta kuin tavanomainen puutavara-auto. Yhteensä ST-autoilla on ajettu yli 500 000 km ja kuljetettu 190 000 m³ puuta.

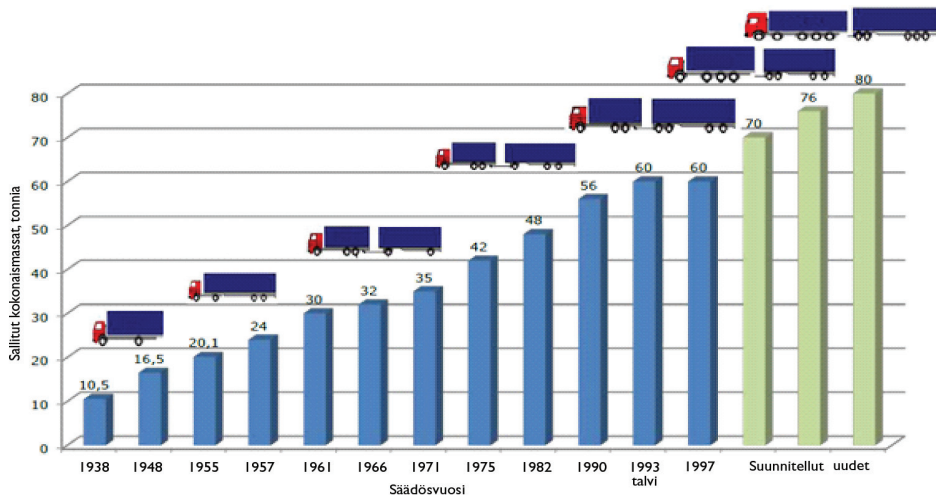
Kustannuslaskelmien mukaan kuljetuskustannukset ovat ST-autoilla pienemmät kuin tavanomaisella autolla. Kustannusten osalta verrattiin neljää eri vaihtoehtoa tavanomaiseen puutavara-autoon:

1. ST-kuormainautoyhdistelmä ja ST-vetoauto toimivat yhdessä kuten aiemmin on kuvattu. Tällöin kustannussäästö oli 5% verrattuna tavanomaiseen autoon.
2. ST-kuormainautoyhdistelmä vie kuorman suoraan käyttöpaikalle, ja myös tavanomaisessa autossa on kuormain. Kustannussäästö 7%.
3. Sama kuin vaihtoehto 2, mutta ilman kuormaimia. Kustannussäästö 6%.
4. ST-vetoauto vie kuorman suoraan käyttöpaikalle, ST-vetoauto ja tavanomainen auto kuormataan erillisellä kuormaimella. Kustannussäästö 10%.

ST-kuljetusjärjestelmän käytännön ongelma on ollut löytää sopivia kuormanjärjestelypaikkoja, sillä tilaa tarvitaan useammalle linkki- ja puoliperävaunulle. Koska ST-vetoauto voi kuljettaa n. neljä tonnia suuremman kuorman kuin ST-kuormainautoyhdistelmä, tarvitaan tilaa myös puutavaran varastoinnille. Järjestelmä, jossa käytetään kahta erilaista ajoneuvoa erilaisilla kuljetusmatkoilla on logistisesti haastava. Ongelmaa helpottaa se, että ST-kuormainautoyhdistelmä voi ajaa vaihtoehtoisesti myös suoraan käyttöpaikalle.

Pyrkimyksiä puutavarakuljetusten tehostamiseksi Suomessa

Vaikka puunhankinnan olot ovat Suomessa hyvin samantapaiset kuin Ruotsissa, niin toimintatavat meillä poikkeavat merkittävästi ruotsalaisista. Niinpä meillä ei ole käynnissä sellaisia kalustoteknisiä kokeiluja kuin naapurimaassa. Suomalaiset puutavarakuljetuksen toimijat, niin kuljetusyrittäjät kuin kuljetuksenantajat, ovat toki halunneet ja hakenneet kokeilulupia nykyistä raskaammille ajoneuvo-yhdistelmille, mutta toistaiseksi viranomaiset eivät



Kuva 6. Ajoneuvoyhdistelmien kokonaismassojen kehitys 1938–1997 ja eräitä vaihtoehtoja nykyistä suuremmiksi kokonaismassoiksi Suomessa.

ole pitäneet kokeiluja nykysäädöksistä poikkeavilla ajoneuvoilla tarpeellisina.

Puutavarankuljetuksia on kuitenkin jatkuvasti ja monin tavoin tehostettu. Metsätieverkkoa on rakennettu ja parannettu, kuljetuskalustoa on kehitetty ja kuljetusten suunnitteluun on kehitetty optimointilaskentaa ja ohjaukseen tietojärjestelmiä. Kuljetuskustannusten kehitys onkin kyetty pitkällä aikavälillä pitämään maltillisena. Kokonaismassojen nostoon on välittömästi vaikuttanut ajoneuvoyhdistelmien akselien lukumäärän lisääminen. Nykyinen 60 tonnin kokonaisuudessa hyväksyttiin 7-akselisille yhdistelmille vuonna 1993, aluksi talviaikaan, ja 1997 alkaen ympärivuotiseksi (kuva 6).

Halu ja kiinnostus nykyistä suurempiin kokonaismassoihin on ymmärrettävää. Kuormatila jää yleensä 60 tonnin rajoitteen vuoksi vajaasti lastatuksi, vaikka kaluston kestävyys ja voiman puolesta suurempaakin kuormaa voisi kuljettaa. Sitä paitsi yhdistelmän kokonaisuus sallitaan vähemmän kuin akselimassojen summa. Kun 3-akselisen auton suurin sallittu massa on 26 ja 4-akselisen perävaunun 38 tonnia ja niiden summa 64 tonnia, niin yhdistelmän sallittu enimmäismassa on rajoitettu 60 tonniin. Viime vuosina tehdyissä puutavara-autoja koskeissa tarkasteluissa yhtenä lähtökohtana onkin ollut se, että hyväksyttäisiin akselimassojen mukaan määräytyvät yhdistelmien kokonaismassat.

Ajoneuvojen ja yhdistelmien kokonaispituuksia ei

olisi puutavarankuljetuksen tarpeisiin välttämätöntä muuttaa. Tavanomaiset puutavara-autot ovat vähän yli 22 metriä pitkiä, vaikka suurin pituus saa nyt olla 25,25 metriä. Tätä suurinta sallittua yhdistelmän pituutta pitäisi hyödyntää, jotta päästäisiin noin 80 tonnin kokonaismassoihin. Suuremmasta kuormatilasta olisi hyötyä myös energiapuun kuljetuksessa.

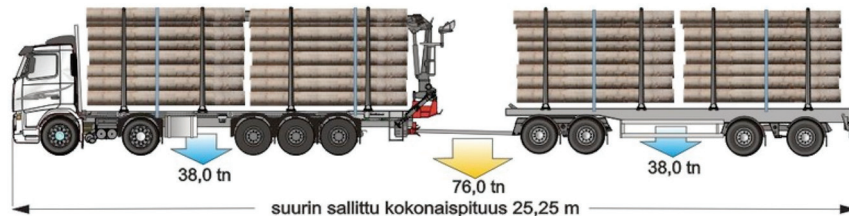
Laskelmat osoittavat kehittämispotentiaalin

Puutavara-autojen kokonaismassoja koskeneessa tarkastelussa ajoneuvoyhdistelmille laskettiin kuljetustehokkuutta, ympäristövaikutuksia ja turvallisuutta kuvaavia tunnuslukuja (taulukko 3).

Turvallisuutta kuvaavana tunnuslukuna voidaan pitää perävaunun ja vetoauton massasuhdetta. Nykyiset kokonaispainot merkitsevät sitä, että täydessä lastissa olevan perävaunun massa on noin 1,3-kertainen vetoauton massa nähden. Tarkastelluista vaihtoehdoista edullisimpia olisivat 5-akselisiin autoihin perustuvat yhdistelmät (kuva 7). Ruotsalaisissa kokeiluissa varsinaisten maantiekuljetusten ajoneuvoyhdistelmien vetoautot ovat 3-akselisia, siis kokonaisuusmassaltaan 26-tonnisia kuten tavanomaiset puutavara-yhdistelmien vetäjät. Kaikki kokonaispainon lisäys sijoittuu hinattavaan perävaunuun tai perävaunuihin. Silloin vetoauton ja perävaunun massasuhte muuttuu vain ”huonompaan” suuntaan.

Taulukko 3. Nykyisen (60 t) ja mahdollisten raskaampien puutavarayhdistelmien tunnuslukuja Korpilahden ja Koskisen mukaan.

Akselit	Kokonaismassat, t	Massasuhde peräv./vetoauto	Kantavuus suht.	Suorite m ³ /a	Kuormia suht.	Päästöt suht.	Suhteell. yksikkökust.	Tierasitusindeksi
3 + 4	26 + 34 = 60	1,31	100	35 100	100	100	1,00	100
3 + 4	26 + 38 = 64	1,46	110	38 100	91	94	0,92	117
3 + 5	26 + 42 = 68	1,62	117	40 200	85	90	0,88	85
4 + 4	32 + 38 = 70	1,19	121	41 200	83	89	0,87	108
4 + 5	32 + 42 = 74	1,31	128	43 300	78	87	0,84	79
5 + 4	38 + 38 = 76	1,00	132	44 200	76	86	0,83	103
5 + 5	38 + 42 = 80	1,11	139	46 300	72	84	0,80	76

**Kuva 7.** 5-akselisen vetoauton ja nykyisen 4-akselisen perävaunun muodostama yhdistelmä olisi yksi tehokkaimmista ja turvallisimmista vaihtoehdoista (kuva: Metsäalan Ammattilehti <http://ammattilehti.fi/albumi/maantiejunat/545118>).

Turvallisuutta voidaan arvioida myös kuormaluvun mukaan. On selvää, että mitä suurempia kuormia voidaan kuljettaa, sitä vähemmän ajokertoja tarvitaan saman kuljetussuorituksen tuottamiseksi. Eli raskaita ajoneuvoja on tieliikenteessä aiempaa vähemmän.

4- ja 5-akselisten autojen kantavuuden täysimääräinen hyödyntäminen edellyttää, että vetoauto on enimmäispituinen, 12-metrinen. Silloin sen kuormatilaan voidaan lastata kaksi noin 4,5-metristä puutavarannippua. Tukkeja pitäisi korjuun ja autoon kuormauksen yhteydessä lajitella siten, että 4,6-metrisiä ja lyhyempiä olisi riittävästi vetoautoa varten.

Tarkasteluissa hyvin mielenkiintoista ja tärkeää oli se, että voitiin kuvata erilaisten yhdistelmien aiheuttamaa tierasitusta. Sen laskenta on kehitetty kansainvälisesti empiiristen tutkimusten pohjalta. Merkittävä tieto on se, että tierasitus voi vähentyä, vaikka yhdistelmän kokonaisuudessa kasvaa. Kun akselien ja renkaiden lukumäärä kasvaa eikä niiden kuormitus suurene, renkaiden paine tiehen säilyy entisellään tai jää aiempaa pienemmäksi ja kohdistuu tiehen tasaisemmin. Myös ajokertojen lukumäärän vähentyminen säästää tietä.

Muita kehittämismahdollisuuksia

Esimerkkeinä varhaisista kuljetuskokeiluista, joita kohtaan kiinnostus on virinnyt uudelleen, voidaan nostaa esiin vaihto- ja jalkalavat. Niitä kokeiltiin ja käytettiin jo 1950- ja 1960-luvuilla. Niin puutavaran kuin metsähakkeenkin kuljetuksissa auton käyttöä pyrittiin vaihto- ja jalkalavoilla tehostamaan. Hydraulikka ja pneumaattikka tekivät vasta tuloaan autojen aputoimintojen käyttövoimaksi ja täysin mekaaniset ratkaisut eivät tuolloin tukeneet näiden vaihtokuormatilojen käyttöä. Kun myös ajoneuvo-kohtaiset kuormaimet kehittyivät hyväksi, vaihtolavojen käytölle ei ollut enää tarvetta.

Logistiikan tehostamispaineet ovat nostaneet vaihtokuormatilojen käytön jälleen tarkastelun kohteeksi. Varsinkin pitkän matkan puutavarakuljetuksissa etua saadaan siitä, että kuljetus päällystetyillä teillä voidaan tehdä omamassaltaan kevyellä eli suuren kantavuuden omaavalla ajoneuvolla, ilman puunajovarusteita, puutavarakuormainta ja sen kiinnitysrakenteita. Vetoautona voidaan käyttää samoja ajoneuvoja ja kuljettajia kuin minkä hyvänsä muun vaihtolava- tai konttikuormatiloihin perustuvan tavaran kuljetuksessa. Metsävarusteista ajoneuvoa tarvi-

taan vain kuljetuksessa metsävarastolta paremmalle tielle kuormatilojen vaihtopaikkaan. Tämä vastaa ajatukseltaan ruotsalaista ST-konseptia.

ST-vetoautoyhdistelmää vastaava ns. B-traileri tai B-juna tuli muutamia vuosia sitten Suomessakin saltiluksi. Kun yhdistelmää on tarkoitus käyttää pääteillä, se voidaan varustaa yksittäispyörillä vetoakselin pyöriä lukuun ottamatta. Tavanomaiseen, puutavarano- nosturilla varustettuun puutavara-autoon verrattuna B-junayhdistelmän omamassa voi jäädä 5–7 tonnia pienemmäksi ja antaa tilaa 6–8 kuutiometriä suu- remmalle kuormalle.

Energiapuun kuljetuksien osalta vaihtolavoilla haetaan tehokkuusparannusta tienvarsihaketuksen ja kuljetuksen muodostaman kuljetusketjun joustavuuteen. Haketuksen ja kuljetuksen ajallisen yhteen- sopivuuden ja odotusaikojen muodostumisen lisäksi ongelmaa on polttoaineverotuksen ja liikennelupa- ehtojen vuoksi. Työkoneeksi rekisteröidyssä hak- kuriyksikössä voidaan käyttää lievemmin verotet- tua polttoainetta, mutta hakekonttien tai perävaunun siirto ei ole sallittua sellaisella työyksiköllä.

Tekniset valmiudet monituotekuljetukseenkin on olemassa. On voitu yhdistää puutavarapankot ja itse- purkava lamellipohjalava. Sellaisella varustuksella on kuljetettu puutavaraa, sahatavaraa, kappaletava- roita ja jauhemaista materiaalia eri toimituspaikko- jen välisenä monituotekuljetuksena. On myös ko- keiltu öljysäiliökuormatilan ja puutavarapankkojen yhdistelmää. Ongelma monituotekuljetuksessa on vastakkaisiin suuntiin sopivien kuljetustehtävien löytyminen. Puutavara-autoille pyritäänkin järjes- tämään nimenomaan puutavaroiden kuljetuksia siten, että tyhjänä ajoa tulee mahdollisimman vähän.

Johtopäätöksiä

Tulosten perusteella raskaampien ja pidempien ajo- neuvojen avulla on saavutettavissa kuljetusyksikköä kohden pienempi polttoaineen kulutus, pienemmät hiilidioksidipäästöt, alemmat kuljetuskustannukset sekä pienempi puutavara-autojen tarve lisäämättä onnettomuuksia tai teiden kulumista.

Ruotsissa käynnissä olevassa jatkohankkeessa ETT-Demo on mukana useampi auto. Tarkoituksena on selvittää mm. ajoneuvojen toimintaa eripituisilla

kuljetusmatkoilla ja eri puubiomassajakeilla, kuinka ajoneuvot toimivat yksityisteillä, miten alkukuljetus ja jatkokuljetus maanteillä linkittyvät toisiinsa, mis- sä ovat nykyisen tieverkon pullonkaulat, sekä kuin- ka ajoneuvot soveltuvat junakuljetusratkaisuihin.

Suuren kuormakapasiteetin puutavara-autokon- septit (ilman omaa kuormainta) saattaisivat sovel- tua myös Suomeen – erityisesti suurten puutavara- terminaalien ja käyttöpaikkojen välisiin kuljetuksiin. Tällöin kuormaus ja purkaminen voitaisiin toteut- ta myös suuren käsittelykapasiteetin kuormaajilla. Reitin tulisi lisäksi olla riittävän pitkä eikä kuljetuk- sen pitäisi kilpailla junakuljetuksen kanssa. Ruotsa- laisten kokeilujen tuottamien tietojen ja kotimaisten selvitysten perusteella ei näyttäisi olevan esteitä ny- kyistä suurempien kokonaisuusmassojen käyttöönotolle Suomessa.

Lähteet

- Korpilahti, A. & Koskinen, O.H. 2012. Puutavaran auto- kuljetus tehokkaammaksi. Metsätehon tuloskalvosar- ja 1/2012. 19 s. http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Tuloskalvosarja/Tuloskalvosarja_2012_01_Puuta- varan_autokuljetus_tehokkaammaksi_ak.pdf
- Löfroth, C. & Svenson, G. 2011. Two years with ETT. Information pamphlet. Skogforsk. 8 s. <http://www.skogforsk.se/en/Research/Logistics/ETT/About-the-project/>.
- 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/sv/Pressrum/ETT---Modul- system-for-skogstransporter/>.
- Strandström, M. 2012. Puunkorjuu ja kaukokuljetus vuon- na 2011. Metsätehon katsaus 48. 4 s. http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Katsaus/Katsaus_048_Puun- korjuu_ja_kaukokuljetus_2011_ms.pdf.

■ MMT, Perttu Anttila, Metla, Joensuu, perttu.anttila@metla.fi; MML, Antti Korpilahti, Metsäteho, antti.korpilahti@metsateho.fi; MMM, Kari Väätäinen, Metla, Joensuu, kari.vaatainen@metla.fi