

Massojen noston vaikutus puutavara- ja hakekuljetukseen

Tutkimusyhteenveto

Pirjo Venäläinen & Asko Poikela

30.12.2022

Tiivistelmä

- Kalvosarja tiivistää tämänhetkiset tutkimustulokset vaikutuksista, kun puutavara- ja hakeyhdistelmien kokonaismassa nostetaan yli 76 tonniin. Pääosa tutkimusaineistosta on kerätty HCT-kokeiluissa mukana olleista ajoneuvoyhdistelmistä, joiden kokonaismassa on 84–104 tonnia.
 - Yksityiskohtaisempi yhteenveto tutkimuksista löytyy Metsätehon raportista Venäläinen ja Poikela 2022.
- HCT-yhdistelmät vähentäisivät vuosittain jopa
 - 84 000–206 000 puutavara- ja 36 000–130 000 hakekuormaa
 - 2–44 milj. € puutavaran kuljetuskustannuksia (parhaimmillaan 8–12 % per m³ 100–300 km:n kuljetusmatkalla)
 - 3–8 mil. litraa puutavarakuljetusten polttoaineen kulutusta (4–11 % per tuoretonni 100–300 km:n kuljetusmatkalla)
- Hakeyhdistelmien osalta päivitetyt vaikutuslaskelmat valmistuvat keväällä 2023.
- Tierasitustutkimusten mukaan suurelta osin HCT-yhdistelmät eivät lisää paksupäällysteisten teiden uraantumista. Ohutpäällysteisistä teistä paksuimmilla tierasitus ei kasvane. Vuoden 2023 aikana valmistuu käynnissä olevaa tierasitustutkimusta.
- Ensimmäisen siltarasitustutkimuksen mukaan HCT-yhdistelmät lisäävät rasiitusta suurimmillaan yli 10 %. Useimmilla 84-tonnisilla ja lyhyillä silloilla rasiitusero jää tätä selvästi pienemmäksi. Ko. tutkimus perustui vain laskelmiin, ja sitä on tarpeen tarkentaa ja täydentää koekuormituksilla.
- HCT-yhdistelmien ei ole tutkimuksissa havaittu tuovan merkittäviä eroja liikenneturvallisuuksiin.
- Tätä yhteenvetoa päivitetään vuoden 2023 aikana, kun lisätuloksia käynnissä olevista tutkimuksista on saatavilla (hakeyhdistelmien vaikutuslaskelmat, tierasitukset, HCT-käytävät).



Sisältö

1. HCT-yhdistelmät
2. Polttoaineen kulutus ja päästöt
3. Kuljetus/kustannustehokkuus
4. Liikenneturvallisuus
5. Tie- ja siltarasitus
6. HCT-käytävät ja -terminaalit
7. Kuljettajapula

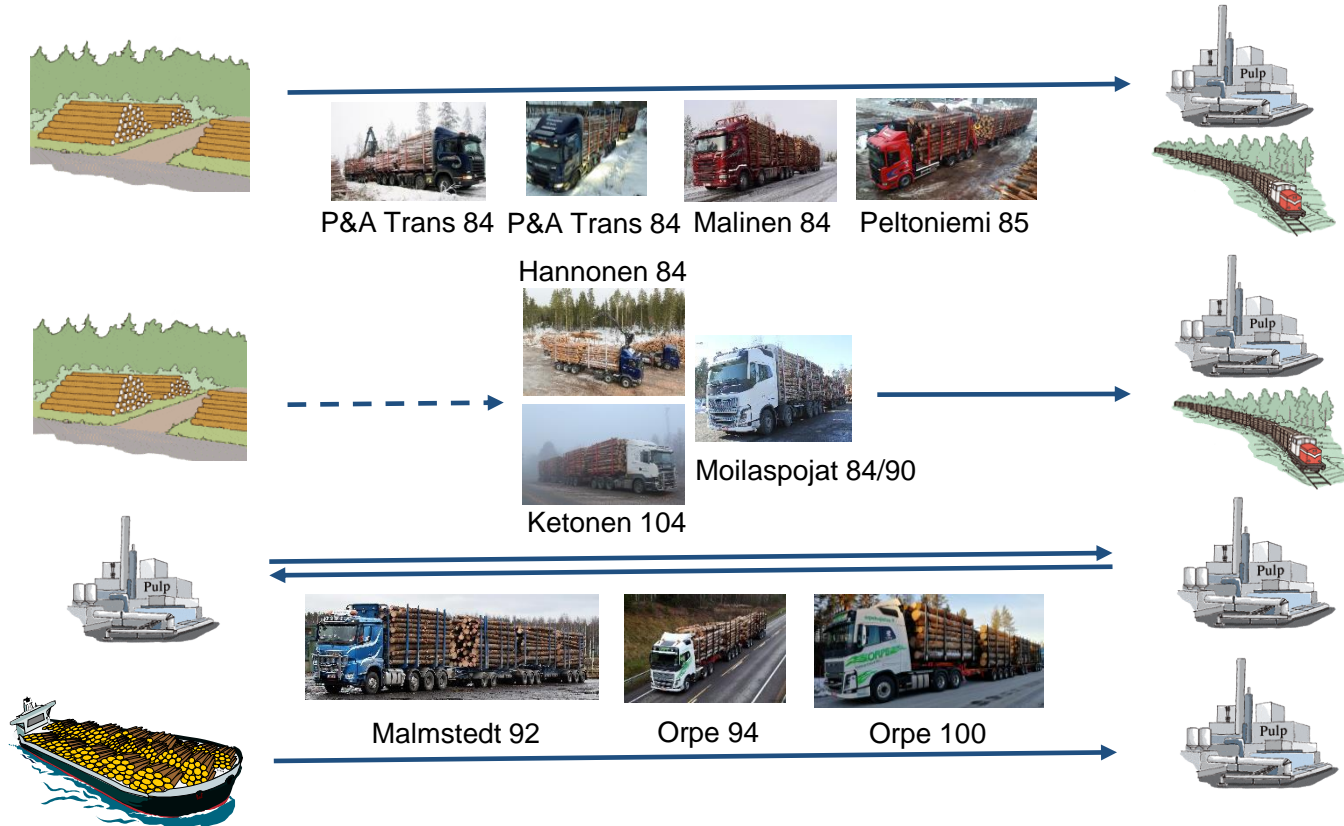


1. HCT-yhdistelmät

- HCT (High Capacity Transport)
 - Yli 76-tonnisia ajoneuvoyhdistelmiä (painorajoituksen nosto viimeksi vuonna 2013)
 - Yli 25,25-metrisiä (mittarajoituksen nosto 34,50 metriin tammikuussa 2019)
 - Yli 76-tonniset ajavat poikkeusluvalla määrättyillä reiteillä
<https://www.traficom.fi/fi/liikenne/tieliikenne/pidemmat-ja-raskaamat-hct-rekat>
 - Osallistuvat HCT-tutkimukseen
 - Puutavara- ja hakeyhdistelmien kokeiluita vuodesta 2014 lähtien, osa kokeiluista on päättynyt
- Lainsäädäntö
 - Tieliikennelaki 729/2018 (114–117a§)
 - Finlex <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2018/20180729>
 - Lisäksi Traficomien täydentävät määräykset
 - Massojen noston valmistelutilanne on auki



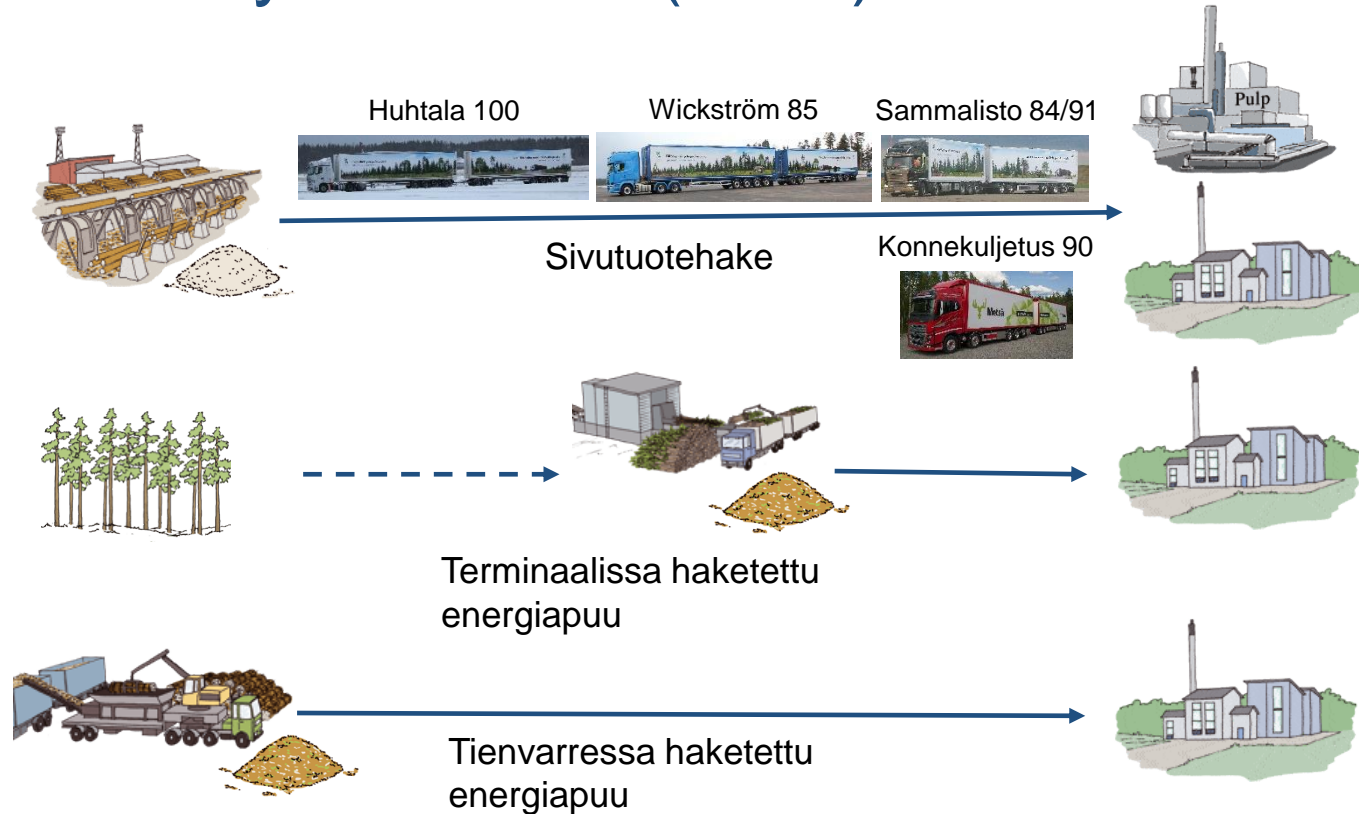
HCT-puutavarayhdistelmät (>76 t)



Valokuvat: Jouko Peltoniemi Oy, Karri Malmstedt Oy, Metsähallitus Metsätalous Oy, Metsä Group, Metsäteho Oy, Orpe Kujetus Oy



HCT-hakeyhdistelmät (>76 t)



Valokuvat: Metsä Group, Metsäteho Oy, Koneurakointi Aki Sammalisto Oy



Soveltuvimmat HCT-yhdistelmät

- Metsäteho Oy:n haastattelututkimus (Venäläinen ja Poikela 2021)
 - Kuljetus- ja metsäyhtiöt
 - Auto-, perävaunu- ja vetolaittevalmistajat
- Haastateltujen kokemukset HCT-yhdistelmistä ja näkemykset parhaimmiksi koetuista ratkaisuista
 - HCT-yhdistelmissä tulee olla valinnanvaraa mm. painoluokkien osalta (yrittäjän toiminta-alueen kannalta toimivin ratkaisu)
 - Haastateltujen näkemykset erosivatkin sen suhteen, minkä kokoisia HCT-yhdistelmiä pidettiin toimivimpina
 - Haastatellut olivat pääosin tyytyväisiä niihin HCT-yhdistelmiin, joista niillä oli omaa kokemusta. Lisäksi ehdotettiin joitakin kokoluokkia, joita ei ole ollut kokeiluissa mukana.
 - HCT-yhdistelmien tehokasta hyödyntämistä tukisi uudenlaisten toimintamallien käyttöönotto (mm. meno-paluukuljetusten ja erillisterminaalien nykyistä laajempi hyödyntäminen).

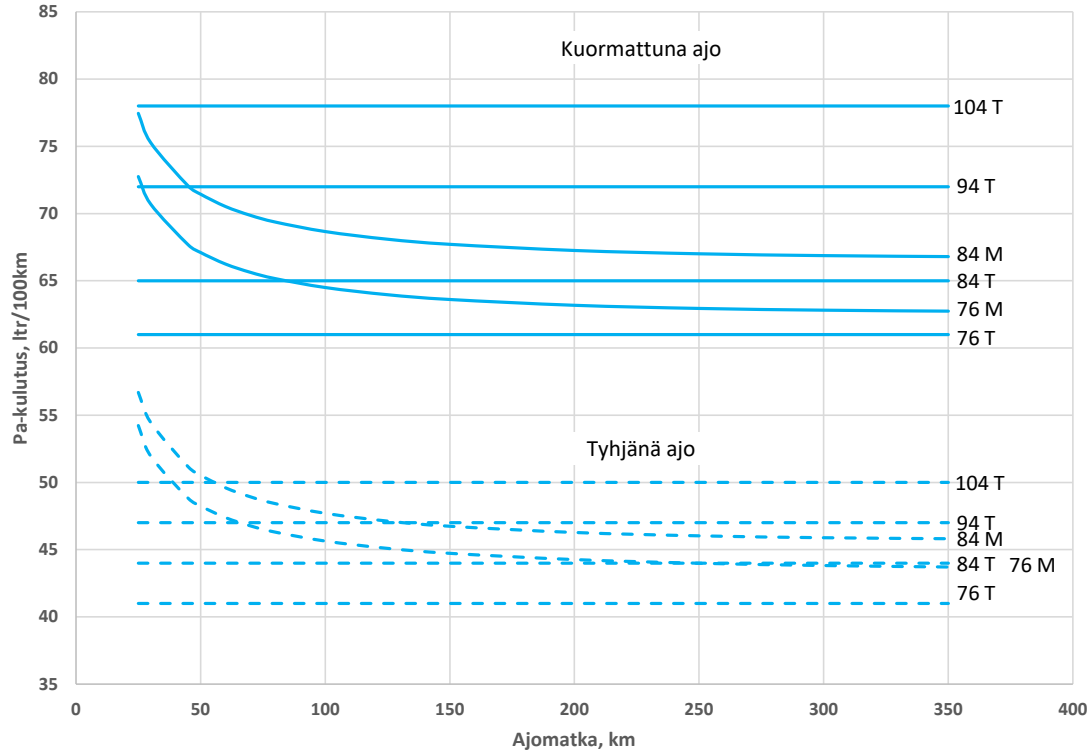


2. Polttoaineen kulutus ja päästöt

- Metsätehon polttoaineen kulutustutkimuksessa (Venäläinen ja Poikela 2022) on kerätty kulutustietoja HCT-yhdistelmistä ja niiden verrokkiyhdistelmistä ottaen huomioon mm.
 - reittityypin (kuljetus metsästä/terminaalista)
 - vuodenajan
 - kuorman painon
 - yhdistelmän ominaisuudet ja
 - kuljetusmatkan pituuden.
- Puutavarayhdistelmien päivitettyissä kulutusfunktioissa on painotettu uusimmista yhdistelmistä kerättyä tietoa sekä hyödynnetty muuta polttoaineen kulutustutkimusta. Funktiot eivät kuvaa yksittäisen yhdistelmän kulutusta, vaan ne pyrkivät yleistämään kulutuksen kehitystä kokoluokan kasvun mukaan.
- Hakeyhdistelmien osalta polttoaineen kulutusfunktiot päivitetään kevään 2023 aikana.



Polttoaineen kulutusfunktiot (puutavarayhd.)



Venäläinen & Poikela 2022



Polttoaineen kulutuksen säästö

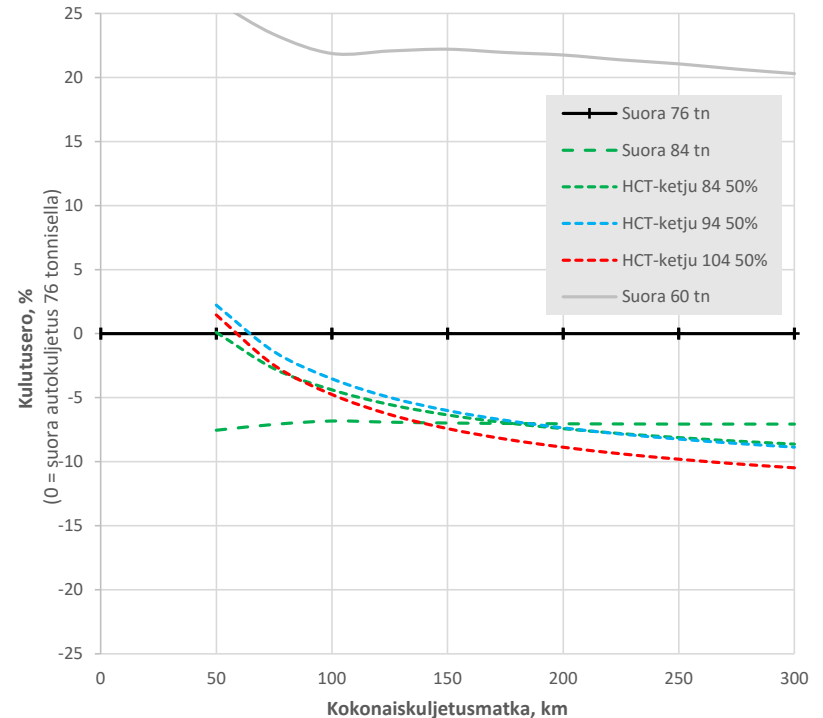
**Ero 76-tonniseen
100–300 km:n kuljetusmatka,
per tuoretonni**

Paino t	Ero %
84M	-6,8...-7,1 %
84T ⁵⁰ %	-4,4...-8,6 %
94T ⁵⁰ %	-3,5...-8,9 %
104T ⁵⁰ %	-4,7...-10,5 %

M=metsäauto, T=terminaaliauto

Terminaalivaihe: 0 %: kuorma valmiiksi lastattu perävaunuun ja jalkalavalle, 50 %: puolet yhdistelmän kuormasta valmiiksi lastattu, 100 %: HCT-yhdistelmä kuormataan kokonaan maasta

Puutavarayhdistelmät (metsä + HCT-ketju)

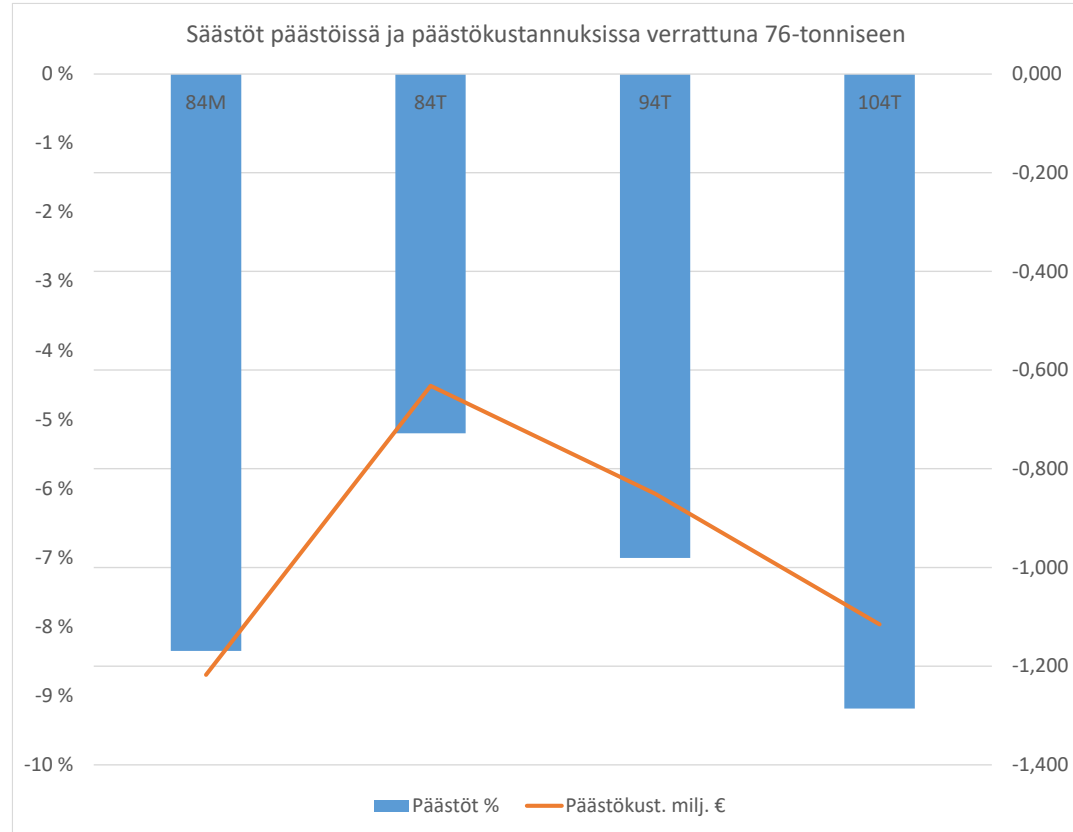


Venäläinen & Poikela 2022



Päästötavoitteet

- Keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelman (Ympäristöministeriö 2022) tavoite
 - Liikenteen päästöjen vähentäminen **50 %:lla** vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoden 2005 tilanteeseen
- Kuvassa yhdistelmien vaikutus päästöjen vähentymiseen, kun on otettu huomioon vain
 - yhdistelmien koko
 - kuljetusvolyymi vuonna 2021

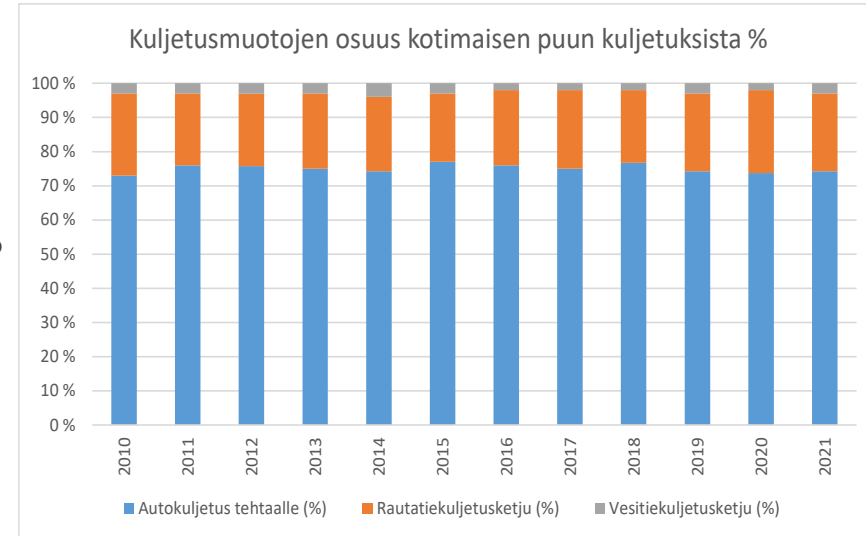


Venäläinen & Poikela 2022



Vaikutus rautatiekuljetusten käyttöön

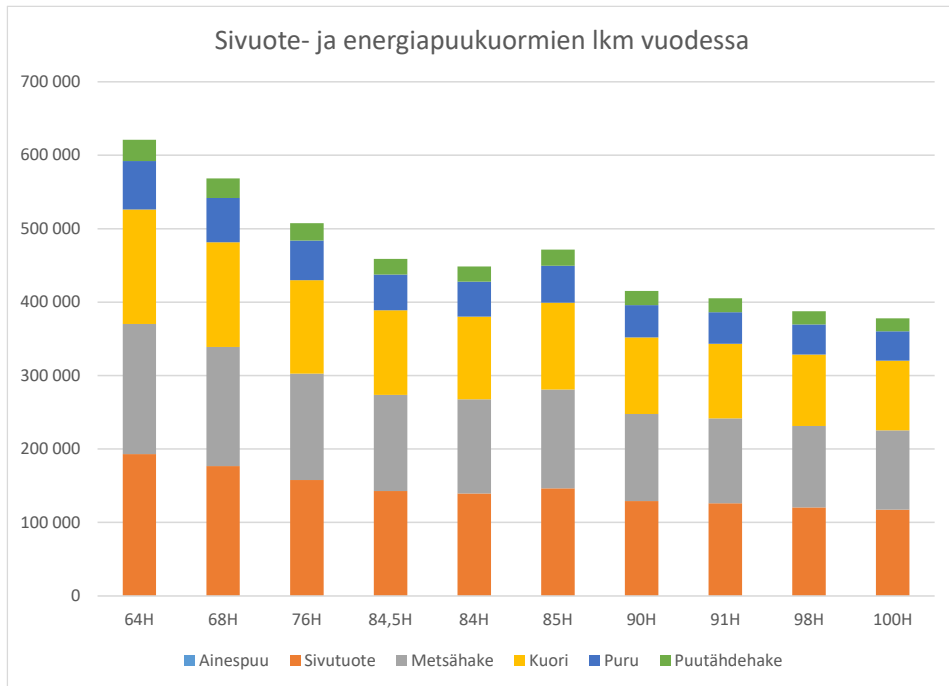
- Mallinnus (Lapp ja Ikkänen 2017, Lapp ym. 2022) 84-tonnisten raakapuuyhdistelmien vaikutuksista
 - Vähentäisi rautatiekuljetuksia varsinkin yhteysväleillä, joilla ei suoraa ratayhteyttä
 - Arvioitu vähennys puutavarakuljetuksissa 5–7% HCT-yhdistelmien käyttöalueen laajuudesta riippuen
 - Siirtymäpotentiaalia pienentänee rautatiekuljetusten oman kilpailukyvyn parantuminen
- Selvityksessä ei tuotu esille HCT-yhdistelmien roolia raakapuun junakuljetusten alkukuljetuksissa.
- Massojen korotus 2013 ei tuonut muutosta rautatiekuljetusten osuuteen.



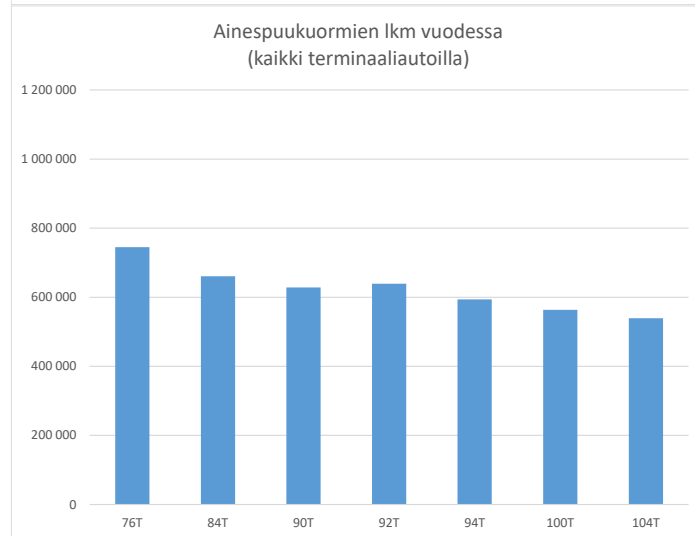
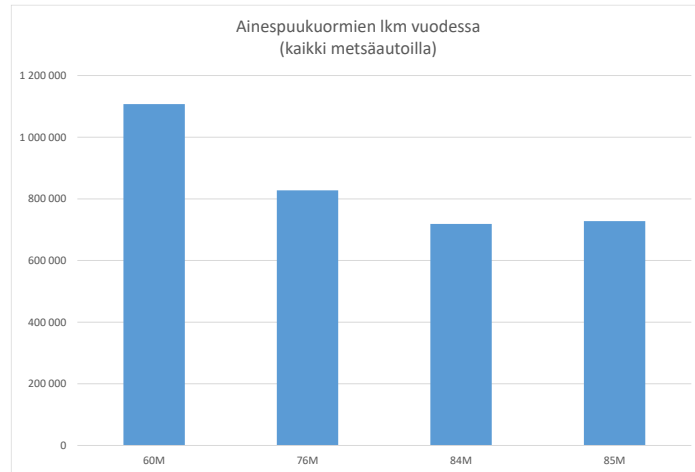
% kuljetetuista kuutioista

Metsäteho Oy lähteessä Luonnonvarakeskus 2022

3. Kuljetustehokkuus



Venäläinen & Poikela 2022



Säästö kuljetuskustannuksissa

**Ero 76-tonniseen
100–300 km:n kuljetusmatka,
per m³**

Paino t	Ero %
84M	-7,7...-8,5 %
84T ⁵⁰ %	+3,5...-7,5 %
94T ⁵⁰ %	+2,4...-8,6 %
104T ⁵⁰ %	0...-11,9 %

M=metsäauto, T=terminaaliauto

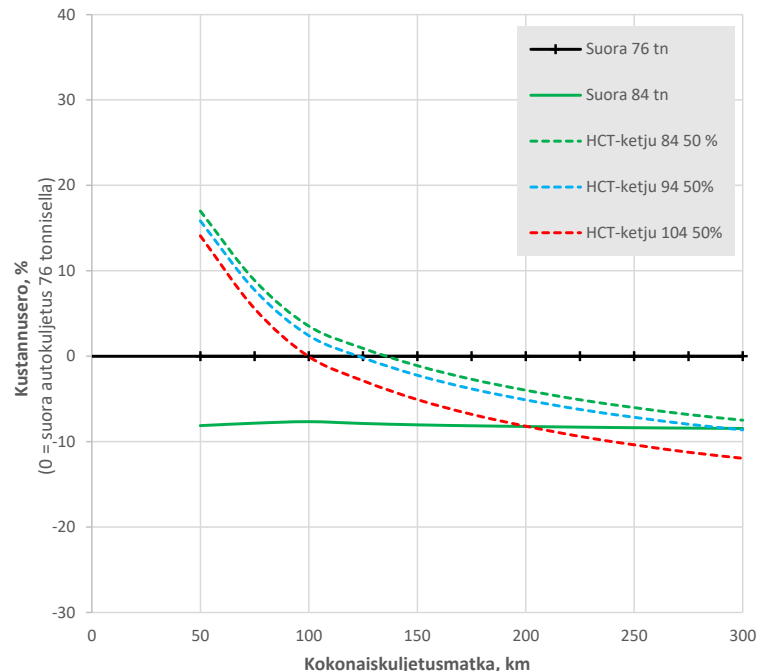
Terminaalivaihe: 0 %: kuorma valmiiksi lastattu perävaunuun ja jalkalavalle, 50 %: puolet yhdistelmän kuormasta valmiiksi lastattu,

100 %: HCT-yhdistelmä kuormataan kokonaan maasta

Terminaalivaiheen hyötyjä tai meno-paluukuljetuksia ei ole huomioitu



Puutavara (metsä + HCT-ketju)



Jalkalavojen hyödyntäminen HCT-terminaalissa



*Hannosen HCT-yhdistelmä
(Kuva: Metsä Group)*



*Moilaspoikien HCT-yhdistelmä
(Kuva: Metsähallitus Metsätalous Oy)*

4. Liikenneturvallisuus

- Ajoneuvojen pidentämiseen liittyvä liikenneturvallisuustutkimus
 - Oulun yliopisto tutki varsinkin ajoneuvojen stabiliteettia ja kääntyvyyttä (Haataja ym. 2018, Pirnes ym. 2018, Strandström 2019, Tuutijärvi ym. 2018)
 - Aalto-yliopisto tutki mm. ajonopeuksia, ohituksia ja muun liikenteen jonoutumista (Heinonen 2017)
- Ajoneuvojen massojen nostoon liittyvä liikenneturvallisuustutkimus
 - Oulun yliopisto tutki yhdistelmien jarrutusmatkoja ja -stabiliteettia, yhdistelmien luistoa ja kiihtyvyyttä sekä vetoaisoihin kohdistuvia voimia (Pirnes ym. 2018)
 - Tähän mennessä tehdyissä tutkimuksissa ei ole havaittu HCT-yhdistelmissä merkittäviä eroja nykyisiin yhdistelmiin nähden.
- Yli 25,25-metrisiin yhdistelmiin liittyvät uudet vaatimukset on esitetty tieliikennelaissa sekä Traficomien määräyksissä koskien autojen, perävaunujen ja ajoneuvoyhdistelmien teknisiä vaatimuksia.



5. Tie- ja siltarasitus

TIERASITUSTUTKIMUS (kenttäkokeisiin perustuvat)		
Paksupäällysteiset maantiet	Ohutpäällysteiset maantiet	Soratiet
Ei eroja urautumisvaikutuksissa ^{1,3}	Urautuminen vaihtelee päällysteen paksuuden mukaan ^{1,2,3}	Osin ristiriitaisia tuloksia ^{2,3}
<i>Oulun yliopiston tutkimus kesken</i>	<i>Tampereen yliopiston tutkimus kesken</i>	<i>Oulun yliopiston tutkimus kesken</i>
Oulun yliopiston ja Ilmatieteen laitoksen käynnissä oleva Winter Premium -hanke => Korkeammat painorajoitukset tierungon ollessa jäässä		

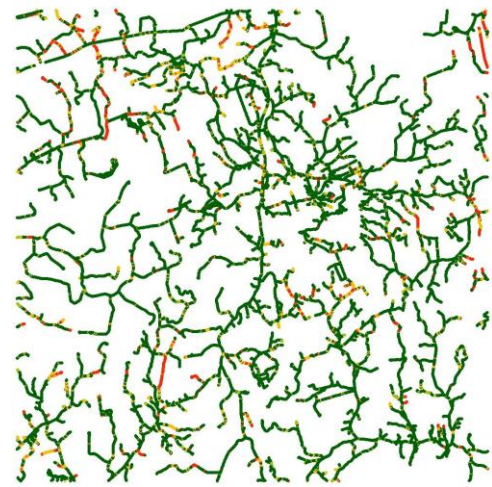
1=Vuorimies ym. 2018 2=Vuorimies ym. 2019 3=Pekkala 2018



Keinoja vaikuttaa tierasitukseen

(Venäläinen ja Poikela 2022)

- Olosuhteiden mukaan dynaamisesti vaihtuvat tien painorajoitukset
 - Tien runkojen ollessa jäässä, varsinkin Pohjois-Suomessa (käynnissä oleva OY:n ja IL:n Winter Premium -hanke)
- Sorateiden kuljetuskelpoisuusluokitus kuljetusten ajoitusten suunnitteluun
 - Kehitystyö käynnissä, ks. ylempi kuva
- HCT-käytävät ja -terminaalit (ks. kohta 6)
- Rengaspaineiden säätöjärjestelmät (Central Tire Inflation System, CTI)
- Keskipyöräperävaunu (ks. alempi kuva)



Arbonaut Oy



AT Wheels

Siltarasitukset

- Siltojen kestävyys HCT-yhdistelmien kannalta riippuu (Sauna-aho ym. 2018, Kalliovalkama 2022)
 - Sillan jännepituudesta ja poikkileikkausmitoista
 - Yhdistelmien ominaisuuksista (kokonaismassa ja -pituus, akseleiden ja akseliryhmien välinen etäisyys ja massa, painavimpien akseleiden sijoittuminen yhdistelmässä)
- TAU:n kotelopalkkisiltojen laskennallisessa rasiututkimuksessa (Kalliovalkama 2022)
 - Useissa tapauksissa HCT-yhdistelmät kasvattivat rasiutusta yli 10 %:lla
 - Erot olivat hyvin pienet joillakin 84-tonnisilla ja lyhyillä silloilla
 - Laskennallisista tutkimusta on tarpeen täydentää koekuormituksilla (mm. mahdollisten jälkijännitysten huomioon ottaminen)
- Siltarasituksia voidaan vähentää mm. rajoittamalla samanaikaisten ajoneuvojen määrää sillalla.

Laskennallinen ero HCT-yhdistelmien ja AA13/76:n mukaisen kuormakaavion aiheuttamissa siltarasituksissa vääntömomentin osalta (Kalliovalkama 2022)

	Vääntömom max		Vääntömom min	
	Pitkä silta	Lyhyt silta	Pitkä silta	Lyhyt silta
T100	17,1 %	2,4 %	9,1 %	-10,6 %
H100	12,4 %	-4,4 %	1,7 %	2,9 %
T92	10,9 %	-1,4 %	0,3 %	-5,9 %
H91	18,4 %	9,0 %	11,6 %	8,1 %
T90	13,3 %	1,0 %	8,9 %	6,6 %
H90	14,2 %	-0,1 %	8,9 %	6,0 %
M85	9,2 %	-2,7 %	4,2 %	1,5 %
M84C	7,0 %	3,7 %	3,9 %	2,5 %
M84D	8,5 %	5,3 %	5,3 %	3,9 %
H84	4,6 %	-0,1 %	0,0 %	-1,9 %
T84	4,0 %	-5,9 %	3,8 %	2,5 %



6. HCT-käytävät yli 76-tonnisille yhdistelmille

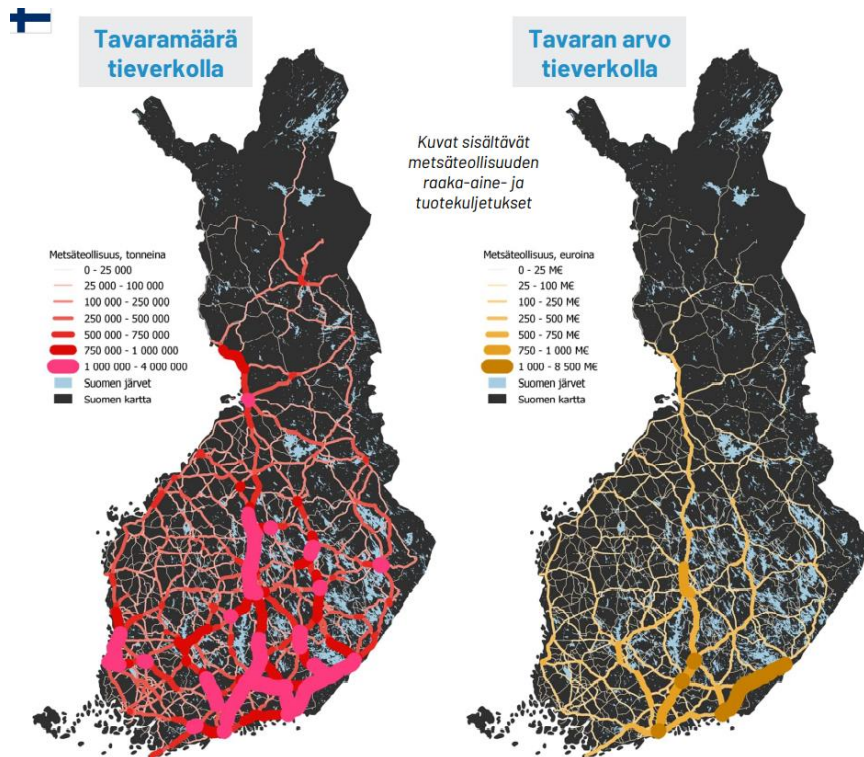
- HCT-käytävien avulla liikennöinti voidaan keskittää yhteyksille, joissa hyödyt HCT-yhdistelmistä ovat mahdollisimman suuret ja haitat mahdollisimman pienet
- Painorajoitetut sillat
 - HCT-yhdistelmien kuormien siirtokuormaus tai moduulien uudelleenjärjestelyt
 - Kiertotiet
 - HCT-kuljetusvirtojen suuntaaminen silloista pois päin
- Metsäteholla on käynnissä selvitys HCT-käytäväverkon vaikutuksista kuljetuskustannuksiin ja päästöihin



HCT-käytävien osat

1. Merkittävät aines- tai energiapuun käyttökohteet
2. Merkittävät aines- ja energiapuun käyttökohteiden ulkopuoliset terminaalit
 - Rautatie-, vesi- ja tiekuljetusterminaalit
3. Kotimaisen puun hankinta-alueiden keskeiset kuljetusyhteydet käyttökohteisiin
4. Osakäytävät
 - Kuitupuukuljetukset terminaalista käyttökohteeseen
 - Tukkipuukuljetukset terminaalista käyttökohteeseen
 - Sivutuotepuukuljetukset sahoilta käyttökohteeseen
 - Energiapuukuljetukset terminaalista käyttökohteeseen
 - Täydentävät käytävät: esim. tehtaiden ja terminaalien väliset vaihdot (mepa)
5. Tieinfrastruktuurin taso
 - Lähtökohtana valta- ja kantatiet & pistot katuverkkoon
 - Tarvittaessa myös alemman tieverkon yhteys voi muodostaa osan HCT-käytävää
 - varsinkin jos yhteys välttää merkittävän lisämatkan ylempää tieverkkoa pitkin tai alueella ei ole rautatieyhteyttä.
 - heikosti kantavien sorateiden osalta käyttö voidaan rajata routakausiin
 - 84-tonnisten osalta nykyisin 76-tonnisille sallittu tieverkko
 - Suurten erikoiskuljetusten tieverkko
 - *Käynnissä oleva tie- ja siltarasitustutkimus tulee tarkentamaan tätä kriteeriä*

Metsäteollisuudelle tärkeimmät tieyhteydet

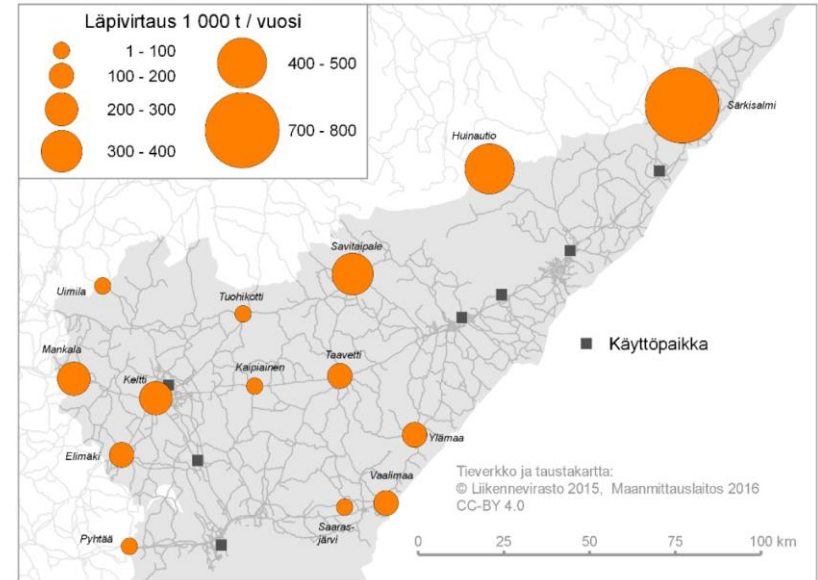


Tilastokeskus lähteessä Infra ry 2022, tilastoaineisto on osin puutteellinen



HCT-terminaalit

- Tarvittaessa puun siirto metsäautosta HCT-yhdistelmään
 - Varsinaisessa tiekuljetusterminaalissa
 - Kuormauspaikassa, jossa
 - Lyhytaikainen valmiiksi kuormatun perävaunun tai jalkalavan säilytys
 - Puun lyhyt- tai pitkäaikaista varastointia
 - Kaksi yhdistelmää mahtuu yhtä aikaa siirtokuormauksen ajaksi
- LUT-yliopiston simulointimallinnuksissa haettiin optimaalisia sijainteja puutavaran HCT-terminaaleille (Korpinen ja Aalto 2017, Lappeenranta teknillinen yliopisto 2017)



Korpinen ja Aalto 2017

7. Kuljettajapula

- Puutavarakuljetuksissa uusien kuljettajien tarve ylittää alalle valmistuvien määrän, vaikka kuljettajien kokonaistarve ei kasvaisikaan (Strandström ja Poikela 2020)
- Terminaaleihin perustuva toimintamalli
 - Lisää joustavuutta kuljettajaresurssien käytössä
 - Terminaalien väliseen ajoon ei tarvitse kokemusta metsäpään kuljetuksesta



Lähteet

Haataja M, Niskanen P, Pirmes V, Tuutijärvi M-T, Pekkala V, Erkkilä I, Vähätaini K (2018) HCT-puutavarayhdistelmien ajoseuranta- ja stabiliteettitutkimus 2015–2018. Kalvosarja 21.3.2018.

Heinonen T (2017) High Capacity Transport -ajoneuvoyhdistelmien vaikutukset liikennevirtaan. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 48/2017. <https://www.doria.fi/handle/10024/144005>

Infra ry, Elinkeinoelämän keskusliitto EK, Keskuskauppakamari, SAK, SKAL, Suomen Tieyhdistys (2022) Modernit pääväylät – kilpailukykyinen Suomi – Väylävisio 2025–2050. https://kauppakamari.fi/wp-content/uploads/2022/10/Modernit_pa%CC%88a%CC%88va%CC%88yla%CC%88t_kilpailukykyinen_Suomi_loppuraportti_09_2022.pdf

Kalliovalkama R (2022) Teräsbetonisen kotelopoikkileikkauksen toiminta ja HCT-yhdistelmien vaikutukset rasituksiin. Diplomityö, Tampereen yliopisto. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-202208166427>

Korpinen O-J, Aalto M (2017) Optimoitu puuterminaliverkosto. Teoksessa: Venäläinen P, Aalto M, Heljanko E, Hilmola O-P, Korpinen O-J, Ovaskainen H, Pesonen M, Poikela A. Terminaalitoiminnot energiatehokkaassa puutavaralogistiikassa - T3 Uudet terminaalikonseptit ja -verkostot. Metsätehon raportti 242. http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Raportti_242_Terminaalitoiminnot_energiatehokkaassa_puutavaralogistiikassa_T3.pdf

Lapp T, Iikkanen P (2017) HCT-ajoneuvojen liikennejärjestelmävaikutukset. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 57/2017. <https://www.doria.fi/handle/10024/147575>

Lapp T, Iikkanen P, Weckström C, Mäkinen S (2022) Rataverkon raakapuun kuormauspaikkaverkon tilanne ja tulevaisuuskuva. Väyläviraston julkaisuja 29/2022. <https://www.doria.fi/handle/10024/185109>

Lappeenrannan teknillinen yliopisto (2017) Puutavaran terminaalipaikkojen simulointi Itä-Suomen alueelle. <https://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Liite-6-Tutkimusraportti-Puutavaran-terminaalipaikkojen-simulointi-I-S-alueelle.pdf>

Luonnonvarakeskus (2022) Teollisuuspuun kaukokuljetustavat ja keskikuljetusmatkat. Tilasto. http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE_04%20Metsa_08%20Muut_Teollisuuspuun%20korjuu%20ja%20kaukokuljetus/05.11_Teollisuuspuun_kaukokuljetustavat_kesk.px/?rxid=001bc7da-70f4-47c4-a6c2-c9100d8b50db. [Viitattu 20.10.2022].



- Pekkala V (2018) Tien rasitukset tieverkossa HCT- ja muiden puunkuljetusyhdistelmien vaikutusten vertailu. Loppuraportti 15.8.2018. http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tien_rasitukset_tieverkossa_LOPPURAPORTTI_20180825_VPe.pdf
- Pirnes V, Tuutijärvi M-T, Haataja M (2018) HCT-puutavarayhdistelmien ajoseuranta- ja stabiliteettitutkimus - Yhdistelmien liikkuvuus ja ajovakaus. Oulun yliopisto 17.8.2018. http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/hct_puutavarayhd_liikkuvuus_ajovakaus_eu_pohja.pdf
- Sauna-aho J, Koskinen O. H, Sauna-aho P, Rivanti T (2018) HCT- ja normaaliajoneuvojen energiankäyttö, hiilidioksidipäästöt ja tiekuormitus – Loppuraportti. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 51/2018. <https://www.doria.fi/handle/10024/163959>
- Strandström M (2019) Ajoneuvoyhdistelmien kääntyvyys metsäteiden kääntymispaikoilla ja liittymissä. Metsätehon tuloskalvosarja 1/2019. https://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja_2019_01_Ajoneuvoyhdistelmien_kaantvyvyys_metsateiden.pdf
- Strandström M, Poikela A (2020) Metsäalan työvoimatarve – päivitetty Savotta 2025 -laskelmat. Metsätehon tuloskalvosarja 8/2020. <https://metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja-2020-08-Metsaalan-tyovoimatarve-Savotta2025.pdf>
- Tuutijärvi M-T, Erkkilä I, Haataja M (2018) HCT-puutavarayhdistelmien stabiliteettivertailu ja mitoitustarkastelu. Oulun yliopisto 20.8.2018. https://www.metsateho.fi/wpcontent/uploads/HCT-puutaravayhdistelmien-vertailu-jamitoitustarkastelut_EU_200818.pdf
- Venäläinen P (2017) HCT-kuljetuskäytävät. Teoksessa: Venäläinen P, Aalto M, Heljanko E, Hilmola O-P, Korpinen O-J, Ovaskainen H, Pesonen M, Poikela A Terminaalitoiminnot energiatehokkaassa puutavaralogistiikassa - T3 Uudet terminaalikonseptit ja -verkotot. Metsätehon raportti 242. http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Raportti_242_Terminaalitoiminnot_energiatehokkassa_puutavaralogistiikassa_T3.pdf
- Venäläinen P, Poikela A (2021) Puutavaran ja hakkeen HCT-yhdistelmät ja kuljetusketjut – Yrityshaastatteluiden tulokset. Metsätehon tuloskalvosarja 5/2021. <https://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja-2021-05-Puutavaran-ja-hakkeen-HCT-yhdistelmat-ja-kuljetusketjut.pdf>
- Venäläinen P, Poikela A (2022) Puutavara- ja hakeajoneuvojen massojen noston vaikutukset – aiheen 3. väliraportti. Metsätehon raportti 265. <https://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Raportti-265-Puutavara-ja-hakeajoneuvojen-massojen-noston-vaikutukset.pdf>
- Vuorimies N, Kalliainen A, Rossi J, Kurki A, Kolisoja P, Varin P, Saarenketo T (2018) Tierakenteen rasittuminen yli 76 tonnin HCT-yhdistelmien koekuormituksissa vuosina 2015– 2017. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 63/2018. <https://www.doria.fi/handle/10024/165324>



Vuorimies N, Kurki A, Kolisoja P, Varin P, Saarenketo T (2019). Tierakenteen rasittuminen yli 76 tonnin HCT-yhdistelmien koekuormituksissa vuonna 2018. Väyläviraston tutkimuksia 17/2019. <https://www.doria.fi/handle/10024/173131>

Ympäristöministeriö (2022) Keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelma – Kohti hiilineutraalia yhteiskuntaa 2035. Ympäristöministeriön julkaisuja 2022: 12. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164186/YM_2022_12.pdf



Lisätietoa HCT-tutkimuksista

www.metsateho.fi/hct

