

Puun korjuun ja kuljetusten päästöjen nykytila ja vähennyskeinot – 2. päivitys

Liiteraportti 3: Keinokortit

Pirjo Venäläinen, Markus Strandström & Asko Poikela
Metsäteho Oy

Johdanto

- Keinokorteissa on käsitelty ko. keinoa pääosin kuorma-autokuljetusten ja työkoneiden näkökulmasta.
 - Juna- ja aluskuljetuksia koskevat keinot on esitetty osin omina kortteinaan.
- Päästövähennystavoitteita kuvaavassa liiteraportissa 2 on esitetty osin tavoitteita, jotka koskevat useampaa keinoa yhdessä. Nämä tavoitteet puuttuvat keinokohtaisista korteista.
- Tässä liiteraportissa on esitetty erilaisten ratkaisuiden potentiaalisia vaikutuksia päästöihin.
 - Vaikutusarvioissa on otettava huomioon, että ne on pääosin tehty muulle kuin puun käsittelyyn ja kuljettamiseen suunnatulle kalustolle (jollei tätä ole erikseen mainittu). Tällöin esimerkiksi kaluston kokonaispainot, käyttöasteet, toimintaympäristö ja keskikuljetusmatkat voivat poiketa paljonkin puuhuollon tilanteisiin verrattuna.

NYKYTILANNE SUOMESSA

- Uusiutuvien polttoaineiden (biopolttoaineet, biokaasu, nestemäiset ja kaasumaiset sähköpolttoaineet) jakeluvelvoite 18,0 % vuonna 2021 ja 34,0 % vuonna 2029 ja sen jälkeen %
- Polttoaineiden ja kaluston tilanne polttoainekohtaisissa keinokorteissa

KEHITYSNÄKYMÄT

- Metsä- ja maatalous tarjoavat jätteitä ja tähteitä uusiutuvan polttoaineen ja lisääntyvä tuulivoima sähköpolttoaineiden kotimaiseen tuotantoon¹
- Suomessa useita uusiutuvien polttoaineiden tuotantolaitosten kehityshankkeita¹

Uusiutuvat polttoaineet

TAVOITTEET

- Suomi: Vuonna 2030 uusiutuvien osuus min. 30 % polttoaineen kulutuksesta²
- Uusiutuvan energian investointitukia kohdennetaan esim. liikenteen kehittyneitä biopolttoaineita tuottaviin laitoksiin²

POTENTIAALINEN VAIKUTUS

- Jakeluvelvoite: uusiutuvien polttoaineiden elinkaarenaikaisten kasvihuonekaasupäästöjen on oltava 50, 60 tai 65 % pienemmät kuin korvattavalla fossiilisella polttoaineella³
- 19 %:n päästövähennyspotentiaali tavaraliikenteessä⁴
 - Ks. tarkemmin keinokohtaiset kortit

¹AFRY Management Consulting 2022 ²Jääskeläinen (toim.) 2021 ³Laki biopolttoaineista, bionesteistä ja biomassapolttoaineista

⁴Vasara ym. 2022



NYKYTILANNE SUOMESSA

Auto: Biopolttoaineen jakeluvelvoite nousee vähitellen 34,0 %:iin vuodesta 2030 lähtien, kehittyneiden biopolttoaineiden lisävelvoite 10,0 % vuodesta 2030 lähtien²

Työkoneet: Biopolttoöljyn jakeluvelvoite ($\geq 10\%$) vuoteen 2028 mennessä¹

KEHITYSNÄKYMÄT

Auto: Merkittävä osa raskaammista kuorma-autoista kulkee edelleen dieselillä 2020-luvun lopulla.

Biodiesel, biopolttoöljy

TAVOITTEET

- Hallituksen esitys biopolttoöljyn jakeluvelvoitteen nostamisesta niin, että jakeluvelvoite olisi 30 % 2030

POTENTIAALINEN VAIKUTUS

- Biopolttoöljy työkoneissa: päästövähennys 0,2 CO₂ekvt vuonna 2030²

¹Laki biopolttoöljyn käytön edistämisestä ²Laki biopolttoaineiden käytön edistämisessä liikenteessä 2019

NYKYTILANNE SUOMESSA

- Sekoitussuhde polttoaineessa kuorma-autosta riippuen 30–100 %. Soveltuu myös dieselveitureihin ja osaan työkoneista¹
- 100-prosenttisesti uusiutuvaa dieseliä myynnissä 53:lla raskaan liikenteen asemalla², 100-prosenttisesti uusiutuvaa polttoöljyä myynnissä³
- Uusiutuvaa laivapolttoainetta myyntiin Tanskaan 4

KEHITYSNÄKYMÄT

- Korkea hinta rajoittaa käyttöä
- Suomessa investointihankkeita uusiutuvien polttoaineiden tuotannon lisäämiseksi⁵

Uusiutuva diesel (HVO, BtL, PtL) ja polttoöljy

TAVOITTEET

- Sisältyy uusiutuvien polttoaineiden jakeluvelvoitteeseen

POTENTIAALINEN VAIKUTUS

- Uusiutuva diesel: jopa –90 % khk-päästöt, merkittävä vähennys myös typen oksideissa ja hiukkaspäästöissä¹
- BioVerne-uusiutuva diesel vähensi sataman pyöräkuormaajan CO₂-päästöjä 80 %:lla ja NO_x- ja pienhiukkaspäästöjä 10 %:lla.⁶
- Uusiutuva polttoöljy: keskimäärin –90 % elinkaaren aikainen hiilijalanjälki³
 - Uusiutuva laivapolttoaine –80 % elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt⁶

¹Liikenne- ja viestintäministeriö 2017 ²Neste Oyj 2023a ³Neste Oyj 2023c ⁴Neste 2023b ⁵Sipilä ym. 2021 ⁶Lukkari 2019



Vety ja sen johdannaiset

Vihreä vety = Uusiutuvista energialähteistä valmistettu vety

Vähähiilinen vety = Puhtaalla sähköllä valmistettu vety

Sininen vety = Fossiilisista polttoaineista valmistettu vety, CO₂ otetaan talteen ja varastoidaan

Turkoosi vety = Bio- tai maakaasusta tehty vety, jonka sivuaineena syntyy hiilimustaa

Harmaa vety = Fossiilisista polttoaineista valmistettu vety, CO₂:ta ei oteta talteen

Synteettiset ja sähköpolttoaineet = Vedystä jatkojalostettu synteettinen, nestemäinen tai kaasumainen polttoaine (esim. vety, metaani, ammoniakki, metanoli, diesel, bensiini, kerosiini)



NYKYTILANNE SUOMESSA

Auto: Ei ajoneuvoja. Kv. Markkinoilla: vety- ja vetyhybridikuorma-autoja liikenteessä. Volvolla testit jopa 65 tonnin vetykäyttöisillä polttokennosähkökuorma-autoilla alkaa 2025.¹

Juna (veturi): Vedyllä toimivia vetureita liikenteessä muissa maissa

Alus: pilottialuksia rakenteilla Norjaan ja Ranskaan²

Työkoneet: Vetykoneita käytössä muissa maissa

KEHITYSNÄKYMÄT

- Vuonna 2030 arviolta 300 vetykuorma-autoa (yli 16 t)³
- Vetypolttokennokuorma-autoja tulossa markkinoille⁴, yleistymisen puukuljetuksissa ja muussa raskaassa liikenteessä 2030-luvulla^{5, 6}
- Uusiutuvan vedyn kalleus hidasteena^{7, 8, 9}
- Uusiutuvan vedyn kehityshankkeita käynnistynyt Suomessa^{8, 9, 10}
- Suomeen perustettu Gasgrid Vetyverkot Oy kehittämään vetytaloutta.

(Uusiutuva) vety & Vetyhybridi

TAVOITTEET

- Uusiutuvan vedyn tuotannon lisääminen ja tukeminen EU:ssa, vedyn käytön edistäminen mm. raskaissa kuorma-auto-, juna- ja aluskuljetuksissa⁷
- Edistetään puhtaan vedyn tuotantokapasiteettia ja pilotoidaan vedyn käyttöä varsinkin raskaassa maantiiliikenteessä, vesiliikenteessä ja työkoneissa^{10, 11}

POTENTIAALINEN VAIKUTUS

Hiiletön energiankantaja, mikäli vedyn tuotantoon ei ole käytetty fossiilista energiaa (=uusiutuva vety)⁷

Tällä hetkellä suurin osa vedystä valmistetaan maakaasusta.

Vetyhybridin hyöty pieni pitkissä ja raskaissa kuljetuksissa.¹²

¹Volvo 2022 ²Flagships 2021 ³Autoalan tiedotuskeskus 2021 ⁴Pihlatie ym. 2021 ⁵Vasara ym. 2022 ⁶Ylä-Pontinen ja Kärhä 2022

⁷European Commission 2020a ⁸Patronen & Sivill 2022 ⁹Sivill ym. 2022 ¹⁰Valtioneuvoston periaatepäätös vedystä 2023 ¹¹Työ- ja

elinkeinoministeriö 2022 ¹²Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking 2019

TILANNE SUOMESSA

- Ei vielä saatavilla Suomessa
- Liikenteen sähköpolttoaineet osa uusiutuvien polttoaineiden jakeluvelvoitetta 1.1.2023 alkaen

KEHITYSNÄKYMİÄ

- Suomessa merkittävä tuotantopotentiaali¹
- Mm. Joensuun ja Kotkan sähköpolttoaineiden tuotantolaitoksista esiselvitykset käynnissä^{2, 3}
- Tuotannon ja käytön yleistyminen 2030-luvulla^{4, 5, 6}
- Haasteena kalleus fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna⁵, suurin potentiaali raskaassa tieliikenteessä ja aluskuljetuksissa⁷

Sähköpolttoaineet (P2L/P2G) (power-to-x, ptx)

TAVOITTEITA

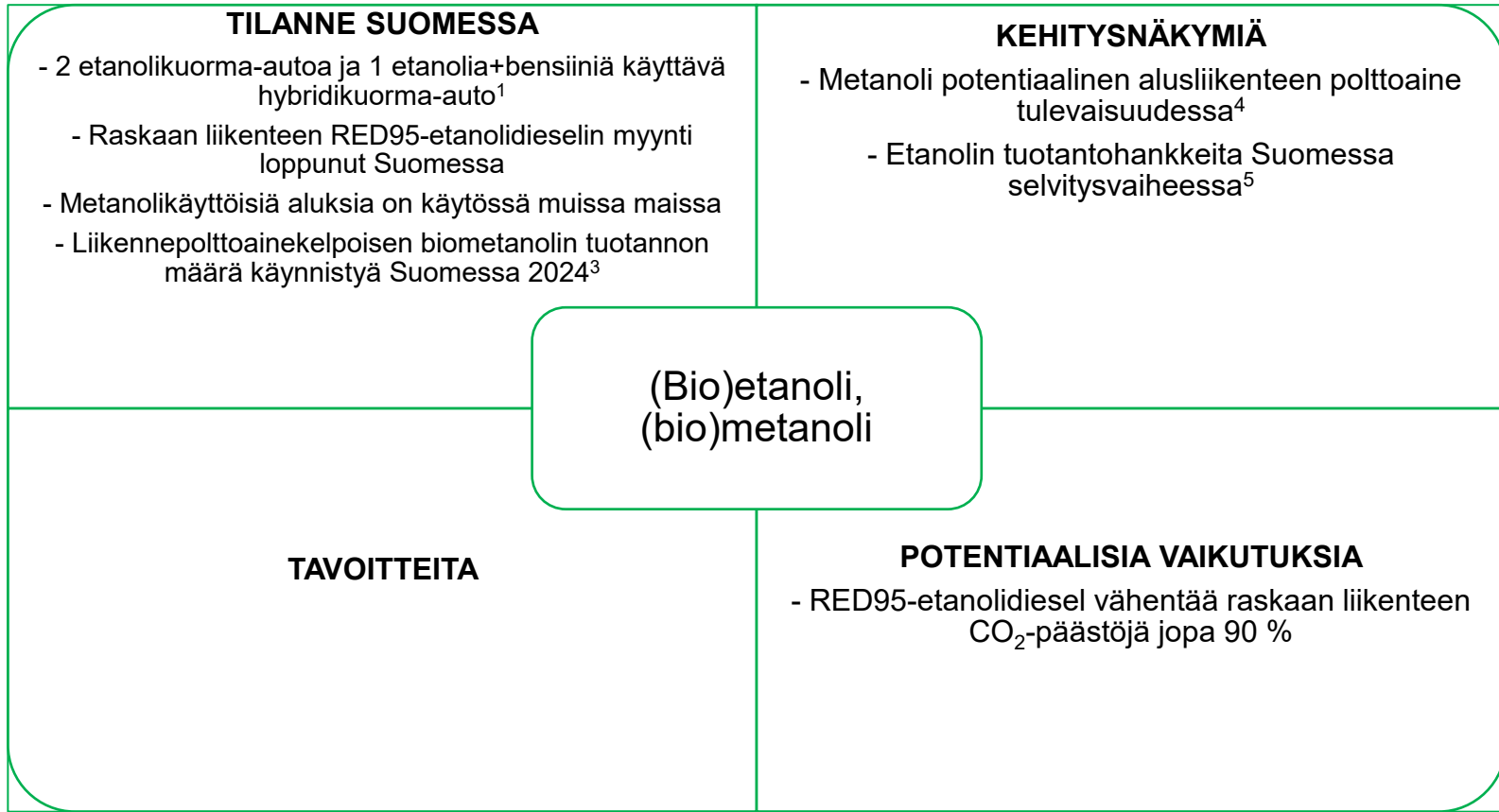
- Fit for 55 -valmiuspaketissa ehdotettu liikenteeseen RFNBO-polttoaineiden, joihin sähköpolttoaineet sisältyvät, 2,6 %:n jakeluvelvoitetta vuoteen 2030 mennessä
- Sähköpolttoaineiden osuus Suomessa 3 % kaikista liikennepolttoaineista vuoteen 2030 mennessä⁸

POTENTIAALISIA VAIKUTUKSIA

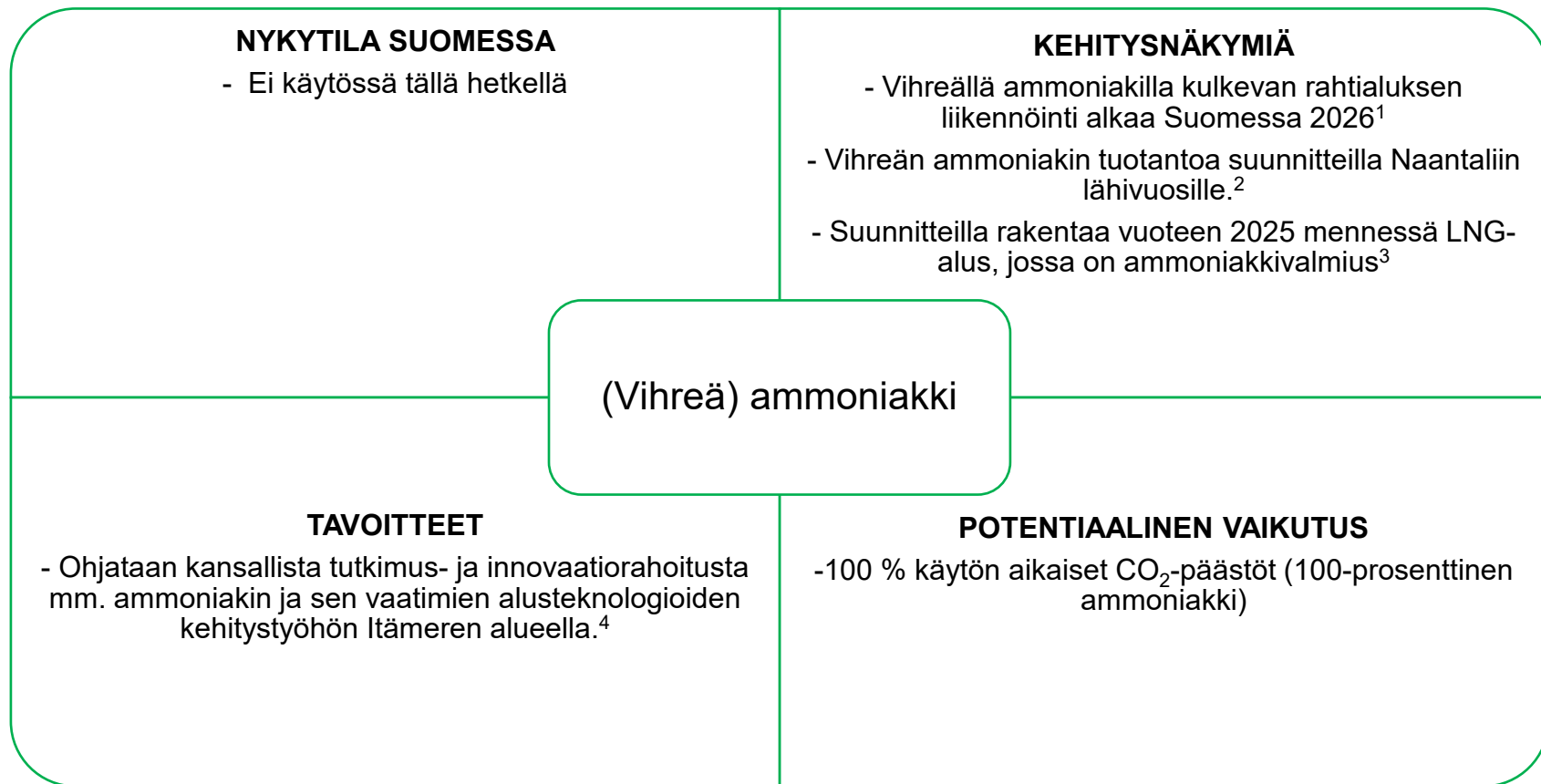
- Kestävyyssriteeri: sähköpolttoaineiden elinkaaren aikaiset khk-päästöt oltava vähintään 70 % pienemmät kuin fossiilisilla⁹
- EU-tasolla ehdotus menetelmäksi RFNBO-polttoaineiden kasvihuonekaasupäästöjen arvioimiseksi⁷

¹Patronen ja Sivill 2022 ²P2X Solutions Oy 2022 ³YLE 2022a ⁴Vasara ym. 2022 ⁵Jääskeläinen (toim.) 2021 ⁶Sipilä ym. 2021

⁷European Commission 2023a ⁸Työ- ja elinkeino-ministeriö 2022 ⁹Laki biopolttoaineista, bionesteistä ja biomassapolttoaineista



¹Traficom 2023a (pl. yksityiskäytössä ja myyntivarastossa olevat) ²Liikenne- ja viestintäministeriö 2022b ³Veolia 2022 ⁴AFRY Management Consulting 2022 ⁵Sipilä ym. 2021



¹Meriaura Oy 2022 ²Green NorthH₂ Energy Oy 2023 ³osto&logistiikka 2022a ⁴Valtioneuvosto 2021c



NYKYTILANNE SUOMESSA

Auto: 1. kaasukäyttöinen, 69-tonninen puutavarayhdistelmä käyttöön 2022¹. Käytössä 291 kaasukäyttöistä, 66 diesel+kaasukäyttöistä ja 9 bensiini+kaasukäyttöistä kuorma-autoa.²

- **Työkoneet:** Rekisterissä yli 10 tonnin kaasutrukkeja²

KEHITYSNÄKYMÄT

- Vuonna 2030 arviolta 2 800 kaasukuorma-autoa (yli 16 t)³
- Sopisi parhaiten sivutuotehakkeen kuljetuksiin (yhdistelmän kokonaispaino ei liian suuri, tankkausmahdollisuudet)
- Yleistyy puun ja varsinkin muissa kuljetuksissa jo 2020-luvulla⁴

Kaasu
bifuel (kaasu&polttoaine)
kaasuhybridit (kaasu&sähkö)

TAVOITTEET

- Vuonna 2030 noin 6 200 kaasukuorma-autoa ja bussia⁵
- Kaasuajoneuvojen lisääminen raskaassa liikenteessä⁶

POTENTIAALINEN VAIKUTUS

Ks. kaasutyypikohtaiset kortit

¹Metsähallitus 2022 ²Traficom 2023a (pl. yksityiskäytössä ja myyntivarastossa olevat) ³Autoalan Tiedotuskeskus 2021 ⁴Ylä-Pontinen ja Kärhä 2022 ⁵Jääskeläinen (toim.) 2021 ⁶European Commission 2018



NYKYTILANNE SUOMESSA

- **Auto:** Iveco, Volvo ja Scania toimittaneet raskaita LNG- ja CNG-kuorma-autoja ja Mercedes-Benz vain CNG-kuorma-autoja¹

Työkoneet: Kaasukäyttöisiä trukkejä on, mutta ei puun vastaanotossa käytettäviä työkoneita

Alus: 5 LNG-käyttöistä alusta²

KEHITYSNÄKYMÄT

- LNG sopii raskaisiin pitkiin kuljetuksiin, koska energiatiheys ja siten toimintasäde on suurempi kuin CNG:llä.³
- LNG on yleistymässä alusten polttoaineena ja käyttöä junakuljetuksissa kehitetään.⁴ Nestekaasualuksia on tulossa liikenteeseen⁵.
- Mustasaaren suunnitteilla synteettisen metaanin tuotantolaitos.⁶

Maakaasu, metaani (LNG&CNG)

TAVOITTEET

- Jakeluinfran kehittäminen

POTENTIAALINEN VAIKUTUS

- Kuorma-auton metaanimoottorin CO₂-päästö noin 10 % pienempi kuin dieselmoottorin³. LNG-kuorma-auton elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt ovat yli 20 % pienemmät kuin dieselkuorma-auton.⁷
- Yhdysvalloissa LNG-veturin CO₂-päästöt 30 % ja typpipäästöt 70 % pienemmät kuin dieselveturilla⁴

¹Tekniikka&Talous 2019b ²Työ- ja elinkeinoministeriö ym. 2020 ³Pihlatie ym. 2021 ⁴Ikkanen ja Haapala 2018

⁵Tekniikka&Talous 2019a ⁶YLE 2022b ⁷Gasum Oy 2023

NYKYTILA SUOMESSA

- 1. LBG-käyttöinen puutavara-auto (69 t) käyttöön¹
- Biokaasu osa jakeluvervoitetta 1.1.2022 alkaen
 - Biokaasua (LBG) testattu rahtialuksen lisäpolttoaineena²
- Liikenteen biokaasun tuotanto 30 GWh³

KEHITYSNÄKYMÄ

- Suomessa merkittävä biokaasun/biometaanin tuotantopotentiaali^{3, 4}
- Suuria biokaasuhankkeita Suomessa noin 10 kpl⁴
- Biometaanin käytön hidasteena matala energiatiheys ja varastoinnin kalleus⁵
- Biokaasun CO₂-raja-arvojen tuleva määrittely EU-tasolla³

Biokaasu (LBG, CBG), biometaani (LBM, CBM)

TAVOITTEET

- Vuonna 2045 liikennekäytössä vähintään 5–6 TWh biokaasua⁶
 - Biokaasun tuotannon ja käytön edistäminen Suomessa³, biometaanin tuotannon ja tuonnin edistäminen EU:ssa (REPowerEU)
- Biokaasun käytön edistäminen työkoneissa⁷

POTENTIAALINEN VAIKUTUS

- Tutkimus vaikutuksista puutavarakuljetuksissa käynnissä
- Tieliikenteessä LBG ja CBG vähentävät elinkaaren aikaisia kasvihuonekaasupäästöjä jopa 90 % fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna⁸
- Biokaasun päästövaikutusten laskennasta ei ole kattavaa ohjeistusta³

¹Metsähallitus 2022 ²Osto&Logistiikka 2020 ³Työ- ja elinkeinoministeriö ym. 2020 ⁴Sipilä ym 2021 ⁵Söderena ym. 2019

⁶Jääskeläinen (toim.) 2021 ⁷Työ- ja elinkeinoministeriö 2022 ⁸Gasum Oy 2023

NYKYTILANNE SUOMESSA

Työkoneet: Muutamia hybridihakkuukoneita (Logset 8H GTE Hybrid) käytössä. Useilla valmistajilla on puun vastaanottoon soveltuvia hybridityökoneita¹, ei ole tiettävästi käytössä Suomessa.

Auto: 7 hybridikuorma-autoa², joista kaksi 76/77-tonnista puutavarayhdistelmää (Sisu Polar Timber Hybrid)

Alus: Finnlinesin hybridialus kv. liikenteessä

KEHITYSNÄKYMÄT

Työkoneet: Harvesterit, kuormatraktorit ja terminaalikoneet (kuten pyöräkuormaimet) ovat kustannustehokkaasti hybridisoitavissa^{3, 4}

Auto: Vuonna 2030 arviolta 3 800 kevythybridikuorma-autoa (yli 16 t)⁵ Korkea hinta yleistymisen haasteena⁴.

Hybridi (polttoaine&sähkö)

TAVOITTEET

Ei asetettuja tavoitteita raskaan liikenteen hybrideille

POTENTIAALINEN VAIKUTUS

(polttoaineen kulutuksen säästö)

Työkoneet: pyöräkuormaaja –13...–38 %, harvesteri –26...–61 %³, materiaalinkäsittelykone –30 %¹

Puutavarayhdistelmä: Tutkimuksessa ei ole saatu vielä laskettua luotettavia eroja⁶

¹Venäläinen ja Pesonen 2017 ²Traficom 2023a ³Pihlatie ym. 2022 ⁴Pihlatie ym. 2021 ⁵Autoalan Tiedotuskeskus 2021

⁶Kortelainen 2022



NYKYTILANNE SUOMESSA

Työkoneet: 8 % puun vastaanoton konekannasta tuotantolaitoksilla sähköisiä¹

Auto: 22 täyssähkökuorma-autoa². Ruotsissa Volvolla sarjatuotanto 44 t:n täyssähkökuorma-autoilla, Scanialla testiliikenteessä 80-tonninen puutavarayhdistelmä³.

KEHITYSNÄKYMÄT

Työkoneet: Terminaalikoneet ovat kustannustehokkaasti täyssähköistettävissä (mm. biopolttoaineiden hintojen mahdollinen nousu)⁴, laajamittainen sähköistyminen puun ja muissa kuljetuksissa 2030-luvulla^{5, 6}

Auto: Vuonna 2030 arviolta 600 täyssähkökuorma-autoa.⁷

Alus: Ensimmäisiä täyssähköaluksia muissa maissa

Akkuteknologian sekä akkumateriaalien saatavuuden ja kierrätyksen kehittyminen⁸

Täyssähkö

TAVOITTEET

Auto: Vuonna 2020 raskaassa kalustossa noin 4 600 sähköautoa⁹

POTENTIAALINEN VAIKUTUS

–100 % (käytön aikaiset päästöt)

- 30 tonnin pyöräkuormaajalla –70 %, metsäharvesterilla –73 % (energiankäyttö)⁴

- Vihreän sähkön tuotannon yleistyessä elinkaaripäästöt vähentyvät

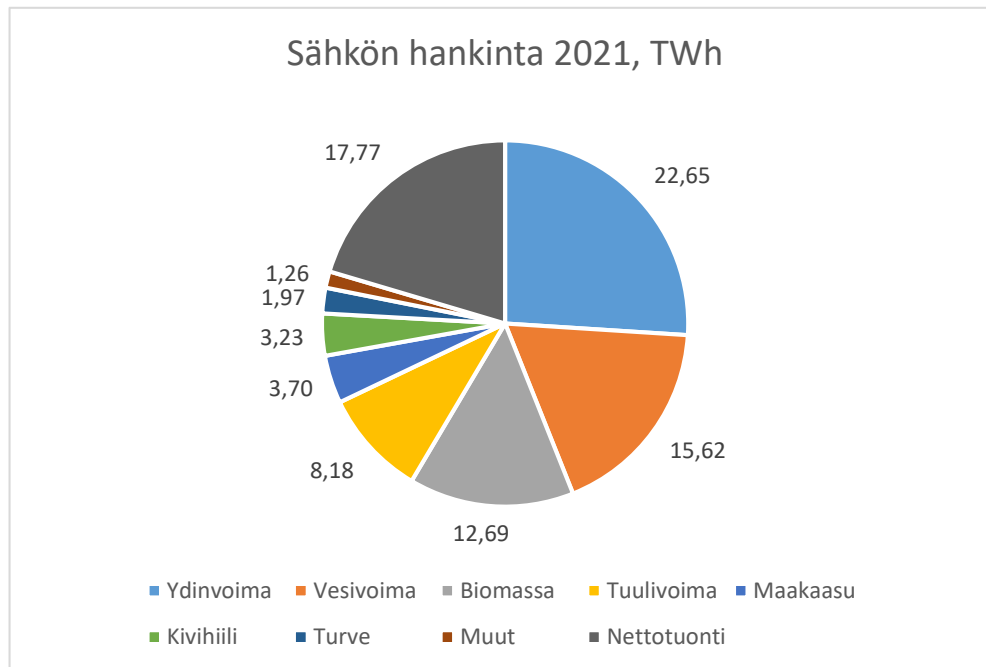
¹Metsätehon kysely metsäyhtiöille 2019 ²Traficom 2023a (pl. yksityiskäytössä ja myyntivarastossa olevat) ³Scania 2021 ⁴Pihlatie ym. 2022

⁵Markkanen ja Lauhkonen 2021 ⁶Ylä-Pontinen ja Kärhä 2022 ⁷Autoalan Tiedotuskeskus 2021 ⁸IPCC 2022 ⁹Jääskeläinen (toim.) 2021

Sähkön hankinta 2021

- Uusiutuvan energian osuus energian kokonaiskulutuksesta oli 42 % vuonna 2021.
- Tuulivoimainvestoinnit jatkuvat niin, että arviolta vuonna 2027 tuulisähkön tuotanto on ydinvoimasähkön tuotantoa suurempaa.

Työ- ja elinkeinoministeriö ja
Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus 2022



Energiategollisuus ry 2022

NYKYTILANNE SUOMESSA

- Nesteytetyn maa- tai biokaasun jakeluasemia on 14 ja paineistetun kaasun jakeluasemia 73.¹
- Suomessa ei ole raskaan kaluston sähkölataukseen tai vetytankkaukseen julkista infrastruktuuria.¹ P2X Solutionsilla tulossa 2 vetytankkausasemaa syksyyn 2024 mennessä.

KEHITYSNÄKYMÄT

Suunnitteilla 14 uutta paineistetun kaasun ja 10 nesteytetyn kaasun jakeluasemaa v. 2025 mennessä¹

Raskaan liikenteen lastausinfra tarpeita selvitetty²

EU:n ja TEM:n rahoitus jakeluinfra rakentamiselle

Sähköteiden tutkimukset Suomessa ja pilotit muualla³

Työkoneiden latausinfrastruktuurin kehittyminen⁴

VE-käyttövoimien jakeluinfra

TAVOITTEET

- AFIR-asetusehdotus: min 8 (2025) (60 2030) raskaan liikenteen latauspoolia, min 7 julkista vedyn tankkausasemaa 2030, min 30 nesteytetyn biometaanin jakeluasemaa 2025 (90 v. 2030 ja 180 v. 2035), min 100 paineistetun biometaanin jakeluasemaa 2025.⁵
- Maasähkövaatimukset TEN-T-satamille⁶
- Sähköteiden pilotoinnin arviointi⁷

POTENTIAALINEN VAIKUTUS

- Jakeluinfrastruktuurin kattavuus vaikuttaa vaihtoehtoisten käyttövoimien potentiaaliin ja siten käyttövoimien tuomiin päästövaikutuksiin eri alueilla
- Suomessa maanteiden pääväylien sähköistäminen vähentäisi CO₂-päästöjä jopa milj. t/v⁸

¹Liikenne- ja viestintäministeriö 2022b ²Ilomäki ym. 2023 ³Suvanto ym. 2022 ⁴Pihlatie ym. 2022 ⁵Kansallinen jakeluinfraohjelma... 2023 ⁶Takala ym. 2022 ⁷Jääskeläinen (toim.) 2022 ⁸Väylävirasto 2020

NYKYTILANNE SUOMESSA

- EURO 7 -päästöstandardista ehdotus 11/22
- EU-sääntely: ehdotus kuorma-autojen ja perävaunujen uusista CO₂-päästörajoista 2030 alkaen¹, CO₂-päästöt ja polttoaineen kulutus osana ajoneuvon tyyppihyväksyntää, rengasasetus
- Autoalan green deal (mm. korkeille biopolttoainepitoisuuksille sopivan raskaan kaluston tarjonta)²

KEHITYSNÄKYMÄ

- Lujien rakenneteräksien hyödyntäminen kuorma-autojen rungoissa, perävaunuissa ja niiden komponenteissa ja turvarakenteissa voisi vähentää kuorma-auton painoa noin tonnilla
- Z-nosturit lisäävät puukuorman osuutta 4–5 m³, mutta vaikutus polttoaineen kulutukseen pitäisi tutkia

Kuorma-autokalusto

TAVOITTEITA

- Energiatehokkuuden parantaminen (mm. moottoreiden kehittäminen, painon keventäminen, raskaan kaluston päästörajat^{3, 4}), lähes kaikki nollapäästöisiä vuonna 2050⁵
- Ajoneuvohankintojen neuvonta⁴

POTENTIAALINEN VAIKUTUS

- Aerodynamiikan kehittäminen: kuorma-autoissa yleisemmin jopa 10–40 %⁶
- Muiden keinojen vaikutusten arviointi vaatii jatkotutkimusta, VECTO-simulointimalli helpottaa vaikutusten arviointia

¹European Commission 2023b ²Valtioneuvoston kanslia 2020a ³Ympäristöministeriö 2019 ⁴Tirkkonen ym. 2019 ⁵European Commission 2020c ⁶Rahkola 2019

TILANNE SUOMESSA

- Ajoneuvoyhdistelmien enimmäispituus 34,50 m (1/2019 lähtien) ja -paino 76 t
- Yli 76-tonnisten yhdistelmien kokeiluita käynnissä aines- ja sivutuotehakekuljetuksissa¹
 - Puukuljetuksissa otettu käyttöön 30 vaunun junakuljetuksia.²

KEHITYSNÄKYMÄ

- EU:n ajoneuvojen mitta- ja massadirektiivin uudistamisen vaikutukset vielä auki
- Tutkimus junavaunujen ulottuman kasvattamisen mahdollisuuksista käynnissä³, LHT (Larger and Heavier Trains) -junien mahdollinen käyttöönotto⁴

Kalustokoko (HCT&LHT)

TAVOITTEITA

- Ajoneuvojen suuremmat mitat ja massat on mainittu päästövähennyskeinoina^{5, 6, 7}

POTENTIAALINEN VAIKUTUS

- Ainespuun autokuljetuksissa polttoaineen kulutus vähenee noin 3,5–10,5 % per tuoretonni (min. 100 km:n ajomatka)¹
- Mitta- ja massamuutos kaikissa autokuljetuksissa - 20 GWh/v⁵

¹Venäläinen ja Poikela 2022 ²YLE 2023 ³Hölsä 2022 ⁴Venäläinen 2019 ⁵Tirkkonen ym. 2019 ⁶Jääskeläinen (toim.) 2021 ⁷Työ- ja elinkeinoministeriö 2022

NYKYTILANNE SUOMESSA

Autot: Taloudellinen ajotapa osa kuljettajien peruskoulutusta ja lakisääteistä täydentävää koulutusta,

-Letka-ajokokeiluita toteutettu¹ (Kanadassa myös metsäteillä²)

KEHITYSNÄKYMÄT

- Kuljettajia eri olosuhteissa ohjaavat ja osin automatisoidut järjestelmät tulevat parantamaan lastin käsittelyn ja kuljetusten energiatehokkuutta

- Metsäsektorilla letka-ajo sopinee parhaiten tuotekuljetuksiin tierasitusvaikutusten takia

-Kuormatraktorin etähallinnan ja automaation vaikutukset painojakaumaan ja omapainoon, kärkehous ja reittioptimointi parantaisivat energiatehokkuutta³

Ajotapa, ohjausjärjestelmät, automaatio, digitalisaatio

TAVOITTEET

- Liikenteen ja logistiikan digitalisoitumisen (esim. reittioptimointi, ajantasaisen datan jakaminen) ja automatisaation edistäminen^{4, 5, 6, 7, 8, 9}

- Tavarakuljetusten tehostaminen (esim. meno-paluukuljetukset, letka-ajo, kuljetusten yhdistely, täyttöasteiden nostaminen)^{6, 8, 10}

- Älyliikenteen hyödyntäminen⁵

- Digitaaliset ratkaisut polttoainetalouteen ja kulutukseen (esim. aikatiedon hallinta), digiosaamisen kehittäminen⁸

- Kuljetusketjun seuranta- ja päästötietojen sekä kansainvälisen laskentatavan kehittäminen (CountEmissions EU)⁸

POTENTIAALINEN VAIKUTUS

- Skenaariotarkastelun mukaan logistiikan digitalisaation (mm. sähköiset tietoympäristöt, logistiikan automatisaatio, datan keräys kuljetusvälineistä, älykkäät reittitiedot) osuus Suomen logistiikan päästöjen vähentymisestä voisi olla 4–13 % vuonna 2030.¹¹

- Tavaraliikenteen digitalisaatoratkaisuilla 9 %:n päästövähennyspotentiaali¹²

¹Pekkala ym. 2019 ²FPInnovations 2021 ³Seppälä 2020 ⁴European Commission 2018 ⁵European Commission 2020c ⁶Valtioneuvosto 2021b

⁷Työ- ja elinkeinoministeriö 2022 ⁸Lähde ym. 2020 ⁹Jääskeläinen (toim.) 2021 ¹⁰Tirkkonen ym. 2019 ¹¹Pöyskö ym. 2020 ¹²Vasara ym. 2022

NYKYTILANNE SUOMESSA

- Osuus kotimaisen puun kuljetuksista: 23 % kuutioista ja 41 % kuutiokilometreistä (sis. alkukuljetukset)¹
- 75 % puun rautatiekuljetussuoritteesta hoidetaan sähkövetureilla². VR tilasi 60 uutta dieselveturia pääosin tavaraliikenteeseen (2025 mennessä)³
 - Jakeluvelvoite koskee dieselvetureiden moottoripolttoöljyä
- Tehtaiden junakuljetuspuun vastaanoton vaununsiirtolaitteista 43 % on sähköisiä⁴
- Kaasukäyttöisiä vetureita ja vaununsiirtolaitteita on (koe)käytössä muissa maissa

KEHITYSNÄKYMÄT

- Stage IIIB -päästöstandardi vähentää merkittävästi uusien vetureiden hiukkas-, typen oksidien ja hiilivetypäästöjä.⁵
- Junien dieselvetureiden uusimisella saavutetaan noin 60 % radan sähköistämisen saavutettavista päästöhyödyistä.⁵
 - Kaasuveturit ovat tulevaisuudessa potentiaalisia kaasun saatavuuden kehittyminen myötä⁵

Rautatiekuljetukset, veturit ja vaununsiirtolaitteet

TAVOITTEET

- Rautatieliikenteen energiatehokkuuden parantaminen (liikennevälineiden energiatehokkuus, välineiden tehostettu käyttö, logistinen tehostaminen, junakokojen kasvattaminen, vaihtotoiden vähentäminen)⁶
 - Kuljetusten siirtäminen teiltä raiteille⁷
- Mahdollistetaan tavaraliikenne vähän liikennöidyillä ja käytöstä poistetuilla rataosuuksilla⁸

POTENTIAALINEN VAIKUTUS

- Puun dieseljunakuljetusketjun CO_{2eq}-päästöt/tkm 33 % pienemmät kuin autokuljetusketjulla.⁹ Sähköjuna ja sähköinen vaununsiirtolaite käytön aikana päästöttömiä.
- Vanhan dieselveturin korvaaminen StagellIA-dieselveturilla (Dr18) vähentää polttoaineen kulutusta noin puolella.⁵ Nesteytettyä maakaasua käyttävässä veturissa vähenevät CO₂-päästöt noin 25 %, typpipäästöt noin 90 % ja hiukkaspäästöt 100 %.⁵
- Dieselkäyttöisten vaununsiirtolaitteiden korvaaminen hybrideillä vähentäisi dieselin kulutusta 36–70 %.¹⁰

¹Strandström 2022 ²VR Transpoint 2021 ³VR Transpoint 2019 ⁴Metsäteho Oy:n kysely metsäyhtiöille 2019 ⁵Liikanen ja Haapala 2018

⁶Tirkkonen ym. 2019 ⁷Työ- ja elinkeinoministeriö 2022 ⁸Valtioneuvosto 2019 ⁹Venäläinen ym. 2021 ¹⁰Venäläinen ja Pesonen 2017

NYKYTILANNE SUOMESSA

- Jakeluvelvoite koskee moottoripolttoöljyä (ei MGO:ta)
- Vesikuljetusten osuus puun kotimaan kuljetuksissa: 2,5 % kuutioista ja 5 % kuutiokilometreistä (sis. alkukuljetukset)¹
 - Vesikuljetusten infrastruktuurivaikutukset ovat pienet muihin kuljetusmuotoihin verrattuna
- Kotimaisen puun alusten keski-ikä on korkea (15 v)², joten ne eivät ole Stage-standardien mukaisia
- Yleisimmät VE-käyttövoimat Suomessa ovat LNG ja maasähkö³

KEHITYSNÄKYMÄ

- Raskaan polttoöljyn sääntelyä työn alla
- Vaihtoehtoiset käyttövoimat yleistyvät tai niitä tutkitaan aluskuljetuksissa (esim. maakaasu, vety, sähköpolttoaineet, nesteytetty metaani, metanoli, ammoniakki, sähkö, sähköhybridi)^{4, 5, 6, 7} Esim. Wärtsilältä metanolimoottori 2022, ammoniakkimoottorin konsepti 2023 ja vetymoottorikonsepti 2025⁵
- Neste pilotoi vähäpäästöistä laivapolttoainetta⁸

Vesikuljetukset & alukset

TAVOITTEET

- Suomen tavoitteet IMO:n ja EU:n tavoitteiden mukaan⁴
 - (Sisä)vesiliikenteen edistäminen^{4, 9, 10, 11, 12}
 - Vesiliikenteen ja alusten energiatehokkuuden parantaminen (mm. aluskannan uusiutumisen kautta)^{4, 13}
 - Vaihtoehtoisten käyttövoimien ja polttoaineiden sekä maasähkön hyödyntäminen vesiliikenteessä (alkaen TEN-T-satamista)⁴

Alusten satamakäyntien ennakkointi⁴

POTENTIAALINEN VAIKUTUS

- Puun aluskuljetusketjun CO_{2eq}-päästöt/tkm 44 % ja uittokuljetusketjun 62 % autokuljetusketjua pienemmät (kuljetusmuotokohtaisilla keskikuljetusmatkoilla)¹⁴
- Nesteen vähäpäästöisellä laivapolttoaineella jopa 80 % pienemmät elinkaarenaikaiset kasvihuonekaasupäästöt⁸

¹Strandström 2022 ²Juronen 2017 ³Traficom 2023b ⁴Valtioneuvosto 2021c ⁵osto&logistiikka 2022b ⁶IPCC 2022 ⁷Meriteollisuus 2021 ⁸Neste Oyj 2023 ⁹Valtioneuvosto 2019 ¹⁰European Commission 2020c ¹¹Valtioneuvosto 2021b ¹²Työ- ja elinkeino-ministeriö 2022 ¹³Tirkkonen ym. 2019 ¹⁴Venäläinen ym. 2021

NYKYTILANNE SUOMESSA

- Suomen rataverkosta on sähköistetty 56 %
- Puun rautatieterminaaleja noin 90 kpl
- Puun aluskuljetusten lastauspaikkoja ja -satamia noin 70 kpl ja aktiivisia uiton pudotuspaikkoja 18 kpl¹

KEHITYSNÄKYMÄ

- Radan välityskyvyn parantaminen (mm. lisäraiteet) lisäksi kapasiteettia myös puukuljetuksiin (tarpeen varsinkin mahdollisten uusien biotuotetehtaiden myötä)^{2, 3, 4} Digirata-hanke vähentää osaltaan rataverkon kapasiteettiongelmia⁵
- Puun lastauspaikkojen infrastruktuurin (mm. varastointialueet) kehittäminen parantaisi aluskuljetusten tehokkuutta⁶

Kuljetus- infrastruktuurin kehittäminen

TAVOITTEET

- Liikennejärjestelmän energiatehokkuuden edistäminen⁷
- Infrastruktuurin kehittäminen tunnistettu keinona vähentää liikenteen päästöjä^{8, 9, 10}
- Edistetään infrakehityksessä kuljetusten siirtämistä tieliikenteestä rautateille ja vesiliikenteeseen^{8, 11, 12}
- Liikenne- ja energiainfrastruktuurin yhdistetty suunnittelu ja operointi¹³
- Raideliikenteen sähköistäminen¹⁰

POTENTIAALINEN VAIKUTUS

- Kuluneilla teillä raskaan liikenteen polttoaineen kulutus nousee 3–6 %. Lumi nostaa tien vierintävastusta 7–8 %.⁹ Tien uudelleenpäällystys vähentää ajoneuvoyhdistelmän kulutusta 3–9 %.¹⁴ Mäkisillä reiteillä yhdistettynä pistemäisiin nopeusrajoituksiin ja epätasaisen ajonopeuden reiteillä taajamissa kulutus voi olla yli 30 % korkeampaa.¹⁵
- Rataverkon sähköistyshankkeet vähentävät liikenteen CO₂-päästöjä keskimäärin 57 % (yhteensä 15 700 t/v)¹⁶

¹Metsäteho Oy 2023 ²Kosonen 2019 ³Holm 2019 ⁴Pitkänen ym. 2020 ⁵Pylvänäinen ym. 2020 ⁶Juronen 2017 ⁷Työ- ja elinkeinoministeriö 2022

⁸Tirkkonen ym. 2019 ⁹Väylä 2019 ¹⁰Jääskeläinen (toim.) 2021 ¹¹Valtioneuvosto 2021c ¹²Valtioneuvosto 2021b ¹³IPCC 2022 ¹⁴Pirnes ja Niskanen 2022 ¹⁵SKAL ym. 2022 ¹⁶Ikkanen ja Haapala 2018



NYKYTILANNE SUOMESSA

- Sähkökäyttöisten työkoneneiden osuus puun vastaanotossa tuotantolaitoksilla 8 %¹, kaasukäyttöisistä markkinoilla lähinnä trukkeja²
- Biopolttoöljyn jakeluvelvoite 3 % 2021 => 10 % 2028
- Stage-standardit, ei CO₂-päästövähennyssäätelyä
- Ensimmäinen hybridihakkuukone otettu käyttöön 2020
- Metsäkoneisiin on integroitu palautejärjestelmiä, jotka ohjaavat taloudellisiin käyttötapoihin

KEHITYSNÄKYMÄ

- Metsäkoneissa biopolttoaineet ja hybridiratkaisut realistisimmin hyödynnettäviä keinoja³ Sähköisen metsäkoneen konsepti kehitetty⁴
- Terminaalikoneissa uusilla käyttövoimilla merkittävä potentiaali^{3, 5}
- Koneiden ja niiden moottorien energiatehokkuuden kehittäminen³, akkuteknologian ja voimalinjojen kehitys^{3, 5}
- Automatisaatio edistää sähköistymistä^{2, 5}

Työkoneet

TAVOITTEET

- Taakanjakosektorin päästövähennystavoite –50 % vuodesta 2005 vuoteen 2030 mennessä
 - Työkoneiden energiatehokkuuden parantaminen (mm. moottori- ja muu kehitystyö, digitalisaatio, toiminnanohjausjärjestelmät)⁶
 - Edistetään biokaasun käyttöä työkoneneissa^{7, 8} ja työkoneneiden sähköistämistä^{7, 8, 9} VE-käyttövoimat satamien työkoneneissa¹⁰
 - Työkoneiden green dealien käytön laajentaminen⁸
- Edistetään työkoneneiden energiatehokasta käyttöä (mm. kuljettajien koulutus⁶ ja taloudellinen ajotapa⁸)
- CO₂-päästöjen sisällyttäminen Stage-asetukseen⁸

POTENTIAALINEN VAIKUTUS

- Hybridityökoneet –10–50 % polttoaineen kulutus⁵
- Hakkuulaitteen terien teroituksella ja oikealla säädöllä voidaan saavuttaa yli 10 %:n säästö polttoaineen kulutuksessa, työmallin vaikutus vähintään samaa luokkaa
- Ks. myös käyttövoimakohtaiset kortit

¹Metsätehon kysely metsäyhtiöille 2019 ²Markkanen ja Lauhkonen 2021 ³Pihlatie ym. 2022 ⁴Ponsse Oyj 2022 ⁵Lajunen ym. 2018 ⁶Tirkkonen ym. 2019 ⁷Työ- ja elinkeinoministeriö 2022 ⁸Ympäristöministeriö 2022 ⁹Valtioneuvoston kanslia 2020b ¹⁰Jääskeläinen (toim.) 2021