

Puun korjuun ja kuljetusten päästöjen nykytila ja vähennyskeinot - Päivitys

Metsätehon tuloskalvosarja 2/2021

Pirjo Venäläinen, Markus Strandström, Asko Poikela

Metsäteho Oy

Tiivistelmä

- Selvityksen tavoitteena oli kartoittaa (raskaan) liikenteen ja työkoneiden päästövähennyksiä koskevia tavoitteita EU:ssa ja Suomessa, vähennyksiä tukevia keinoja sekä ko. keinojen nykytilaa ja vaikutuksia. Tämä raportti päivittää ja täydentää vuonna 2019 julkaistun selvityksen tuloksia.
- Keskeiset tarkastellut päästövähennystavoitteet on kohdistettu vuosiin 2030 ja 2050. Nähtävissä on päästörajoitusten selvä tiukentuminen, joka vaatii uudenlaisten vaikuttamiskeinojen käyttöönottoa.
- Suomessa puunkorjuun arvioidaan aiheuttavan vuodessa noin 292 000 tonnia, kotimaisen puun kaukokuljetusten 294 000 tonnia ja puun lastinkäsittelyn tehtailla 25 000 tonnia CO₂ekv.-päästöjä.
 - 75 % puun junakuljetussuoritteesta vedetään sähkövetureilla. 43 % tuotantolaitosten vaununvetolaitteista ja 8 % puun vastaanoton työkoneista on sähkövoimaisia.
 - Suomessa on käytössä vasta ensimmäisiä hybridimetsäkoneita ja -puutavarayhdistelmiä. Kaasu- tai vetykäyttöisiä ajoneuvoja tai työkoneita ei vielä ole puuhuollossa käytössä.
- Sekä kuljetusten että työkoneiden käytön osalta keskeisiä keinoja päästötavoitteiden täyttämiseksi ovat biopolttoaineiden nykyistä suurempi hyödyntäminen, vaihtoehtoisten käyttövoimien käyttöönotto (kuljetuksissa hybridit, biokaasu, vety ja tehdasympäristössä täyssähkö), kuljetusten ja kaluston käytön tehostaminen sekä kuljettajatyön ohjausjärjestelmät.
 - Keinojen laajempi hyödyntäminen Suomessa vaatii biopolttoaineiden ja vaihtoehtoisten käyttövoimien saatavuuden parantamista (tuotantomäärät, markkinat ja tankkausasemat).
- Selvityksen jatkotutkimustarpeena on puuhuollon kannalta potentiaalisimmiksi tunnistettujen keinojen yksityiskohtaisemmat tarkastelut (keinojen hyödynnettävyyden laajuus sekä päästö- ja kustannusvaikutukset puuhuollon kannalta tyypillisissä tilanteissa).



Sisältö

1. Selvityksen tavoitteet ja toteutus
2. Päästöjä koskevat tavoitteet
3. Arvio puun korjuun ja kuljetusten päästöistä
4. Keinoja päästöjen vähentämiseksi
5. Johtopäätökset ja jatkotutkimustarpeet

Lähteet

Liitteet



1. Selvityksen tavoitteet ja toteutus

- Selvityksen tavoitteena oli
 - kartoittaa keskeiset raskaan liikenteen ja työkoneiden päästövähennyksiä koskevat tavoitteet EU:n ja Suomen tasolla
 - arvioida metsäteollisuuden korjuun ja puukuljetusten päästöt vuonna 2019
 - tunnistaa keskeisiä keinoja päästöjen vähentämiseksi lyhyellä ja pitkällä aikajänteellä sekä arvioida ko. keinojen hyödynnettävyyttä
 - tunnistaa keskeiset jatkotutkimustarpeet.
- Selvitys toteutettiin perustuen laatimishetkellä käytössä olleisiin tutkimuksiin, tilastoihin ja julkisesti esitettyihin tietoihin keinoista, joilla päästöjä voidaan vähentää.
- Selvitys päivittää ja täydentää aiemmin julkaistun raportin (Venäläinen ym. 2019) tuloksia.



Selvityksen rajaukset ja painotukset

- Korjuun osalta selvitys koskee hakkuukoneita ja kuormatraktoreita sekä niiden siirtoihin tarvittavia lavettikuljetuksia ja kuljettajien omia siirtymisiä.
- Kuljetusten osalta selvitys koskee kotimaisen ainespuun tie-, rautatie- ja vesikuljetuksia (ei sisällä energiapuun, metsäteollisuuden muiden raaka-aineiden tai tuotteiden kuljetuksia).
- Puun vastaanoton osalta selvitys koskee työkoneita tuotantolaitoksilla (ei puun lastaussatamissa tai rautatieterminaaleissa).
- Tarkasteltavat päästöjen vähennyskeinot käsittävät teknisiä ja toiminnallisia keinoja, mutta ei puhtaasti verotukseen, tukiin tai hinnoitteluun liittyviä keinoja.
 - Eri käyttövoimien osalta on otettu huomioon vain niiden käytöstä syntyvät päästöt (jolloin osa käyttövoimista on laskennallisesti päästöttömiä). Ei ole siis otettu huomioon eri käyttövoimien elinkaarivaikutuksia (käyttövoiman ja sitä käyttävän ajoneuvokaluston valmistuksen ja kuljetuksen aiheuttamat päästöt).
 - Ei otettu huomioon eri kuljetusmuotojen vaatiman infrastruktuurin rakentamiseen liittyviä päästöjä (esim. vesitiekuljetuksissa ko. päästöt ovat selvästi muita kuljetusmuotoja matalammat).
 - Ei ole arvioitu, miten eri tavoitteet (esim. biopolttoaineiden käytön kasvu) vaikuttaisivat kotimaan puun kuljetusvirtoihin Suomessa.



2. Päästöjä koskevat tavoitteet

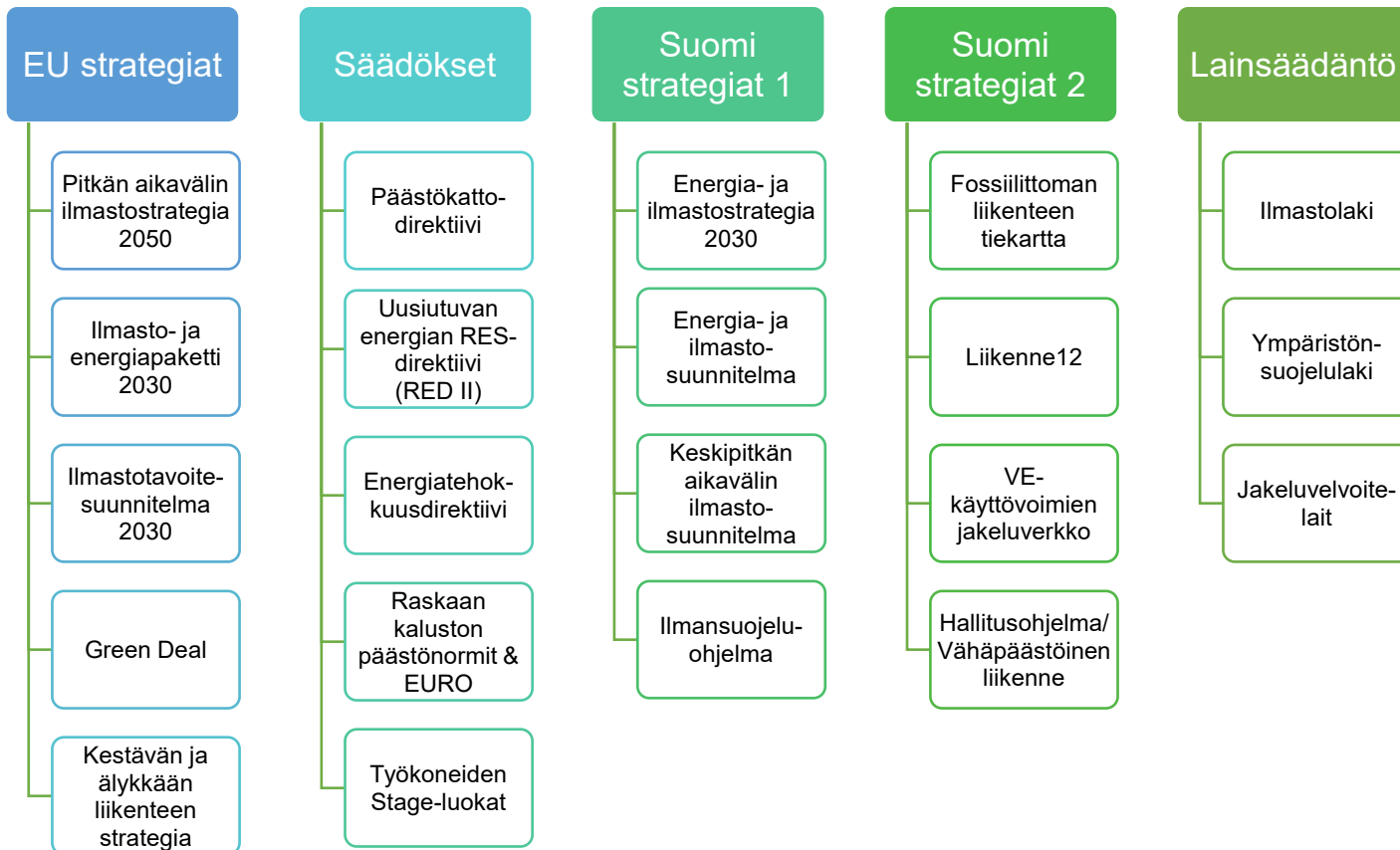


Päästövähennystavoitteet

- Seuraavaan kalvoon (8) ja liitteeseen 1 on koottu Euroopan unionin ja Suomen esittämiä tavoitteita raskaan liikenteen ja työkoneiden päästöjen vähentämiseksi.
 - EU:n lisäksi kansainvälisiä päästötavoitteita ja -velvoitteita syntyy myös YK:n tasolla (esim. Pariisin ilmastonmuutossopimus).
 - Mikäli raskaan liikenteen osuutta tavoitteissa ei ole eritelty, esitetään tavoite koko liikenteen päästöjen vähentämiseksi.
 - Tavoitteet eivät välttämättä koske sellaisenaan esim. puukuljetuksia, vaan keinojen toteutus saatetaan kohdistaa esim. kaupunkiympäristöön, jossa asukkaiden altistus päästöille on suurempi.
- Tavoitteet vaihtelevat tavoiteajankohdan ja esitettyjen keinojen sitovuuden osalta.



Päästöjä koskevia tavoitteita ja säädöksiä



Keskeisiä tavoitteita ja niissä mainittuja keinoja

- Vuoteen 2050 mennessä EU:ssa tavoitellaan liikenteen päästöjen vähentämistä 90 %:lla (Euroopan komissio 2019).
 - Vuoteen 2030 mennessä EU:n tavoitteena on vähentää nettokasvihuonekaasupäästöjä 55 %:lla vuoteen 1990 verrattuna (European Council 2020).
- Suomen omana tavoitteena on mm.:
 - Liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen puolittaminen vuoteen 2030 mennessä (verrattuna vuoden 2005 tilanteeseen) (mm. Huttunen 2017 ja Valtioneuvosto 2019).
 - Lisäksi tavoitellaan raskaan liikenteen kuljetusten energiatehokkuuden parantamista (Ministry of Economic Affairs and Employment 2018).
 - Konkreettisimpia keinoja liikenteen ja työkoneiden päästöjen vähentämiseksi ovat mm. biopolttoaineiden jakeluvelvoitteen kasvattaminen, kuorma-autojen EURO-normit ja työkoneiden Stage-päästöstandardit.
- Lisäksi sekä EU:ssa että Suomessa on asetettu tavoitteita mm. vaihtoehtoisten käyttövoimien käytön edistämiseksi, rautatie- ja vesiliikenteen osuuden kasvattamiseksi, liikenteen infrastruktuurin kehittämiseksi vähäpäästöisen liikenteen tueksi ja työkoneiden päästöjen vähentämispotentiaalin selvittämiseksi.



Ilmasto- ja energiastrategian 2030 skenaariot (Huttunen 2017)

- Skenaariot eivät ole ennusteita, vaan niillä arvioidaan jo päätettyjen ja mahdollisten lisätoimenpiteiden riittävyyttä suhteessa energia- ja ilmasto-tavoitteisiin.



Liikenteen energiankäyttö						
TWh	Tilasto		Perusskenaario		Politiikkaskenaario	
	2010	2014	2020	2030	2020	2030
Moottoribensiini, fossiilinen	18	16	13	12	13	9
Dieselöljy, fossiilinen	27	24	24	23	23	16
Biopolttoaineet	1,7	5,8	6	5	5	11
Maakaasu	0	0	0	0,1	0,1	0,4
Biokaasu	0	0	0	0,1	0,1	0,4
Lentopetroli ja -bensiini	1,6	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3
Raskas polttoöljy	0,5	0,3	0,1	0,2	0,1	0,2
Kevyt polttoöljy, fossiilinen	1,7	1,5	1,9	1,7	1,9	1,5
Polttoaineet yhteensä	50	48	46	44	45	40
Sähkö	0,7	0,7	0,8	1,2	0,9	1,5

Työkoneiden energiankäyttö						
TWh	Tilasto		Perusskenaario		Politiikkaskenaario	
	2010	2014	2020	2030	2020	2030
Kevyt polttoöljy, fossiilinen						
Maa- ja metsätalouskoneet	2,9	3,0	2,5	2,2	2,5	1,9
Muut	5,2	5,1	5,5	5,5	5,5	5,0
Bensiini, fossiilinen						
Maa- ja metsätalouskoneet	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Muut	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8
Bionesteet	0,3	0,1	0,0	0,1	0,0	0,8
Yhteensä	9,4	9,2	9,0	8,6	9,0	8,6

3. Arvio puun korjuun ja kuljetusten päästöistä



Johdanto

- Puunkorjuun CO₂ekv.-päästöt vuonna 2019 olivat yhteensä 292 000 t (4,6 kg/m³) (ks. kalvo 14).
 - Päästöissä otettiin huomioon hakkuukoneiden ja kuormatraktoreiden omat päästöt sekä ko. koneiden siirtoihin tarvittavien lavettikuljetusten ja koneiden kuljettajien siirtymisten aiheuttamat päästöt.
- Kotimaisen ainespuun kaukokuljetusten CO₂ekv.-päästöt olivat yhteensä 294 000 t (4,6 kg/m³).
 - Päästöissä otettiin huomioon puun tie-, rautatie- ja vesikuljetukset.
 - Lisäksi ko. kuljetusten vastaanottoon tarvittavien työkoneiden CO₂ekv.-päästöt tuotantolaitoksissa olivat vuonna 2017 karkean arvion mukaan 25 000 t. Arviota on tarpeen tarkentaa ja päivittää lisäselvityksillä.



Päästöjen laskennan tietolähteitä

- Suoritteet vuonna 2019
 - Kotimaisen puun korjuu ja kuljetus
 - Teollisen puun korjuumäärä (Luonnonvarakeskus 2020)
 - Eri kuljetusmuotojen osuus ja kuljetusten keskimatkat (Strandström 2021 julkaisematon)
 - Kotimaisen ja tuontipuun käsittely tuotantolaitoksissa/terminaaleissa (Metsätehon kysely metsäyhtiöille)
- Kalusto (päästöluokat) (ks. tarkemmin liite 2)
 - Metsäkoneet (LIPASTO: VTT Oy 2019a)
 - Lavettiautot (Traficom ajoneuvorekisteri: Traficom 2019)
 - Puutavarayhdistelmät
 - Raakapuujunat ja aluskuljetukset (proomu) (LIPASTO, VR Transpoint 2021)
 - Tuotantolaitosten työkoneet (Metsätehon kysely metsäyhtiöille)
- Polttoaineen kulutus ja päästöt (ks. tarkemmin liite 2)
 - LIPASTO- ja TYKO-mallit (VTT Oy 2019b), DieselNet (2021a ja 2021b)
 - Metsätehon HCT-kulutus- ja päästölaskelma puutavara- ja hakeyhdistelmille (ks. tarkemmin Venäläinen & Poikela 2020)
 - Metsätehon kysely metsäyhtiöille tuotantolaitosten työkoneista



Puun korjuun ja kuljetusten päästöt 2019

	m ³	Osuus, %	CO ₂ , t	CO ₂ ekv., t	Osuus, %	CO ₂ ekv., g/t	CO ₂ ekv., g/tkm	CO ₂ -ekv., g/m ³
Puunkorjuu	63 690 000	100	290 108	291 958	100	5 425		4 584
Ensiharvennus	5 615 320	9	41 814	42 080	14	8 868		7 494
Muu harvennus	23 280 118	37	129 697	130 524	45	6 635		5 607
Uudistushakkuu	34 794 562	55	118 596	119 354	41	4 059		3 430
Puutavaran kaukokuljetus	63 690 000	100	291 433	294 493	100	5 472	48	4 624
Autokuljetus	50 200 242	79	225 149	227 616	77	5 366	52	4 534
Rautatiekuljetusketju - sähköjuna			24 791	25 063	9	3 244	9	2 741
Sähköjuna	9 142 054	14	0	0		0	0	0
Autolla asemalle			24 791	25 063		3 244	61	2 741
Rautatiekuljetusketju - dieseljuna			32 530	32 772	11	12 553	35	10 607
Dieseljuna	3 089 639	5	24 151	24 302		9 308	31	7 866
Autolla asemalle			8 378	8 470		3 244	61	2 741
Aluskuljetusketju			6 573	6 641	2	9 839	29	8 314
Aluskuljetus	798 864	1	4 714	4 762		7 055	24	5 961
Autolla alukseen			1 859	1 879		2 784	63	2 352
Uittoketju			2 391	2 402	1	6 189	20	5 230
Uitto	459 201	1	1 419	1 419		3 656	14	3 090
Autolla uittoon			972	983		2 533	65	2 140
Yhteensä	63 690 000		581 541	586 451		10 897		9 208

CO₂ekv. kuvaa hiilidioksidin (CO₂), metaanin (CH₄) ja typpioksiduulin (N₂O) hiilidioksidiksi muunnettua ilmastovaikutusta.



Puun korjuun ja kuljetusten energiankulutus 2019

	Polttoainetyyppi	Polttoainetta, kg	Kerroin, MJ/kg	Energiankulutus, MJ	Osuus, %
Puunkorjuu		94 083 722		4 042 199 035	100
Ensiharvennus	Polttoöljy mix v. 2019 / Diesel mix v. 2019	13 533 534	43,0 / 42,8	581 490 547	14
Muu harvennus	Polttoöljy mix v. 2019 / Diesel mix v. 2019	42 053 196	43,0 / 42,8	1 806 778 657	45
Uudistushakkuu	Polttoöljy mix v. 2019 / Diesel mix v. 2019	38 496 992	43,0 / 42,8	1 653 929 831	41
Puutavaran kaukokuljetus		105 496 862		4 796 417 715	100
Autokuljetus	Diesel mix v. 2019	82 699 657	42,8	3 539 545 307	74
Rautatiekuljetusketju				1 130 300 763	24
Sähköjunalla*	Sähkö			280 202 749	
Autolla asemalle	Diesel mix v. 2019	9 106 045	42,8	389 738 724	
Dieseljunalla	Fossiilinen moottoripolttoöljy	7 642 874	43,0	328 643 577	
Autolla asemalle	Diesel mix v. 2019	3 077 470	42,8	131 715 712	
Aluskuljetusketju				93 487 532	2
Aluskuljetus	Kevyt polttoöljy (LSFO)	1 512 100	42,5	64 264 256	
Autolla alukseen	Diesel mix v. 2019	682 787	42,8	29 223 276	
Uittoketju				33 084 113	1
Uitto	Kevyt polttoöljy (LSFO)	418 844	42,5	17 800 855	
Autolla uittoon	Diesel mix v. 2019	357 085	42,8	15 283 258	



Suomen energian/polttoaineen kulutus yhteensä

- Vuonna 2019 kotimaanliikenteen energian käyttö Suomessa oli 172 PJ (pl. sähköjunaliikenne) (VTT Oy 2021).
 - Tieliikenteen osuus kotimaan liikenteen kokonaisenergiankäytöstä oli 94 %.
 - Kalvon 15 laskelmasta muunnettuna kotimaisen puun kaukokuljetuksen (pl. kuljetukset sähköjunilla) energian käyttö oli 4,5 PJ.
- Työkoneiden yhteenlaskettu polttoaineen kulutus oli vuonna 2019 noin 776 000 t/a. Tästä määrästä noin 90 % on dieselpolttoainetta (lähinnä moottoripolttoöljyä) ja noin 10 % bensiiniä. (VTT Oy 2021)
 - Korjuukoneet muodostavat 12 % Suomen työkoneiden polttoaineen kokonaiskulutuksesta.



4. Keinoja päästöjen vähentämiseksi



Johdanto

- Keinoja raskaiden kuljetusten ja työkoneiden päästöjen vähentämiseksi tunnistettiin
 - a) luvussa 2 ja liitteessä 1 esitetyistä päästöjen vähentämistavoitteita koskevista dokumenteista
 - b) aihepiirin tutkimuksista ja
 - c) muusta materiaalista (uutisartikkelit ja yritysten internetsivut).
- Yhteenveto tässä tarkasteltavista keinotyypeistä on esitetty seuraavassa kalvossa.
 - Verotuksellisia ja tukikeinoja ei tarkasteltu selvityksessä, mutta ko. keinot on mainittu useissa liitteen 1 tavoitedokumenteissa.
- Kalvoissa 20–22 on esitetty karkeatasoinen yhteenveto eri keinojen vaikutuksista työkoneiden ja ajoneuvojen **käytön/elinkaaren** aikaisiin päästöihin.
- Keinojen vaikutuksia ei ole välttämättä arvioitu juuri puun käsittelyn tai kuljetusten näkökulmasta, joten vaikutusten sekä hyödyntämisen laajuuden arvioimiseksi tarvitaan lisätarkasteluita.
 - Vaikutuksia on koottu eri tutkimuksista ja arvioista, eivätkä ne ole täysin vertailukelpoisia.
 - EU:ssa yhtenä tavoitteena onkin kehittää yhtenäisiä periaatteita päästöjen mittaamiseen (European Commission 2020c). Ajoneuvojen erilaisten käyttövoimien elinkaarivaikutuksista on laadittu EU:n selvitys (Ricardo Energy & Environment 2020), jossa on tunnistettu myös laskentatapojen kehittämistarpeita.
- Liitteessä 3 on esitetty kunkin keinon osalta
 - keinon hyödyntämisen nykytila (ensisijaisesti Suomen puuhuollossa, mutta tarvittaessa myös yleisemmin, jos keino on käytössä vasta muualla)
 - keinoa koskevat Suomen ja EU-tason tavoitteet
 - keinojen kehitysnäkymät
 - arvio keinon vaikutuksista päästöihin (tai polttoaineen kulutukseen).

Keinot

pl. verotus,
tuet ja
hinnoittelu

Poltonesteet

- Biopolttoaineet
- Uusiutuvat polttoaineet
- Sähkölaitteet (P2F)
- Synteettiset P2X-polttoaineet
- Etanoli, metanoli

Muut käyttövoimat

- Hybridit
- Täyssähkö
- Bio- ja maakaasu, metaani
- Ammoniakki
- Vety

Kalusto

- Kalustokoko (HCT, LHT)
- Polttomoottorit
- Voimansiirto
- Aerodynamiikka ja muu rakenne
- Hankintojen neuvonta

Digitalisaatio

- Kuljettajien ohjausjärjestelmät
- Automaatio (ml. letka-ajo)
- Kuljetusten suunnittelu (mm. me-pa)

Vesi- ja rautatieliikenne

- Tehokkuus
- Kilpailukyky
- Kuljetusten osuus

Infrastruktuuri

- Tiestön kunto
- Vesi- ja rautatieliikenteen infrastruktuuriverkko



Yhteenveto keinojen vaikuttavuudesta 1

Yhteenvedossa on otettava huomioon, että vaikutuksia on esitetty myös muista tilanteista kuin puun kuljetuksista ja käsittelystä tai muualta kuin Suomesta. Vaikutukset perustuvat liitteessä 3 esitettyihin tutkimustuloksiin ja muihin arvioihin, eivätkä ne ole täysin keskenään vertailtavia.

Keino (Autokuljetukset/liikenne)	Arvioitu vaikutus
Biodiesel Uusiutuva diesel	-16 % CO ₂ -päästöt Jopa -90 % kasvihuonekaasupäästöt
Synteettiset p2x-polttoaineet (bensiniin verrattuna)	Vety 90, sähköautot ja metanoli 50 ja metaani 40 (g elinkaaren CO ₂ -ekv.-päästöjä / 1 MJ uusiutuvaa energiaa)
Täyssähkö	-100 % päästöt
Hybridi (polttoaine&sähkö)	-10 % polttoaineen kulutus
Maakaasu (raskas liikenne)	0 % CO ₂ -päästöt (yli -20 % elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt)
Biokaasu (tieliikenne)	-85 % päästöt (elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt)
Vety (uusiutuva) Vetyhybridi (vety+sähkö)	-100 % päästöt -100 % päästöt
Bioetanolidiesel (RED95) (raskas liikenne)	Jopa -90 % CO ₂ -päästöt ja jopa -80 % lähipäästöt



Yhteenveto keinojen vaikuttavuudesta 2

Keino	Arvioitu vaikutus
Ajoneuvon aerodynaamikan kehittäminen	-4...-6 % (puutavarayhdistelmä), -3...-8 % (hakeyhdistelmä) polttoaineen kulutus
Kalustokoko (HCT)	-6...-20 % polttoaineen kulutus / tuoretonni (puutavara) -7...-16 % polttoaineen kulutus / tuoretonni (sivutuotehake)
Taloudellinen ajotapa Letka-ajo	-5...-15 % polttoaineen kulutus -5... -15 % polttoaineen kulutus (päällystetyt tiet)
Rautatiekuljetusketju (kotimainen puu) - Autokuljetukseen verrattuna	Diesel: -33 % CO ₂ -ekv.-päästöt per tkm
Vesikuljetusketju (kotimainen puu) - Alus - Uitto	-44 % CO ₂ -ekv.-päästöt/tkm 44 % -62 % CO ₂ -ekv.-päästöt/tkm 44 %
Kuljetusinfrastruktuurin kehittäminen - Rataverkon sähköistäminen - Tieverkon kunto - Talvikunnossapito	Ka. -57 % CO ₂ -päästöt per hanke Kuluneilla teillä raskaan liikenteen polttoaineen kulutus nousee 3-6 % Lumi nostaa tien vierintävastusta 7-8 %
Logistiikan digitalisaatio (mm. sähköiset tietoympäristöt, automatisaatio, älykkäät reittitiedot)	Osuus Suomen päästöjen vähentymisestä vuonna 2030 voisi olla 4-13 %



Yhteenveto keinojen vaikuttavuudesta 3

Keino	Arvioitu vaikutus
Työkoneet yleisesti <ul style="list-style-type: none">• Biopolttoöljy• Uusiutuva polttoöljy• Moottorien energiatehokkuuden nosto• Koneiden energiatehokkuuden nosto• Koneiden käytön tehostaminen ja optimointi (automaatio)	-0,2 t CO ₂ -ekv. vuonna 2030 Jopa -90 % elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt -15 % CO ₂ -päästöt Max -50 % CO ₂ -päästöt Max -35 % CO ₂ -päästöt
Veturit <ul style="list-style-type: none">• Sähkö• LNG• Vanhan dieselveturin korvaaminen StagellA-dieselveturilla	-100 % päästöt -30 % CO ₂ -päästöt, -70 % NO _x -päästöt Noin -50 % polttoaineen kulutus
Työkoneet (puunkorjuu ja vastaanotto) <ul style="list-style-type: none">• Hybridi<ul style="list-style-type: none">• Hakkuukone• Materiaalinkäsittelykone• Pyöräkuormaaja• Täyssähkö (esim. vauninsiirtolaite)• Uusiutuva diesel (pyöräkuormaajassa)	Ei arviota -30 % polttoaineen kulutus Yli -50 % polttoaineen kulutus -100 % päästöt -80 % CO ₂ -päästöt, -10 % NO- ja pienhiukkaspäästöt



5. Johtopäätökset ja jatkotutkimustarpeet

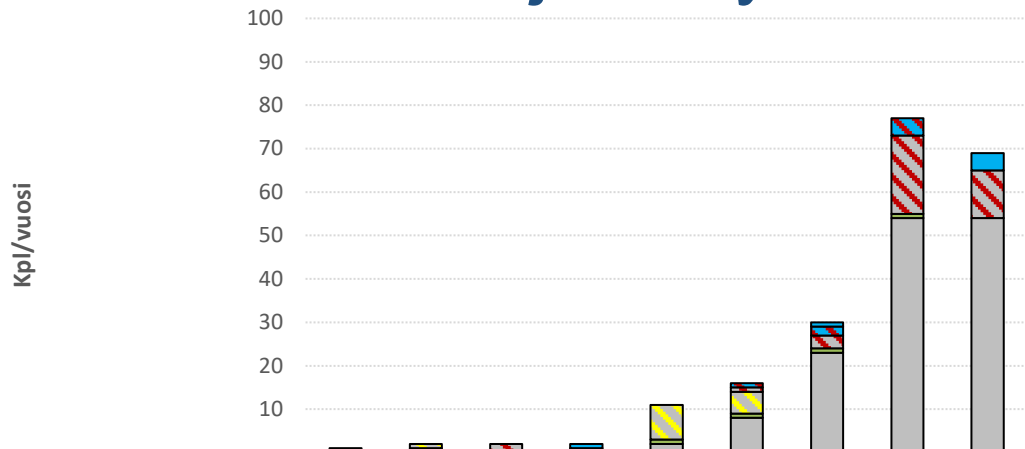


Nykytila

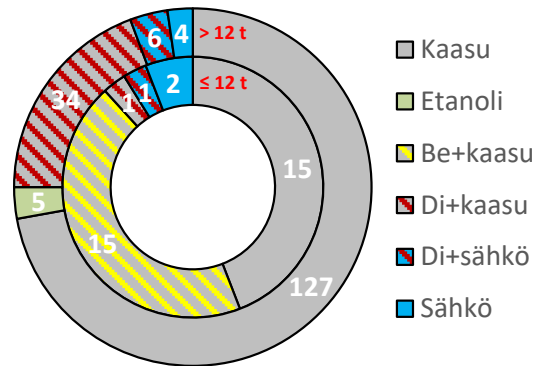
- Kotimaisen puun korjuun, kaukokuljetusten ja puun tehdasvastaanoton arvioidaan tuottavan CO₂-ekv.-päästöjä noin 611 000 tonnia vuodessa.
 - Tästä sekä puun korjuu että kaukokuljetus kattavat kummatkin 48 % ja puun tehdasvastaanotto 4 %.
 - Arvio on tehty vain käytön aikaisille päästöille. Eri käyttövoimien elinkaarivaikutusten vertailukelpoisia laskentaperusteita tulee kehittää.
- Tällä hetkellä käytössä olevia keinoja ko. päästöjen vähentämiseksi ovat:
 - Lain mukaiset biopolttoaineiden osuudet dieselissä ja polttoöljyssä.
 - Sähköiset puun vastaanotossa käytössä olevat työkoneet (8 % työkonekannasta).
 - Puu-, hake- ja tuotekuljetusten HCT-ajoneuvokokeilut.
 - Ensimmäiset hybridiratkaisut puun korjuussa ja kuljetuksissa. Vaihtoehtoisia käyttövoimia on alettu ottaa käyttöön kuorma-autokuljetuksissa yleisesti (ks. seuraava kalvo).
 - Rautatiekuljetusten osuus kotimaisen puun kuutioista on 18 % (37 % m³km), ja 75 % nettotonnikilometreistä kulkee sähköistetyllä rataverkolla. VR Transpoint on tilannut 60 uutta dieselveturia, jotka tulevat vähentämään dieselliikenteen päästöjä. Lisäksi yhtiöllä on ollut kesällä 2019 isojen puutavaravaunujen koeajoja.
 - Vesikuljetusten osuus kotimaisen puun kuutioista on 2 % (4 % m³km). Pienten kuljetusvolyymien takia alusten keski-ikä on korkea, joten niiden energiatehokkuus ei ole hyvällä tasolla.
- Keinojen vaikutuksista nimenomaan puun käsittelyssä ja kuljetuksissa on vain rajatusti tietoa, joten lisätarkastelut vaikuttavuudesta ovat tarpeen.



Kuorma-autojen käyttövoimat (yht. 210 kpl)



Käyttövoima	Ensirek:	2009	2011	2013	2015	2016	2017	2018	2019	2020
■ Sähkö					1			1		4
■ Di+sähkö							1	2	4	
■ Di+kaasu				2			1	3	18	11
■ Be+kaasu		1	1			8	5			
■ Etanoli			1			1	1	1	1	
■ Kaasu					1	2	8	23	54	54



31.12.2020 liikennekäytössä olleet ajoneuvoluokkien N2 (3,5–12 t) ja N3/N3G (>12 t) kuorma-autot, joissa käyttövoimana muu kuin diesel tai bensiini. Yksityiskäytössä ja myyntivarastossa olevat ajoneuvot rajattu pois.

Lähde: Traficom 2021



Päästövähennystavoitteet

- EU:n tavoitteena on vähentää liikenteen päästöjä 90 %:lla vuoteen 2050 mennessä.
- Keskeisin maantiekuljetuksia koskeva tavoite EU-tasolla on uusien raskaiden autojen CO₂-päästöjen vähentäminen (vuoden 2019 tasoon verrattuna) keskimäärin 15 % vuoteen 2025 mennessä ja keskimäärin 30 % vuodesta 2030 lähtien
 - Suomessa tavoitellaan koko liikenteen osalta kasvihuonekaasupäästöjen puolittamista vuoteen 2030 mennessä.
 - Myös työkoneiden energiatehokkuuden parantamista tavoitellaan.
- Tavoitteiden yhteydessä on tunnistettu useita keinoja päästövähennysten saavuttamiseksi.
 - Vaikka päästövähennystavoitteiden kohdentumisesta puuhuollon prosesseihin ei ole tarkkaa tietoa, myös puuhuollossa on tarpeen varautua uudenlaisten keinojen kehittämiseen ja käyttöönottoon.
 - Tietoa ja tutkimusta keinojen vaikuttavuudesta on lisättävä.



Lyhyen aikajänteen (→ 2025) näkymiä 1/3

- Puunkorjuu
 - Päästöjen vähentämisessä keskeinen potentiaali on konekannan uusiutumisessa (→ uudet Stage-luokat) ja vetykäsiteltyjen biokomponenttien tuotantokapasiteetin kasvussa.
 - FAME-pohjaisten moottoripolttoöljyjen biopitoisuuksia ei todennäköisesti voida kasvattaa v. 2021–2028 asetetun jakeluvälvoitteen tasoa (3–10 %) korkeammaksi ilman ongelmia, ainakaan talviolosuhteissa.
 - Uusiutuvalla tai ”täyssynteettisellä” dieselillä voidaan saavuttaa välittömiä päästövähennyksiä ilman koneinvestointeja.
 - Koska metsäkoneympäristön keinovalikoima on huomattavasti kapeampi kuin tieliikenteessä ja vastaanottoainnoissa, rajallinen biopolttoainetarjonta kannattaisi hyödyntää ensisijaisesti metsässä.
 - Hybriditekniikassa on potentiaalia, mutta tutkimusnäyttöä todellisista vaikutuksista ei vielä ole.
 - Voidaan vaikuttaa voimansiirron häviöihin ja kaventaa moottorin käyntialue optimialueelle.
 - Mahdollistaa potentiaalienergian ja liikkeen jarrutusvoiman talteenoton.
 - Täyssähköinen voimansiirto leikkaisi tehohäviöt murto-osaan mutta tuo myös haasteita, esim. telin tasapainotus.
 - Korjuun työmalleilla sekä hakkuulaitteen huollolla (terät) ja säädöillä voidaan saavuttaa yli 10 prosentin säästöt polttoaineen kulutukseen tuottavuustasosta tinkimättä.
 - Useimmat tieliikenteestä tutut keinot (esim. aerodynamiikka ja kaasumaiset polttoaineet tai rakenteiden merkittävä keventäminen) eivät ole sellaisenaan siirrettävissä metsäympäristöön tai eivät tarjoa merkittäviä etuja.



Lyhyen aikajänteen (→ 2025) näkymiä 2/3

- Puun autokuljetukset
 - Biopolttoaineen jakeluvelvoitteen nosto tulee vähentämään päästöjä jo lähivuosina. Biopolttoaineosuuden merkittävät lisänostot jo päätettyjen lisäksi voivat olla lyhyellä ja keskipitkällä aikavälillä tärkein keino nimenomaan raskaiden kuljetusten päästöjen vähentämisessä (Liimatainen & Viri 2017), koska muiden päästövähennyskeinojen käyttöönotto on paremmin toteutettavissa henkilöautoliikenteessä.
 - Myös bifuel- (diesel+kaasu), hybridi-, kaasu- ja vetyautot soveltuvat raskaisiin kuljetuksiin. Ko. ajoneuvoja on jo jonkin verran markkinoilla ja kaasun tankkausasemaverkko on laajentumassa. Kaasu- ja vetyajoneuvot soveltuisivat alussa helpommin säännöllisten reittien sivutuotehakekuljetuksiin ja metsäteollisuuden tuotekuljetuksiin, mikäli tuotantolaitosten lähettyvillä olisi tankkausasemia. Hybridi-, kaasu- ja vetyautojen nykyisiä hankinta- ja käyttökustannuksia sekä kustannusten kehittymisnäkymiä tulisi tarkastella erikseen.
 - Asetusmuutoksen myötä yli 25-metrisiä yhdistelmiä on alettu ottaa käyttöön hake- ja energiapuukuljetuksissa. Suuremmat hyödyt HCT-yhdistelmillä saavutettaisiin kokonaismassoja nostamalla.
 - Biopoltonesteiden, biokaasun ja vedyn tuotannossa voidaan hyödyntää myös kotimaista biomassaa. Biomassan tuotantomäärien rajoitteet on otettava huomioon ko. keinojen hyödynnettävyydessä.

Lyhyen aikajänteen (→ 2025) näkymiä 3/3

- Puun autokuljetusten päästöjen vähentämisessä on potentiaalia monia eri keinoja hyödyntämällä (mm. taloudellisen ajotavan koulutus, kuljetusten ohjausjärjestelmät, meno-paluukuljetukset). Myös kuljetusyrittäjät ovat tunnistaneet nämä keskeisimpinä keinoina lisätä kuljetusten ympäristöystävällisyyttä (SKAL ry 2019). Liikenne- ja logistiikka-alan tiekartan (Vasama ym. 2020) mukaan eniten vaikuttavia täydentäviä päästövähennyskeinoja olisivat uusiutuvat polttoaineet, auto- ja ajoneuvoveron muutokset, kestävä liikenteen palvelut ja digitalisaatio, infrapanostukset liikennejärjestelmään ja HCT-rekat.
- Puun raidekuljetusten osuuden kasvattamisessa keskeisessä roolissa on rataverkon välityskyvyn kehittäminen. Päästöjen vähentämisessä keinoja ovat myös rataverkon lisäsähköistäminen ja vaunukaluston suurentaminen.
- Puun aluskuljetusten haasteena on pieni volyymi, mikä heikentää mahdollisuuksia kaluston uusimiseen. Aluskuljetusten tehokkuutta pyritäänkin parantamaan mm. tiedonkulkua ja lastauspaikkaverkkoa kehittämällä.
- Puun vastaanotossa tuotantolaitoksilla on hyvät mahdollisuudet lisätä täyssähkö-, hybridi- ja kaasukäyttöisten työkoneiden osuutta. Ko. ratkaisuiden kustannusvertailu tarvitsisi erillisen tarkastelun.
- Biopolttoöljyn osuuden nosto vähentää työkoneiden päästöjä jo lähivuosina.



Pitkän aikajänteen (2025 →) näkymiä 1/2

- Puunkorjuu

- Metsäkoneissa pidemmän aikavälin päästökehitys riippuu paljolti siitä, löydetäänkö toisen ja kolmannen sukupolven biodieselin/-polttoöljyjen raaka-ainetuotantoon ratkaisuja, joilla volyymit voisivat kasvaa merkittäviksi. Dieselmootorit pysyvät vielä pitkään ensisijaisena voimanlähteenä. Kehityslinjaan vaikuttaa myös maatalouskonekannan muutokset, jotka ovat puolestaan osittain riippuvaisia autoteollisuuden linjanvedoista. Esim. polttokennotekniikan läpimurto edellyttäisi autonvalmistajien merkittäviä satsauksia.
- Kaasumaisilla polttoaineilla, erityisesti biokaasulla, voidaan päästöjä vähentää merkittävästi mutta käyttö on erittäin haasteellista metsäkoneympäristössä.
 - Tankkaus onnistuu käytännössä vain tankkausasemilta, lisäksi nesteytetty kaasu edellyttää jatkuvaa käyttöä tai erittäin hyvin lämpöeristettyjä säiliöitä.
 - Vaaditaan rinnakkaiset polttoainejärjestelmät → tilaongelma.
 - Tarvitaan pieni osuus dieseliä sytytyksen avuksi tai ottomoottori.
- Pitkällä tähtäimellä automaatio ja etäohjaus mahdollistavat koneiden merkittävän keventämisen, mikä voi tuoda säästöä myös polttoaineen kulutukseen.



Pitkän aikajänteen (2025 →) näkymiä 2/2

- Puun autokuljetukset
 - Täyssähkökuorma-autojen yleistyminen edellyttää merkittävää edistystä akkuteknologiassa (akkujen keventyminen ja halpeneminen). Aluksi täyssähköautot yleistyisivät todennäköisemmin metsäteollisuuden kevyissä tuotekuljetuksissa.
 - Vety-, kaasu- ja hybridiratkaisuja on jo muissa maissa käytössä vetureissa ja jopa lyhyen matkan aluskuljetuksissa. Kaluston hidas uusimisvauhti ja aluskuljetuksissa pienet volyymit hidastavat uusien teknologioiden käyttöönottoa Suomessa.
 - Sähkö- ja “täyssynteettisten” polttoaineiden kehittäminen (mm. P2X-polttoaineiden käynnissä oleva kehitystyö Suomessa) voi tuoda uusia kilpailukykyisiä vaihtoehtoja.
- Tehtaiden työkoneet
 - Tehtaiden työkoneissa lisääntyvä automatisaatio voi tuoda merkittävää lisäpotentiaalia myös energiatehokkuuden parantamiseen.



Lähteet



Lähteet

Aro, K., Rautiainen, A., Talus, K., Pääkkönen, A., Aalto, P., Kojo, M. & Rönkkö, T. 2018. Voiko raskas tieliikenne siirtyä biokaasuun? EL-TRAN analyysi 6/2018. Saatavissa: <https://tt.eduuni.fi/sites/EL-TRAN/Julkiset%20tiedostot/Kalle%20Aro%20et%20al.,%20Voiko%20raskas%20tieliikenne%20siirty%C3%A4%20biokaasuun.pdf>. [Viitattu 6.3.2019].

Autoalan Tiedotuskeskus. 2021. Autoalan käyttövoimatietokartta 2021 - Autokannan käyttövoimaennusteet – henkilö-, paketti-, kuorma- ja linja-autojen käyttövoimien muutokset vuoteen 2040. Saatavissa: https://www.aut.fi/files/2356/Kayttovoimatietokartta_raportti_1502_2021.pdf. [Viitattu 25.2.2021].

Bioenergia. 2019. Kehittyneiden biopolttoaineiden tuotanto kasvussa. Internetuutinen. Saatavissa: <http://www.bioenergia.fi/default.asp?sivuld=31639>. [Viitattu 6.3.2019]

Brunberg, T. & Lundström, H. (2013). Bränsleförbrukningen hos skogsmaskiner 2012. Arbetsrapport 789, Skogforsk. Uppsala.

DieselNet. 2021a. EU: Heavy-Duty Truck and Bus Engines. Internetsivusto. Saatavissa: <https://www.dieselnets.com/standards/eu/hd.php>. [Viitattu 11.2.2021].

Dieselnet. 2021b. EU: Nonroad Engines. Internetsivusto. Saatavissa: <https://www.dieselnets.com/standards/eu/nonroad.php>. [Viitattu 11.2.2021].

Euroopan komissio. 2019. Euroopan vihreän kehityksen ohjelma. COM(2019) 640 final. Saatavissa: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0003.02/DOC_1&format=PDF. [Viitattu 14.9.2020].

Euroopan komissio. 2020. Eurooppalainen ilmastopuolitusaloite. COM(2020) 788 final. Saatavissa: <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12219-European-Climate-Pact>. [Viitattu 11.2.2021].

European Commission. 2018. A Clean Planet for all - A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy. COM(2018) 773 final. Saatavissa: https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/pages/com_2018_733_en.pdf. [Viitattu 6.4.2019].

European Commission. 2020a. A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe. COM(2020) 301 final. Saatavissa: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf. [Viitattu 11.9.2020].

European Commission. 2020b. Stepping up Europe's 2030 climate ambition - Investing in a climate-neutral future for the benefit of our people. COM(2020) 562 final. Saatavissa: https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/eu-climate-action/docs/com_2030_ctp_en.pdf. [Viitattu 17.11.2020].



European Commission. 2020c. Sustainable and Smart Mobility Strategy – putting European transport on track for the future. COM(2020) 789 final. Saatavissa: <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/legislation/com20200789.pdf>. [Viitattu 29.12.2020].

European Council. 2020. EUCO 22/20. Saatavissa: <https://www.consilium.europa.eu/media/47296/1011-12-20-euco-conclusions-en.pdf>. [Viitattu 11.2.2021]

Flagships. 2021. Raising the readiness of zero-emission waterborne transport. Projektisivusto. Saatavissa: <https://flagships.eu/about/>. [Viitattu 1.3.2021].

Fossiilitoman liikenteen tiekartta - Valtioneuvoston periaatepäätös kotimaan liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisestä - Luonnos. 2021. Saatavissa: https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/d99a3ae3-b7f9-49df-afd2-c8f2efd3dc1d/e4e97efb-1f23-4c22-bdf1-f1fc27809030/LAUSUNTOPYYNTO_20210115060016.PDF [Viitattu 11.2.2021].

FPIInnovations. 2018. FPIInnovations and partners make history in forestry truck platooning. Saatavissa: <http://blog.fpinnovations.ca/blog/2018/11/02/fpinnovations-and-partners-make-history-in-forestry-truck-platooning/>. [Viitattu 6.4.2019].

Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking. 2019. Hydrogen Roadmap Europe - A Sustainable Pathway for the European Energy Transition. Saatavissa: https://fch.europa.eu/sites/default/files/Hydrogen%20Roadmap%20Europe_Report.pdf. [Viitattu 26.3.2019].

Gasum Oy. 2019. Kaasu on ympäristöystävällisempi polttoainevaihtoehto raskaalle liikenteelle. Internetsivu. Saatavissa: <https://www.gasum.com/Yrityksille/puhdas-liikenne/kuljeta-kaasulla/>. [Viitattu 11.9.2019].

Gasum Oy. 2020. Kaasutankkausasemien sijainnit. Verkkosivusto. Saatavissa: <https://www.gasum.com/yksityisille/tankkaa-kaasua/tankkausasemat/>. [Viitattu 14.9.2020].

Haavikko, H., Kärhä, K., Kääriäinen, H., Palander, T. 2019. Long-term follow up study on fuel consumption of harvesters and forwarders in wood harvesting in Finland -Preliminary results. In Berg, S. & Talbot, B. 2019. Forest Operations in Response to Environmental Challenges. Proceedings of the Nordic-Baltic Conference on Operational Research (NB-Nord), June 3-5, Honne, Norway.

Holm, P. 2019. Pohjoisen ja itäisen Suomen junaliikenteen vaikutukset alueen elinvoimaan ja matkailun kehittämiseen. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja Alueet 2019:19. Saatavissa: http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161435/19_2019_Pohjoisen%20ja%20itäisen%20Suomen%20junaliikenteen%20vaikutukset_netti.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Viitattu 14.4.2019].

Huttunen, R. (toim.). 2017. Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 4/2017. Saatavissa: http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79189/TEMjul_4_2017_verkkajulkaisu.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Viitattu 6.3.2019].



liikenne, P. & Haapala, S. 2018. Rautatieliikenteen käyttövoimat tavaraliikenteessä. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 16/2018. Saatavissa: http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/152412/lts_2018-16_978-952-317-524-2.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Viitattu 6.3.2019].

Juronen, M. 2017. Liiketoimintamallien kehitysmahdollisuudet raakapuun aluskuljetusten toimialalla. Pro gradu -tutkielma, Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Saatavissa: <http://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/133950/Pro%20Gradu%20Merilin%20Juronen.pdf?sequence=2&isAllowed=y>. [Viitattu 6.3.2019].

Jylhä, P., Jounela, P., Koistinen, M. & Korpunen, H. 2019. Koneellinen hakkuu : Seurantatutkimus. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 11/2019. Luonnonvarakeskus.

Kauppinen, J. 2010. Puunkorjuuyritysten konesiirtojen toteutustavat, kustannukset ja ajanmenekit - Otos Pohjois-Savon puunkorjuuyrityksistä. Opinnäytetyö, Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu, Metsätalouden koulutusohjelma, Joensuu.

Koivisto, M., Valli, R., Kaaresoja, K., Jokinen, O. & Paaso, A. 2013. Junaliikenteen päästöjen ja kuljetuskustannusten vähentäminen – Esiselvitys. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 43/2013. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lts_2013-43_junaliikenteen_paastojen_web.pdf. [Viitattu 16.9.2020].

Korpela, T. 2019. Tiedonkulun kehittäminen kotimaisen puun vesikuljetuksessa. Pro gradu, Lappeenranta-Lahden teknillinen yliopisto. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2019090326475>. [Viitattu 11.9.2019].

Kosonen, T. 2019. Rautatielogistiikan kehitysnäkymät. Kalvosarja 3.4.2019. Saatavissa: http://www.teollisuudenmetsanhoitajat.fi/wp-content/uploads/2019/04/VRTranspoint_rautatielogistiikan_kehitysn%C3%A4kym%C3%A4t_TKosonen.pdf. [Viitattu 15.4.2019].

Kääriäinen Heikki. 2020. Puunkorjuun polttoaineen kulutus ja sen mallinnus. Itä-Suomen yliopisto, Luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunta, Metsätieteiden osasto. Metsätieteiden pro gradu.

Liikenne2. 2020. Valtakunnallinen liikennejärjestelmäsuunnitelma vuosille 2021-2032 – suunnitelmaluonnos 13.11.2020. Saatavissa: https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/f0ca36bc-e740-4ac4-accd-c244746849d5/5b1a3ed2-2ade-4e87-b318-cd9d1f1426ac/KIRJE_20201117125528.PDF. [Viitattu 11.2.2021].

Liikenne- ja viestintäministeriö. 2013. Liikenteen ympäristöstrategia 2013–2020. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 43/2013. Saatavissa: <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/77942>. [Viitattu 7.4.2019].

Liikenne- ja viestintäministeriö. 2017a. Liikenteen vaihtoehtoisten käyttövoimien jakeluverkko - Suomen kansallinen ohjelma. Saatavissa: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79530/Raportit%20ja%20selvitykset%204-2017.pdf?sequence=1>. [Viitattu 24.8.2019].



Liikenne- ja viestintäministeriö. 2017b. Parlamentaarinen liikenneverkon rahoitusta arvioiva työryhmä - Väliraportti liikenteen päästövähennyksiin liittyvistä esityksistä. Verkkodokumentti LVM/421/05/2017 30.8.2017. Saatavissa: https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/7f574872-8fb8-4ab0-9a2f-235453593d73/dfb8fd1-2d34-457b-8e26-a0a646d8e869/RAPORTTI_20180208091000.PDF. [Viitattu 13.4.2019].

Liikenne- ja viestintäministeriö. 2018. Parlamentaarisen liikenneverkon rahoitusta arvioivan työryhmän loppuraportti. Verkkodokumentti 28.2.2018. Saatavissa: https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/7f574872-8fb8-4ab0-9a2f-235453593d73/942200a3-3e77-4ca9-91fa-74f558b47000/RAPORTTI_20180228105337.pdf. [Viitattu 13.4.2019].

Liikenne- ja viestintäministeriö. 2020. Liikenteen vaihtoehtoisten käyttövoimien jakeluinfra – kansallisen ohjelman seuranta 2019. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 2020:2. Saatavissa: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162100/LVM_2020_02.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Viitattu 15.9.2020].

Liikennevirasto. 2018. Rataverkon kokonaiskuva - Lähtökohtia ja näkökulmia. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 37/2018. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2018-37_rataverkon_kokonaiskuva_web.pdf. [Viitattu 19.8.2019].

Liimatainen, H. & Viri, R. 2017. Liikenteen päästötavoitteiden saavuttaminen 2030 – politiikkatoimenpiteiden tarkastelu. Suomen ilmastopaneeli Raportti 2/2017. Saatavissa: https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2018/10/Ilmastopaneeli_Liikenne_2017.pdf. [Viitattu 6.4.2019].

Lukkari, E. 2019. BioVerno-diesel vähensi lähipäästöjä. Internetartikkeli 27.3.2018 osto&logistiikka. Saatavissa: <http://www.ostologistiikka.fi/kategoriat/kuljetukset/bioverno-diesel-vahensi-lahipaastoja>. [Viitattu 6.4.2019].

Luonnonvarakeskus. 2020. Teollisuuspuun hakkuut ja työvoima. Tilastosivu. Saatavissa: <https://stat.luke.fi/teollisuuspuun-hakkuut-ja-tyovoima>. [Viitattu 12.2.2021]

Löfroth, C. & Gelin, O. 2015. ETTaero – En förstudie av aerodynamisk utformning av skogfordon. Saatavissa: <https://www.skogforsk.se/contentassets/dd9d19187ead43cfb36a914417e5bffa/ettaero-en-forstudie-av-aerodynamisk-utformning-av-skogsfordon-arbetsrapport-870-2015.pdf>. [Viitattu 6.3.2019].

Ministry of Economic Affairs and Employment. 2019. Finland's integrated national energy and climate plan. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2019:66. Saatavissa: http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161977/TEM_2019_66.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Viitattu 14.9.2020].



MTV Uutiset. 2018. Maailman tehokkain kuormuri tulee Suomesta – hybridi-Sisussa on lähes 1 000 hevosvoimaa. Internetuutinen 3.4.2018. Saatavissa: <https://www.mtvuutiset.fi/artikkeli/maailman-tehokkain-kuormuri-tulee-suomesta-hybridi-sisussa-on-lahes-1-000-hevosvoimaa/6843420#gs.xyf9z0>. [Viitattu 24.8.2019].

Neste Oyj. 2021a. Asemahaku (Neste Truck -asemat ja Neste MY). Saatavissa: https://www.neste.fi/asemat?orig=&dest=&field_geofield_distance%5Borigin%5D=&name%5B1%5D=1&field_station_tuoteisto_value_9%5B1%5D=1. [Viitattu 25.2.2021].

Neste Oyj. 2021b. Pienennä nopeasti työkoneiden ja lämmityksen hiilijalanjälkeä. Internetartikkeli. Saatavissa: <https://www.neste.fi/yritysasiakkaat/tuotteet-ja-palvelut/polttoaineet/neste-my-uusiutuva-polttooljytm>. [Viitattu 12.2.2021].

Nokka, J. 2018. Energy Efficiency Analyses of Hybrid Non-Road Mobile Machinery by Real-Time Virtual Prototyping. Acta Universitatis Lappeenrantaensis 785. Saatavissa: <http://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/147812/Jarkko%20Nokka%20A4%20ei%20artik.pdf?sequence=4&isAllowed=y>. [Viitattu 13.4.2019].

Nylund, N-O., Söderena, P. & Rahkola, P. 2016. Työkoneiden CO₂-päästöt ja niihin vaikuttaminen. Tutkimusraportti VTT-R-04745-16. Saatavissa: <https://www.ym.fi/download/noname/%7BEC3AFE90-B3FC-446B-90C3-4A8B253B4256%7D/125900>. [Viitattu 6.4.2019].

Osto&Logistiikka. 2020. SSAB testaa biokaasua laivoissa. Internetartikkeli 16.6.2020. Saatavissa: <https://www.ostologistiikka.fi/kategoriat/kuljetukset/ssab-testaa-biokaasua-laivoissa>. [Viitattu 11.9.2020].

Pekkala, V., Sorvisto, M. & Heikkilä, R. 2019. Raskaan liikenteen letka-ajamisen hyödyntämismahdollisuuksien selvittäminen Suomessa - Loppuraportti. Oulun yliopisto. Saatavissa: <http://jultika.oulu.fi/files/isbn9789526226279.pdf>. [Viitattu 14.9.2020].

Pilli-Sihvola, E. 2016. Automaation hyödyntäminen ammattiliikenteessä – European Truck Platooning Challenge. Kalvosarja 10.5.2016. Saatavissa: https://arkisto.trafi.fi/filebank/a/1462883900/fee3834791007e721bfc4878794407fc/20606-Eetu_Pilli-Sihvola_final.pdf. [Viitattu 12.8.2019].

Pitkänen, J-P., Musto, M., Rinta-Piirto, J., Mankki, A. & Salminen, A. 2020. Rataverkon välityskyvyn kokonaiskuva. Väyläviraston julkaisuja 30/2020. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf12/vj_2020-30_rataverkon_valityskyvyn_web.pdf. [Viitattu 11.9.2020].

Pylvänäinen, J., Lehtola, J., Nieminen, T., Brotherus, M., Sandelin, E., Wallin, J. & Artukka, J. 2020. Kohti digitaalista ja älykästä rautatieliikennettä – Digirata-selvityksen loppuraportti. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 2020:6. Saatavissa: http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162151/LVM_2020_6.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Viitattu 15.9.2020].

Pääkkönen, A., Aro, K., Aalto, P., Konttinen, J & Kojo, M. 2019. The Potential of Biomethane in Replacing Fossil Fuels in Heavy Transport—A Case Study on Finland. Sustainability 2019, 11(17), 4750. Saatavissa: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/17/4750>. [Viitattu 11.9.2019].



Pöyskö, T., Sirkiä, A., Riihelä, A., Kujala, R. & Utriainen, M. 2020. Logistiikan digitalisaation ilmastovaikutuksia koskeva selvitys. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 2020:8. Saatavissa: <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/162319>. [Viitattu 15.9.2020].

Rahkola, P. 2019. Raskaan kaluston VECTO-simulointi Suomessa. Traficomin tutkimuksia ja selvityksiä 13/2019. Saatavissa: https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/publication/Vecto_2018_Traficom_tutkimuksia_13_2019%20%28002%29.pdf. [Viitattu 8.8.2019].

Ricardo Energy&Environment. 2020. Determining the environmental impacts of conventional and alternatively fuelled vehicles through LCA - Final Report for the European Commission, DG Climate Action. Saatavissa: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/1f494180-bc0e-11ea-811c-01aa75ed71a1>. [Viitattu 12.2.2021].

Scania. 2020. Truck trailers with solar panels can save fuel. Internetuutinen 8.10.2020. Saatavissa: <https://www.scania.com/group/en/home/newsroom/news/2020/truck-trailers-with-solar-panels-can-save-fuel.html>. [Viitattu 12.2.2021].

Seppälä, P. 2019. Puun kotimaan aluskuljetuksen lastauspaikat. Metsätehon tulosalvosarja 10/2019. Saatavissa: http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja_2019_10_Puun_kotimaan_aluskuljetuksen_lastauspaikat.pdf. [Viitattu 7.8.2019].

Seppälä, P. 2020a. Automaation kehitysnäkymät, haasteet ja hyödyt ainespuun autokuljetusketjussa Suomessa. Pro gradu, Helsingin yliopisto. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/316342>. [Viitattu 14.9.2020].

Seppälä, P. 2020b. Tavaralajimenetelmän metsäkoneiden automaation kehitysnäkymät. Metsätehon raportti 259. Saatavissa: <https://metsateho.fi/wp-content/uploads/Raportti-259-Tavaralajimenetelman-metsakoneiden-automaation.pdf>. [Viitattu 12.2.2021].

Sipilä, E., Kiuru, H., Nils-Olof Nylund, N-O. & Sipilä, K. 2020. Jakeluvuoroituksen laajentaminen. Saatavissa: https://tem.fi/documents/1410877/2132212/Jakeluvuoroituksen_laajentaminen_loppuraportti_julkaisu.pdf/732b8c4d-c07d-b6ca-d4a7-8af1f2a00b37/Jakeluvuoroituksen_laajentaminen_loppuraportti_julkaisu.pdf?t=1599738665281. [Viitattu 11.9.2020].

SKAL ry. 2019. Kuljetusbarometri 1/2019: Kuljetusalan odotukset kääntyivät laskuun – kuljettajan työ säilyy ja monipuolistuu. Internetuutinen 23.1.2019. Saatavissa: <https://www.skal.fi/fi/julkaisut/kuljetusbarometri-12019-kuljetusalan-odotukset-kaantyyvat-laskuun-kuljettajan-tyo-sailyy>. [Viitattu 26.3.2019].

Skogforsk. 2019. Nytt projekt utvecklar fossilfria transporter. Uutiskirje 10.7.2019. Saatavissa: <https://www.skogforsk.se/nyheter/2019/nytt-projekt-ska-utveckla-fossilfria-transporter/>. [Viitattu 8.8.2019].

St1 Nordic Oy. 2017. RED95 kuljettaa puhtaammin. Internetartikkeli 27.9.2017. Saatavissa: <https://www.st1.fi/yrityksille/red95-kuljettaa-puhtaammin>. [Viitattu 11.9.2019].

Strandström, M. 2021. Puunkorjuu ja kaukokuljetus vuonna 2019. Metsätehon tulosalvosarja (alustava, julkaisematon).

Suomen tieyhdistys ry. 2019. Järjestöt ovat huolissaan yksityisteistä: Yksitystiet ovat yhteinen asia. Internetuutinen. Saatavissa: <https://www.tieyhdistys.fi/uutiset/jarjestot-ovat-huolissaan-yksitysteista-yksitystiet-ovat-yhteinen-asia/>. [Viitattu 6.4.2019].



Särkijärvi, J., Jääskeläinen, S., & Lohko-Soner, K. (toim.). 2018. Toimenpideohjelma hiilettömään liikenteeseen 2045 - Liikenteen ilmastopoliitikan työryhmän loppuraportti. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 13/2018. Saatavissa: <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161210>. [Viitattu 6.3.2019].

Söderena, P., Suomalainen, M., Kajolinna, T. & Melin, K. 2019. Biometaanin välivarastointi ja varastointi ajoneuvossa. VTT Tutkimusraportti, No. VTT-R-06978-18. Saatavissa: <https://cris.vtt.fi/en/publications/biometaanin-v%C3%A4livarastointi-ja-varastointi-ajoneuvossa-tulevaisuu>. [Viitattu 16.9.2020].

Tekniikka&Talous. 2019a. Norge planerar grönare fartyg. Lehtiartikkeli 25.1.2019.

Tekniikka&Talous. 2019b. Suomen ainoat sähkökuorma-autot löytyvät Vantaalta – "teknologisesti vielä aika kaukana tavaraliikenteen käyttövoimaksi". Internetartikkeli 19.2.2019. Saatavissa: https://www.tekniikkatalous.fi/talous_uutiset/liikenne/suomen-ainoat-sahkokuorma-autot-loytyvat-vantaalta-teknologisesti-viela-aika-kaukana-tavaraliikenteen-kayttovoimaksi-6758534. [Viitattu 26.3.2019].

Tekniikka&Talous. 2019c. Vety tulee hitaasti liikenteeseen. Internetartikkeli 11.3.2019. Saatavissa: <https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/autot/paljon-etuja-sahkoautoiluun-verrattuna-mutta-vety-tulee-hitaasti-liikenteeseen-6760584>. [Viitattu 26.3.2019].

Tirkkonen, J., Laitila, P. & Outinen, P. (toim.). 2019. Energiatohokkuustyöryhmän raportti. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisu 2019:53. Saatavissa: http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161811/TEM_53_2019_Energiatohokkuustyoryhman_raportti_WEB.pdf. [Viitattu 17.9.2020].

Traficom. 2019. Ajoneuvojen avoin data 5.6. Saatavissa: http://trafiopendata.97.fi/opendata/Tieliikenne_Avoim_Data_5.6.zip. [Viitattu 16.8.2019]

Traficom. 2021. Ajoneuvojen avoin data 5.13. Saatavissa: http://trafiopendata.97.fi/opendata/TieliikenneAvoinData_5_13.zip. [Viitattu 9.2.2021].

Työ- ja elinkeinoministeriö, maa- ja metsätalousministeriö, ympäristöministeriö, liikenne- ja viestintäministeriö ja valtiovarainministeriö. 2020. Biokaasuohjelmaa valmistelewan työryhmän loppuraportti. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisu 2020:3. Saatavissa: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162032/TEM_2020_3_Biokaasuohjelmaa%20valmistelewan%20tyoryhman%20loppur%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Viitattu 16.9.2020].

Uusitalo, V., Väisänen, S., Inkeri, E. & Soukka, R. 2017. Potential for greenhouse gas emission reductions using surplus electricity in hydrogen, methane and methanol production via electrolysis. Energy Conversion and Management 134 (2017) 125–134.



Valtioneuvosto. 2019. Pääministeri Sanna Marinin hallituksen ohjelma 10.12.2019 – Osallistava ja osallistuva Suomi – sosiaalisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestävä yhteiskunta. Valtioneuvoston julkaisuja 2019: 31. Saatavissa:

http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161931/VN_2019_31.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Viitattu 11.9.2020].

Valtioneuvosto. 2021. Logistiikan digitalisaatiostrategia. Hankesivusto. Saatavissa: <https://valtioneuvosto.fi/hanke?tunnus=LVM035:00/2019>. [Viitattu 11.2.2021].

Valtioneuvoston kanslia. 2020a. Autoalan ja valtion välinen green deal -ilmastosopimus. Internetsivu. Saatavissa: https://sitoumus2050.fi/autoala#. [Viitattu 17.9.2020].

Valtioneuvoston kanslia. 2020b. Työkonealan green deal -sopimus. Internetsivu. Saatavissa: https://sitoumus2050.fi/tyokone#. [Viitattu 17.9.2020].

Valtioneuvoston periaatepäätös meri- ja sisävesiliikenteen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisestä – luonnos. 2020. Saatavissa: https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/b35159a0-6636-4521-bcfe-f19ec89d038a/f3a4340c-2563-4adf-bc24-6c5a6c7a0280/KIRJE_20201217122406.PDF. [Viitattu 11.2.2021].

Vasara, Lehtinen & Laukkanen. 2020. Tie vähähiiliseen liikenteeseen – Liikenteen ja logistiikan tiekartta – Loppuraportti. Saatavissa: https://www.palta.fi/wp-content/uploads/2020/12/Tie-vahahiiliseen-liikenteeseen_Liikenteen-ja-logistiikan-tiekartta_Loppuraportti_062020.pdf. [Viitattu 12.2.2021].

Venäläinen, P. 2019. Puutavaran ja hakkeen LHT-kuljetuspalvelus. Metsätehon raportti 250. Saatavissa: <http://www.metsateho.fi/puutavaran-ja-hakkeen-lht-kuljetuspalvelus/>. [Viitattu 11.9.2019].

Venäläinen, P. & Pesonen, M. 2017. Hybridi- ja sähkökäyttöinen terminaalikalusto. Teoksessa: Venäläinen ym. 2017. Terminaalitoiminnot energiatehokkaassa puutavaralogistiikassa - T3 Uudet terminaalikonseptit ja -verkot. Metsätehon raportti 242. Saatavissa: http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Raportti_242_Terminaalitoiminnot_energiatehokkaassa_puutavaralogistiikassa_T3.pdf. [Viitattu 15.4.2019].

Venäläinen, P. & Poikela, A. 2016. Energiapuun kuljetuskaluston ja meno-paluukuljetusten skenaariot. Metsätehon tulosalvosarja 2a/2016. Saatavissa: <http://www.metsateho.fi/d-3-2-1-4-energiapuun-kuljetuskaluston-ja-meno-paluukuljetusten-skenaariot/>. [Viitattu 14.4.2019].

Venäläinen, P. & Poikela, A. 2020. Puutavara- ja hakeajoneuvojen massojen noston vaikutukset. Metsätehon raportti 258. (Aiheen 2. väliraportti 18.11.2020). Saatavissa: <http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Raportti-258-Puutavara-ja-hakeajoneuvojen-massojen.pdf>. [Viitattu 29.12.2020].

Venäläinen, P., Strandström, M. & Poikela, A. 2019. Puun korjuun ja kuljetusten päästöjen nykytila ja vähennyskeinot. Metsätehon tulosalvosarja 12/2019. Saatavissa: https://metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja_2019_12_Puun_korjuun_ja_kuljetusten_paastojen.pdf. [Viitattu 11.2.2021].



VR Transpoint. 2019. Uudet veturit leikkaavat dieselveidon päästöjä. Internet-uutinen 19.6.2019. Saatavissa: <https://www.vrtranspoint.fi/fi/vr-transpoint/linked/artikkeli/uudet-veturit-leikkaavat-dieselveidon-paastoja-190620190915/>. [Viitattu 28.8.2019].

VR Transpoint. 2021. Kotimaan raakapuu – kuljetusmäärät 2019. Julkaisematon Excel-taulukko.

VTT. 2013. Vetytiekartta – Vedyn mahdollisuudet Suomelle. Tutkimusraportti VTT-R-02257-13. Saatavissa: <https://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2013/VTT-R-02257-13.pdf>. [Viitattu 26.3.2019].

VTT Oy. 2021. LIPASTO – Liikenteen päästöt. Saatavissa: <http://lipasto.vtt.fi/index.htm>. [Viitattu 1.3.2021].

Väylä. 2019. Infran ja väylänpidon vaikutus liikenteen kasvihuonekaasupäästöihin – Tilannekatsaus. Väyläviraston julkaisuja 47/2019. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf12/vj_2019-47_infran_vaylanpidon_web.pdf. [Viitattu 14.9.2020].

Väylävirasto. 2020. Tieverkon sähköistämisen mahdollisuudet ja haasteet Suomessa. Väyläviraston julkaisuja 40/2020. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf12/vj_2020-40_tieverkon_sahkoistamisen_web.pdf. [Viitattu 11.9.2020].

YLE. 2019. Mullistava teknologia saattaa tehdä pian läpimurron: Sellutehtaiden savukaasuista voisi valmistaa polttoainetta koko Suomen autoille. Internetuutinen 10.6.2019. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-10818795>. [Viitattu 11.9.2019].

Ympäristöministeriö. 2017. Valtioneuvoston selonteko keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelmasta vuoteen 2030 – Kohti ilmastoviisasta arkea. Ympäristöministeriön raportteja 21/2017. Saatavissa: http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80703/YMra_21_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Viitattu 14.1.2019].

Ympäristöministeriö. 2019. Kansallinen ilmansuojeluohjelma 2030. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:7. Saatavissa: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161467/Kansallinen%20ilmansuojeluohjelma%202030.pdf?sequence=4>. [Viitattu 6.4.2019].



Liite 1

Päästöjen vähentämistä koskevia tavoitteita ja säädöksiä



EU:n pitkän aikavälin ilmastostrategia (LTS) 2050 (Puhdas maapallo kaikille) (European Commission 2018)

- YK:n Pariisin sopimuksessa vaadittu strategia
- Ei aseta uusia tavoitteita, vaan luo vision tulevaisuudesta
 - EU ilmastoneutraali vuoteen 2050 mennessä
 - Puhdas, turvallinen ja verkotettu liikkuvuus
 - Vähä- ja nollapäästöiset ajoneuvot kaikissa kuljetusmuodoissa
 - Tehokkaammat akut ja sähköiset voimansiirtolinjat
 - Liikenteen automaatio
 - Lähimerenkulun ja sisävesiliikenteen sähköistäminen
 - Vaihtoehtoiset polttoaineet, kunnes sähköistämisessä tulee tarjolle uusia teknologioita
 - Vetyperusteiset teknologiat (sähkö- ja polttokennoajoneuvot) saattavat tulla kilpailukykyisiksi keskipitkällä tai pitkällä aikajänteellä.
 - Nesteytetty maakaasu, jossa on korkeat osuudet biometaania, voisi olla lyhyen aikajänteen ratkaisu pitkän matkan kuljetuksiin.

Euroopan vihreän kehityksen ohjelma (Green deal) (Euroopan komissio 2019)

- Tavoitteita: Kestävään ja älykkääseen liikkumiseen siirtymisen nopeuttaminen
 - Ilmastoneutraaliuden saavuttamiseksi liikenteen päästöjä on vähennettävä 90 prosenttia vuoteen 2050 mennessä.
 - Yksi tärkeimmistä tavoitteista on siirtää huomattava osa maantiekuljetuksista rauta- ja vesiteitse kuljetettavaksi.
 - Automatisoidun ja verkottuneen multimodaaliliikenteen asema tulee korostumaan digitalisaation mahdollistamien älykkäiden liikenteenhallintajärjestelmien tukemana
 - Liikenteen hinnat on suhteutettava sen ympäristö- ja terveysvaikutuksiin
 - EU:n olisi lisättävä kestävien vaihtoehtoisten liikennepolttoaineiden tuotantoa ja käyttöönottoa.
 - Liikenteestä olisi saatava huomattavasti vähemmän saastuttavaa varsinkin kaupungeissa.
- Toimet: Ilmastotavoitteet
 - Eurooppalainen ilmastosopimus (ks. Euroopan komissio 2020)
 - Komission ehdotus ensimmäisestä eurooppalaisesta ilmastolaista
 - Suunnitelma nostaa EU:n vuoteen 2030 asettama ilmastotavoite (Eurooppa-neuvoston päätöksen mukaan nettopäästöjen vähennystavoite vuodesta 1990 vuoteen 2030 on 55 % aiemman 40 %:n sijasta; European Council 2020)
 - Direktiivi päästökauppajärjestelmästä, energiatehokkuusdirektiivi ja direktiivi uusiutuvista energialähteistä
 - Ehdotus energiaverodirektiivin muuttamiseksi
 - Uusi EU:n strategia ilmastomuutokseen sopeutumiseksi
- Toimet: Kestävä ja älykäs liikkuminen
 - Kestävän ja älykkään liikkumisen strategia (ks. kalvo 47)
 - Rahoituspyyntö julkisten lataus- ja tankkauspisteiden käyttöönoton tukemiseksi osana VE-polttoaineiden infrastruktuuria
 - VE-polttoaineiden tuotannon ja toimituksen edistämistä eri liikennemuodoissa koskevat lainsäädäntövaihtoehdot
 - Vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuuria koskevan direktiivin ja Euroopan laajuista liikenneverkkoa koskevan asetuksen uudelleentarkastelu
 - Aloitteet rautatie- ja sisävesiliikenteen kapasiteetin lisäämiseksi ja hallinnan parantamiseksi (vuodesta 2021)
 - Ehdotus tiukemmista ilman epäpuhtauksien päästönormeista polttomoottoriajoneuvoille (2021)

Ilmastotavoitesuunnitelma vuodelle 2030 (European Commission 2020b)

- Tavoitteita
 - Vähentää EU:n kasvihuonekaasupäästöjä vähintään 55 % vuodesta 1990 vuoteen 2030 mennessä
 - Lisätä uusiutuvan energian käytön osuutta kuljetussektorilla 6 %:sta vuonna 2015 noin 24 %:iin vuoteen 2030 mennessä
 - Keinoina sähköiset ajoneuvot, kehittyneet biopolttoaineet ja muut uudistuvat ja vähähiiliset polttoaineet, akkujen saatavuus, raskaassa liikenteessä ja merikuljetuksissa puhdas vety ja sen jatkojalosteet
 - Kasvattaa juna- ja vesikuljetuksia varsinkin rahtiliikenteessä
- Muita keinoja vähentää liikenteen päästöjä
 - Kulkuneuvojen energiatehokkuuden parantaminen, multimodaalit ratkaisut, digitalisaatio ja älyliikenne ja tieinframaksut, tieliikenteen ja EU:n sisäisen meriliikenteen päästökauppa, jakeluinfradirektiivin (kalvo 51) päivittäminen
- Toimenpiteet liikennesektorilla kuvataan tarkemmin Kestävän ja älykkään liikenteen strategiassa (ks. kalvo 47).
- Komissio tarkastelee päästövähennysten keinovalikoimaa 6/2021 mennessä.

Ilmasto- ja energiapaketti 2021–2030

- Sitovat maakohtaiset päästövähennysvelvoitteet päästökauppaan kuulumattomille sektoreille (EU:n taakanjakopäätös)
- Taakanjakoasetuksen mukaan Suomen on vähennettävä mm. liikennepäästöjään vähintään 39 % vuoden 2005 tasosta vuoteen 2030 mennessä.
- Uusiutuvan energian RES-direktiivissä (ks. kalvo 49) on sovittu 32 prosentin uusiutuvan energian tavoitteesta vuodelle 2030.
- Kansallisia tavoitteita ei ole määritetty, vaan kukin jäsenmaa antaa ehdotuksensa omasta tavoitteestaan kansallisessa energia- ja ilmastosuunnitelmassa (kalvo 57).

Kestävän ja älykkään liikkumisen strategia ja sen toimenpidesuunnitelma (European Commission 2020c)

- Tavoitteita
 - Liikenteen päästövähennystavoite vihreän kehityksen ohjelman mukaisesti (ks. kalvo 44)
 - Vuoteen 2030 mennessä
 - Vähintään 80 000 nollapäästöistä kuorma-autoa Euroopan tieliikenteessä
 - Junarahtiliikenne kasvaa 50 % vuoteen 2015 verrattuna
 - Sisävesiliikenne ja lähimerenkulku kasvavat 25 % vuoteen 2015 verrattuna
 - Nollapäästöisiä aluksia markkinoilla
 - Vuoteen 2050 mennessä
 - Lähes kaikki henkilö-, paketti- ja linja-autot sekä raskaan kaluston ajoneuvot ovat nollapäästöisiä
 - Junarahtiliikenne kaksinkertaistuu vuoteen 2015 verrattuna
 - Sisävesiliikenne ja lähimerenkulku kasvavat 50 % vuoteen 2015 verrattuna
 - Lippulaivakokonaisuudet
- 1. **Nollapäästöisten ajoneuvojen, uusiutuvien ja vähähiilisten polttoaineiden sekä niiden infrastruktuurin käyttöönoton edistäminen**
 - Raskaiden ajoneuvojen CO₂-standardien uudelleentarkastelu
 - Ehdotus Euro 7 -päästönormista
 - Nollapäästöisten ajoneuvojen kysynnän edistäminen
 - Renkaiden energiatehokkuuden jatkokehitys
 - Uusiutuvien ja vähähiilisten polttoaineiden käytön edistäminen mm. uusiutuvan energian direktiivin (ks. kalvo 49) päivityksen, vetystrategian ja akkustrategian avulla.
 - Raideliikenteen lisäsähköistäminen ja vedyn hyödyntäminen
 - Uusiutuvien ja vähähiilisten polttoaineiden käytön suuntaaminen mm. meriliikenteeseen (FuelEU Maritime -aloite).
 - Komissiolta tulossa strateginen suunnitelma jakeluinfrastruktuurin kehittämiseksi ja direktiivin päivittäminen

2. Nollapäästöiset satamat

- Uusiutuvien ja vähähiilisten polttoaineiden tarjonta aluksi, satamien terminaaliliikenteen päästöjen vähentäminen, satamakäyntien optimointi ja älyliikenteen laajempi hyödyntäminen

4. Tavarakuljetusten päästöjen vähentäminen

- Tavoitteet kuljetusten vähentämisestä Green Dealissa (ks. kalvo 44)
- Intermodaalien kuljetusten tehostaminen ja lainsäädännön kehittäminen
- Siirtokuormaustermiinalien ja varsinkin sisämaan multimodaalitermiinalien vähäisyyteen vastaaminen
- Junarahtiliikenteen kehittäminen mm. lisäkapasiteetin, rataverkon paremman hallinnan ja uuden teknologian (mm. automaatio) avulla
- Sisävesikuljetusten kehittäminen (NAIADES III -ohjelman toimenpidesuunnitelma lausunnoilla 1/2021 asti)

5. Hiilen hinnoittelu ja parempien kannusteiden tarjoaminen käyttäjille

- Saastuttaja maksaa ja käyttäjä maksaa -periaatteiden käyttöönotto kaikissa kuljetusmuodoissa
- Komission keinot eri kuljetusmuotojen hinnoitteluun (päästökauppa, inframaksut, energia- ja ajoneuvoverot)
- EU:n yhteiset, kansainvälisiin standardeihin perustuvat periaatteet kuljetusten ja logistiikan päästöjen mittaamiseksi ja siten eri toimijoiden tueksi vaihtoehtojen hiilijalanjäljen arvioimisessa

6. Verkottuneesta ja automaattisesti multimodaalista liikkuvuudesta todellisuutta

- Älykkäiden digitaaliratkaisuiden ja liikennejärjestelmien (ITS) täysivaltainen hyödyntäminen
- CCAM (connected, cooperative and automated mobility) -mahdollisuuksien hyödyntäminen (mm. kumppanuusohjelmat)

Uusi päästökattodirektiivi (2016/2284) (Ympäristöministeriö 2019)

- Maakohtaiset päästöjen vähentämisvelvoitteet rikkidioksidille (SO₂), typen oksideille (NO_x), pienhiukkasille (PM_{2,5}), haihtuville orgaanisille yhdisteille (VOC) ja ammoniakille (NH₃) vuodesta 2020 lähtien.
- Suomen ympäristökeskus vastaa päästökattodirektiivin kansallisista päästöinventaariorioista ja päästöennusteista sekä inventaarioraporteista. Inventaarioriossa seurataan erikseen tieliikennettä sekä työkoneita ja muuta liikennettä (ks. seuraava kalvo).
 - https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Ilman_epapuhtauksien_paastot
- Kansallinen ilmansuojeluohjelma (kalvo 58) esittää direktiivin velvoitteita täydentäviä kansallisia lisätoimenpiteitä.

Uudistettu uusiutuvan energian RES-direktiivi (RED II) (2018/2001)

- Sovittu 32 %:n uusiutuvan energian tavoitteesta vuodelle 2030.
- Kansallisia tavoitteita ei ole määritetty, vaan kukin jäsenmaa antaa ehdotuksensa omasta tavoitteestaan kansallisessa energia- ja ilmastosuunnitelmassaan (kalvo 57).
- Uusiutuvien osuus liikennebiopolttoaineista nousee EU:ssa vähintään 14 %:iin vuoteen 2030 mennessä. Ensimmäisen sukupolven biopolttoaineille on asetettu kattoprosentti, 7 %. Kuten jo nykyinen voimassaoleva direktiivi (2009/28/EY), myös RED II sisältää kestävyyskriteerit, jotka liikennebiopolttoaineen tulee täyttää, jotta se luokiteltaisiin kestäväksi. Jäsenmaiden tulee saattaa voimaan direktiivin mukaiset kansalliset säädökset viimeistään 30.6.2021 mennessä (Suomen lakiluonnos lausunnoilla 2/2021 asti).

Suomen päästöinventaarior ja -mallinnus (Ympäristöministeriö 2019)

kt/v	TIELIIKENNE						TYÖKONEET JA MUU LIIKENNE					
Vuosi	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2005	2010	2015	2020	2025	2030
SO ₂	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	1,3	0,2	0,2	0,1	0,1
NO _x	74,7	49,7	35,8	26,3	17,8	13,1	41,7	35,2	24,9	20,0	15,7	13,0
PM2.5	3,0	1,8	1,1	0,6	0,5	0,4	3,2	2,2	1,5	1,1	0,7	0,6
NMVO C	25,1	12,9	7,1	3,0	2,0	1,8	30,5	16,6	11,7	8,2	7,0	6,2
NH3	2,0	1,6	1,1	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
BC	1,6	0,9	0,6	0,3	0,2	0,1	1,3	0,9	0,6	0,3	0,2	0,1

SO₂ = rikkidioksidi, NO_x = typen oksidit, PM2.5 = pienhiukkaset

NMVO C = haihtuvat organiset yhdisteet pl. metaani

NH3 = metaani, BC = musta hiili



Polttoaineiden laatudirektiivi (98/70/EY)

- Lisäksi erillinen direktiivi sisävesialusten käyttämien polttoaineiden laatuvaatimusten osalta

Energiatehokkuusdirektiivin (2012/27/EU, EED) muutos (EU)2018/2002

- Direktiivi edellyttää kansallisen energiatehokkuustavoitteen asettamista vuodelle 2030 (ks. kalvo 54 energia- ja ilmastostrategiasta) ja toimenpiteiden esittämistä kansallisessa energia- ja ilmastosuunnitelmassa (ks. kalvo 57).
- TEM:n asettama Energiatehokkuustyöryhmä on laatinut esitykset toimenpiteistä, joilla direktiivin vaatimukset saavutetaan Suomessa (ks. kalvo 61).

Vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuurin käyttöönotosta annettu direktiivi (jakeluinfradirektiivi) (2014/94/EU)

- Direktiivin edellyttämä Suomen kansallinen toimintakehys (ks. kalvo 59).
- Päivitys tulossa

Rengasmerkintäasetus (COM(2018) 296 final)

- Renkaista ja niiden myyntimateriaalista tulee 1.5.2021 lähtien tulla ilmi tiedot mm. renkaiden polttoainetaloudellisuusluokasta.

Raskaiden ajoneuvojen EURO-päästöluokat (tyyppi hyväksyntädirektiivi) (DieselNet 2021a)

- Ensimmäinen raskaan liikenteen päästöluokka (EURO I) otettiin käyttöön 1992 ja viimeisin (EURO VI) 2013. EURO VI:n D-vaihe tuli voimaan 2018/2019 ja E vuonna 2020/2021.
- EURO VI -luokan ajoneuvoissa CO-päästöt ovat noin kolmanneksen, HC-päästöt noin kymmenyksen ja NO_x- ja PM-päästöt muutaman prosentin pienemmät kuin EURO I -luokan ajoneuvoissa. Luokitus ei koske CO₂-päästöjä (ks. seuraava kohta).

Euroopan komission asetus hiilidioksidipäästöjen ja polttoaineen kulutuksen ilmoittamisesta osana päästöjen tyyppi hyväksyntää ((EU) 2017/2400)

- 1.7.2019 voimaan tullut säädös koskee lähinnä yli 16 tonnin kuorma-autoja, joissa on enintään 3 akselia. Säädöksen soveltaminen laajenee vuoden 2020 aikana koskemaan myös osaa tätä suurempiakin raskaita kuorma-autoja.
- CO₂-päästöjen määrittämiseen käytetään VECTO-simulointia (ks. tarkemmin Rahkola 2019).

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus hiilidioksidipäästönormien asettamisesta uusille raskaille hyötyajoneuvoille ((EU) 2019/1242)

- Uusien raskaiden ajoneuvojen CO₂-päästöjä on vähennettävä (vertailukauteen 7/2019–7/2020 nähden) keskimäärin 15 % vuodesta 2025 lähtien ja 30 % vuodesta 2030 lähtien.

Stage-päästöstandardit (DieselNet 2021b)

- Perustuvat Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseen (EU) 2016/1628
- Stage-päästöstandardit koskevat tässä selvityksessä tarkasteltavien metsäkoneiden, tehtaiden työkoneiden, vetureiden ja vaunusiirtolaitteiden sekä laivojen ja sisävesialusten moottoreita.
- Uusin päästönormiluokka on Stage V, jota tulee noudattaa uusissa koneissa vuodesta 2019 tai 2021 lähtien moottorin koosta riippuen.

Teholuokka (kW)	Päästörajat per kategoria (g/kWh)	CO	HC	NO _x	PM	HC+NO _x	PN (1/kWh)
130 ≤ P ≤ 560	I:A	5,0	1,3	9,2	0,54	-	-
	II:E	3,5	1,0	6,0	0,2	-	-
	IIIA:H*	3,5	-	-	0,2	4,0	-
	IIIB:L**	3,5	0,19	2,0	0,025	-	-
	IV:Q**/**	3,5	0,19	0,4	0,025	-	-
	V:NRE-v/c-6*	3,5	0,19	0,4	0,015	-	1x10 ¹²
75 ≤ P ≤ 130	I:B	5,0	1,3	9,2	0,70	-	-
	II:F	5,0	1,0	6,0	0,3	-	-
	IIIA:I*	5,0	-	-	0,3	4,0	-
	IIIB:M**	5,0	0,19	3,3	0,025	-	-
	IV:R**/**	5,0	0,19	0,4	0,025	-	-
	V:NRE-v/c-5*	5,0	0,19	0,40	0,015	-	1x10 ¹²



*sisävesialuksille ja/tai vetureille erilliset standarditaulukot

** ei koske sisävesialuksia

***ei koske vetureita

Kansallinen energia- ja ilmastostrategia 2030 (Huttunen toim. 2017)

- **Liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen 50 %:lla** vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoden 2005 tilanteeseen (12,8 Mt).
- **Fossiilisten öljypohjaisten polttoaineiden korvaamiseen uusiutuvilla ja/tai vähäpäästöisillä vaihtoehdoilla (-1...-2 Mt)**
 - Liikenteen **biopolttoaineiden energiasisällön fyysinen osuuden nostaminen 30 %:iin** kaikesta tieliikenteeseen myydystä polttoaineesta vuoteen 2030 mennessä (laskennallisesti 53 %:iin). Työkoneissa käytettävään **kevyeen polttoöljyyn** otetaan käyttöön 10 %:n bionesteen sekoitusvelvoite. (ks. kalvo 58).
 - **Uusiutuvan energian investointitukia** kohdennetaan esim. liikenteen kehittyneitä biopolttoaineita tuottaviin laitoksiin ja liikenteen vaihtoehtoisten käyttövoimien yleistymiseen.
 - Edistetään **biokaasun** tuotantoa ja käyttöä nykyisten tukien lisäksi (mm. kansallisten säännösten kehittäminen, biokaasuinvestointien lupamenettelyiden sujuvoittaminen).
- **Liikennejärjestelmän** energiatehokkuuden kehittäminen (-1 Mt) (esim. kuljetustapoihin vaikuttaminen, tavaraliikenteen digitalisaatio, automaatio, ajoneuvojen suurempien mittojen ja massojen hyödyntäminen)
- **Ajoneuvojen** energiatehokkuuden parantaminen (-0,6 Mt) (mm. moottoreiden kehittäminen, painon keventäminen, raskaan kaluston päästöjen raja-arvot: kalvo 47)
- Keinoja täsmennetään keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelmassa (kalvo 50).

Strategia päivitetään 2021 ja siihen tuodaan mm. fossiilittoman liikenteen tiekartan tulokset (kalvo 63). Myös toimialakohtaisten tiekarttojen (esimerkki kalvo 66) ehdotuksia tullaan ottamaan huomioon.

Keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelma KAISU 2030 (Ympäristöministeriö 2017)

- Perustuu ilmastolakiin (609/2015).
- Komission ehdotuksen mukaan Suomen kasvihuonekaasujen päästövähennystavoite taakanjakosektorille vuodelle 2030 on 39 % verrattuna vuoden 2005 tasoon.
- Suunnitelma täsmentää ja täydentää energia- ja ilmastostrategiassa määritellyjä toimia päästöjen vähentämiseksi.
- Perusskenaarion nykyiset toimet eivät riitä tavoitteen saavuttamiseen. Keskipitkän aikavälin suunnitelmassa arvioidaan, millä toimilla ero saadaan kurottua umpeen.

Liikenteen lisätoimet

- Huomioitava näiden toimien aiheuttama mahdollinen kustannusten nousu erityisesti ammattiliikenteessä, sekä otettava käyttöön keinoja, joiden kautta tätä kustannusten nousua voidaan tarvittaessa kompensoida.

1. Fossiilisten polttoaineiden korvaaminen uusiutuvilla ja vähäpäästöisillä vaihtoehdoilla

- Varataan valtion vuoden 2018 talousarvioon määräraha 3 milj. € sähköisen liikenteen ja **biokaasun liikennekäytön infrastruktuurin edistämiseen** sekä 1,5 milj. € asuinrakennusten sähköisen liikenteen infrastruktuurin edistämiseen.
- Tiivistetään **Pohjoismaista yhteistyötä** liikenteen päästöjen vähentämiseksi. Kehitetään Pohjoismaihin yhteinen tavoitemittaristo liikenteen erilaisiin päästövähennyskeinoihin liittyen.

Fossiilittoman liikenteen tiekartan tulokset (kalvo 63) tuodaan myöhemmin osaksi keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelmaa.



Keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelma KAISU 2030 (Ympäristöministeriö 2017) (jatkuu)

2. Ajoneuvojen energiatehokkuuden parantaminen

Ei relevantteja keinoja tämän selvityksen kannalta

3. Liikennejärjestelmän energiatehokkuuden parantaminen

- Selvitetään päästöporrastettujen ruuhkamaksujen käyttöönottoa.

Työkoneet

- Otetaan käyttöön bionesteen sekoitevelvoite työkoneissa käytettävään kevyeen polttoöljyyn. Sekoitesuhde lisääntyy etupainotteisesti vuoden 2030 10 %:n osuutta kohti (ks. kalvo 67).
- Edistetään biokaasun käyttöä työkoneissa.
- Osallistutaan EU-tasolla työkoneiden CO₂-säätelyn kehittämiseen (työkonedirektiivin kehittäminen).
- Edistetään työkoneiden energiatehokasta käyttöä informaatio-ohjauksen keinoin.
 - Työkoneiden kuljettajien koulutuksella ja muulla informaatio-ohjauksella mm. Motivan energianeuvonnan kautta voidaan edistää energiatehokkuutta. Energiatehokkaasta kalustosta koituu energiansäästön lisäksi myös kustannussäästöjä. Hyvien käytäntöjen kokoaminen ja niistä viestiminen nähdään järkevänä keinona myös sidosryhmien piirissä.
- Vahvistetaan työkoneiden CO₂-päästövähennyksiin liittyvää tietopohjaa.
 - Käynnistetään selvitystyötä kansallisen työkoneiden kasvihuonekaasujen inventaarion ja skenaariotyön kehittämisen ja EU-vaikuttamisen tueksi ja varmistetaan työkoneiden asiantuntija- ja toimijaverkon toiminta.

Työryhmä suunnitelman päivittämiseksi on nimitetty 6/2021 asti.

Suomen yhdenmennetty energia- ja ilmastosuunnitelma (Ministry of Economic Affairs and Employment 2019)

- Suunnitelma toteuttaa vuoden 2030 energia- ja ilmastotavoitteiden (kalvo 54) seurantaan. Tuorein suunnitelma perustuu myös mm. keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelmaan (kalvo 55) ja liikenteen osalta Parlamentaarisen liikenneverkon rahoitusta arvioivan työryhmän loppuraporttiin (Liikenne- ja viestintäministeriö 2018).
- Em. työryhmän liikenteen päästöjen vähentämisestä koskevia tavoitteita vuoteen 2030 mennessä ovat mm. (ml. työryhmän väliraportti (Liikenne- ja viestintäministeriö 2017b)):
 - Biopolttoaineiden osuus tieliikenteessä kasvatetaan 30 %:iin aikaisempien päätösten mukaisesti.
 - Rahoitusta käytetään lataus- ja jakeluinfran rakentamiseen.
 - Kansallista sääntelyä kehitetään jatkamalla raskaan liikenteen kuljetusten energiatehokkuuden parantamista.
 - Verotusta kehitetään nykyistä voimakkaammin päästöperusteiseksi.

Kansallinen ilmansuojeluohjelma (Ympäristöministeriö 2019)

- Ohjelma ehdottaa kansallisia toimenpiteitä EU:n päästökattodirektiivin (2016/2284) mukaisten päästöjen vähentämisvelvoitteiden lisäksi.
- Ohjelman ehdottamat toimenpiteet on pääosin jo esitetty muissa liikennettä koskevissa linjauksissa, mutta ohjelma halua tukea niiden toteutumista.
- Ohjelman valittuja toimenpiteitä liikenteen päästöjen vähentämiseksi: Tuetaan toimenpiteitä ja ehdotuksia, jotka koskevat autokannan uudistumisen nopeuttamista ja nolla- ja vähäpäästöisten ajoneuvojen osuuden lisäämistä liikenteessä.
 - Raskaalle liikenteelle asetettavat nykyistä tiukemmat raja-arvot
 - Vaihtoehtoisten käyttövoimien jakeluinfran rakentamisen tuet
 - Liikenteen verotuksen kehittäminen
 - Toimeenpannaan Pölyävät maantiet -hankkeen suositukset (mm. maankäytön ja liikenteen yhteissuunnittelu: nopeudet, raskas liikenne)
 - Lisätään informaatio-ohjausta ilmanlaadun ja turvallisuuden kannalta parhaista rengasvalinnoista.

Liikenteen vaihtoehtoisten käyttövoimien jakeluverkko - Suomen kansallinen ohjelma (Liikenne- ja viestintäministeriö 2017a)

- Vaihtoehtoisten käyttövoimien jakeluinfrastruktuuria koskevat kansalliset tavoitteet vuosille 2020 ja 2030
- Tavoite, että vuonna 2030 kaikilla polttoaineen jakeluasemilla olisi tuotevalikoimassaan jokin korkeaseosbiopolttoaine (kuten 100-% uusiutuva diesel, korkeaseosetanoli E85 tai etanolidiesel ED95).
- Vaihtoehtoisia käyttövoimia (sähkö, kaasu, vety, nestemäiset biopolttoaineet korkeina pitoisuuksina) käyttävien uusien kuorma-autojen osuus (2020: 40 %, 2025: 60 %, 2030: 100 %).

Ohjelman seurantaraportissa (Liikenne- ja viestintäministeriö 2020) on esitetty ohjelman tavoitteisiin tiukennuksia ja täydennyksiä. Nämä on esitetty sisällytettävän Fossiilittoman liikenteen tiekarttaan (ks. kalvo 63).

Valtakunnallinen liikennejärjestelmäsuunnitelma (Liikenne12 2020) (lausuntoversio 13.11.2020)

Tavoitteet ja strategiset linjaukset

- Kestävyys: Ihmisten mahdollisuudet valita kestävämpiä liikkumismuotoja paranevat - erityisesti kaupunkiseuduilla.
 - Kestäviä liikkumis- ja kuljetusmuotoja kehitetään myös kaupunkiseutujen ulkopuolella.
- Tavaraliikenteessä parannetaan kuljetusten tehokkuutta ja päästövähennyksiä mm. digitalisaation keinoin ja mahdollistetaan siirtymistä kestävimpiin liikennemuotoihin.

Tavaraliikenteen palvelut

- Valtio laatii selvityksen logistiikkaketjujen tehostamis- ja päästövähennysmahdollisuuksista tulevana vuosina yhteistyössä muiden toimijoiden kanssa. Selvityksen perusteella voidaan tunnistaa esimerkiksi pilottihankkeita toimenpiteiden testaamiseksi. Selvityksen tulokset huomioidaan mm. seuraavan valtakunnallisen liikennejärjestelmäsuunnitelman valmistelussa.

Logistiikan digitalisaatio

- Digitalisaation avulla voidaan sujuvoittaa ja tehostaa kuljetusketjuja (ml. tavaraliikenteen solmupisteet) sekä vähentää liikenteen päästöjä uusien innovaatioiden ja toimintamallien avulla.
- Tarkemmin logistiikan digitalisaatiota on käsitelty logistiikan digitalisaatiostrategiassa (Valtioneuvosto 2021).

Kysynnän ohjaaminen kestävään liikenteeseen ja liikenneturvallisuus

- Liikenteen päästövähennystavoitteeseen pääsyn edellyttämät toimenpiteet kootaan fossiilittoman liikenteen tiekarttaan (kalvo 63).
- Valtio ja kunnat edistävät vaihtoehtoisten käyttövoimien jakeluverkon rakentumista koko maahan

Liikennealan yritysten kestävä kasvun mahdollistaminen

- Liikennealan kestävä kasvun ohjelma

Sisävesiliikenne

- Valtio selvittää yhteistyössä toimijoiden kanssa mahdollisuudet siirtää kuljetuksia maanteiltä sisävesille osana logistiikan päästövähennyksiä koskevaa tutkimusta.

TEM:in energiatehokkuustyöryhmän raportti (Tirkkonen ym. 2019)

- Työryhmän esitykset toimista, joilla Suomi saavuttaa EU:n uudistuvan energiatehokkuusdirektiivin artikla 7:n mukaiset sitovat tavoitteet kaudelle 2021–2030. Tavaraliikenteen osalta tunnistetut toimenpidekokonaisuudet:
 - Raskaan kaluston energiatehokkuuden parantaminen
 - EU:n raskaan kaluston valmistajia koskevat CO₂-raja-arvot (ks. kalvo 52) (eivät koske osaa Suomen kokoluokista)
 - Raskaan kaluston mitta- ja massamuutokset (2021–2030 -1,1 Twh_{kum}, noin -20 GWh/v). Suurilla yhdistelmillä ja täysillä kuormilla ajettaessa voidaan saavuttaa energiatehokkuuden kannalta paras lopputulos. Kuorma-autojen mittojen ja massojen kasvattamisella voidaan vähentää pitkämatkaisten kuljetusten liikennesuoritetta.
 - Ajoneuvon valintaan vaikuttava verotus. Joiltain osin raskaan kaluston energiatehokkuuden kehittymistä ohjataan verotuksen avulla (polttoainevero, ajoneuvovero, autovero).
 - Ajoneuvon valintaan vaikuttava informaatio-ohjaus
 - Tavaraliikenteen energiatehokkuuden parantaminen ja kuljetusmuotojakaamaan vaikuttaminen
 - Kuljetusten optimointi uusia toimintamalleja kehittämällä ja digitalisaatiota hyödyntämällä
 - Tiestön kunto ja liikenneinfrainvestoinnit (mahdollisuudet kuljetusten optimaaliseen reititykseen, vaikutus ajamisen taloudellisuuteen ja turvallisuuteen).
 - Liikennesuoritteeseen vaikuttava taloudellinen ohjaus. Taloudellisia ohjauskeinoja ovat muun muassa liikenteen verotus ja mahdolliset tienkäyttömaksut (esim. polttoaineverotus, ruuhkamaksut).
 - Suoritteeseen vaikuttava informaatio-ohjaus ja koulutus (mm. taloudellisen ajon koulutus ja taloudellista ajamista edistävä digitalisaatio, kuljetusyritysten vastuullisuusmalli).
 - Vesi- ja raideliikenteen energiatehokkuuden parantaminen IMO:n toimet meriliikenteen energiatehokkuuden parantamiseksi vähentävät myös kotimaan vesiliikenteen CO₂-päästöjä. Raideliikenteen energiatehokkuutta parantaminen (liikennevälineiden energiatehokkuuden parantamalla, välineiden tehostamalla käyttöä muun muassa koulutuksen avulla ja toiminnan ohjausta kehittämällä), tavarakuljetuksissa logistisen tehokkuuden parantaminen, junakokojen kasvattaminen ja vaihtotöiden vähentäminen).
 - Työkoneiden energiatehokkuuden parantaminen (mm. moottori- ja muun teknologian kehitystyö, työkoneiden CO₂-säätelyn kehittäminen EU-tasolla ja informaatio-ohjaus ja tietopohjan laajentaminen). Työkoneiden käytön energiatehokkuutta parannetaan erityisesti yritysten ja niiden asiakkaiden toimien avulla ja digitalisaatiota hyödyntämällä, mm. kumppanuuksia ja toiminnanohjausjärjestelmiä kehittämällä sekä koulutuksen avulla.

Marinin hallituksen ohjelma (Valtioneuvosto 2019): Vähäpäästöinen liikenne

- Liikenteen päästövähennystavoitteiden tulee vasta Suomen hiilineutraaliustavoitteeseen.
- Suomi vähintään puolittaa liikenteen päästöt vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoden 2005 tasoon.
- Raskaan liikenteen ja lentoliikenteen siirtymää kestävien biopolttoaineiden käyttöön edistetään.
- Käynnistetään kestävä liikenteen vero- ja maksu-uudistus, joka vähentää päästöjä.
 - Jos liikenteen ja erityisesti dieselin verotusta uudistetaan, ammattibiodieselin käyttöönoton mahdollisuuksia selvitetään.
- Valmistellaan raskaan liikenteen vinjettimaksu ottaen huomioon vaikutukset kuljetusalan kustannusrakenteeseen ja suhde EU:n lainsäädännön valmisteluun (charging of heavy good vehicles).
- Luodaan tiekartta fossiilittomaan liikenteeseen (kalvo 63).
 - Mahdollistetaan ajoneuvojen käyttövoimien uudistamista ja ajoneuvokannan asteittaista nollapäästöistymistä.
 - Ohjataan kestävästi tuotettuja nestemäisiä biopolttoaineita erityisesti raskaan liikenteen ja lentoliikenteen käyttöön.
 - Arvioidaan kestävästi tuotettujen biopolttoaineiden riittävyys maantieliikenteessä.
 - Käynnistetään yhteistyöverkosto, jonka tehtävänä on kehittää päästömittaristoja verotuksen pohjaksi.
- Nopeat toimet päästöjen vähentämiseksi:
 - Mahdollistetaan henkilö- ja tavaraliikenne vähän liikennöidyillä ja käytöstä poistetuilla rataosuuksilla.
 - Kestävästi tuotettu biokaasu biopolttoaineiden jakeluvelvoitteen piiriin.
 - Hiilineutraalien synteettisten polttoaineiden pilotointia ja tuotannon käynnistämistä Suomessa edistetään.
 - Hallitus edistää liikenteen ja logistiikan digitalisoitumista ja automatisaatiota kohdentamalla rahoitusta kokeiluille ja vaikuttamalla alan EU- ja kansainväliseen säätelyyn.
 - Tuetaan latausinfra ja biokaasun jakeluverkon laajennuksia.
 - Laaditaan sisävesiliikenteen kehittämisohjelma ja edistetään sisävesiliikennettä (esim. pidentämällä Saimaan kanavan sulut).

Fossiilittoman liikenteen tiekartta (Fossiilittoman liikenteen...2021) lausuntoversio

- Esitetään keinot, joilla kotimaan liikenteen khk-päästöt puolitetaan vuoteen 2030 mennessä (verrattuna vuoden 2005 tasoon) ja liikenne muutetaan nollapäästöiseksi viimeistään vuoteen 2045 mennessä (ks. esim. hallitusohjelma kalvo 62). Valmistelussa on otettu huomioon liikenne- ja logistiikka-alan vähähiilitiekarttoja (ks. kalvo 66).
- Toimenpiteet
 - Fossiilisten polttoaineiden korvaaminen vaihtoehtoisilla käyttövoimilla
 - Tavoite: Vuonna 2030 polttoaineen kulutuksesta 34 % katetaan uusiutuvilla polttoaineilla.
 - Sisällytetään biokaasu ja sähköpolttoaineet jakeluelvoitteeseen ja nostetaan jakeluelvoite 34 %:iin vuonna 2030
 - Jatketaan ja korotetaan liikennesähkön ja -kaasun julkisen jakeluinfratruktuurin tukea
 - Vuonna 2025 paineistetun kaasun tankkausasemia 100 kpl ja nesteytetyn kaasun tankkausasemia noin 40 kpl
 - Laajennetaan yksityisen sähköauton latausinfra tuki kattamaan myös työpaikat
 - Käynnistetään pilottihankkeet sähköteiden soveltuvuuden tutkimiseksi Suomessa (raskaalle ajoneuvokalustolle)
 - Autokannan uudistaminen
 - Tavoite: Vuonna 2030 raskaassa kalustossa noin 4 600 sähköautoa ja noin 6 200 kaasukuorma-autoa ja -bussia.
 - Otetaan käyttöön uusi hankintatuki sähkökäyttöisille kuorma-autoille (2021–2030). Jatketaan ja korotetaan kaasukäyttöisten kuorma-autojen hankintatukea vuoteen 2030 asti.
 - Käynnistetään ajoneuvoihin ja vaihtoehtoihin käyttövoimiin liittyvä laaja tutkimusohjelma
 - Liikennejärjestelmän tehostaminen
 - Tavoite: Kuorma-autojen suorituksen kasvu hidastuu 2020-luvulla (ei itse kuljetusten vähentäminen, vaan tavaroiden entistä tehokkaampi kuljettaminen tieliikenteessä tai kuljetusten siirtyminen entistä kestävämpiin kuljetusmuotoihin).
 - Hyödynnetään lain Suomessa sallimat suuret mitat ja massat tiekuljetuksissa täysimääräisesti
 - Muut (tarkentuvat syksyllä 2021)
 - Jakeluelvoitteen kasvattaminen (Jakeluelvoitelain muutos käynnissä. Selvitetään mahdollisuus nostaa jakeluelvoite yli 34 %:n polttoaineiden saatavuus huomioon ottaen)
 - Liikenteen digitalisaation mahdollistaminen (mm. ajoneuvojen täyttö- ja käyttöasteet, kuljetusreittioptimointi, staattisten ja dynaamisten tietojen kattavuus, kokeilut ja yhteiskehittäminen, tiedon jakamisen toimintamallit)
 - Logistiikan digitalisaatio (mm. kuljetusten optimointi, toimialojen sisäinen yhteistyö, päästötietojen saatavuus, logistiikan automaatio, logistiikan digitalisaation strategia ja valtioneuvoston periaatepäätös)
 - Väylien kunnossapidon parantaminen (mm. peruskunnossapidon lisärahoitus, Liikenne 12 -toimenpiteet)

Fossiilittoman liikenteen tiekartta (lausuntoversio) jatkuu

- Muissa yhteyksissä päätettävä toimenpiteet
 - Tuetaan biokaasun tuotannon käynnistämistä (päätös osana kansallista energia- ja ilmastostrategiaa vuonna 2021)
 - Tuetaan sähköpolttoaineiden tuotannon käynnistämistä T&K&I-rahoituksella ja energiatuilla (päätös osana kansallista energia- ja ilmastostrategiaa vuonna 2021)
 - Ajoneuvoverotuksen muuttaminen
 - Liikenteen verotusta koskevat ehdotus valtiovarainministeriön liikenteen verotyöryhmässä keväällä 2021.
 - Päästövähennys- ja kustannusvaikutuksia arvioidaan liikenteen verotuksen uudistamista selvittävässä työryhmässä.
 - Kuorma-autojen käyttövoimaverotuksen muuttaminen
 - Veron vähentämisellä kompensoidaan polttoaineiden hinnannoususta mahdollisesti koituvaa kustannusvaikutusta
 - Suunnataan valtion liikenneinfrainvestointeja kestävään liikkumiseen ja kuljettamiseen
 - Hallitusohjelman mukaisesti raideinvestointien määrää kasvatetaan nykytasosta (mm. ratojen välityskyky, raideliikenteen energiatehokkuus, akselipainojen nosto tavaraliikenteen junakuljetusten tehostamiseksi)
 - Parannetaan Saimaan kanavan ja Saimaan järvialueen vesiliikenteen toimintaedellytyksiä ja alennetaan kuljetus-kustannuksia mahdollistamalla pidemmät alukset ja suurempi kulkusyvyyden Saimaan kanavalla ja syväväyläverkolla.
 - Toimenpiteet, rahoitustasot ja päästövähennysvaikutukset tarkennetaan Liikenne12-suunnitelmassa (ks. kalvo 60).
 - Säädetään laki, joka mahdollistaa kaupunkiseutujen liikenteen hallintaan tähtävien ruuhkamaksujen käyttöönoton.
- Tavoitteet ja toimet vuoteen 2045
 - Fossiilisten liikennepolttoaineiden myynti kotimaan liikenteeseen loppuu vuonna 2045.
 - Raaka-aineiden rajallisuuden vuoksi tavoitteena on, että nestemäisten biopolttoaineiden absoluuttinen määrä tieliikenteessä ei nouse enää vuoden 2030 jälkeen (mutta voidaan siirtää lentoliikenteen ja merenkulun käyttöön)
 - Vuonna 2045 vähintään noin 35 % liikenteen kokonaisenergiankulutuksesta hoidettaisiin sähköllä
 - Vuonna 2045 liikenteen saataisiin vähintään noin 5–6 TWh biokaasua
 - Vuonna 2045 sähköpolttoaineilla tai suoralla vedyn käytöllä voitaisiin korvata noin 4 TWh fossiilista energiaa
 - Vuonna 2045 kuorma-autoissa käytettäisiin dieselin lisäksi kaasua ja sähköä
 - Kuorma-autojen ajoneuvokilometrit kasvavat vain 12 % (kuljetusten tehostuminen ja siirtymät raiteille ja vesille)

Meri- ja sisävesiliikenteen kasvihuonepäästöjä koskeva periaatepäätös (Valtioneuvoston periaatepäätös...2020) (lausuntoversio)

- Suomella ei ole erillisiä kansallisia tavoitteita meri- ja sisävesiliikenteen päästöjen vähentämiseksi, vaan Suomi on sitoutunut IMO:n tavoitteisiin meriliikenteen päästöjen vähentämiseksi sekä EU:n päästövähennystavoitteisiin.
- Tuetaan siirtymää vaihtoehtoihin käyttövoimiin ja polttoaineisiin meriliikenteessä
 - Ohjataan kansallista tutkimus- ja innovaatorahoitusta kokonaan uusien merenkulun polttoaineiden kuten metanolin, vedyn, ammoniakkin ja synteettisten polttoaineiden sekä niiden vaatimien alusteknologioiden kehitystyöhön Itämeren alueella.
 - Ohjataan uusiutuvien polttoaineiden käyttöä meriliikenteeseen.
 - Muutetaan asetusta nestemäisten polttoaineiden valmisteverosta niin, että aluspolttoaineiden verottomat polttoainetoimitukset laajenisivat koskemaan myös merkitsemättömiä biopolttoöljyjä
 - Vaikutetaan EU:ssa FuelEU Maritime -aloitteen ja muiden kauppamerenkulun vaihtoehtoisten polttoaineiden kysyntää lisäävien toimien valmisteluun siten, että ne todella vähentävät päästöjä
 - Arvioidaan kansallisten toimien tarve EU:n jakeluinfradirektiivin (2014/94/EU) päivityksen jälkeen
 - Laaditaan selvitys meriliikenteen sähköistymisestä ja akkukäyttöisten alusten käytön mahdollisuuksista kotimaan lähiliikenteessä sekä sen edellyttämän latausinfrastruktuurin kehittämistarpeista Suomen satamissa. Samassa yhteydessä arvioidaan pidemmän aikavälin mahdollisuudet muidenkin meriliikenteen vaihtoehtoisten käyttövoimien, erityisesti vedyn ja biopolttoaineiden, hyödyntämiseen Suomen kauppamerenkulussa.
- Tuetaan olemassa olevien alusten energiatehokkuuden parantamista sekä uusien vähäpäästöisten alusten kehittämistä
- Kehitetään meri- ja sisävesiliikenteen järjestämistä päästöjä vähentävällä tavalla
 - Sisävesien tavaraliikenteen aluskannan uusiutuminen ja vaihtoehtoihin polttoaineisiin siirtyminen. Pitkäjänteisessä liikennejärjestelmäsuunnittelussa huomioidaan vesikuljetusten ympäristöystävällisyys ja varmistetaan satama- ja väyläverkon sekä niihin liittyvien palveluiden toimivuus ja riittävyys siten, että se kannustaa lastien siirtämiseen maantiekuljetuksista vähäpäästöisempiin vesikuljetuksiin.
 - Aloitetaan Saimaan kanavan kehittäminen vuoden 2021 budjettiesityksen antamisen yhteydessä linjatulla tavalla kustannustehokkaiden ja ympäristöystävällisten kuljetusten edistämiseksi itäisessä Suomessa
 - Selvitetään mahdollisuudet siirtää kuljetuksia maanteiltä sisävesille osana logistiikan päästövähennystutkimusta.

Toimialakohtaiset tiekartat vähähiilisyteen

- Työ- ja elinkeinoministeriön koordinoimana toteutetut tiekartat löytyvät sivulta <https://tem.fi/julkaistut-tiekartat>
- Tiekarttoja on otettu huomioon Fossiilittoman liikenteen tiekarttatyössä (ks. kalvo 63).
- Tässä esitellään liikenne- ja logistiikka-alan tiekartan (Vasara ym. 2020) pääkohdat tavaraliikenteen osalta [hakasuluissa arvio ko. keinon vaikutuksista verrattuna VTT:n liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen perusennusteeseen vuonna 2030]:
 - Autokannan uusiutumisen vauhdittaminen [raskaan kaluston hankintatuki -5 %]
 - Uusiutuvat polttoaineet (jakeluelvoitteen nosto 35 %:iin vuoteen 2030 mennessä, mahdollisesti kohdentaminen tavaraliikenteeseen, jakeluelvoitteen kannustavuuden lisääminen, tuotantotuki, vaihtoehtoja ovat myös synteettiset, hiilineutraalit polttoaineet) [yht. -18 % tavaraliikenteessä], biokaasun jakeluelvoite 65 % vuonna 2030 [-2 %]
 - Kestävän liikenteen palvelut ja digitalisaatio [-9 % tavaraliikenteessä]
 - Liikenteen ja logistiikan ja palveluistumisen nopeuttaminen sekä kuljetusketjujen kehittäminen
 - Investoinneilla ja TKI-rahoituksella: älykäs infra, staattinen ja dynaaminen tieto, analytiikka, tiedon siirto
 - ohjauskeinoin: hinnoittelu, kannusteet, verotus, maankäyttö, julkiset hankinnat
 - Tieto-ohjauksella ja luotettavalla päästöraportoinnilla (esim. standardit)
 - Infrapanostukset liikennejärjestelmään [-7 %]
 - Tavaraliikenteen täsmäinvestoinnit sekä raideliikenteen markkinaosuuden [-5 %] kasvattaminen mittavilla ratahankkeilla edistävät siirtymää vähähiilisiin kulkumuotoihin
 - Tieinfran pullonkaulojen poisto, joka mahdollistaa energiatehokkaamman ajon.
 - Tieverkon kunnon ja kunnossapidon kehittäminen
 - Investoinnit Saimaan kanavaan sisävesiliikenteen markkinaosuuden kasvattamiseksi [vesiliikenteen kasvu -3 %]
 - Rataverkon sähköistäminen [-2 %]
 - HCT-rekkojen lisääminen [-7 %]
 - Auto- ja ajoneuvoveron muutokset [-17 %]

Uusi laki biopolttoöljyn käytön edistämisestä (418/2019)

- Mm. työkoneisiin tarkoitettu kevyestä polttoöljystä on osa korvattava vuodesta 2021 alkaen biopolttoöljyllä. Velvoite on alussa 3 % ja kasvaa niin, että vuonna 2028 jakelovelvoite on 10 %.

Lisäykset lakiin biopolttoaineiden käytön edistämisessä liikenteessä (446/2007) (jakelovelvoitelaki)

- Liikenteessä käytettävien biopolttoaineiden jakelovelvoite kasvaa vuodesta 2019 lähtien 18 %:sta 30 %:iin vuonna 2029.
- Kehittyneiden biopolttoaineiden lisävelvoitetta tiukennetaan vuodesta 2021 (2 %-yksikköä) alkaen niin, että se olisi 10 %-yksikköä vuonna 2030.
- Lausunnoilla 2/2021 asti lakiluonnos, joka mm. laajentaisi muuta kuin biologista alkuperää olevien uusiutuvien nestemäisten ja kaasumaisten liikenteen polttoaineiden sisällyttämisen lisävelvoitteeseen

Biopolttoaineista ja bionesteistä annettu laki (393/2013) (kestävyyslaki)

- Bionesteiden kestävyyskriteerit
- Perustuu RES-direktiiviin (kalvo 49)

Ympäristönsuojelulaki (527/2014) - ja asetus

- Mm. uuden päästökattodirektiivin (kalvo 49) kansallinen toimeenpano

Ilmastolaki (609/2015)

- Määrittelee Suomen ilmastopolitiikan pitkän aikavälin suuntaviivat ja säätää ilmastopolitiikan suunnittelujärjestelmästä.
- Tavoitteena vähintään 80 prosentin kasvihuonekaasupäästöjen vähennys vuodelle 2050 verrattuna vuoteen 1990

Liite 2

Päästölaskelmien oletuksia



Laskelmien kalusto – puunkorjuu

	Kulutustiedon tietolähde	Kalustotarkenne	Päästökertoimien tietolähde	Kalustotarkenne
Hakkuukone	Jylhä ym. 2019, Kääriäinen 2020, Metsäteho		LIPASTO	Hakkuukone 149 kW*
Kuormatraktori	Brunberg & Lundström 2013, Haavikko ym. 2019, Kääriäinen 2020 Metsäteho		LIPASTO	Kuormatraktori 105 kW*
Lavettiauto	Kauppinen 2010, Metsäteho	Lavettiauto 40 t, omapaino 15 t	LIPASTO, VTT	Maansiirtoauto 32 t, EURO IV (2006–2008), täysi kuorma 19 t
Auto (koneenkuljettajien työmatka-ajo)	LIPASTO	Diesel pakettiauto 2,7 t, EURO 5 (2012–2015), täysi kuorma 1,2 t	LIPASTO, VTT	Diesel pakettiauto 2,7 t, EURO 5 (2012–2015), täysi kuorma 1,2 t

*Tehotasot matalia nykyiseen konekantaan nähden.



Laskelmien kalusto – kaukokuljetus

	Kulutustiedon tietolähde	Kalustotarkenne	Päästökertoimien tietolähde	Kalustotarkenne
Puutavara-auto	Metsäteho		LIPASTO, VTT	Täysperävaunu-yhdistelmä 76 t, EURO VI (2015-)
Sähköjuna	LIPASTO	1 099 t*, nettolasti 780 t	LIPASTO	1 099 t*, nettolasti 780 t
Dieseljuna	LIPASTO	1 099 t*, nettolasti 780 t	LIPASTO	1 099 t*, nettolasti 780 t
Alus	LIPASTO	Puskuproomu, lasti 3 000 t	LIPASTO	Puskuproomu, lasti 3 000 t
Uitto	Järvi-Suomen Uittoyhdistys			

**Puun junakuljetuksissa käytetään paljolti junia, joiden kokonaispaino on yli 2 000 t.*



Kuljetuskaluston polttoaineen kulutus, l/m³/km

	Kulutus, l/m ³ km	Tietolähde
Puutavara-auto	0,0197	Metsäteho
- Autolla asemalle	0,0234	
- Autolla alukseen	0,0242	
- Autolla uittoon	0,0248	
Sähköjuna		
Dieseljuna	0,0097	LIPASTO
Alus	0,0066	LIPASTO
Uitto	0,0041	Järvi-Suomen Uittoyhdistys

Liite 3

Päästöjen vähentämiskeinoja



Huomautus liitteestä

- Keinokorteissa on käsitelty ko. keinoa pääosin kuorma-autokuljetusten ja työkoneiden näkökulmasta.
 - Juna- ja aluskuljetuksia koskevat keinot on esitetty osin omina kortteinaan.
- Liitteessä 1 on esitetty osin tavoitteita, jotka koskevat useampaa keinoa yhdessä (esim. yleinen tavoite uusiutuvien polttoaineiden käytön kasvusta). Nämä tavoitteet puuttuvat keinokohtaisista korteista.
- Liitteessä 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

Työkoneet: Biopolttoöljyn jakeluvuote (= >10%) vuoteen 2028 mennessä¹

Auto: Jakelun osalta ks. seuraava kalvo. Biopolttoaineen jakeluvuote nousee vähitellen 18 %:sta ja on 30,0 % vuodesta 2029 lähtien, kehittyneiden biopolttoaineiden lisävelvoite 10,0 % vuodesta 2030 lähtien²

KEHITYSNÄKYMÄT

Yleisesti: Biopolttoaineiden käyttöä raskaassa liikenteessä halutaan edistää usein keinoin³

Auto: Investoinnit biopolttoaineiden tuotantoon parantavat saatavuutta.⁴ SKALin barometrin⁵ mukaan vuosina 2030–2045 kuorma-autoista 95 % kulkee edelleen dieselillä.

Biodiesel, biopolttoöljy

TAVOITTEET

- Uusiutuvan energian investointitukia kohdennetaan esim. liikenteen kehittyneitä biopolttoaineita tuottaviin laitoksiin⁶
- Vuonna 2045 nestemäisten biopolttoaineiden osuus kaikista polttoaineista on 100 % vuonna 2045 kotimaisessa liikenteessä (fossiilisten liikennepolttoaineiden myyntikielto 2045)⁷

POTENTIAALINEN VAIKUTUS

- Biopolttoöljy työkoneissa: päästövähennys 0,2 CO_{2ekvt} vuonna 2030²
- Biopolttoaineen jakeluvuotteen nosto 18 %:sta 30 %:iin vähentää 16 % CO₂-päästöjä⁸

¹Laki biopolttoöljyn käytön edistämisestä ²Laki biopolttoaineiden käytön edistämisessä liikenteessä 2019 ³Valtioneuvosto 2019

⁴Bioenergia 2019 ⁵SKAL ry 2019 ⁶Huttunen 2017 (toim.) ⁷Särkijärvi ym. 2018 ⁸Laskelma lähteestä VTT Oy 2021



Tiedot poimittu jakeluketjujen sivuilta 11.4.2019

Tukkuri	Ketju	Polttoainekategoria	Ketjun käyttämä	Markkinanointinimike	Lisämäärä	Tuotetiedoissa mainitut "tyypilliset arvot" (tyhjä = ei ilmoitettu)								
						FAME, %	Muu bio, %	Tiheys	Setaaniluku	Rikki	Larvo (MJ/l)	Samepiste	Suodat.	Voitelevuus
NESTE	Neste	Diesel	Diesel	Neste Futura Diesel	-5/-15	0		825	54	5		-5	-15	300
		Diesel	Diesel	Neste Futura Diesel	-15/-25	0		806	55	3		-15	-26	350
		Diesel	Diesel	Neste Futura Diesel	-29/-34	0		806	55	6		-29	-38	356
		Diesel	Diesel	Neste Futura Diesel	-40/-44	0		810	52	5		-40	-44	380
		Diesel	Diesel	Neste Pro Diesel	Kesälaatu -12/-22	0	15	826	60	3		-14	-26	380
		Diesel	Diesel	Neste Pro Diesel	-32/-37	0	15	805	60	4		-33	-40	390
		Uusiutuva diesel	Uusiutuva diesel	Neste My	Kesälaatu	0	100	779	80	<1	34,4	-10	-10	<460
		Uusiutuva diesel	Uusiutuva diesel	Neste My	Talvilaatu		100	Tuotetietoja ei saatavilla				-34	-34	
		Moottoripolttoöljy	Kevyt polttoöljy	Neste Pro Moottoripolttoöljy	Kesälaatu	0		835	52	6	36	-5	-15	300
Moottoripolttoöljy	Kevyt polttoöljy	Neste Pro Moottoripolttoöljy	Talvilaatu	0		820	52	6	35,3	-29	-38	356		
NEOT GROUP	ST1	Diesel	Diesel	Diesel Plus	-20	5	>0	801	63	5		-12	-22	350
		Diesel	Diesel	Diesel Plus	-35	3	>0	805	63	5		-25	-36	350
		Diesel	Diesel	Diesel Plus	-38	3	>0	805	63	5		-30	-38	350
		Uusiutuva diesel	Etanolidiesel	Red95	Ei soveltu tavanomaiseen dieselmoottoriin, tuotetietoja ei saatavilla (bio-osuus 95% ?)									
		Moottoripolttoöljy	Moottoripolttoöljy	MPO Plus	Kesä	0		835	52	6	36	-5	-15	300
		Moottoripolttoöljy	Moottoripolttoöljy	MP0 Plus	Talvi	0		820	52	6		-29	-34	356
		Moottoripolttoöljy	(Moottori)polttööljy	ST1 Opti	Kesä			840	54	5	36	-5	-15	360
	Moottoripolttoöljy	(Moottori)polttööljy	ST1 Opti	Talvi			830	51	5	35,4	-29	-34	380	
	Moottoripolttoöljy	Moottoripolttoöljy	ST1 Opti	Talvi arkinen			830	52	15		-41	-45	450	
	Shell	Diesel	Diesel	Shell Diesel	Kesä	5	>0	801	63	5		-12	-22	350
		Diesel	Diesel	Shell Diesel	-35	3	>0	805	63	5		-25	-36	350
		Diesel	Diesel	Shell Diesel	-38	3	>0	805	63	5		-30	-38	350
		Moottoripolttoöljy	Kevyt polttoöljy	Shell Thermo City	Kesälaatu			840	53	8	36	-5	<-15	360
Moottoripolttoöljy		Kevyt polttoöljy	Shell Thermo City	15/25			835	52	8	35,7	-15	<-25	350	
Moottoripolttoöljy		Kevyt polttoöljy	Shell Thermo City	Talvilaatu			830	51	8	35,4	<-29	<-34	380	
ABC		Diesel	Diesel	NEOT Diesel -10/-20 Premium	Smart Diesel	5	>0	801	63	5		-12	-22	350
	Diesel	Diesel	NEOT Diesel -25/-35 Premium	Smart Diesel	3	>0	805	63	5		-25	-36	350	
	Diesel	Diesel	NEOT Diesel -30/-38 Premium	Smart Diesel	3	>0	805	63	5		-30	-38	350	
	Diesel	Diesel	Diesel Polttoöljy	Kesälaatu	0		835	52	6	36	-5	-15	300	
	Diesel	Diesel	Diesel Polttoöljy	Talvilaatu	0		820	52	6	35,3	-29	-34	356	
	Moottoripolttoöljy	Polttoöljy	Rikitön kevyt polttoöljy	Kesälaatu	0		835	54	6	36	-5	-15	300	
	Moottoripolttoöljy	Polttoöljy	Rikitön kevyt polttoöljy	Talvilaatu	0		820	52	6	35,3	-29	-34	356	
LUXOIL	Teboil	Diesel	Dieselöljy	Teboil Diesel	Kesälaatu			840	53	6		-6	<-15	320
		Diesel	Dieselöljy	Teboil Diesel	Välilaatu			830	51	6		-15	-25	330
		Diesel	Dieselöljy	Teboil Diesel	Talvilaatu			806	55	6		-29	-38	356
		Uusiutuva diesel	Uusiutuva diesel	Teboil Green+	-10/-10	0	100	779	80	<1		-10	-10	350
		Uusiutuva diesel	Uusiutuva diesel	Teboil Green+	-34/-34	0	100	780	80	<1		-34	-34	350
		Moottoripolttoöljy	Kevyt polttoöljy	Teboil Motor/Lämmitys	Kesälaatu			840	53	6	36	-6	<-15	320
		Moottoripolttoöljy	Kevyt polttoöljy	Teboil Motor/Lämmitys	Talvilaatu			820	52	6	35,3	-29	-38	356

NYKYTILANNE SUOMESSA

- Sekoitussuhde polttoaineessa kuorma-autosta riippuen 30–100 %. Soveltuu myös dieselveureihin ja osaan työkoneista¹
- 100-prosenttisesti uusiutuvaa dieseliä myynnissä 30 raskaan liikenteen asemalla², 100-prosenttisesti uusiutuvaa polttoöljyä myynnissä rajoitetusti 1/2021 alkaen³

KEHITYSNÄKYMÄT

- Käyttö lisääntyy, koska vuonna 2016 voimaan tulleen direktiivin myötä autonvalmistajien on helpompi antaa hyväksyntä ja takuu uusiutuvan dieselin käytölle¹

Uusiutuva diesel ja polttoöljy

TAVOITTEET

- Korkeapitoisesti uusiutuvaa dieseliä sisältävät polttoaineet lasketaan mukaan kuorma-autojen vaihtoehtoisten käyttövoimien tavoitteisiin¹

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.⁴
- Uusiutuva polttoöljy: jopa –90 % elinkaaren aikaiset kasviuonekaasupäästöt³

¹Liikenne- ja viestintäministeriö 2017a ²Neste Oyj 2021a ³Neste Oyj 2021b ⁴Lukkari 2019



TILANNE SUOMESSA

- Ei saatavilla Suomessa
- Sähkölpoltoaineiden pilottilaitos suunnitteilla Joutsenoon

KEHITYSNÄKYMIÄ

- T&K-työtä käynnissä kansainvälisesti ja Suomessa mm. LUT:ssa ja Wärtsilässä, teolliseen tuotantotasoon 10–20 vuotta
- Esim. teollisuuslaitosten päästöt ja toimistojen ilmanvaihto potentiaalinen CO₂-lähde polttoaineiden valmistukseen¹

Synteettiset P2X-
polttoaineet, Sähkö-
polttoaineet P2F
(power-to-x, ptx, e-fuel)

TAVOITTEITA

- Lakiesitys sähköpolttoaineiden sisällyttämisestä jakeluvuorotteeseen lausunnoilla

POTENTIAALISIA VAIKUTUKSIA

- Ptx-tuotteet vähentävät bensiiniin nähden elinkaaren CO_{2eq}-päästöjä vedyn osalta 90 g, sähköautojen ja metanolin osalta 50 g ja metaanin osalta 40 g per 1 MJ uusiutuvaa energiaa.²
- Säännöt uusiutuvan sähkön huomioon ottamisesta laskelmissa työn alla EU:ssa

¹YLE 2019 ²Uusitalo ym. 2017

TILANNE SUOMESSA

- 5 etanolikuorma-autoa¹
- Metanolikäyttöisiä aluksia on käytössä muissa maissa, biometanolin kaupallinen tuotanto käynnistynyt Ruotsissa

KEHITYSNÄKYMÄ

- Etanolin jakelu Suomessa rajoittunut vielä pääkaupunkiseudulle

Bioetanol, (bio)metanol

TAVOITTEITA

- Etanoli tuotu esille vaihtoehtoisten käyttövoimien kansallisessa ohjelmassa²

POTENTIAALISIA VAIKUTUKSIA

- RED95-bioetanol vähentää raskaan liikenteen CO₂-päästöjä jopa 90 %, lähipäästöjä jopa 80 % ja hiukkaspäästöjä jopa 70 %.^{2, 3}

¹Traficom 2021 (pl. yksityiskäytössä ja myyntivarastossa olevat) ²Liikenne- ja viestintäministeriö 2017a ³St1 Nordic Oy 2017

NYKYTILANNE SUOMESSA

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

Auto: 7 hybridikuorma-autoa², joista 2 puutavarayhdistelmiä (Sisu Polar Timber Hybrid)

KEHITYSNÄKYMÄT

Työkoneet: Metsäkoneet, harvesterit ja terminaalikoneet ovat kustannustehokkaasti hybridisoitavissa³

Auto: Vuonna 2030 arviolta 3 800 kevythybridikuorma-autoa (yli 16 t)⁴

Sähköteiden (eHighway) kokeilut eri maissa; Suomessa maanteiden pääväylien sähköistäminen vähentäisi CO₂-päästöjä jopa milj. t/v⁵

Scania tutkii aurinkopaneeleita hybridikuorma-autoissa (voisivat soveltua esim. hakeyhdistelmiin)⁶

Hybridi (polttoaine&sähkö)

TAVOITTEET

Ei asetettuja tavoitteita

POTENTIAALINEN VAIKUTUS

(polttoaineen kulutuksen säästö)

Työkoneet: pyöräkuormaaja yli 50 %⁷,
materiaalinkäsittelykone 30 %, hakkuri 6–26 %¹

Auto: -10 % polttoaineen kulutus⁸, opinnäytetyö hybridipuutavarayhdistelmästä käynnissä



¹Venäläinen & Pesonen 2017 ²Traficom 2021 ³Nylund ym. 2016 2020 ⁴Autoalan Tiedotuskeskus 2021 ⁵Väylävirasto ⁶Scania 2020 ⁷Nokka 2018 ⁸MTV Uutiset 2018

NYKYTILANNE SUOMESSA

Työkoneet: 8 % puun vastaanoton konekannasta tuotantolaitoksilla sähköisiä¹

Auto: 6 täyssähkökuorma-autoa, ensimmäisten täyssähkökuorma-autojen kokonaispainot 16 ja 18 t², Ruotsissa tutkitaan sähköistä ja automaattista puutavarayhdistelmää³

KEHITYSNÄKYMÄT

Työkoneet: Metsäkoneet, harvesterit ja terminaalikoneet ovat kustannustehokkaasti sähköistettävissä⁴

Auto: Vuonna 2030 arviolta 600 täyssähkökuorma-autoa.⁵ Ei lähitulevaisuudessa käyttöön puu- tai hakekuljetuksissa, vaatisi merkittävää akkuteknologian kehittymistä

Alus: Ensimmäisiä täyssähköaluksia tulossa käyttöön muissa maissa

Täyssähkö

TAVOITTEET

Yleinen: Akkuteknologian kehittäminen⁶

Työkoneet: Ei tavoitteita

Auto: Vuonna 2020 raskaassa kalustossa noin 4 600 sähköautoa⁷

Alus: Lähimeren kulun ja sisävesiliikenteen sähköistäminen⁶

POTENTIAALINEN VAIKUTUS

-100 % (käytön aikaiset päästöt)

¹Metsätehon kysely metsäyhtiöille ²Traficom 2021 (pl. yksityiskäytössä ja myyntivarastossa olevat) ³Skogforsk 2019 ⁴Nylund ym. 2016 ⁵Autoalan Tiedotuskeskus 2021 ⁶European Commission 2018 ⁷Fossiilittoman liikenteen...2021

Junakuljetukset on käsitelty omassa keinokortissaan



NYKYTILANNE SUOMESSA

Auto: Käytössä 142 kaasu-, 50 bifuel- ja 0 kaasuhybridikuorma-autoa.¹ Volvolla 460 hv:n kaasukuorma-autoja, Ivecolla tulossa myyntiin yli 500 hv:n auto.

- 9 liikennekaasun tankkausasemaa raskaalle liikenteelle.²
- **Työkoneet:** Rekisterissä muutamia yli 10 tonnin kaasutrukkeja¹

KEHITYSNÄKYMÄT

- Vuonna 2030 arviolta 2 800 kaasukuorma-autoa (yli 16 t)³
- Maa- ja biokaasu kiinnostavat kuljetusautoilijoita sähköä enemmän.⁴
- Esitetty nykyisen kaasukuorma-autojen hankintatuen jatkamista ja korottamista⁵
- Sopisi parhaiten sivutuotehakkeen kuljetuksiin (yhdistelmän kokonaispaino ei liian suuri, tankkausmahdollisuudet)
- Ammoniakkia testataan alusten polttoaineena Norjassa⁶

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

TAVOITTEET

- Vuonna 2030 noin 6 200 kaasukuorma-autoa ja bussia, vuonna 2025 100 pain. kaasun ja 40 nest. kaasun tankkausasemaa⁵
- Kaasuajoneuvojen lisääminen raskaassa liikenteessä^{7, 8}
- Saimaan syväväylällä kulkevien alusten kaasutarpeisiin liikkuva tai kiinteä tankkauspiste vuoteen 2030 mennessä⁹

POTENTIAALINEN VAIKUTUS

Ks. kaasutyypikohtaiset kortit

¹Traficom 2021 (pl. yksityiskäytössä ja myyntivarastossa olevat) ²Gasum Oy 2020 ³Autoalan Tiedotuskeskus 2021 ⁴SKAL ry 2019 ⁵Fossiilittoman liikenteen...2021 ⁶Wärtsilä 2020 ⁷Huttunen (toim.) 2017 ⁸European Commission 2018 ⁹Liikenne- ja viestintäministeriö 2020



NYKYTILANNE SUOMESSA

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

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

KEHITYSNÄKYMÄT

- LNG sopii raskaisiin kuljetuksiin, koska energiatiheys ja siten toimintasäde on suurempi kuin CNG:llä.²
- LNG on yleistymässä alusten polttoaineena ja käyttöä junakuljetuksissa kehitetään.² Nestekaasualuksia on tulossa liikenteeseen³.
- Uudet terminaalit parantavat LNG:n saatavuutta Suomessa, mutta jakeluverkostoa on silti tarpeen kasvattaa⁴. Baltic Connector -maakaasuputken valmistuminen lisää tarjontaa

Maakaasu, metaani (LNG&CNG)

TAVOITTEET

- LNG:n/LBG:n bunkrausmahdollisuus rannikolla vuoteen 2025 ja Saimaan syvävyöllä vuoteen 2030 mennessä⁵

POTENTIAALINEN VAIKUTUS

- Maakaasun CO₂-päästöt samaa luokkaa dieselin kanssa⁵. LNG-kuorma-auton elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt ovat yli 20 % pienemmät kuin dieselkuorma-auton.⁶
- Yhdysvalloissa LNG-veturin CO₂-päästöt 30 % ja typpipäästöt 70 % pienemmät kuin dieselveturilla²

¹Tekniikka&Talous 2019b ²likkanen& Haapala 2018 ³Tekniikka&Talous 2019a ⁴Huttunen (toim.) 2017 ⁵Liikenne- ja viestintäministeriö 2017a ⁶Gasum Oy 2019

NYKYTILA SUOMESSA

- Ks. kaasu yleisesti (kalvo 81)
- Biokaasua (LBG) testattu rahtialuksen lisäpolttoaineena¹
- Lakiehdotus biokaasun sisällyttämisestä jakeluelvoitteeseen lausunnoilla

KEHITYSNÄKYMÄ

- Noin puolet Suomen raskaan tieliikenteen energiankulutuksesta voisi olla katettavissa kotimaisella biometaanilla²
 - Kaasutankkausverkoston laajentaminen (ml. kevyet jakeluasemat)³ ja biokaasuekosysteemien luominen⁴ tarpeen
- Merkittävin hidaste biokaasun tuotantolaitoshankkeiden heikko kannattavuus⁵
 - Biometaanin käytön hidasteena matala energiatiheys ja varastoinnin kalleus⁶

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

TAVOITTEET

- Vuonna 2045 liikennekäytössä vähintään 5–6 TWh biokaasua⁷
 - Kestävästi tuotettu biokaasu biopolttoaineiden jakeluelvoitteen piiriin (lakiluonnos lausunnoilla 2/2021 asti), biokaasun jakeluverkon laajentaminen⁸
 - Biokaasun tuotannon ja käytön edistäminen Suomessa^{3,5}
 - Biokaasun käytön edistäminen työkoneissa^{3,9}

POTENTIAALINEN VAIKUTUS

- Tieliikenteessä LBG vähentää elinkaaren aikaisia kasvihuonekaasupäästöjä jopa 85 % fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna¹⁰
- Biokaasun päästövaikutusten laskennasta ei ole kattavaa ohjeistusta⁵

¹Osto&Logistiikka 2020 ²Pääkkönen ym. 2019 ³Huttunen (toim.) 2017 ⁴Aro ym. 2018 ⁵Työ- ja elinkeinoministeriö ym. 2020
⁶Söderena ym. 2019 ⁷Fossiilittoman liikenteen...2021 ⁸Valtioneuvosto 2019 ⁹Ympäristöministeriö 2017 ¹⁰Gasum Oy 2019a



NYKYTILANNE SUOMESSA

Auto: Ei ajoneuvoja eikä tankkausasemia, vety- ja vetyhybridikuorma-autoja on kv. markkinoilla

Juna (veturi): Ensimmäisiä vedyllä toimivia vetureita liikenteessä muissa maissa

Alus: pilottialuksia rakenteilla Norjaan ja Ranskaan¹

Työkoneet: Vetykoneita käytössä muissa maissa

T&K: Yritysten Kansallinen vetyklusteri perustettu

KEHITYSNÄKYMÄT

- Vuonna 2030 arviolta 300 vetykuorma-autoa (yli 16 t)²
- Etuja tavallisiin sähköautoihin nähden: suuri energiatiheys => suuri ajoneuvojen hyötykuorman osuus, ajoneuvon pitkä tankkausväli, nopeampi ja vähemmän tilaa vievä tankkaaminen^{3, 4}. Vetyhybridin hyöty pieni pitkissä ja raskaissa kuljetuksissa.⁴
- Jakeluinfrastruktuurin rakentamisen ja uusiutuvan vedyn kalleus hidasteita^{5, 6}
- Woikoskella valmius vedyn toimittamiseen, uusiutuvan vedyn kehityshankkeita käynnistynyt Suomessa⁷

Vety & Vetyhybridi

TAVOITTEET

Uusiutuvan vedyn tuotannon lisääminen ja tukeminen EU:ssa, vedyn käytön edistäminen mm. raskaissa kuorma-auto-, juna- ja aluskuljetuksissa⁶

Vetyasemia Suomessa 20 kpl vuonna 2030⁸

POTENTIAALINEN VAIKUTUS

Hiiletön energiankantaja, mikäli vedyn tuotantoon ei ole käytetty fossiilista energiaa (=uusiutuva vety)^{8, 9, 6}

Tällä hetkellä suurin osa vedystä valmistetaan maakaasusta.

¹Flagships 2021 ²Autoalan tiedotuskeskus 2021 ³Tekniikka&Talous 2019c, ⁴Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking 2019 ⁵VTT 2013 ⁶European Commission 2020a ⁷Tekniikka&Talous 2020 ⁸Liikenne- ja viestintä-ministeriö 2017a ⁹Huttunen (toim.) 2017

NYKYTILANNE SUOMESSA

- EURO-päästöluokat
- Uusi EU-sääntely: kuorma-autojen CO₂-päästörajat 2025 alkaen, CO₂-päästöt ja polttoaineen kulutus osana ajoneuvon tyyppihyväksyntää, rengasasetus
 - Autoalan green deal (mm. korkeille biopolttoainepitoisuuksille sopivan raskaan kaluston tarjonta)¹

KEHITYSNÄKYMÄ

- Lujien rakenneteräksien hyödyntäminen kuorma-autojen rungoissa, perävaunuissa ja niiden komponenteissa ja turvarakenteissa voisi vähentää kuorma-auton painoa noin tonnilla²
- Z-nosturit lisäävät puukuorman osuutta 4–5 m³, mutta vaikutus polttoaineen kulutukseen pitäisi tutkia
 - Muu T&K-työ

Kuorma-autokalusto

TAVOITTEITA

- Energiatehokkuuden parantaminen (mm. moottoreiden kehittäminen, painon keventäminen, raskaan kaluston päästörajat ^{4, 5}) (-0,6 Mt)³, EURO 7 – normi, lähes kaikki nollapäästöisiä vuonna 2050⁶
 - Ajoneuvohankintojen neuvonta⁵
- Vuonna 2025 uusista kuorma-autoista 40 % ja vuonna 2030 100 % soveltuvia jonkin vaihtoehdoisen käyttövoiman käyttöön⁷

POTENTIAALINEN VAIKUTUS

- Aerodynamiikan kehittäminen: 4–6 %:n säästö puutavaran ja 3–8 %:n hakekuljetuksen polttoaineen kulutuksessa⁸, kuorma-autoissa yleisemmin jopa 10–40 %⁹
- Muiden keinojen vaikutusten arviointi vaatii jatkotutkimusta, VECTO-simulointimalli helpottaa vaikutusten arviointia

¹Valtioneuvoston kanslia 2020a ²Tekniikka&Talous 2019 ³Huttunen (toim.) 2017 ⁴Ympäristöministeriö 2019 ⁵Tirkkonen ym. 2019

⁶European Commission 2020c ⁷Liikenne- ja viestintäministeriö 2020 ⁸Löfroth & Gelin 2015 ⁹Rahkola 2019

TILANNE SUOMESSA

- Ajoneuvoyhdistelmien enimmäispituus 34,50 m (1/2019 lähtien) ja -paino 76 t
- Yli 76-tonnisten yhdistelmien kokeiluita käynnissä aines- ja sivutuotehakekuljetuksissa¹

KEHITYSNÄKYMIÄ

- Massojen noston käsittelyn tilanne on auki

Kalustokoko (HCT)

TAVOITTEITA

- Ajoneuvojen suuremmat mitat ja massat on mainittu päästövähennyskeinoina^{2, 3, 4, 5}

POTENTIAALINEN VAIKUTUS

- Ainespuukuljetuksissa polttoaineen kulutus vähenee noin 6–20 % per tuoretonni (min. 100 km:n ajomatka) ja hakekuljetuksissa 7–16 % (min. 50 km:n ajomatka)¹
- Mitta- ja massamuutos kaikissa kuljetuksissa -20 GWh/v³

¹Venäläinen & Poikela 2020 ²Huttunen (toim.) 2017 ³Tirkkonen ym. 2019 ⁴Suomen kansallinen energiatehokkuuden toimintasuunnitelma 2017 ⁵Fossiilittoman liikenteen...2021

NYKYTILANNE SUOMESSA

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

- Letka-ajokokeiluita toteutettu¹³ (Kanadassa myös metsäteillä¹)
- Tyhjänä ajon osuus on korkea metsäsektorin kuljetuksissa² (yli 80 %:ssa aines- ja energiapuukuljetuksissa tyhjä paluu³)

KEHITYSNÄKYMÄT

- Kuljettajia eri olosuhteissa ohjaavat ja osin automatisoidut järjestelmät tulevat parantamaan lastin käsittelyn ja kuljetusten energiatehokkuutta^{11, 14}
- Letka-ajo sopinee parhaiten metsäsektorin tuotekuljetuksiin tierasitusvaikutusten takia
- Kuormatraktorin etähallinnan ja automaation vaikutukset painojakaumaan ja omapainoon, kärkehousu ja reittioptimointi parantaisivat energiatehokkuutta⁷

Ajotapa, ohjausjärjestelmät, automaatio, digitalisaatio

TAVOITTEET

- Liikenteen ja logistiikan digitalisoitumisen (esim. reittioptimointi, datan jakaminen) ja automatisaation edistäminen^{5, 6, 15, 16}
- Tavarakuljetusten tehostaminen (esim. meno-paluukuljetukset, letka-ajo, kuljetusten yhdistely, täyttöasteiden nostaminen)^{8, 16}
- Taloudellisen ajotavan koulutus ja älyliikenne^{2, 6, 9}

POTENTIAALINEN VAIKUTUS

- Taloudellisella ajotavalla voidaan saavuttaa 5–15 %:n säästö polttoaineen kulutuksessa²
- Letka-ajolla on arvioitu saavutettavan 5–15 % polttoaineen kulutussäästö (päälystetyillä teillä)¹⁰
- Skenaariotarkastelun mukaan logistiikan digitalisaation (mm. sähköiset tietoympäristöt, logistiikan automatisaatio, datan keräys kuljetusvälineistä, älykkäät reittitiedot) osuus Suomen logistiikan päästöjen vähentymisestä voisi olla 4–13 % vuonna 2030¹⁴

¹Pekkala ym. 2019 ²FPIinnovations 2018 ³Liikenne- ja viestintäministeriö 2013 ⁴Venäläinen & Poikela 2016 ⁵Seppälä 2020a ⁶Pöyskö ym. 2020 ⁷Seppälä 2020b ⁸European Commission 2018 ⁹Tirkkonen ym. 2019 ¹⁰European Commission 2020c ¹¹Fossiilittoman liikenteen...2021 ¹²Huttunen (toim.) 2017 ¹³Suomen kansallinen energiatehokkuuden toimintasuunnitelma 2017 ¹⁴Pilli-Sihvola 2016



NYKYTILANNE SUOMESSA

- Osuus kotimaisen puun kuljetuksista: 18 % kuutioista ja 37 % kuutiokilometreistä (sis. alkukuljetukset)¹
- 75 % puun rautatiekuljetussuoritteesta hoidetaan sähkövetureilla². VR tilasi 60 uutta dieselveturia pääosin tavaraliikenteeseen (2025 mennessä)³
- Tehtaiden junakuljetuspuun vastaanoton vaunusiirtolaitteista 43 % on sähköisiä⁴
- Kaasukäyttöisiä vetureita ja vaunusiirtolaitteita on (koe)käytössä muissa maissa

KEHITYSNÄKYMÄT

- Stage IIIB -päästöstandardi vähentää merkittävästi uusien vetureiden hiukkas-, typen oksidien ja hiilivetyypäästöjä.⁵
- Junien dieselvetureiden uusimisella saavutetaan noin 60 % radan sähköistämisen saavutettavista päästöhyödyistä.⁵
 - LHT (Larger and Heavier Trains) -junien käyttöönotto⁶
- Kaasuveturit ovat tulevaisuudessa potentiaalisia kaasun saatavuuden kehittyminen myötä⁵

Rautatiekuljetukset, veturit ja vaunusiirtolaitteet

TAVOITTEET

- Rautatieliikenteen energiatehokkuuden parantaminen (liikennevälineiden energiatehokkuus, välineiden tehostettu käyttö, logistinen tehostaminen, junakokojen kasvattaminen, vaihtotoiden vähentäminen)⁷
- Mahdollistetaan tavaraliikenne vähän liikenneöidyllä ja käytöstä poistetuilla rataosuuksilla⁸

POTENTIAALINEN VAIKUTUS

- Puun dieseljunakuljetusketjun CO_{2eq}-päästöt/tkm 33 % pienemmät kuin autokuljetusketjulla.⁹ Sähköjuna ja sähköinen vaunusiirtolaite 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 vaunusiirtolaitteiden korvaaminen hybrideillä vähentäisi dieselin kulutusta 36–70 %.¹⁰

¹Strandström 2021 ²VR Transpoint 2021 ³VR Transpoint 2019 ⁴Metsäteho Oy:n kysely metsäyhtiöille ⁵likkanen & Haapala 2018 ⁶Venäläinen 2019 ⁷Tirkkonen ym. 2019 ⁸Valtioneuvosto 2019 ⁹Kalvon 14 laskelmat ¹⁰Venäläinen & Pesonen 2017

NYKYTILANNE SUOMESSA

- Vesikuljetusten osuus puun kotimaan kuljetuksissa: 2 % kuutioista ja 4 % kuutiokilometreistä (sis. alkukuljetukset)¹
- Vesikuljetusten infrastruktuurivaikutukset ovat pienet muihin kuljetusmuotoihin verrattuna
- Alusten keski-ikä on korkea (15 v)², joten ne eivät ole Stage-standardien mukaisia

KEHITYSNÄKYMÄ

- Puun vesikuljetusten osuuden kasvattaminen edellyttää niiden tehostamista (mm. tiedonkulussa³ ja lastauspaikkojen käytössä⁴)
- Puun vesikuljetukset ovat autokuljetuksiin nähden kilpailukykyisiä vain pitkillä kuljetusmatkoilla.¹
- Vaihtoehtoiset käyttövoimat yleistyvät tai niitä tutkitaan aluskuljetuksissa (esim. maakaasu, nesteytetty metaani, metanoli, ammoniakki, sähkö, vety)^{5, 6}

Vesikuljetukset & alukset

TAVOITTEET

- Päästövähennystavoitteet IMO:n ja EU:n tavoitteiden mukaan⁶
 - Sisävesiliikenteen edistäminen^{7, 6, 8}
- Vesiliikenteen ja alusten energiatehokkuuden parantaminen (mm. aluskannan uusiutumisen kautta)^{9, 6}
 - Vaihtoehtoisten käyttövoimien ja polttoaineiden sekä maasähkön hyödyntäminen vesiliikenteessä (alkaen TEN-T-satamista)⁶
 - Alusten satamakäyntien ennakointi⁶

POTENTIAALINEN VAIKUTUS

- Puun aluskuljetusketjun CO_{2eq}-päästöt/tkm 44 % ja uittokuljetusketjun 62 % autokuljetusketjua pienemmät (kuljetusmuotokohtaisilla keskikuljetusmatkoilla)¹⁰

¹Strandström 2021 ²Juronen 2017 ³Korpela 2019 ⁴Seppälä 2019 ⁵Huttunen 2017 (toim.) ⁶Valtioneuvoston periaatepäätös...2020

⁷Valtioneuvosto 2019 ⁸European Commission 2020c ⁹Tirkkonen ym. 2019 ¹⁰Kalvon 14 päästölaskelmat

NYKYTILANNE SUOMESSA

- Suomen rataverkosta on sähköistetty 56 %
- Puun lastauspaikkoja ja -satamia 68 kpl ja aktiivisia uiton pudotuspaikkoja 24 kpl¹
- Yksityistieverkon korjausvelan on arvioitu olevan noin miljardi €²

KEHITYSNÄKYMÄ

- Radan välityskyvyn parantaminen (mm. lisäraiteet) lisää kapasiteettia myös puukuljetuksiin (tarpeen varsinkin mahdollisten uusien biotuotetehtaiden myötä)^{3, 4, 5, 6} Digirata-hanke vähentää osaltaan rataverkon kapasiteettiongelmia⁷
- Muita keinoja vähentää junakuljetusten päästöjä on mm. rataverkon ominaisuudet huomioon ottava EcoDrive-ajaminen⁸
- Puun lastauspaikkojen infrastruktuurin (mm. varastointialueet) kehittäminen parantaisi aluskuljetusten tehokkuutta⁹

Kuljetus- infrastruktuurin kehittäminen

TAVOITTEET

- Liikennejärjestelmän energiatehokkuuden kehittäminen (-1 Mt)¹⁰
- Infrastruktuurin kehittäminen tunnistettu keinona vähentää liikenteen päästöjä^{11, 12, 13}
- Edistetään infrakehityksessä kuljetusten siirtämistä tieliikenteestä rautateille ja vesiliikenteeseen^{12, 14}

POTENTIAALINEN VAIKUTUS

- Kuluneilla teillä raskaan liikenteen polttoaineen kulutus nousee 3–6 %. Lumi nostaa tien vierintävastusta 7–8 %.¹³
- Rataverkon sähköistyshankkeet vähentävät liikenteen CO₂-päästöjä keskimäärin 57 % (yhteensä 15 700 t/v)¹⁵

¹ Seppälä 2019 ² Suomen Tieyhdistys 2019 ³ Kosonen 2019 ⁴ Holm 2019 ⁵ Liikennevirasto 2018 ⁶ Pitkänen ym. 2020 ⁷ Pylvänäinen ym. 2020 ⁸ Koivisto ym. 2013 ⁹ Juronen 2017 ¹⁰ Huttunen (toim.) 2017 ¹¹ Valtioneuvosto 2019 ¹² Tirkkonen ym. 2019 ¹³ Väylä 2019 ¹⁴ Valtioneuvoston periaatepäätös... 2020 ¹⁵ Ikkänen & Haapala 2018

NYKYTILANNE SUOMESSA

- Sähköisten työkoneneiden osuus puun vastaanotossa tuotantolaitoksilla 8 %¹. markkinoilla hybridi-, vety- ja kaasutyökoneita
- Ensimmäiset hybridihakkuukoneet otettu käyttöön 2019-2020
- Metsäkoneisiin on integroitu palautejärjestelmiä, jotka ohjaavat taloudellisiin käyttötapoihin
- Uusin Stage-luokka voimaan 2019–2021

KEHITYSNÄKYMIÄ

- Työkonealan green deal vauhdittaa vähäpäästöisempien ratkaisuiden käyttöönottoa²
- Metsäkoneissa biopolttoaineet realistisimmin hyödynnettävä keino
- Koneiden ja niiden moottorien energiatehokkuuden kehittäminen³
- Koneiden käytön optimointi, automatisaatio³

Työkoneiden kehitys

TAVOITTEET

- Työkoneiden energiatehokkuuden parantaminen (mm. moottori- ja muu kehitystyö, digitalisaatio, toiminnanohjausjärjestelmät)⁴
- Edistetään biokaasun käyttöä työkoneneissa⁶ ja täyssähköisiä työkoneneita² vaihtoehtoiset käyttövoimat satamien työkoneneissa⁵
 - Osallistutaan EU-tasolla työkoneneiden CO₂-sääntelyn kehittämiseen^{4, 6}
- Edistetään työkoneneiden energiatehokasta käyttöä informaatio-ohjauksen keinoin (mm. kuljettajien koulutus)^{4, 6}
- Vahvistetaan työkoneneiden CO₂-päästövähennyksiin liittyvää tietopohjaa^{4, 6}

POTENTIAALINEN VAIKUTUS (CO₂-päästöt)

- Moottorien energiatehokkuus: –15 %, koneneiden energiatehokkuus max –50 %, koneneiden käytön tehostaminen ja optimointi (automaatio) max –35 %³
- Hakkuulaitteen terien teroituksella ja oikealla säädöllä voidaan saavuttaa yli 10 %:n säästö polttoaineen kulutuksessa, työmallin vaikutus vähintään samaa luokkaa

¹Metsätehon kysely metsäyhtiöille ²Valtioneuvoston kanslia 2020b ³Nylund ym. 2016 ⁴Tirkkonen ym. 2019 ⁵Fossiilittoman liikenteen... 2021
⁶Ympäristöministeriö 2017