

## RAUTATIELIIKENTEEN ILMASTOKYSYMYKSET

Liikenne- ja viestintäministeriön johtamassa ja koordinoimassa Fossiilittoman liikenteen tiekarttatyössä pyritään tunnistamaan erilaisia keinoja liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi sekä arvioimaan keinojen vaikuttavuutta. Tämän työn tueksi Liikenne- ja viestintäministeriö on pyytänyt Liikenne- ja viestintävirastolta tämän taustamuistion, joka perustuu asiantuntija-arvioon. Muistio on tehty yhteistyössä Väyläviraston kanssa. Työ käsittelee ensisijaisesti mainittujen toimien CO<sub>2</sub>-päästövähennyspotentiaalia. Työ perustuu asiantuntija-arvioon. Tässä muistiossa käsitellään rautatieliikenteen mahdollisia päästövähennyskeinoja. Tehtävänannon mukaisesti tarkastelun kohteena ovat rautatieliikenteen osalta olleet vaihtoehtoiset käyttövoimat sekä liikennevälineiden ja liikennejärjestelmän energiatehokkuuden parantaminen. Kaikista edellä mainituista on taustoituksen lisäksi esitetty arvio päästövähennyspotentiaalista sekä siihen liittyvistä haasteista ja mahdollisuuksista vuosiin 2030 ja 2045 peilaten.

### Vaihtoehtoiset käyttövoimat

#### Sähkö

Junamatkoista 94 % tehdään sähkövetokalustolla. Dieselkäyttöä on henkilöliikenteessä edelleen rataosuuksilla Karjaa-Hanko (sähköistys valmistuu 2024), Ylivieska-Iisalmi (sähköistys valmistuu 2023), Tampere-Haapamäki-Seinäjoki, Jyväskylä-Haapamäki, Parikkala-Savonlinna, Pieksämäki-Joensuu, Joensuu-Nurmes ja (Oulu-)Kemi-Kolari. Näillä liikenne hoidetaan Dm12-moottorivaunuilla, paitsi Kolarin radalla, jolla junat vedetään dieselveturilla. Dm12-moottorivaunut eivät täytä nykyisiä esteettömyyden lähtökohtia. Useissa maissa on jo määrätty ajankohdat, mihin mennessä taajamaliikennekaluston on oltava esteetöntä.

Liikennöitsijöistä vain VR Transpoint käyttää tällä hetkellä sähkövetoa. Tavaraliikenteestä 79% yhtiön liikenteestä kulkee sähkövoimalla. Väyläviraston selvityksessä (39/2020) on arvioitu, että rautatieliikenteen dieselkaluston CO<sub>2</sub>-päästöt olivat v. 2019 noin 66 900 tonnia. Käynnissä olevat ja päätetyt sähköistykset lisäävät tämän VR:n osuuden noin 82-83 prosenttiin. Päästöjen määrä on vähentynyt noin 30% v. 2011 johtuen dieselkaluston ja sen päästöjen vähentymisestä.

Tällä hetkellä VR:n dieselvetureissa ei voi käyttää biodieseliä, mutta yhtiö on tutkimassa mahdollisuutta käyttää sitä Dv12-vetureissa ja järjestämässä testejä kyseisen veturin moottorilla. Uudessa, vuosien 2021-25 aikana käyttöön otettavassa Dr19-veturissa voi käyttää 100 % NEXTBTL-tyyppistä polttoainetta tai vastaavaa. Dr19 tulee korvaamaan valtaosan nykyisistä VR:n dieselvetureista.

Fenniarail ja aloittava Operail käyttävät vain dieselkalustoa. Kummankin suunnitelmissa on myöhemmin hankkia myös sähkövetokalustoa. Alkuvaiheessa uusien operaattoreiden tulo markkinoille vähentää hieman sähkökäyttöä, koska uudet operaattorit liikennöivät dieselkalustolla suurelta osin radoilla, jotka on jo sähköistetty.

Sähköistetty rata tarjoaa varsinaisen junaliikenteen energiansyötön rinnalla kustannustehokkaan tavan syöttää energia infran järjestelmiin, mm. vaihteiden lumensulatukseen. Tällöin ei tarvita ulkopuolisia sähköliittymiä.

Tällä hetkellä kaikki Suomessa rautateiden matkustaja- ja tavaraliikenteessä käytettävä sähkö on päästötöntä, sillä sen tuottamiseen käytetään uusiutuvaa vesivoimaa.

#### Sähkön haasteet ja mahdollisuudet 2030

Valtion hallinnoimasta rataverkosta (ratapituudesta) 56 % (3 361 km) on sähköistetty (Rautatietilasto 2019). Rataverkolla on edelleen sähköistettäväksi potentiaalisia yhteysvälejä. Rataverkon jatkosähköistäminen hyödyttäisi sekä tavaraliikennettä että sitä osaa henkilöliikenteestä, jota hoidetaan tällä hetkellä dieselvedolla. Hankkeiden kannattavuus on kuitenkin syytä arvioida Väyläviraston ratahankkeiden arviointiohjeen mukaisilla menettelyillä. Lisäksi hankkeiden päästövähennystehokkuutta (euroa/CO<sub>2</sub>-tonni) on hyvä verrata muihin toimenpiteisiin.

Sähköistyksen lisäksi tulee tarkastella muita, vaihtoehtoisia käyttövoimiin liittyviä tulevaisuuden ratkaisuja (muistiossa myöhemmin). Esimerkiksi Haapamäen ympäristön sekä Savonlinnan henkilöliikenne olisi sopiva esimerkiksi moderneille akku- tai hybridimoottorivaunuille. Ne sopisivat myös mahdolliselle uudelle henkilöliikenteelle Mänttään tai Kurikan suuntaan.

#### Sähkön haasteet ja mahdollisuudet 2045

Esimerkiksi Sveitsissä koko rataverkko on sähköistetty. Vaikka osalla linjoista liikenne ei olekaan kovin vilkasta, mahdollistetaan tällä yhtenäinen vetokalusto koko verkolle ja myös suurimman osan vaihtotöistä hoito sähkövetokalustolla. Ratkaisulla varmistetaan ennen kaikkea koko rautatiejärjestelmän tehokkuus, mutta viimeisten linjojen sähköistäminen ei enää vähennä oleellisesti päästöjä.

### **Muut uusiutuvat ja päästöttömät käyttövoimat rautatieliikenteessä**

Uusien vetureiden, moottorivaunujen, ratatyökoneiden ja raitiovaunujenkin teknologiassa korostuvat energiansäästö ja uudet käyttövoimat. Vetureissa on tarjolla useita hybridiratkaisuja. Siinä, missä aiemmin dieselagregaatteja pidettiin sähkövetureissa apuvoimanlähteinä vain hiljaisilla nopeuksilla, mahdollistavat uusimmat ratkaisut sähköistämättömillä osuuksilla veturien täyden tehon käytön myös näillä alueilla.

Vety voi mahdollisesti vaikuttaa merkittävästi tulevaisuudessa rautatieliikenteen päästöjen vähentämiseen. Polttoaine kehitetään kemiallisella reaktiolla vedestä, jolloin ei synny lainkaan haitallisia päästöjä. Polttokenno puolestaan muuttaa

vedyn sähköksi. Saksa, Itävalta, Etelä-Korea, Kiina, Japani ja Englanti ovat jo tehneet vetyperusteisia kalustotilauksia. Vety on käyttökelpoinen ratkaisu sähköistykseen verrattuna, kun sen valmistukseen käytettävää sähköä on edullisesti saatavissa, eikä liikenne ole erityisen vilkasta ja raskasta. Kuitenkin vedyn valmistamiseen tarvitaan jopa kolminkertainen määrä energiaa verrattuna mitä sähköistetyn radan kautta energiaa junaliikenteeseen kuluisi. Siksi vety sopii parhaiten kevyehköön moottorivaunukalustoon, jonka energiankulutus ei ole kovin suuri. Myöskään radan sähköistämiseen ei tarvitse investoida.

Myös akkukäyttöisiä moottorivaunuja on hankittu useissa maissa. Rautateiden akkuteknologia on sinänsä jo pitkään käytössä ollut, mutta akkujen pieneneminen ja keventyminen on mahdollistanut niiden käytön käyttövoimana.

Moottorivaunuissa ovat kuitenkin erityisesti lisääntymässä hybridikäytöt. Hybridimoottorivaunuja on mahdollista toteuttaa seuraavilla ratkaisuilla: diesel-akku, ajojohto-akku, ajojohto-diesel ja vety-akku. Jatkossa yleisimmäksi muodostunee moottorivaunu, joka kulkee sekä ajojohdon virralla että akkukäytöllä. Esimerkiksi Saksan Pfalzin alueella kaikki nykyiset dieselmoottorivaunut korvataan tällä hybridikalustolla kolmessa vaiheessa 2024-2026. Akut latautuvat sinä aikana, kun vaunut ovat sähköistetyillä radoilla. Myös mm. Ranskassa on selvityksessä dieselmoottorivaunujen korvaaminen tulevaisuudessa akku- tai hybridikalustolla tai jopa vetykäyttöisellä kalustolla.

Myös vetureita rakennetaan yhä enemmän hybridiratkaisuina. Suomen Sr3:ssa on jo käytössä ajojohto-diesel-ratkaisu. Hybridiveturit yleistyvät kuitenkin eniten vaihtotöissä ja kevyessä linja-ajossa. Esimerkiksi Deutsche Bahn on tilannut Toshibaalta sähköistämättömille radoille vuoden 2020 alussa yhteensä 100 uutta vaihtotöiden ja kevyen linjaliikenteen veturia, joissa on kaksi SCiB (Super Charge Ion Battery) -patteria teholtaan 120 kWh sekä kaksi dieselmoottoria. Tarvittaessa veturi voidaan varustaa myös kattovirroittimella sähköradoilla käyttöä varten. DB:n mukaan vetureilla päästään erittäin merkittävään polttoaineen säästöön.

*Muiden vaihtoehtoisten käyttövoimien haasteet ja mahdollisuudet 2030/2045*  
Teknologiakehityksessä on panostettu uusien käyttövoimien hyödyntämiseen ja tulevina vuosina markkinoilla on tarjolla lukuisia vaihtoehtoisia käyttövoimia varsinkin taajamajunaliikenteeseen sekä vaihtotöihin. Haasteina voivat olla investointihalukkuus kalustoon ja niiden energian/polttoaineen jakelujärjestelmiin.

## **Liikennevälineiden (ja rataverkon) energiatehokkuuden parantaminen**

Vuonna 2019 VR:n energiatehokkuus oli tavaraliikenteessä 0,16 MJ/tonnikm ja matkustajaliikenteessä 0,33 MJ/henkilökm.

Suomessa rataverkon liikenteen ohjauksen energiatehokkuutta parannetaan mm. välittämällä optimaalista ajonopeustietoa kuljettajalle kulkureitin

vapautumistietojen mukaan, jolloin turhia jarrutuksia tai pysähdyksiä voidaan välttää (ns. Kupla-DAS järjestelmä).

### Liikennevälineiden (ja rataverkon) energiatehokkuuden parantamisen haasteet ja mahdollisuudet 2030/2045

Rautateiden energiatehokkuutta voidaan parantaa kalustoteknologian rinnalla Digirata-liikenteenohjausjärjestelmällä. Sillä saadaan liikennettä sujuvoitettua niin, että liikenne kulkee mahdollisimman vähäisillä jarrutuksilla ja kiihdytyksillä.

Rataverkolta tulee muutoinkin poistaa mahdollisuuksien mukaan tilapäisiä ja pysyviä nopeusrajoituksia, jotka lisäävät energiatarvetta. Näitä ovat mm. taseasteusten takia asetetut pistemäiset nopeusrajoitukset ja radan huonosta kunnosta johtuvat paikalliset rajoitukset. Suomen rataverkolla on 80-100 radan kunnosta johtuvaa ylimääräistä nopeusrajoitusta. Lisäksi parantamishankkeiden yhteydessä voidaan nostaa tarvittaessa akselipainoja, jotka tehostavat kuljetusten energiatehokkuutta junamäärän vähenemisen kautta.

## **Liikennejärjestelmän energiatehokkuuden parantaminen**

Nostamalla rautateiden ja muutoinkin rautatieliikenteen markkinaosuutta voidaan yhteiskunnan päästöjä laskea.

Maahenkilöliikenteen kulkumuotojakautumat (henkilökilometreissä) ovat joissakin maissa seuraavat)

	EU	Suomi	Ruotsi	Sveitsi
Henkilöautot	81,8	83,6	81,7	77,3
Linja-autot	8,5	10,3	7,0	5,0
Rautatiet	7,8	5,4	9,4	16,8
Raitiotiet ja metro	1,8	0,7	1,9	0,9

Lähde: EU, Transport in figures 2019

Taulukko kuvaa tilannetta 2018. Vuonna 2019 Suomessa päästiin rautateillä ennätyselliseen 6,2 %:n matkustajaosuuteen. Esimerkiksi Sveitsiin, mutta myös Ruotsiin verrattuna Suomen rautateillä on kuitenkin selkeää kasvupotentiaalia henkilöliikenteessä. Lisäksi Suomessa raitioteiden ja metron osuus tulee kasvamaan johtuen jo rakenteilla olevista (Länsimetron jatko, Tampereen raitiotiet, Raide-Jokeri) radoista ja suunnitelluista linjoista (Laajasalon rata, Vantaan raitiotiet, Turun raitiotiet).

### Liikennejärjestelmän energiatehokkuuden parantamisen haasteet ja mahdollisuudet 2030/2045

Uusilla ratakankkeilla ei saada nopeita päästövähennyksiä, koska rakentamisen CO<sub>2</sub>-päästöjen kuoletusaika on pitkä (Väylävirasto 39/2020).

Ilmastovaikutuksia voidaan hillitä nopeasti panostamalla suurten

kaupunkiseutujen ratojen välityskykyyn, nykyisen rataverkon kunnossapitoon (ml. korjausvelan tuomat häiriöt ja rajoitukset) sekä pienillä nykyisten ratojen parannushankkeilla kuten lisäraiteilla tai kohtauspaikoilla. Keskeistä on myös ratapihojen toimivuus ja mahdollinen kehittäminen tuleviin tarpeisiin. Lisäksi digitalisaatio tuo uusia mahdollisuuksia niin logistiikan tehostamiseen kuin liikenteen ohjaukseen kuten Digirata-selvitys osoittaa.

Raideliikenteen markkinaosuutta voidaan lisätä tehokkaimmin kaupunkiratoja sekä raitiotiejärjestelmiä toteuttamalla. Toimenpiteitä ovat mm. Espoon kaupunkiradan, Helsingin bulevardiraitoteiden, Vantaan raitioteiden ja Turun raitioteiden toteuttaminen. Kaukoliikenteessä osuutta voidaan lisätä Digirata-turvalaitetekniikalla sekä runkoyhteyksiä nopeuttamalla varmistamalla kuitenkin tiheä taajamaliikenne samoilla alueilla.

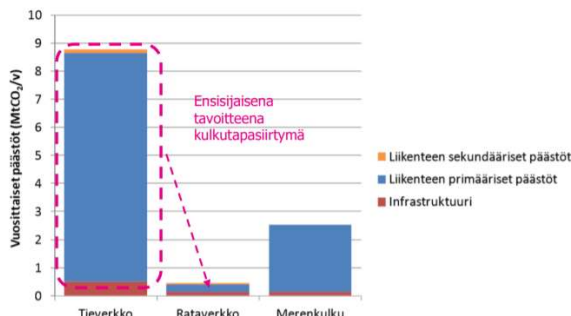
### **Siirtymäpotentiaali eri liikennemuotojen välillä tavaraliikenteessä**

Rautateiden markkinaosuus tavaraliikenteessä on Suomessa tällä hetkellä 28 %, kun se on Euroopassa yleisesti 12-15 %. Kuitenkin esimerkiksi Sveitsissä ja Itävallassa markkinaosuus on huomattavasti Suomea suurempi. Tämä perustuu erityisesti tieliikenteen rajoituksiin (massat, mitat sekä kellonajat) ja yhdistettyjä kuljetuksia tukevien infrainvestointien tekoon. Suomessa on ennen kaikkea varmistettava nykyisen verkon hyvä käytettävyys, jotta rautateiden kuljetusosuus säilyy hyvällä tasolla.

*Liikennemuotojen siirtymäpotentiaalin haasteet ja mahdollisuudet 2030/2045*  
Suomessa perusteellisuuden rautatiekuljetusten markkinaosuutta voidaan vielä mahdollisesti kasvattaa keskittämällä kuljetuksia rautateille. Yrityskohtaisesti on selvitetty, että raskaiden tuotekuljetusten ilmastovaikutusta voitaisiin vähentää siirtämällä Pohjois-Suomen merikuljetuksia eteläisempiin satamiin. Kuljetusketjun kokonaispäästöt verrattuna laivakuljetuksiin esim. Pohjanlahden pohjoisosasta Keski-Eurooppaan laskisivat. Tämä ei sisällä arvioita vaikutuksista kuljetuskustannuksiin. Erikseen on kuitenkin arvioitava vaatisiko tämä lisäinvestointeja rautateihin ja mitkä puolestaan investointien kustannukset ja hiilijalanjälkivaikutukset olisivat. Lisäksi tähän vaikuttaa laivaliikenteen päästöjen kehitys. Liikennevirasto on arvioinut eri kulkumuotojen päästöjen jakautumista v. 2011 (kuva).

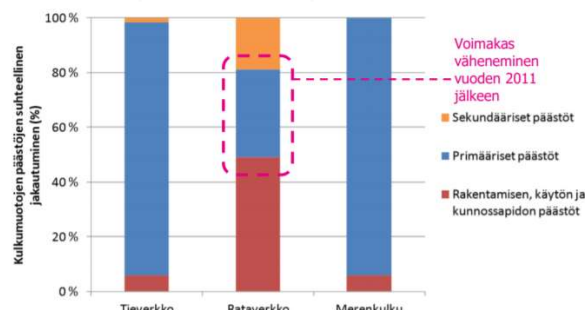
## Rataverkon hiilijalanjälki

Rakennetun ympäristön energiankäyttö jakautuu rakennetun ympäristön käytönaikaiseen energiankäyttöön ja rakentamisen energiankäyttöön. Infrastruktuurien käytön energiankäyttöä (liikenne) ei lasketa rakennetun ympäristön energiankäyttöön, mutta rakennusten lämmitys, sähkönkäyttö ja muut vastaavat käyttötavat lasketaan.



**Kuva 4.** Tie- ja rataverkon sekä merenkulun vuosittaisten päästöjen jakautuminen infrastruktuuriin ja liikenteen päästöihin vuonna 2011.

Rataverkon vuosittaiset päästöt ovat kulkumuodoista pienimmät ja muodostavat vain noin 4 % kaikkien kulkumuotojen yhteenlasketuista päästöistä. Rataverkon päästöissä infrastruktuurin merkitys suhteessa kokonaispäästöihin on suurempi kuin tieverkolla tai merenkululla.



**Kuva 5.** Kulkumuotojen päästöjen suhteellinen jakautuminen vuonna 2011 ottaen huomioon junien käyttämä vihreä sähkö.

Lähde: Tien- ja radanpidon hiilijalanjälki, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 38/2011. 11

Kuva. Väyläverkon hiilijalanjälki v. 2011 (Väylävirasto 39/2020)

Keskusteluun on nostettu viime aikoina mahdollisuus yhdistettyihin kuljetuksiin. Suomessa lopetettiin yhdistetyt kuljetukset vuoden 2014 alussa. Tämän jälkeen tieliikenteen ajoneuvojen mittoja on kasvatettu. Kuorma-autojen maksimikorkeus on nykyään 4,4 m aiemman 4,2 m:n sijaan. Tästä syystä niitä ei aiempaan tapaan voi enää kuljettaa normaalikorkuisilla avotavaravaunuilla. Kuitenkin K17-teli mahdollistaa varsin matalan vaunurakenteen. Suomessa on suunniteltu uusi rekkavaunu Venäjän liikennettä varten, mutta vaunun sarjavalmistus ei toteutunut. Manner-Euroopassa on käytössä runsaasti normaalia matalampaa vaunustoa rekkojen kuljetukseen.

Euroopassa yhdistettyjen kuljetusten keskikuljetusmatka rautateitse on 841 km (2018), edellisenä vuonna se oli 871 km. Tätä kannattavaa kuljetusetäisyyttä tulisi lyhentää, jotta yhdistetyt kuljetukset olisivat kannattavia esimerkiksi Helsingin ja Oulun välillä. Merkittävä osa kustannuksista syntyy vaihtotyöstä ja purusta ja kuormauksesta, ei niinkään junan vedosta. Oleellista onkin lisätä automaatiota kustannusintensiivisissä kuljetusketjun vaiheissa.

Suomessa tulisi selvittää yhdistettyihin kuljetuksiin liittyvät reunaehdot. Esimerkiksi tulevaisuudessa käytettävissä olevaa teknologiaa, liikenneturvallisuutta, rataverkkoa, terminaaleja ja kuljetusvirtoja olisi syytä tarkastella. Aihetta on käsitelty tarkemmin toisessa fossiilittoman liikenteen tiekarttatyössä tehdyssä muistiossa.

### Keskeiset päästövähennyskeinot rautatieliikenteessä

Rautateiden ilmastokysymysten osalta keskeinen toimenpidevalikoima lyhyellä tähtäimellä kattaisi jatkosähköistystä, osalla reiteistä hybridikaluston käyttöä, rataverkon sujuvuuden parantamista yksittäisillä investoinneilla, Digirata-

projektin aloituksen sekä pistemäisten nopeusrajoitusten poistoa. Lisäksi lähitulevaisuudessa tulisi panostaa suurten kaupunkiseutujen välisten ratojen välityskykyyn, jotta kulkutapamuutoksen edellyttämää kapasiteettia rautatieliikenteessä saataisiin lisättyä. Tämä olisi mahdollista nykyisen rataverkon parannuksilla.

Keskeinen toimenpidevalikoima pitkällä tähtäimellä kattaisi koko verkolle joko sähköistyksen tai hybridikaluston käytön, Digirata-hankkeen toteuttamisen koko rataverkolle sekä energia- ja kustannustehokkaan yhdistettyjen kuljetusten verkoston luomisen.

## **Lähdeluettelo**

Muistion sisältö perustuu asiantuntija-arvioon. Asiantuntemus on puolestaan muodostettu vuosien varrella ja muistiossa esitetyjä asiakokonaisuuksia on käsitelty muun muassa alla mainituissa kanavissa eri ajankohtina.

- Väyläviraston yritystapaamiset
- Schweizer Eisenbahn-Revue
- Eisenbahn Magazin
- Railway Gazette
- International Railway Journal
- Resiina-lehti
- Rautatietekniikka-lehti
- Rataverkon toimenpiteiden liikennejärjestelmä- ja ilmastovaikutukset (Väyläviraston julkaisu 39/2020)
- Rautatietilasto 2019 (Tilastokeskus)