

The VTT logo consists of the letters 'VTT' in a bold, white, sans-serif font, centered within a dark blue square.

# Rautatiet – uudet teknologiat

## 23.9. Jukka Laitinen

23/09/2020 VTT – beyond the obvious

## Sisältö

- Mitä tapahtuu nyt (maailmalla)
  - Rautatiet, raitiovaunut, metrot
- Raideliikennekaluston tulevaisuus
  - Käyttövoima
  - Automaatio ja tilannetietoisuus
- Mitä tapahtuu nyt (Suomessa)



## Mitä tapahtuu nyt (maailmalla)

### ■ Yleisesti

- Rautatiet
  - Käyttövoimassa polttomoottoreista asteittain luopuminen
  - Automaation kasvu (avustavista järjestelmistä täysautomaatioon), useita kokeiluja eripuolille Eurooppaa
- Raitiovaunut (kevyt kiskoliikenne)
  - Palvelutason kasvu, digitalisaatio
  - Kestävä kehitys (“vihreys”)
  - Automaatio tutkimuksen alla (mm. Saksa, Kiina, Venäjä)
- Metrot
  - Automaatio jo pisimmällä – ja lisääntyy koko ajan (“suljettu ympäristö”)
    - Kuljettajasta operaattoriksi
    - Huoltovarmuus, häiriötilanteet ja riskienhallinta

## Raidekaluston tulevaisuus (käyttövoima)

- Hiilineutraalius – useat rautatieoperaattorit / maat ilmoittaneet luopuvansa dieselistä lähi vuosikymmeninä – uusien dieselvetureiden tilaukset loppuvat lähivuosina
  - Polttokenno/vety
    - Testejä käynnissä useissa Euroopan maissa (toki myös muualla) vedyn osalta
  - Tutkimus (VDE) sähkö/akkujunan elinkaarikustannuksista vs polttokenno (vety)
    - 35% halvempi kuin vetyä käyttävä
    - oletus “vihreä” vety – ei teollisuuden sivutuote, sekä sähkön jatkuva käyttö vedyn tuottamiseen vrt. yösähkö

## Polttokenno(vety)juna esimerkki Talgo

- Vetyä käytetään vetopyörille, lisäksi akut avustavat kiihdytyksissä, akkuja ladataan jarrutuksissa (jarrutusenergian talteenotto)
- Validointitestit tavoite aloittaa Q4 /2021



Kuva: Talgo

## Vety-raitiovaunu esimerkki Huyndai

- “Sivutuotteena” raitiovaunun kerrotaan suodattavan ilmaa myös haitallisista partikkeleista ja siten puhdistavan myös ympäristönsä ilmanlaatua (prosessissa käytettävä ilma joudutaan puhdistamaan) – päästöinä vedyllä on vesi



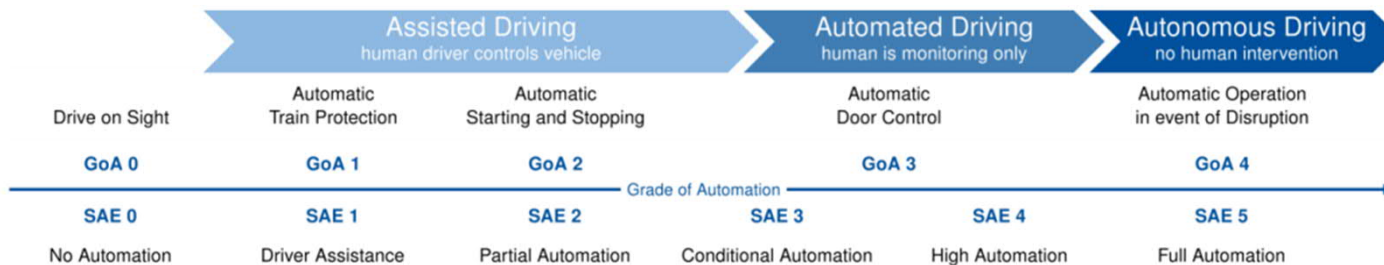
# Raidekaluston tulevaisuus (automaatio)

## ■ Automaatio

- Hyödyt: aikataulut (pienempi vuoroväli, täsmällisyys), turvallisuus, kulusäästöt (energia, muu tehokkuus)
- Haasteet: kohteiden tunnistus, ympäristöolosuhteet, kyberturva, kiskojen kuluminen, mitä-jos (jotain tapahtui), mukana olevien ihmisten rooli
- Esimerkkejä:
  - Varikko/raitiovaunu/henkilöjuna (Moskova)
  - Ratikkalinjan automatisointi (Potsdam/Saksa)
  - SNCF tavarajunan/henkilöjunan automatisointi (prototyyppi tavoite 2023, tuotanto 2025/2026)
  - Tavaraliikenne (RioTinto)
  - Kunnonvalvonta tekoälyn ja antureiden avulla (mm. Alstom Espanjassa), kiskojen ja tunnelien automaattinen kunnonvalvonta (Englanti)
- Vaikutukset turvallisuuteen tai sen tunteeseen

# Automaatiotasot

<b>GoA 1</b> Kuljettaja ajaa junaa kulunvalvonnan antamien opastintietojen mukaan.	<b>GoA 2</b> Puoliautomaatti, jossa juna liikkuu automaattisesti, mutta kuljettaja sulkee ovet ja laittaa junan liikkeelle. Kuljettaja tekee myös tarvittaessa hätäjarrutuksen ja ohjauksen hätätilanteessa.	<b>GoA 3</b> Juna toimii kuljettajattomana, mutta junassa on matkustamossa henkilö, joka sulkee ovet ja panee junan liikkeelle. Tämä henkilö voi ottaa junan hallintaansa myös hätätilanteessa.	<b>GoA 4</b> Täysautomaattinen valvoton junan toiminta, jossa juna toimii kuljettajattomana, jolloin myös ovien toiminta ja hätätilanteet hoituvat koneen ohjaamina, eikä junassa ole muuta henkilökuntaa.
Kuljettaja ajaa junaa			
Junassa on kuljettaja			
Juna on miehitetty			
<b>Normal Train Operation (NTO)</b>	<b>Semi-Automatic Train Operation (STO)</b>	<b>Driverless Train Operation (DTO)</b>	<b>Unattended Train Operation (UTO)</b>
Kuljettajaohjaus	Puoliautomaattiohjaus		Täysautomaattiohjaus

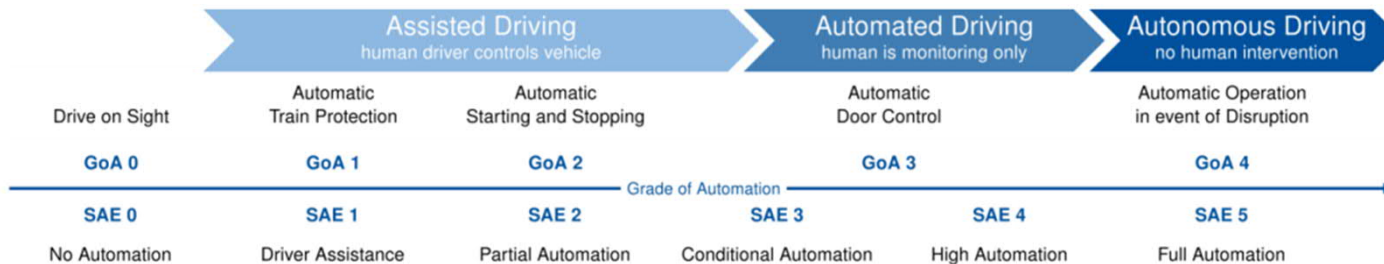




# Automaatiotasot

GoA1	GoA2	GoA3	GoA4
Kuljettaja ajaa junaa kulunvalvonnan antamien opastintietojen mukaan.	Puoliautomaatti, jossa juna liikkuu automaattisesti, mutta kuljettaja sulkee ovet ja laittaa junan liikkeelle. Kuljettaja tekee myös tarvittaessa hätäjarrutuksen ja ohjauksen hätätilanteessa.	Juna toimii kuljettajan ohjauksessa henk...	...en ...nta.
Kuljettaja ajaa junaa			
Junassa on kuljettaja			
Juna on miehitetty			
Normal Train Operation (NTO)	Semi-Automatic Train Operation (STO)	Driver...	...train ...ration (UTO)
Kuljettajaohjaus	Puoliautomaattiohjaus		...aysautomaattiohjaus

Edelleen harvinaisia, jopa metrokäytössä



## Teknologioita

- Uusi kulunvalvontajärjestelmä (CBTC, ETCS)
  - Tuotteeksi tulon aikataulun epävarmuus – ERTMS/ETCS (GoA1-2 2022)
  - Tarve yhteensopivuudelle myös vanhoihin järjestelmiin
  - Teknologia edelleen nuori ja muuttuva, jolloin toimittajien ratkaisut on yleensä tehty joustavasti (käytännössä kaikki valmistajat kertovat GoA3/4 ratkaisujen olevan tiekartalla)
  
- Laiturin automaattiovet
  - Metroissa n. 80% tapauksissa
  - Kuinka toimii “avo”-asemilla Suomen olosuhteissa?
  - Kuinka toimii eri pituisten junien kanssa, eri ovikombinaatioiden kanssa?
  
- Kommunikaatio
  - FRMCS (Future Railway Mobile Communication System) – 5G?

## Teknologioita

- Valvonta / anturitekniikat (anturifuusio – kamera, tutka, laser)
  - Tekoälyalgoritmit ja niiden kehitys
  - Esteet (matka pari kilometriä, 160 km/h, mutka)
  - Jossain olosuhteissa tehokkaampi kuin ihminen
  - Etäisyys / resoluutio (onko kulkureitillä vai reitin vieressä)
  - Lämpökamera (hintava), tutka (kulmaresoluutio - pylvääät)
  
- Paikannustekniikat
  - Sijainti ja nopeus kriittiset
  - IMU + GNSS + RTK
  - Odometria vs luistonlaatu
  - (Ratapölkkyjen laskenta - magneettisesti)
  - 5G verkko?

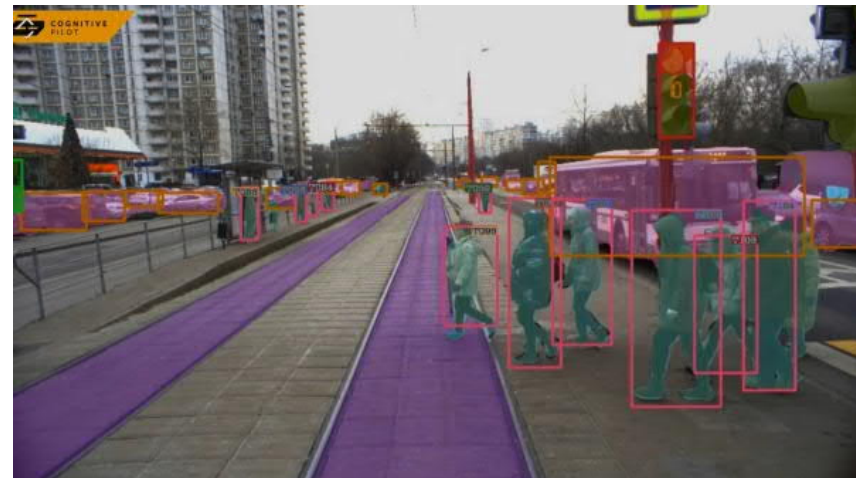
## Kohteiden tunnistus

- Ympäristönhavainnointi
  - Kuljettajaa avustava järjestelmä huonoissa olosuhteissa
  - Useita eri antureita (lämpökamera, tutka, paikannus,...)



## Kohteiden tunnistus

- Kamerapohjainen kuva-analyysi ja tekoäly
  - Ihmisten ja esteiden tunnistus tekoälyn avulla (Cognitive Pilot, Venäjä)
  - Tasoristeykset (Nokia Bell Labs – SpaceTime kuva-analyysi, Japani pilotti)



# Esimerkki – Moskova

## Self-driving trains in Russia



Start

First launch at Luzhskaya station

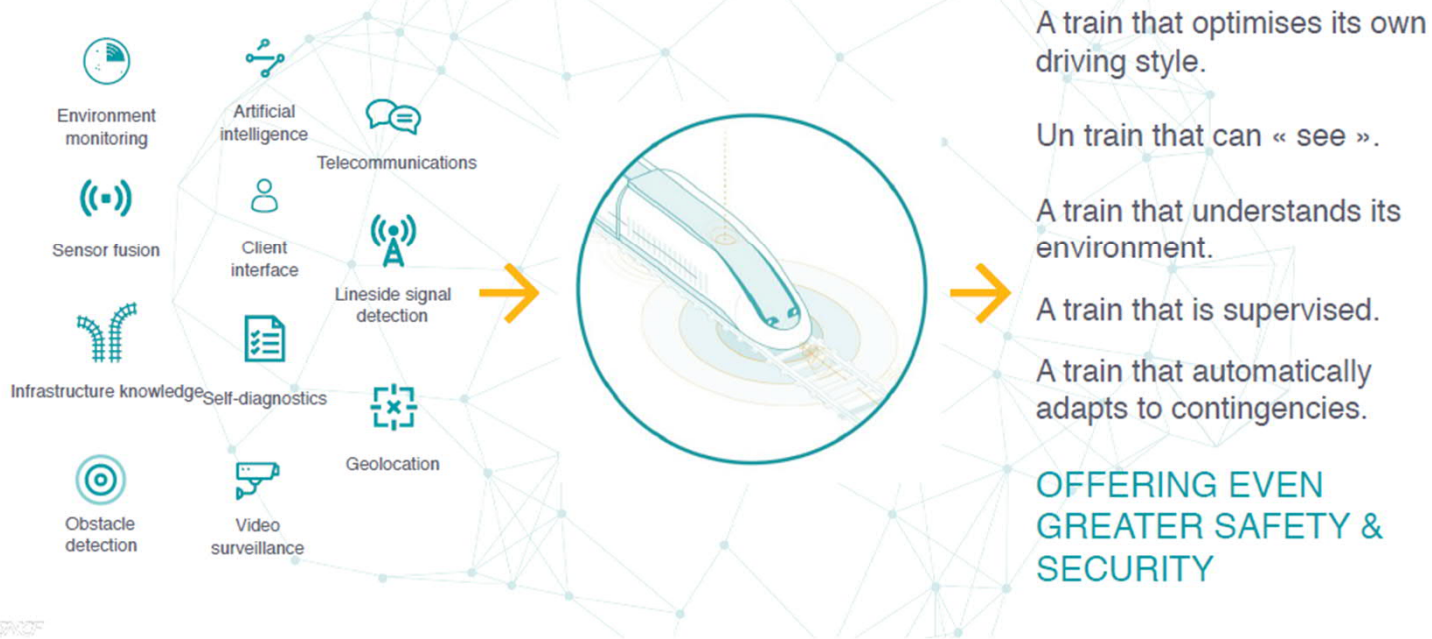
Testing for commuter trains

The launching of self-driving commuter trains in operation



# Esimerkki – SNCF

## The technologies vital to automation



## Esimerkki – RioTinto (AutoHaul)

- Kaivokselta satamaan (Australia)
  - Täysautomaattinen (etäoperoitu), (ensi)matkan pituus 280 km
  - Käyttöönotto 2019 (sitä ennen 2006 vuodesta erilaisia automatisointeja)
  - Yksityisesti operoitu rata (ei muita kuin RioTinton junia)
  - Operaattori asettaa reitin, juna itsenäisesti toteuttaa sen
  - Törmäyksenestojärjestelmä, automaattinen junan suojajärjestelmä (ATP) - kontrolloi junan nopeutta, sekä kamerajärjestelmä joka kuvaa junan etunäkymää, risteysalueilla useita turvajärjestelmiä (mm. kamerat, laserskannerit)
  - Satamaan ajon aikana kuljettaja nousee kyytiin
  - Hyödyt: tuottavuus (aikasäästö), turvallisuus (kuljettajien toimittaminen junaan!)



Kuva: RioTinto



## Esimerkki – Kunnonvalvonta

- Kunnonvalvonta tekoälyn ja antureiden avulla (mm. Alstom Espanjassa)
  - Laserskannauksen ja kuvantamisen avulla nopeissa junissa ratainfra seuranta tallentaen ja verraten tietokantaan
- Useita tutkimushankkeita mm. kiskojen ja tunnelien automaattisesta kunnonvalvonnasta (Englanti)
  - Automaattinen kuva-analyysi virheistä -> ensi vaiheessa ihminen hyväksyy tietokoneen ehdotukset ongelmista
  - Kiskojen 3D-profilointi laserkeilauksen avulla
  - Simulointeja automaattisen kunnostus/analysointikulkuneuvon toiminnasta
  - Kasvillisuusanalyysijä (laserkeilaus, hyperspektrikuvantaminen)
  - Datamäärän valtava kasvu, digitaalinen kaksonen

## Automaattinen liittäminen (tavaraliikenne)

- DAC (Digital Automatic Coupling) – tavaravaunujen automaattinen liittäminen, virta/data/paineilma, T&K hanke Saksassa käynnistynyt -> valmis joulukuu 2022
- Eurooppalainen DAC ohjelma (Shift2Rail)
  - Tavoittellaan avointi, toimivaa, toiminnallisesti testattua, turvallista ja kestävä Eurooppalaista DAC mallia, joka olisi valmis teolliseen tuotantoon ja jakeluun
  - Lopullinen avoin malli valittu vuoden 2021 lopussa (yhteentoimivuus- ja turvallisuus vaatimusten kanssa)
  - Analyysit ja suunnitelmat kaupallistamiselle (kustannukset) ja käyttöönotolle Euroopassa, sekä tarvittavat resurssit



Kuva: International railway journal

## Automaatio – kuljettajaton juna?

- Vaikutukset turvallisuuteen tai sen tunteeseen
  - Keväällä tehtiin tutkimus kuskittoman raitiovaunun vaikutuksista turvallisuuteen tai turvallisuuden tunteeseen (SmartRails-ekosysteemi, 1. innovaatiovaihe) - kirjallisuus, kuljettajahaastattelu, kuluttaja



## Mielikuvat kuljettajattomasta raitiovaunusta

Kolme ensimmäistä assosiaatiota (N=150, assosiaatioita 417), avovastaukset luokiteltu teemoihin

### Pelottavaa, outoa, kaoottista (N=34)

Pelottava, Ahdistava, Outo, Epänormaalia, Hämmennys, Karkaa hallinnasta, Kaaos

### Häiritsevät kanssamatkustajat, avun saaminen ja ilkivalta (N=44)

Häiritsevät kanssamatkustajat lisääntyvät, Järjestyshäiriöt, Miten hälyttää apua, Avunsaanti hankaloituu, Ei asiakaspalvelua, Matkustajaa vastuuttava, Alttius ilkivallalle, Sotkeminen

### Kannattaminen, kiinnostus (N=19)

Hyvä juttu, Järkevää, Kokeilemisen arvoinen, Jännittävää, Mielenkiintoista

### Taloudellisuus, hinta ja säästöt (N=14)

Kallis, Hinta, Turha säästö, Taloudellisesti kannattavampaa, Säästäminen

### Rinnastukset (N=14)

Hissi, niissäkään ei ole kuljettajaa, "Vaakahissi", Tokion monorail, Kuten metro, Vähän niin kuin lasten junarata

### Epäinhimillisuus (N=15)

Persoonaton, Epäinhimillinen, Tunteeton, Kylmä, Kolkko

### Työttömyys (N=5)

Työttömyys, Työttömiä ihmisiä, Työttömyyden aiheuttaja

### Kielteiset ominaisuudet (N=19)

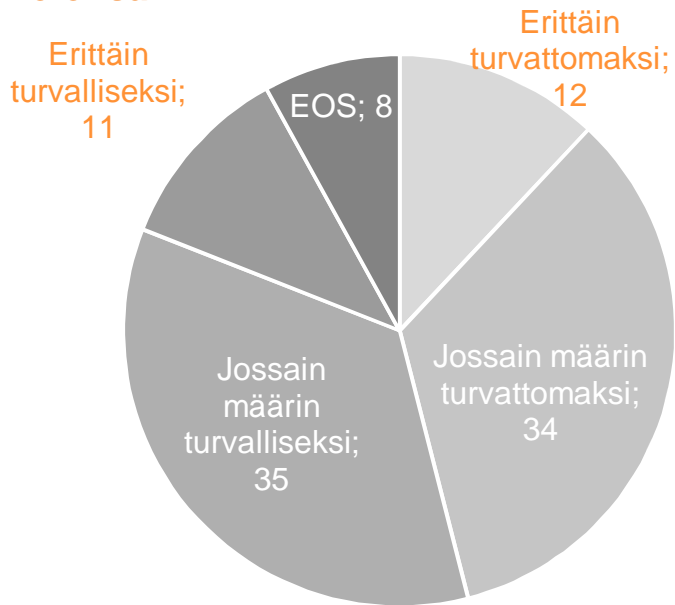
Epämiellyttävää, Epämukava, Tylsä, Turha, Typerä

### Myönteiset ominaisuudet (N=31)

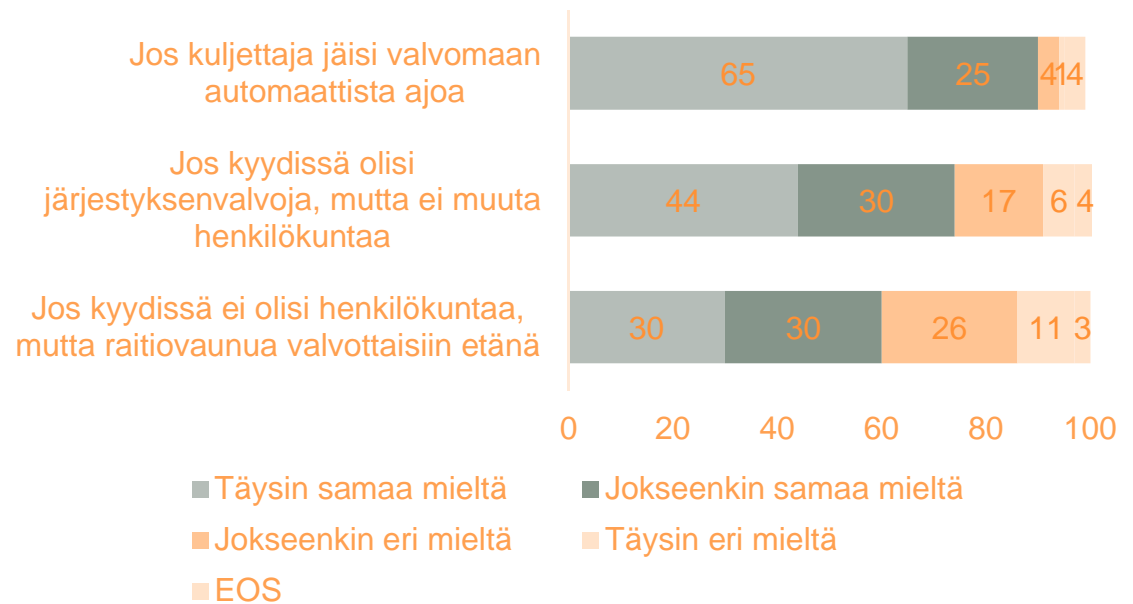
Tasainen, Tasalaatuinen, Sujuva, Helppo, Hieno, Tehokas, Enemmän tilaa

# Valmius matkustaa kuljettajattomassa raitiovaunussa

**Kuljettajattomassa raitiovaunussa matkustaessaan vastaajista (N=111) tuntisi olonsa...**



**Vastaajat (N=111) olisivat valmiita matkustamaan kuljettajattomalla raitiovaunulla, jos...**



## Mitä tapahtuu nyt (Suomessa)

- Käyttövoima
  - Miten korvata diesel-veturit sähköistämättömillä osilla?
    - Ajolanka, akku vai polttokenno?
  - Akkuraitiovaunu
    - Vähemmän häiriöherkkä, ei kriittinen ajolangan osalta
  
- Automaatio
  - Erilaisia automatisointiin tähtääviä hankkeita käynnissä useampia (eri toimijoilla)
    - Metro, raitiovaunu, matkustajajuna, tavarajuna...
    - Digirata
    - Ratikan osalta myös varikon automatisointi (vrt. Potsdam / Siemens)

# bey<sup>0</sup>nd

## the obvious

Jukka Laitinen  
jukka.laitinen@vtt.fi  
+358 20 722 3637

@VTTFinland

[www.vtt.fi](http://www.vtt.fi)