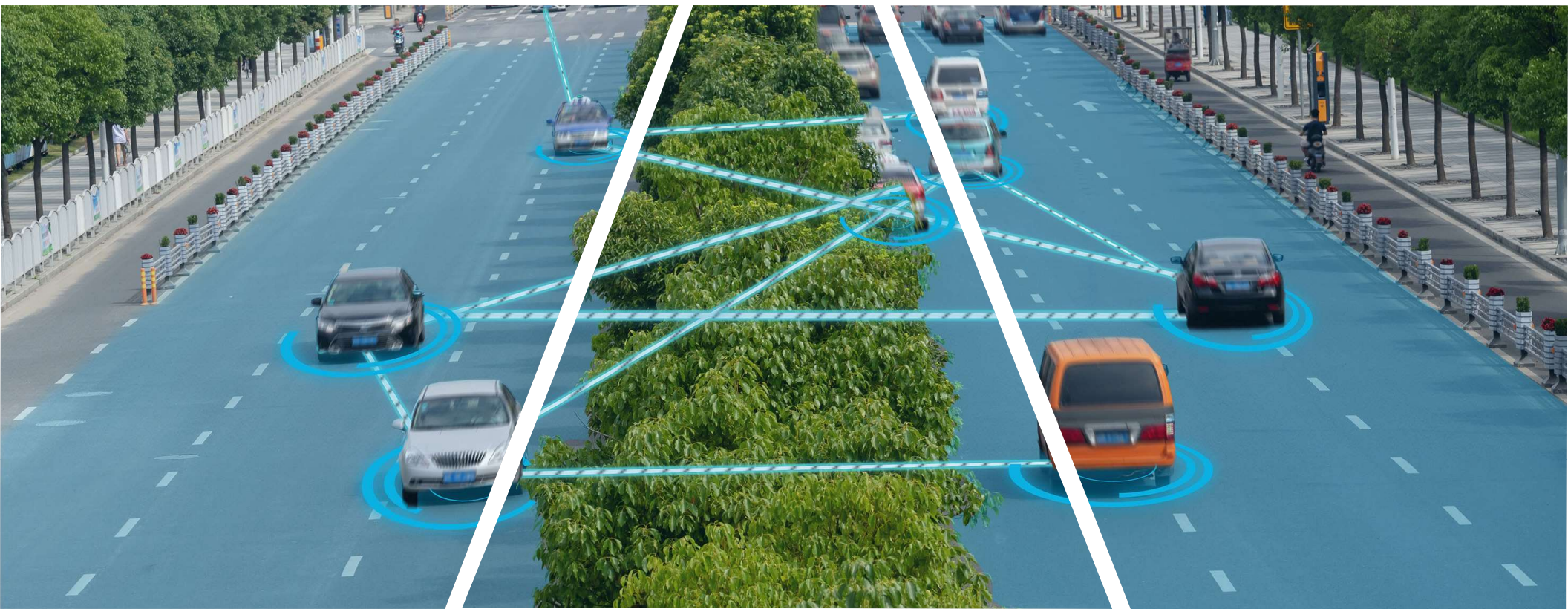
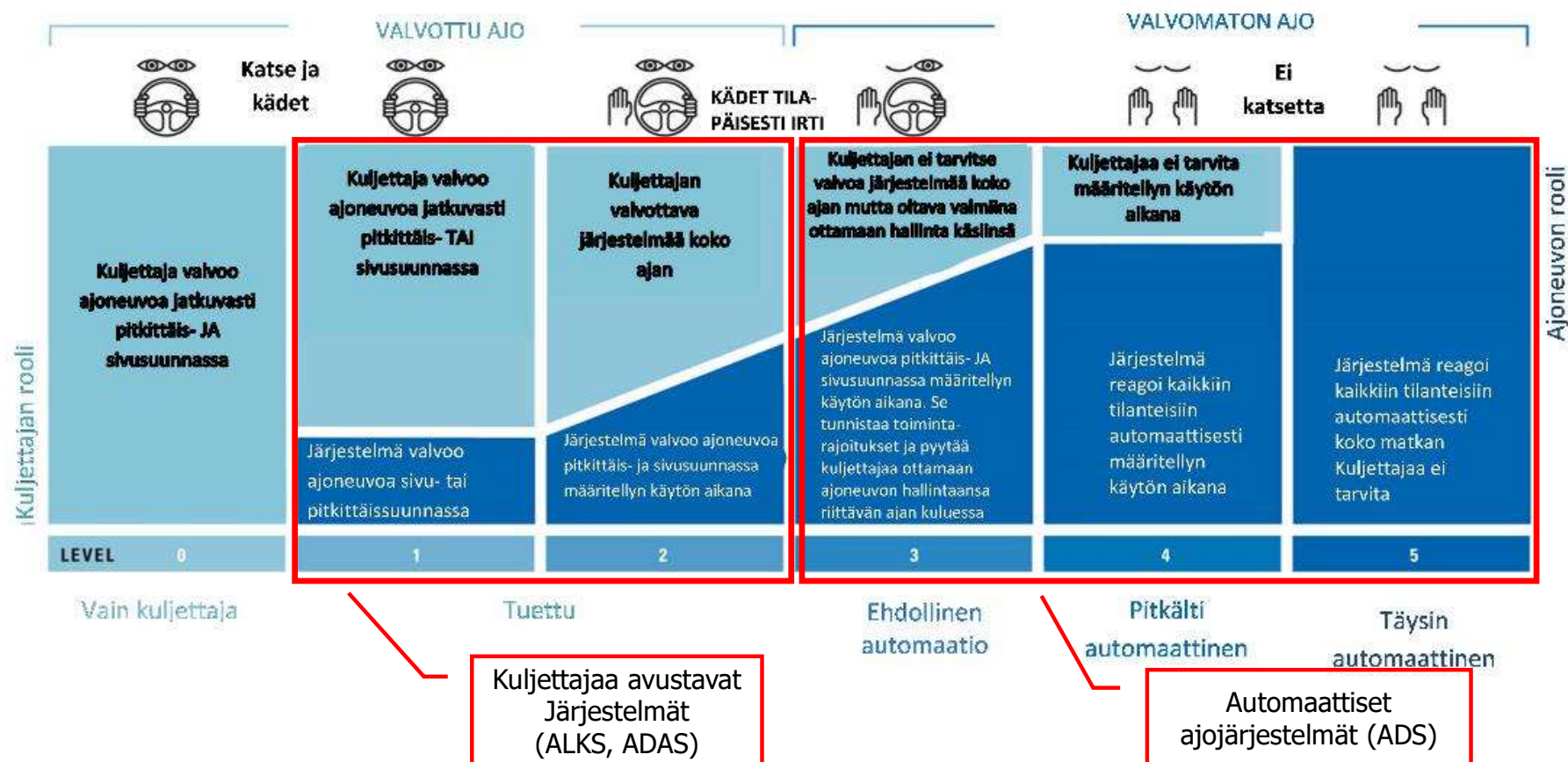




# Tiementunnukset ja automatisoituva liikenne

# Automaattiajamisen SAE-tasot



# Miten automaattiajaminen etenee?

- Moottoritien autopilotti
- Rekkojen letka-ajo
- Automaattiset robottibussit/taksit
- Automaattiset kunnossapito-/tietyöajoneuvot

(ERTRAC: Automated Driving Roadmap)

- Sekaliikenne tulee olemaan vallitseva tilanne pitkään (> 2050)!
- Uusien, korkean automaatiotason ajoneuvojen myynti yli 50% kaikista myytävistä vasta ~ 2040

(EU-EIP MANTRA)

# Automaattiajaminen ja tiemerkinnot



Tiemerkinnät ohjaavat (pääasiassa) automaattisen ajoneuvon sivuttaisliikettä, ts. kaistalla pysyminen

Tiemerkintöjen havainnoinnin menetelmiä:

Fyysinen maailma

- Kamera ja konenäkö
- Lidar (lasertutka) ja hahmontunnistus

Digitaalinen maailma

- HD-kartta ja tarkka paikannus



# Vaatimuksia tiemerkinnoille?

|                                   | Attribute                       | Definition                                                                              | Relevance                                                                                       |
|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Driveable area lane specification | Lane marking retro-reflectivity | The visibility of the marking to human eye and vehicle sensors (mcd/lx/m <sup>2</sup> ) | Vehicle sensors such as cameras can use the marking for lateral positioning on the driving lane |
|                                   | Luminance contrast ratio        | Luminance contrast ratio between the line and the surrounding pavement                  | As above; visibility of the marking with regard to the pavement itself                          |
|                                   | Lane marking consistency        | Continuity of markings, lack of any misleading markings on pavement                     | Avoidance of misinterpretations by AV software                                                  |

BSI (2020), Ulrich et al (2020)

| Aspect of line quality                  |                                                                    | Lower threshold           |                                        | Upper threshold           |                                                                       |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Line width                              | Infrastructure quality below this level is unlikely to be suitable | 100 mm                    | Infrastructure quality may be suitable | 150 mm                    | Infrastructure quality above this level is very likely to be suitable |
| Luminance contrast ratio (daytime, dry) |                                                                    | 2:1                       |                                        | 3:1                       |                                                                       |
| Retro-reflectivity – dry                |                                                                    | 100 mcd/lx/m <sup>2</sup> |                                        | 150 mcd/lx/m <sup>2</sup> |                                                                       |
| Retro-reflectivity – wet                |                                                                    | 50 mcd/lx/m <sup>2</sup>  |                                        | 75 mcd/lx/m <sup>2</sup>  |                                                                       |

Somers, Andrew (2019). Infrastructure Changes to Support Automated Vehicles on Rural and Metropolitan Highways and Freeways.

# Haasteita

Automaation kannalta haastavat (tiemerkintä)kohteet:

- Risteys-/liittymäalueet
- Bussipysäkit ja kääntymiskaistat
- 2-kaistainen → 1-kaistainen
- Tietyöalueet

- Merkintöjen näkyvyys vs. hoidon ja kunnossapidon taso:
  - kunto
  - likaisuus
  - lumi, loska

- Miten merkinnät mallinnetaan digitaaliseen maailmaan?
- Millä tarkkuudella merkinnät mallinnetaan?
- Katuverkko/yksityistiet?



# AUTOMOTO

**Tieverkon palvelutasot  
automaattiliikenteelle 2021**

Nordic  
**WAY3** 

 Co-financed by the Connecting Europe  
Facility of the European Union

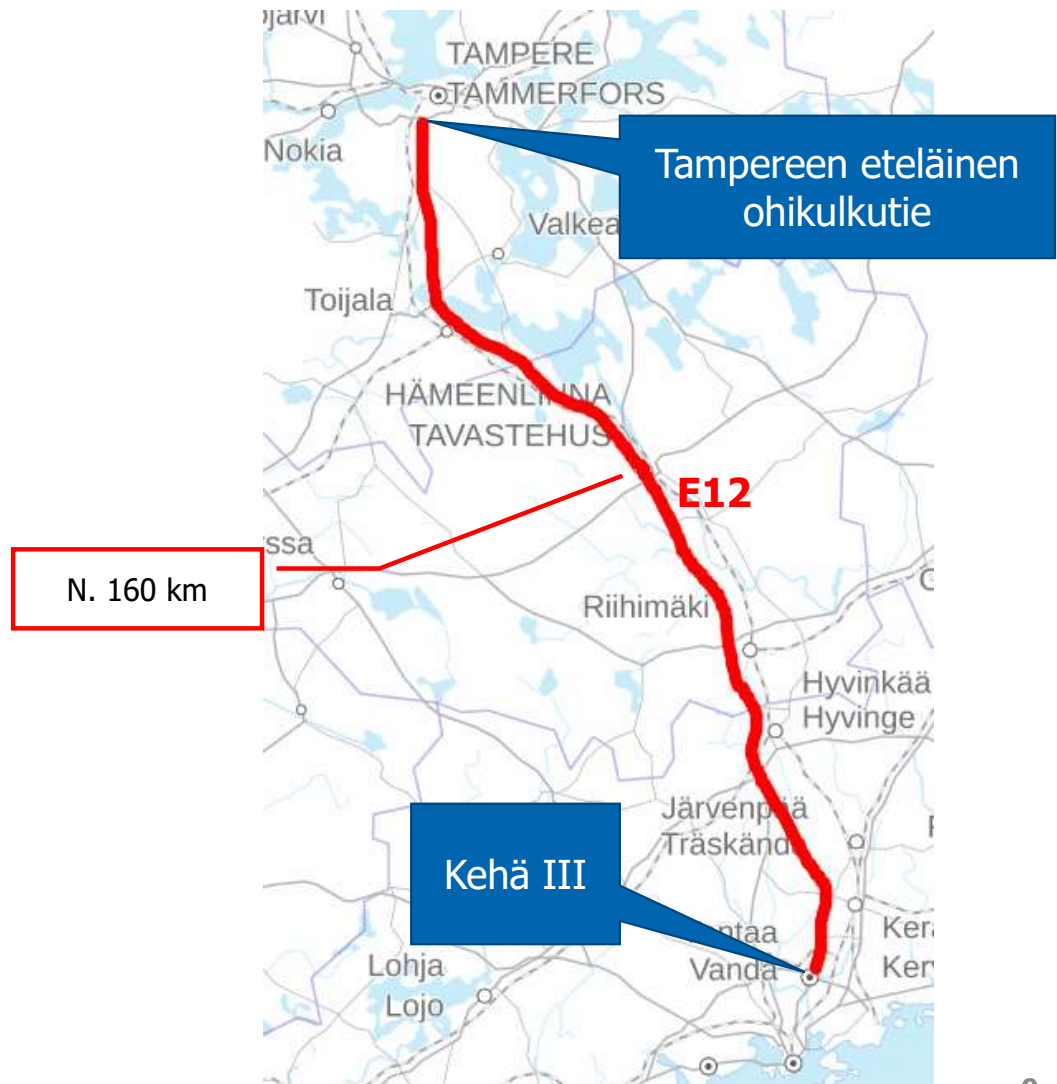
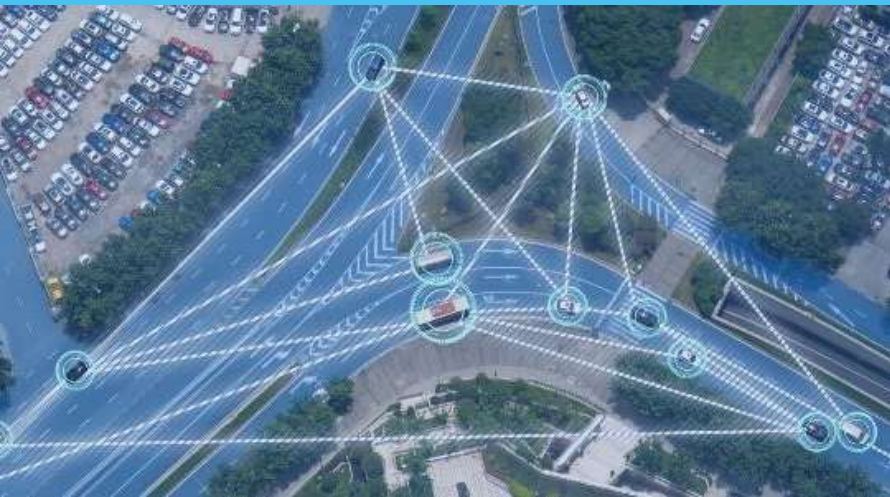
# Tutkimusprojektin tarkoituksena oli...



- Selvittää valitun moottoritieosuuden (VT3/E12) soveltuvuus SAE-tason 3 tai 4 (SAE 2018) automaation ajoneuvoille automaattiajossa
- Ehdottaa tapaa luokitella Suomen tieverkko automaattiajamisen näkökulmasta eli tien palvelutasoluokittelu automaattiliikenteelle
- Laatia ehdotus jatkotoimille tutkimus- ja kehitystyössä sekä kansainvälisessä yhteistyössä



# Tutkimusalue VT3/E12 Hki-Tre



# Projektin sisältö

**ODD = Operational Design Domain  
(suunniteltu toimintaympäristö)**

**GNSS = Global Navigation Satellite  
System (globaali  
satelliittinavigointijärjestelmä, mm.  
GPS, Glonass, Galileo)**

**MRM = Minimum Risk Maneuver  
(automaattiajoneuvon suorittama  
minimiriskimanööveri)**

## **Osa-alue 1 (inventoinnit ja maastomittaukset):**

- Tietojärjestelmissä olevat ODD-luokituksen mukaiset olennaiset staattiset ja dynaamiset tiedot
- Viestintäverkkojen ominaisuudet (maastomittaukset & tietojärjestelmäpoiminnat)
- GNSS paikannussignaalien laatu ja paikannuksen parantamispalveluiden saatavuus (maastomittaukset)
- Automaatiota haittaavat & estävät sää- ja keliolosuhteet ja niiden esiintyvyys, tien pinnan kitka (tietojärjestelmäpoiminnat)
- Liikenteen ja liikkujan palveluiden saatavuus (kirjallisuusselvitys)
- **Tiestötietoinventointi (laserkeilaus, 4K tiekuvaus, 360-kuvaus, tien pinnan ja merkintöjen kuntomittaukset, MRM-alueiden kartoitukset, Mobileye)**

## **Osa-alue 2:**

- Moottoriteiden palvelutasoluokittelu automaattiliikenteelle

## **Osa-alue 3:**

- Jatkotutkimusaihiot, syötteet kv-yhteistyöhön

# Osatehtävä 1.6: Tiestötietojen maastomittaukset (huhtikuu 2021)

## Osaprojektin sisältö

- Reuna- ja keskiviivojen kunto, paluuheijastavuus ja preview-time sekä MobilEye-näkyvyys (kevätolosuhteet)
- Liikennemerkkien MobilEye- luettavuus
- Eteenpäin otetut 4K tiekuvat
- Panoraamakuvat 360-astetta
- Laserkeilaus, molemmat ajoradat (MRM-alueet, esteet, infran kohteet)
- Päällysteen kuntotutkimus (mm. uraisuus)

### RMT & LTL-M

Leveys  
Paluuheijastavuus  
Kunto  
Preview time (PVT)

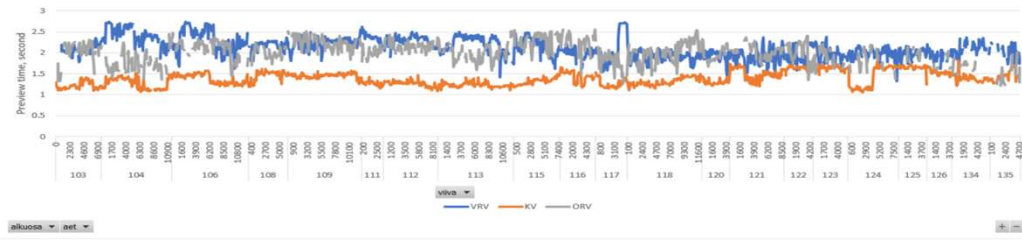
### RMT & MobilEye

Kaistavahti (LDW)  
Nopeuskyltit  
Risteykset, rampit

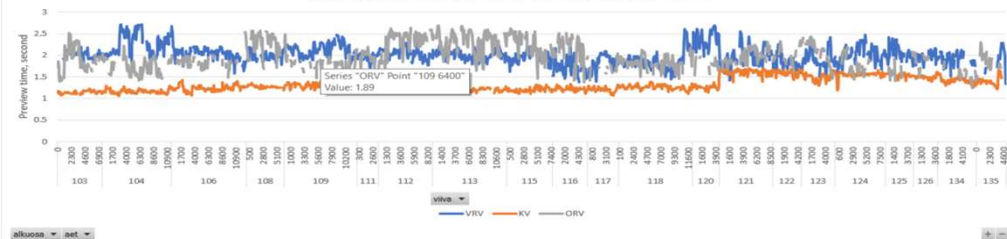
## Keskeiset tulokset

- Retroreflektiivisyyden raja-arvo 100 mcd/m<sup>2</sup>/lx toteutui hyvin ajoradalla pohjoiseen, ajoradalla etelään tulos jäi pääosin alle raja-arvon johtuen tiemeraintöjen likaisuudesta
- Tiemeraintönnän kunnan raja-arvo 55-70% toteutui vain osittain, mutta tulos ei edusta merkinnän todellista kuntoa likaisuudesta johtuen
- Preview timen minimivaatimus 1.8s (manuaalisille kuljettajille) toteutui keskimäärin oikealle ja vasemmalle reunaviivalle, mutta keskiviivan osalta tulos jäi kokonaisuudessaan alle raja-arvon
- Likaisuudesta huolimatta MobilEye tunnisti tiemeraintönnät jatkuvasti, lukuun ottamatta hyvin lyhyitä poikkeuksia
- MobilEye löysi liikennemerkit huonoimmillaankin 70%:sti
- MobilEyn hyvät tulokset kevään heikoissa olosuhteissa ovat lupaavia automaattiajamisen kannalta

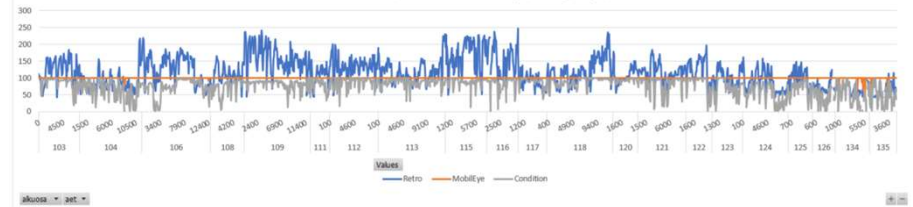
AUTOMOTO vt3 Preview time (PVT), carriageway 1, 4.2021



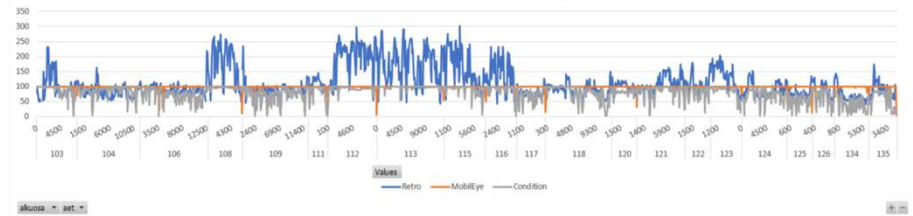
AUTOMOTO vt3 Preview time (PVT), carriageway 2, 4.2021



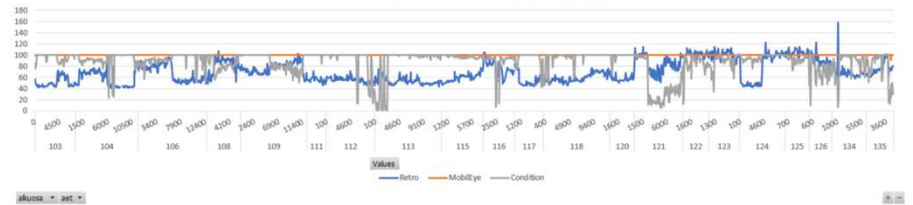
AUTOMOTO vt3 Retroreflection, Condition and MobilEye, carriageway 1, line ORV 4.2021



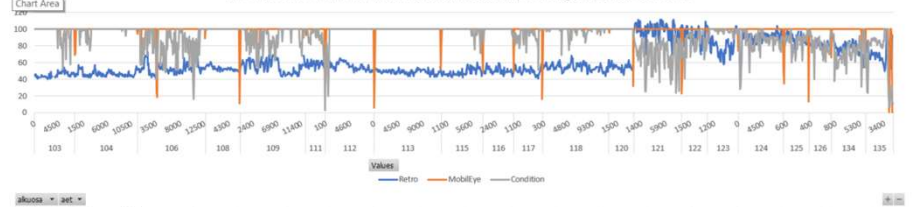
AUTOMOTO vt3 Retroreflection, Condition and MobilEye, carriageway 2, line ORV 4.2021



AUTOMOTO vt3 Retroreflection, Condition and MobilEye, carriageway 1, line KV 4.2021



AUTOMOTO vt3 Retroreflection, Condition and MobilEye, carriageway 2, line KV 4.2021





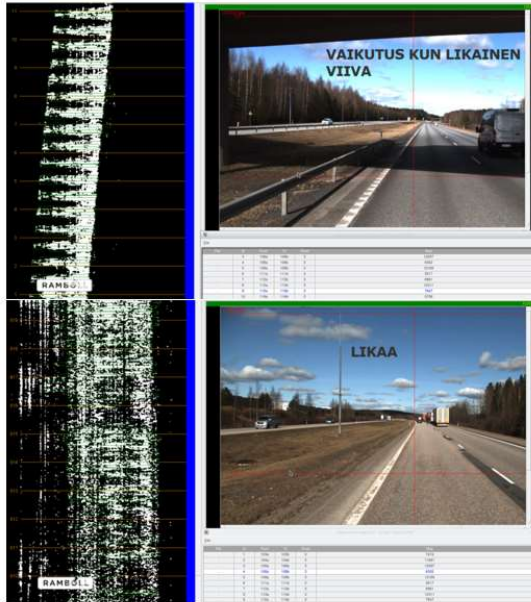


Figure 5. Sand on line is shown as missing marking on 10m analysed section.

According to the thresholds the vt3 readiness for automated driving can be determinate when the principles will be established:

- Should every meter fulfill all demands
- The section class is defined according to the worst variable (all variables):
  - Left line
  - Centerline
  - Right line

Mobileye (Lane departure warning info) value missing (carriageway 1/2):

- right line (ORV) 0.1 / 0 km
- center line (KV) 0.1 / 0 km
- left line (VRV) 0.1 / 0 km

Mobileye system provides very reliable data source.

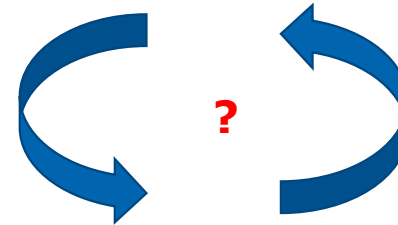


Table 3. Classified Readiness for Automated Driving, lane marking length and percentage, Vt 3, AUTOMOTO sections

| Readiness for Automated Driving Class | Carriageway 1     |            |                    | Carriageway 2     |            |                    | Sum CA1 | Sum CA2 | Total |
|---------------------------------------|-------------------|------------|--------------------|-------------------|------------|--------------------|---------|---------|-------|
|                                       | Left road marking | Centerline | Right line marking | Left road marking | Centerline | Right line marking |         |         |       |
| Good                                  | 47,1              | 0,0        | 33,0               | 18,5              | 0,0        | 30,2               | 80,1    | 48,8    | 128,8 |
| Medium                                | 47,6              | 7,1        | 59,9               | 61,1              | 1,5        | 38,5               | 114,6   | 101,1   | 215,7 |
| Poor                                  | 14,3              | 148,8      | 61,0               | 25,6              | 155,3      | 83,2               | 224,1   | 264,1   | 488,2 |
| Missing value                         | 49,3              | 2,4        | 4,4                | 53,2              | 1,5        | 6,3                | 56,1    | 61,0    | 117,1 |
| Sum Length                            | 158,3             | 158,3      | 158,3              | 158,3             | 158,3      | 158,3              | 474,9   | 474,9   | 949,9 |
| Good                                  | 30 %              | 0 %        | 21 %               | 12 %              | 0 %        | 19 %               | 17 %    | 10 %    | 14 %  |
| Medium                                | 30 %              | 4 %        | 38 %               | 39 %              | 1 %        | 24 %               | 24 %    | 21 %    | 23 %  |
| Poor                                  | 9 %               | 94 %       | 39 %               | 16 %              | 98 %       | 53 %               | 47 %    | 56 %    | 51 %  |
| Missing value                         | 31 %              | 2 %        | 3 %                | 34 %              | 1 %        | 4 %                | 12 %    | 13 %    | 12 %  |
| Sum (%)                               | 100 %             | 100 %      | 100 %              | 100 %             | 100 %      | 100 %              | 100 %   | 100 %   | 100 % |



Väylävirasto  
Trafikledsverket