

Tieverkon palvelutasot automaattiliikenteelle

Väylät & Liikenne 2023

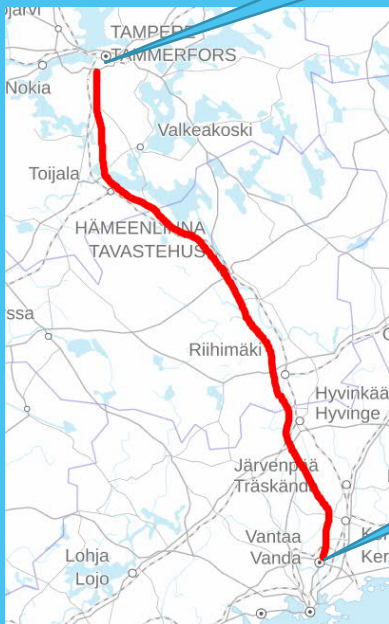
Jari Mylläinen

23.3.2023

Tutkimuksen tarkoitus

“Testialueen pituus 160 km”

Tampereen eteläinen ohikulkutie



Kehä 3

- Selvittää valitun tieosuuden (VT3/E12) soveltuvuus SAE-tason 3 ja 4 (SAE2018) ajoneuvoille katkeamattomassa automaattiajossa
- Ehdottaa tapaa luokitella Suomen tieverkko automaattiajamisen näkökulmasta eli *tien palvelutasoluokittelu automaattiliikenteelle*
- Laatia ehdotus jatkotoimille kansallisessa tutkimus- ja kehitystyössä sekä kansainvälisessä yhteistyössä



SAE J3016™ LEVELS OF DRIVING AUTOMATION

	SAE LEVEL 0	SAE LEVEL 1	SAE LEVEL 2	SAE LEVEL 3	SAE LEVEL 4	SAE LEVEL 5
What does the human in the driver's seat have to do?	You are driving whenever these driver support features are engaged – even if your feet are off the pedals and you are not steering You must constantly supervise these support features; you must steer, brake or accelerate as needed to maintain safety			You are not driving when these automated driving features are engaged – even if you are seated in “the driver’s seat” When the feature requests, you must drive These automated driving features will not require you to take over driving		
What do these features do?	These are driver support features			These are automated driving features		
	These features are limited to providing warnings and momentary assistance	These features provide steering OR brake/acceleration support to the driver	These features provide steering AND brake/acceleration support to the driver	These features can drive the vehicle under limited conditions and will not operate unless all required conditions are met		This feature can drive the vehicle under all conditions
Example Features	<ul style="list-style-type: none"> • automatic emergency braking • blind spot warning • lane departure warning 	<ul style="list-style-type: none"> • lane centering OR • adaptive cruise control 	<ul style="list-style-type: none"> • lane centering AND • adaptive cruise control at the same time 	<ul style="list-style-type: none"> • traffic jam chauffeur 	<ul style="list-style-type: none"> • local driverless taxi • pedals/steering wheel may or may not be installed 	<ul style="list-style-type: none"> • same as level 4, but feature can drive everywhere in all conditions

Tutkimuksen osa-alueet

“Tutkittiin ne tien ja tieympäristön ominaisuudet, joilla on vaikutusta ajoneuvon ODD:n (suunniteltu toimintaympäristö) jatkuvuuteen L3/L4 automaattiajossa.”

“Ominaisuudet selvitettiin tietojärjestelmistä sekä maastomittauksin.”

“Maastomittauksin tutkittiin mobiiliverkkojen ja paikannuksen sekä paikannuspalveluiden suorituskykyä sekä tien kuntoa ja rakenteita.”

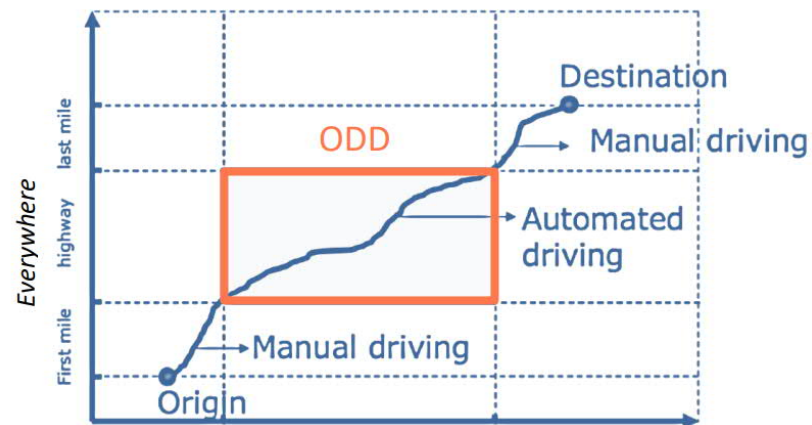
“Koealue kuvattiin ja laserkeilattiin ”

1. Tutkitaan valitun moottoritieosuuden soveltuvuus SAE 3 ja 4 -tason automaation ajoneuvoille automaattiajossa
 - Fyysinen infrastruktuuri ja siihen liittyvät staattiset ja dynaamiset tiedot ODD-luokitteluun perustuen
 - Viestintäverkot (4G, 5G) sekä niiden ominaisuudet
 - Paikannus ja paikannuspalvelut
 - Sää- ja keliolosuhteet
 - Liikkumisen ja liikkujan palvelut
 - Tiestötietojen maastomittaukset (sis. pistepilvi, tiekuvaus, 360-kuvaus, kuntomittaukset)
2. Laaditaan tien palvelutasoluokittelu automaattiliikenteelle
3. Määritellään kansallisen tutkimus- ja kehitys- sekä kansainvälisen yhteistyön jatkotoimet

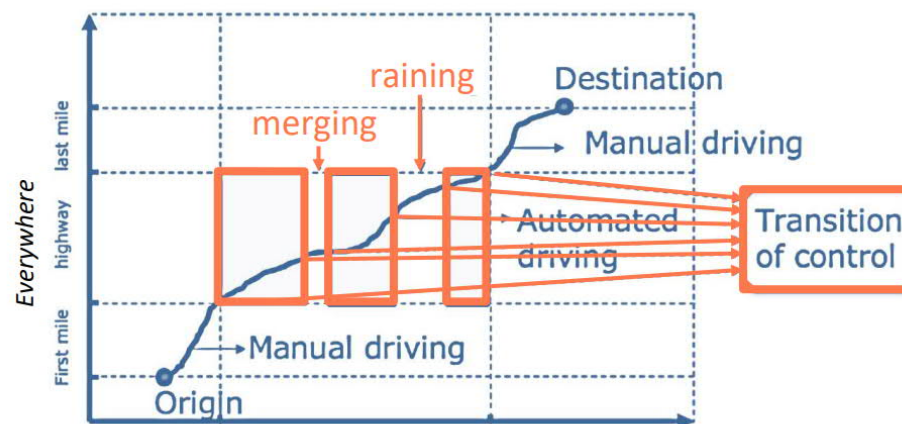
Automaatti-ajaminen

ODD (Operational Design Domain)

Automaattisten toimintojen suunniteltu toimintaympäristö



Tom Alkim, Rijkswaterstaat, 2017 Always & All conditions



Always & All conditions



Tom Alkim, Rijkswaterstaat, 2017



Havainnot ja johtopäätökset



Fyysinen tieinfrastruktuuri ja kunnossapito

“Moottoritien nykyiset suunnitteluperusteet ovat riittävät L3/L4- tason automaattiliikenteelle”

“Merkittäviä muutoksia kunnossapidon standardeihin ja ohjeistuksiin ei tarvita”



- Päällysteen kunto OK
 - Ajoratamaalaukset (Mobileye) OK
 - Piennaralueet (MRM) OK/OK
-
- Ajoratamaalaukset ovat aika ajoin peitossa (lumi/sohjo) mutta näissä tilanteissa ajoneuvo voi turvautua lidariin, tutkaan, laadukkaaseen digitaaliseen tietoon (esim. pistepilvet) ja tarkkaan paikannukseen
 - HUOM! Talvikunnossapidon tasoa ei tutkittu mutta arvio on, että suuria muutoksia ei tarvita

Liikenteenohjaus ja -hallinta

“Tukeakseen automatisoituvaa liikennettä liikenteenhallintajärjestelmien tulisi jatkossa tukea ETSI C-ITS standardin mukaisia viestejä ja tiedonsiirtoa.”

- Liikenne- ja olosuhdetiedot OK
- Tiedon laatu ja tarkkuus OK
- Tietöiden ja onnettomuuksien vaikutusalueet OK



Tietoliikenne ja verkko- infrastruktuuri

“Nopeudet (up/down) koko välillä 1...>500Mbit/s.”

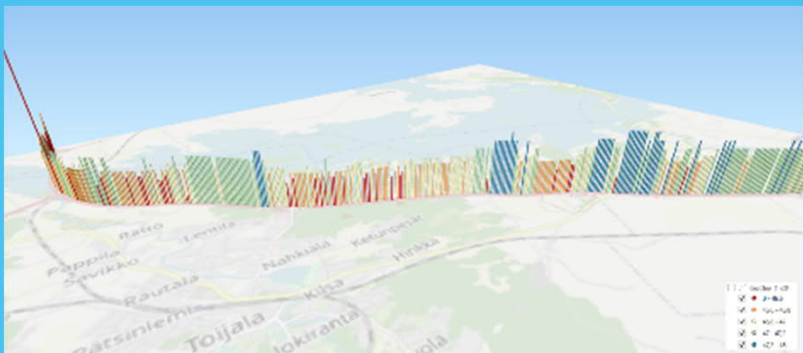
“Operaattoreilta selvitetiin verkko-
infran tilanne VT3:n läheisyydessä”



- Peruskäyttötapaukset 5 Mbit/s (up/down) OK
 - Haastavimmat käyttötapaukset 100 Mbit/s (Helsinki, Hämeenlinna, Tampere) OK
 - Verkkojen laajentamismahdollisuudet (valokuitu, sähkö, tukiasemainfra) OK
-
- HUOM! Kun automaattisen liikenteen suhteellinen määrä lisääntyy, tulee selvittää, miten mobiiliverkkojen palvelutaso vastaa kasvavaan kapasiteettitarpeeseen.

Paikannus ja paikannuspalvelut

“Paikannuksen ja paikannuspalveluiden laatu on riittävä automaattiajamisen tarpeisiin koko testialueella”



- Satelliittipaikannuksen tarkkuus
cm-tasoa 83%
dm-tasoa 96% ajasta

OK
OK

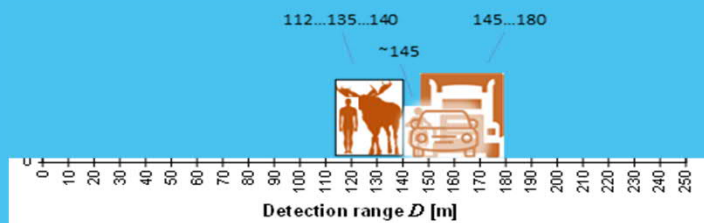
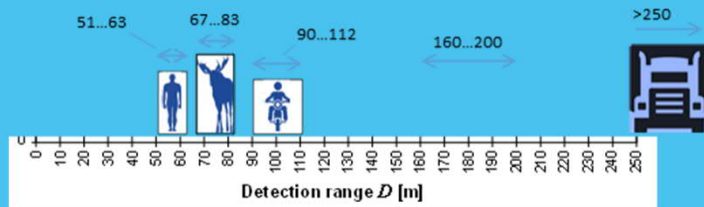
- Paras paikannustarkkuus
(SNR >40 db, pl. tunneli, kallioleikkaukset)

OK

- Kohdissa, joissa paikannustarkkuus ei ole riittävä, voidaan paikannusta avustaa erilaisilla “maamerkeillä” tai muilla rakenteilla.
- Automaattiajo ei yleensä katkea lyhyiden paikannuskatkosten vuoksi.

Sääolosuhteet

“Sää- ja keliolosuhteet ovat kriittinen tekijä ajoneuvon automaattiajion katkeamattomalle toiminnalle”



- Sumu, vesi- sekä lumisade heikentävät ajoneuvon anturien toimintaa ja hankaloittavat tai estävät automaattiajaja
- Syyskuukausina (syys-marras) testialueella on automaattiajamisen kannalta vaikeat sää- ja keliolosuhteet (usva, sumu) keskimäärin 25h/kk
- Talvikuukausina (joulu-helmi) testialueella on automaattiajamisen kannalta vaikeat sää- ja keliolosuhteet (mm. lumisade/liukkaus) keskimäärin 35h/kk
- Testialueen nykyinen tiesääasemaverkko on pääosin kattava, mutta tietosisältöön ja sen laatuun voi kohdistua kehittämispaineita jatkossa

Liikenteen ja liikkujan tietopalvelut

“Tiedon tarkkuutta tulee kehittää, jotta se täyttää C-ITS- palveluiden vaatimukset ja on käyttökelpoista automaattiajamisen kannalta”

“Tiedontuotannon prosesseihin ja tietopalveluihin kohdistuu muutostarpeita ja kehitystä tulee seurata tiiviisti”

- Olemassa on sekä julkisia että yksityisiä liikenteen ja liikkumisen tietopalveluita
- Suomessa ei ole virallisia C-ITS- palveluita
- Nykyiset informaatiopalvelut on tehty pääosin ihmiskäyttäjän tarpeisiin, eivätkä ne sellaisenaan palvele automaattiajamista

SERVICE PROVIDER	SERVICE	DATA			OPEN DATA
		*Traffic, disturbances	Weather & road weather conditions	Other	
FINTRAFFIC	DigiTraffic	x	x	x	x
FTIA	Digiroad			x	x
FMI	Open data		x		x
FMI	Road Weather Forecasts		x		
INFOTRIPLA	DATEX2 Premium Feed	x	x		
INFOTRIPLA	Crowdsourced traffic warning data	x	x		
EEE	E3 REST API	x	x		
SAFETY4TRAFFIC	Accident, Crosswind, Elk, Deer, Reindeer, Road weather and Road work warning services	x	x		
ROADCLOUD	Premium connected vehicle data service		x		
SITOWISE	Carrio, Routa	x	x	x	
HERE	Traffic API	x			
TOMTOM	Intermediate Traffic service, Traffic API	x			
WAZE	Transport SDK, Connected Citizens Program	x			
OEM & PUBLIC AUTHORITIES	Safety Related Traffic Information Ecosystem	x	x		

* Event, incident and other hazardous location information, roadworks information (stationary and mobile), etc.



Moottoriteiden palvelutasoluokittelu automaattiajamiselle

Tavoite

“Laatia ehdotus Suomen (moottori)tieverkon palvelutasoista automaattiajamisen näkökulmasta”

“Määritellä viisi palvelutasoa, jossa vaatimukset fyysiselle ja digitaaliselle infrastruktuurille kasvavat tasoissa ylöspäin siirryttäessä”

“Käyttötapauksina 1) katkematon automaattiajo moottoritiellä ja 2) rekkojen letka-ajo”

Muodostetaan automaattiajamisen palvelutasokehikko moottoriteille:

- Tarjotaan tieviranomaisille näkymä siihen, millainen valmius tieverkon eri osilla on tukea automaattista ajamista ja miten tieverkon kehitystä tulisi priorisoida
- Informoidaan automaattisen ajoneuvon omistajia, kuljettajia, valmistajia ja kehittäjiä siitä, mikä on fyysisen ja digitaalisen infrastruktuurin tila ja ominaisuudet eri osissa tieverkkoa tai eri yhteysväleillä

Palvelutaso- luokittelun kehikko

“Päätettiin hyödyntää olemassa olevaa, EU:ssa kehitettyä ISAD-luokittelukehikkoa (Lytrivis et al. 2019, Sigl et al. 2021), jota on laajalti käsitelty mm. CEDRissä ja ERTRAcissa”

4.1.1 Physical infrastructure

	Attribute	E: Conventional (physical) infrastructure only, no AV support	D: Physical infrastructure adaptations for AV	C: Enhanced infrastructure wrt maintenance	B: Improved infrastructure wrt MRM	A: Improved infrastructure wrt positioning and supervision
Driveable area lane 4	Lane marking retro-reflectivity	According to national guidelines	min 100 mcd/lx/m ² dry road	Same as level D	Same as level D	Same as level D
	Luminance contrast ratio	According to national guidelines	>2:1	Same as level D	>3:1	Same as level B
	Lane marking		After road works e.g. re-	Same as level D	Same as level D	Same as level D

- Ominaisuusluokat:
 - Fyysinen infrastruktuuri
 - Digitaalinen infrastruktuuri
 - Ympäristön olosuhteet
 - Dynaamiset elementit
- Palvelutasot
 - E: Perinteinen infrastruktuuri, ei erityistä tukea automaattiajamiselle, "as-is"-tieverkko
 - D: Laajennettu digitaalinen tieto (staattinen)
 - C: Laajennettu digitaalinen tieto (dynaaminen)
 - B: Yhteistoiminnallinen havainnointi
 - A: Yhteistoiminnallinen automaattinen ajaminen
- Luokiteltiin yli 100 ODD:ta kuvaavaa ominaisuutta

ISAD/ODD attribute: Physical infrastructure		ISAD level					ADS task facilitated
Top level	Lower level	E	D	C	B	A	
Driveable area lane specification	Lane dimensions [width]	>= 3000 mm					motion control
	Lane marking [width]	Line width >= 200 mm					env. awareness, ego localisation
	Lane marking [retroreflectivity]	min 100 dry road; 50-wet-road	min 100 dry road				env. awareness, ego localisation
	Luminance contrast ratio		>2:1		>3:1		
	Lane marking [consistency]	No contradictory markings	After road works e.g. repaving, new markings done without delay and temporary markings totally deleted				navigation
	Lane type	traffic lane					
	Bearing capacity of lane	According to national guidelines, should be OK for also platoons	Sufficient for platoons of 3 trucks with headway of 15 m				motion control, minimal risk manoeuvre
	Number of lanes; Direction of travel	At least 2/carriageway Right hand travel				At least 2/carriageway	
	Line markers	Right, Center and Left line					
	Shoulder (paved or gravel); Shoulder width (outside)	Paved >= 2000 mm				>=3000 mm	minimal risk manoeuvre

ROAD SECTION	103	104	106	108	109	111	112	113	115	116	117	118	120	121	122	123	124	125	126	134	135		
ISAD ATTRIBUTE																							
Lane marking retro-reflectivity	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
Luminance contrast ratio_*	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
Lane marking consistency	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
Bearing capacity of lane_*	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
Shoulder width	C/E	C	C	C	C	C/E	E	E	E	E	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
Shoulder bearing capacity_*	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
Widening or lay-by	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
Induced road surface condition	<E	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	<E	D
Landmarks (here: lighting poles)	C	D	D/C	D/C	D	D	D	D/C	D	C	D/C	D	D	D	D	D/C	D/C	D/C	D/C	D/C	D/C	D/C	C
Construction site detour_*	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
Road works_*	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
Communication cellular & perform.	D	D/E	D/E	D/E	D/E	D/E	D/E	D/E	D/E	D/E	D	D/E	D/E	D/E	D/E	D/E	D/E	D/E	D/E	D/E	D/E	D/E	D/E
Short-range communication_*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GNSS positioning	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
HD map_*	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
C-ITS services	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E

VT3 Helsinki-Tampere välin luokittelu

- Tarkastelu tehtiin molemmille ajoradoille ja kaistoille
- Tiedot saatiin:
 - Tietojärjestelmistä
 - Maastotutkimuksista
 - Haastatteluista
- Liki kaikki ominaisuudet olivat vähintään E/D-luokassa
- Korkeammissa luokissa (C,B) olivat mm.
 - Mobiiliverkkojen kattavuus ja suorituskyky
 - Satelliittipaikannus ja paikannuspalvelut
 - Liikennetiedot
 - Sää- ja kelitiedot
 - Liikenteenohjauksen järjestelmät

Luokittelun yhteenvedo ja johtopäätökset

- Moottoritieverkon tämänhetkinen tilanne ja tuki automaattiajamiselle
- Laajentaminen muulle tieverkolle on helppoa
- On käyttökelpoinen myös muualla Euroopassa
- EI LUO vaatimuksia pikaisille investoinneille
- Voidaan hyödyntää suunniteltaessa tieverkon kehittämistä tai tulevia investointeja
- Dynaaminen ja ajan suhteen kehittyvä



Jatkotoimenpiteet

Tieliikenteen automaation toteutussuunnitelma

Toimenpide- kokonaisuudet

1. Fyysinen infrastruktuuri
2. Digitaalinen infrastruktuuri
3. Tietämyksenhallinta
4. Kotimainen ja kansainvälinen yhteistyö ja vaikuttaminen
5. Tieverkon palvelutasot

1. Fyysinen infrastruktuuri

Liikenteenohjauslaitteet

Tien päällyste

Piennaralueet

Talvihoito

Tietyöalueet

Passiivinen infrastruktuuri

2. Digitaalinen infrastruktuuri

Tieto:

Tosiaikaisten liikennetietopalvelujen (RTTI) asetuksen toteuttaminen Väyläviraston osalta

Liikenteen turvallisuuteen ja sujuvuuteen liittyvän tiedon vaihtaminen toimijoiden kesken

Seurataan HD-karttoja tuottavien toimijoiden tietotarpeita ja tiedon kattavuus- sekä laatutarpeita suhteessa viranomaisten tuottamiin staattisiin ja dynaamisiin tietoihin

Asianmukaiset tienpitäjän tiedon laadun hallinnan menetelmät ja prosessit

Laitteistot, komponentit ja tietoliikenneverkot:

Automaattiliikennettä edistävien laitteistojen ja komponenttien sijoittaminen tieverkolle

Tietoliikenteen "hotspotien" kriteerit sekä potentiaaliset sijainnit tieverkolla

3. Tietämyksenhallinta

Yhteiskunnallinen vaikutusarvio automaattiliikennettä mahdollistaville toimenpiteille

Lyhyen, keskipitkän ja pitkän aikavälin infrastruktuuritarpeiden jatkuva seuranta

Tehostetaan tietojenvaihtoa jo tehdyistä tutkimuksista ja piloteista sekä kokeiluista

4. Kotimainen ja kansainvälinen yhteistyö ja vaikuttaminen

Tienpitäjien riittävä vaikutus ajoneuvojen tyyppihyväksynnässä ja muussa relevantissa sääntelytoiminnassa

Yhteisymmärrys ja vuoropuhelu automaattiajoneuvojen vaatimuksista fyysiselle, digitaaliselle ja operatiiviselle tieinfralle

5. Tieverkon palvelutasot

Moottoriteiden ja muun päätieverkon kehittämistoimien määrittely ja pilotointi

Alemman tieverkon ja kaupunkien katuverkon palvelutasokehikön määrittely

Tiekartta

“Koska tieliikenteen automaation kehityspolut ovat vielä epävarmoja, eikä siten kaikista digitaalisen ja fyysisen infrastruktuurin toimenpiteistä voida vielä varmistua”

Toimenpiteiden luokittelu:

- A. Välttämättömät: toimenpiteet, jotka tulee toteuttaa EU- ja kansallisen lainsäädännön edellyttäminä sekä osana kansallista strategiaa.
- B. Tarpeelliset: toimenpiteet, jotka hyödyntävät jo nykyisellään tienkäyttäjiä, tienpitoa ja tieverkon operointia.
- C. Kun varmuus tarpeesta: toimenpiteet, joita kannattaa toteuttaa vasta, kun on varmuus niiden kannattavuudesta tai muulla tavoin osoitetusta välttämättömyydestä automaattiajamiselle.
- D. Seurattavat kehityskulut: toimenpiteet, jotka vaativat jatkuvaa seurantaa ja yhteistyötä kotimaisella sekä kansainvälisellä tasolla.

A) Välttämättömät

Tosiaikaisten liikennetietopalvelujen (RTTI) delegoidun asetuksen toteuttaminen Väyläviraston osalta

Liikenteen turvallisuuteen ja sujuvuuteen liittyvän tiedon vaihtaminen toimijoiden kesken

B) Tarpeelliset

Asianmukaiset tienpitäjän tiedon laadun hallinnan menetelmät ja prosessit

Yhteiskunnallinen vaikutusarvio automaattiliikennettä mahdollistaville toimenpiteille

Tehostetaan tietojenvaihtoa jo tehdyistä tutkimuksista ja piloteista sekä kokeiluista.

Moottoriteiden ja muun päätieverkon kehittämistoimien määrittely ja pilotointi

Alemman tieverkon ja kaupunkien katuverkon palvelutasokehikon määrittely

Passiivinen infrastruktuuri

Liikenteenohjauslaitteet / Tien päällyste / Piennaralueet / Talvihoito / Tietyöalueet

C) Kun varmuus tarpeesta

Tietoliikenteen "hotspotien" kriteerit sekä potentiaaliset sijainnit tieverkolla

Automaattiliikennettä edistävien laitteistojen ja komponenttien sijoittaminen tieverkolle

D) Seurattavat kehityskulut

Seurataan HD-karttoja tuottavien toimijoiden tietotarpeita ja tiedon kattavuus- sekä laatutarpeita suhteessa viranomaisten tuottamiin staattisiin ja dynaamisiin tietoihin.

Lyhyen, keskipitkän ja pitkän aikavälin infrastruktuuritarpeiden jatkuva seuranta.

Yhteisymmärrys ja vuoropuhelu automaattiajoneuvojen vaatimuksista fyysiselle, digitaaliselle ja operatiiviselle tieinfralle

Tienpitäjien riittävä vaikutus ajoneuvojen tyyppihyväksynnässä ja muussa relevantissa sääntelytoiminnassa

Linkit

- AUTOMOTO (Tieverkon palvelutasot automattiliikenteelle)

<https://www.doria.fi/handle/10024/182620>

- Ehdotus tieliikenteen automaation toteutussuunnitelmaksi

<https://www.doria.fi/handle/10024/186557>

