

Riku Auerma

Vaihtuvat nopeusrajoitusjärjestelmät ja niiden laitteistot Suomessa

Rakennetun ympäristön tiedekunta
Kandidaatintyö
Tammikuu 2019

TIIVISTELMÄ

Riku Auerma: Vaihtuvat nopeusrajoitusjärjestelmät ja niiden laitteistot Suomessa
(Variable speed limit systems and their devices in Finland)

Kandidaatintyö

Tampereen yliopisto

Rakennustekniikan kandidaatin tutkinto-ohjelma

Tammikuu 2019

Työssä tutkittiin Suomessa käytettävien vaihtuvien nopeusrajoitus järjestelmien eri osia ja niiden toimintaa. Suuri osa vaihtuvia nopeusrajoituksia käsittelevistä Suomessa tehdyistä tutkimuksista on vuosilta 2000-2009.

Suomessa järjestelmät tulivat käyttöön 1990-luvun alussa hieman Keski-Eurooppaa myöhemmin. Nykyisin järjestelmän laajuus on noin 400 kilometriä. Nopeusrajoituksia säädellään tieliikennekeskuksista vallitsevien sää-, keli- ja liikenneolosuhteiden mukaan. Vaihtuvien nopeusrajoitusten kokonaismäärä tulee luultavimmin laskemaan tulevaisuudessa.

Vaihtuvilla nopeusrajoituksilla saadaan parannettua liikenteen sujuvuutta ruuhka-aikoina ja sujuvoitettua matkan tekoa liikenteen hiljaiseen aikaan. Myös vaihtuvien nopeusrajoitusten vähentämistä henkilövahinko-onnettomuuksien määrästä on pienimuotoista näyttöä tutkimuksissa.

Vaihtuvien nopeusrajoitusten yhteydessä automaattista nopeusvalvontaa ei ole vielä toteutettu Suomessa, vaikka tällaisesta on ollut puhetta. Esiasteen selvityksiä aiheesta on tehty, mutta tarkemmat selvitykset puuttuvat. Tässä olisi mahdollisuuksia lisätutkimusten tekemiseen.

Avainsanat: vaihtuvat nopeusrajoitukset, liikenteen telematiikka, tieliikenne

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ALKUSANAT

Työn tekeminen on vaatinut lukemattomat määrät istumista koostuen aineiston etsinnästä ja itse kirjoitustyöstä. Työn tekeminen pikkutunneilla on myös tullut tutuksi ja tuntunut ainakin kirjoitushetkeltä jopa hyvin tehokkaalta ajankohdalta. Hyvää flow'ta ei kannata hukata. Haluisin kiittää työni ohjaajaa lehtori Pöllästä ja kavereita, joilta olen saanut vinkkejä sanojen taivutteluun ja muihin asioihin.

Työn aikana tietämys vaihtuvista nopeusrajoituksista on kasvanut suuresti ja nykyään näiden laitteiden sielun elämä näyttäytyy selvemmin kuin ennen. Digitalisaatio on tullut pysyvästi myös tieliikenteeseen.

Tampereella, 10.1.2019

Riku Auerma

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
2.	VAIHTUVA NOPEUSRAJOITUSJÄRJESTELMÄ	3
2.1	Taustaa	3
2.2	Vaihtuvien nopeusrajoitusten historiaa	4
2.3	Vaikutukset ajonopeuksiin	5
2.4	Hyödyt ja haitat	8
3.	KÄYTETTÄVÄT TEKNIIKAT	10
3.1	Järjestelmän kuvaus.....	10
3.2	Näyttötekniikat	11
3.3	Mittausasemat ja kamerat.....	13
3.4	Liikennekeskus.....	16
3.5	Järjestelmän kustannukset	18
4.	TULEVAISUUS	20
5.	PÄÄTELMÄT	22
	LÄHTEET	24

LIITE A: TEEMAHAASTATTELUN KYSYMYKSET

LIITE B: VAIHTUVAT NOPEUSRAJOITUKSET TAMPERE–LEMPÄÄLÄ VÄLIL-
LÄ

KUVALUETTELO

Kuva 1.	<i>Vaihtuvilla nopeusrajoituksilla varustetut tieosuudet Suomessa (ELY 2018; Korpela 2018), pohjakartta Wikipedia (2018a). Yksittäisiä lyhyitä osuuksia puuttuu.</i>	4
Kuva 2.	<i>New Jersey'n Turnpikin alkuperäiset vaihtuvat opasteet (Wikipedia Commons 2018).</i>	5
Kuva 3.	<i>Kaavio vaihtuvien nopeusrajoitusjärjestelmien toiminnasta Suomessa (Liikennevirasto 2016b; Korpela 2018).</i>	10
Kuva 4.	<i>Swarcon valmistama LED-nopeusnäyttötäulu (Swarco 2018).</i>	11
Kuva 5.	<i>Kuituoptinen nopeusnäyttötäulu (Tielaitos 1996).</i>	12
Kuva 6.	<i>Sähkömekaaninen nopeusnäyttötäulu (Liikennevirasto 2016a, s. 12).</i>	12
Kuva 7.	<i>Vaisalan rakentama automaattinen sääasema (Vaisala 2018).</i>	14
Kuva 8.	<i>LAM-asema ja sen toiminta (Tiehallinto 2004, s. 17).</i>	15
Kuva 9.	<i>Kamera ja Ir-valaisin (Tiehallinto 2004, s. 15).</i>	16
Kuva 10.	<i>Tampereen liikennekeskus.</i>	17
Kuva 11.	<i>Suomen liikennekeskusten vastualueet (Liikennevirasto 2016b, s. 4).</i>	17
Kuva 12.	<i>Liikenteen virastouudistuksen muutokset toimijoissa (Yle 2018; LVM 2018).</i>	21

1. JOHDANTO

Vaihtuvia nopeusrajoituksia käytetään Suomessa vilkkaasti liikennöidyllä päätieverkol-la. Ne mahdollistavat liikenteen paremman sujumuuden ja ehkäisevät onnettomuuksia. Keskeisiä järjestelmään liittyviä parametreja ovat liikenteen tiheys, onnettomuudet, nä-kyvyys ja lämpötila tai muut sääolot.

Suomessa on tehty aiemmin muun muassa tutkimuksia eri laitteistojen vaikutuksista to-dellisiin ajonopeuksiin sekä selvitys laajamittaisen automaattisen nopeusvalvontajärjes-telmän rakentamisesta. Aihe liittyy tieliikenteen digitalisaatioon ja uusien älyteiden (muun muassa Aurora-projekti) tuomiin mahdollisuuksiin liikenteessä (Liikennevirasto 2015).

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää Suomessa käytettävien vaihtuvien nopeusrajoitus-järjestelmien laitteistoja ja tutkia niissä käytettävien rajoitusten määräytymistä. Näiden lisäksi tarkoituksena on tutkia nopeusvalvonnan toteuttamista vaihtuvien nopeusrajoit-tusten alueella. Kandidaatintyön pääkysymys on: ”Millaiset ovat Suomessa käytettävät vaihtuvat nopeusrajoitusjärjestelmät ja niissä käytettävät laitteistot”?

Tavoitteena on tehdä ajantasainen ja tulevaisuutta ennakoiva tutkimus vaihtuvien no-peusrajoitusjärjestelmien laitteistoista. Laitteista ei ole viime aikoina juurikaan tehty tutkimuksia, ja muun muassa järjestelmän aikaansaaman turvallisuusvaikutusten para-nemisen tutkiminen on Suomen vähäisillä tiejaksoilla haasteellista. Ongelmana on eri-tyisesti tilastollisesti merkitsevän datamäärän keräämisen vaikeus. Yksittäisistä kohteis-ta tutkimustietoa vaihtuvien nopeusrajoitusten pienentämistä nopeuksista on kuitenkin saatu.

Tutkimus toteutettiin kirjallisuustutkimuksena, jota täydennettiin haastatteluilla. Haasta-teltuina olivat Tampereen liikennekeskuksen johtaja Kari Korpela ja liikennepäivystäjä Marko Kolatti. Haastattelu toteutettiin 26.10.2018 Tampereen liikennekeskuksen tilois-sa. Haastattelun tavoitteena oli saada kokonaiskuva vaihtuvien nopeusrajoitusjärjestel-mien toiminnasta Suomessa ja näkökulmia tulevaisuuteen. Haastattelu toteutettiin tee-mahaastatteluna. Teemahaastattelun kysymykset ovat liitteessä A.

Tutkimuksen pääpaino on Suomeen liittyvässä aineistossa, mutta erityisesti turvallisuu-teen liittyvissä asioissa Suomessa olevan aineiston koko on liian pieni tilastollisesti merkitsevään tutkimukseen. Näiltä osin täydentävää aineistoa löytyy ulkomaisista tieto-kannoista. Historiaosuudessa käsitellään lyhyesti muissa maissa ennen Suomea käytössä olleita järjestelmiä.

Työssä käsitellään ensimmäiseksi vaihtuvien nopeusrajoitusjärjestelmien historiaa erityisesti Europan osalta keskittyen sen jälkeen Suomeen. Tämän jälkeen tutkimuksessa käsitellään vaihtuvien nopeusrajoitusten hyötyjä ja niiden vaikutuksia ajonopeuksiin. Kandidaatintyön varsinainen pääpaino on kuitenkin järjestelmän eri osissa ja siihen kuuluvissa eri laitteissa. Lopuksi käsitellään vielä vaihtuvien nopeusrajoitusten kustannuksien muodostamista.

2. VAIHTUVA NOPEUSRAJOITUSJÄRJESTELMÄ

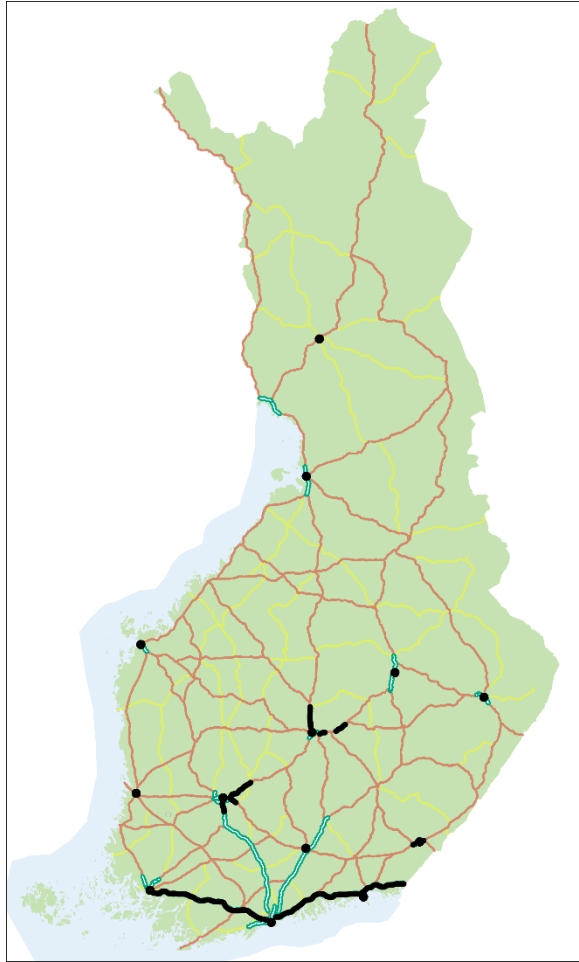
2.1 Taustaa

Vaihtuvat nopeusrajoitukset kuuluvat osaltaan liikenteen telematiikkaan. Telematiikka on tietotekniikkaa, jossa hyödynnetään yhtä aikaa tietojenkäsittely- ja tiedonsiirtotekniikkaa. Liikennetelematiikan avulla voidaan olemassa olevia väyliä hyödyntää entistä tehokkaammin. Esimerkkeinä liikennetelematiikasta toimivat joukkoliikenteen informaatio- ja liikenteenohjausjärjestelmät. Liikennetelematiikasta vastaa julkinen valta eli käytännössä valtiot ja kunnat. (Kalenoja et al. 2005, s. 229- 232)

Vaihtuvien nopeusrajoitusten hyödyt voidaan karkeasti jakaa seuraaviin:

- Ajoneuvojen nopeuden keskihajonta pienenee, mikä vähentää tarvetta mm. kaistan vaihdoille (Kattan & Khondaker 2015).
- Väylän kapasiteetin liikkuesa ylärajoilla voidaan nopeutta pudottamalla parantaa väylän välistyskykyä (Hegy 2005, Kattanin & Khondakerin 2015 mukaan).
- Nopeuden pudottaminen parantaa välityskykyä ja vähentää päästöjä (Zegeye et al. 2010, Kattanin & Khondakerin 2015 mukaan).

Suomessa toteutetuissa tutkimuksissa (Rämä 1997; Harjula et al. 1999; Hautala et al. 2001; Schirokoff & Vitikka 2001) vaihtuvista nopeusrajoituksista on pääsääntöisesti pidetty ja niiden avulla voidaan vaikuttaa ajonopeuksiin (LVM:n 2005, s. 7 mukaan). Suomessa voidaan vaihtuvia nopeusrajoituksia laskea huonon kelin aikana 30 km/h tunnissa normaaliin nopeusrajoitukseen nähden ja nostaa maksimissaan 20 km/h. Onnettomuustilanteissa kuitenkin rajoituksia voidaan laskea enemmän. (Tiehallinto 2009a, s. 46; Korpela 2018) Kuvassa 1 on esitetty Suomessa käytössä olevat vaihtuvien nopeusrajoitusten alaiset tiejaksot.



Kuva 1. *Vaihtuvilla nopeusrajoituksilla varustetut tieosuudet Suomessa (ELY 2018; Korpela 2018), pohjakartta Wikipedia (2018a). Yksittäisiä lyhyitä osuuksia puuttuu.*

Vaihtuvia nopeusrajoituksia on Suomessa käytössä 400 tiekilometrillä sekä jossain yksittäiskohteissa (Liikennevirasto 2016b). Pisin yhtenäinen väli on E18-moottoritie Turun ja Vaalimaan välillä (Korpela 2018). Osa vanhoista osuuksista on myös jäänyt uusien moottoriteiden valmistuttua vanhalle tieosuudelle ja niitä on sitä myöten poistettu käytöstä (Rajamäki et al. 2003, s. 1).

2.2 Vaihtuvien nopeusrajoitusten historiaa

Maailmalla ensimmäisten vaihtuvien liikennemerkkien arvellaan olleen asennettuna Yhdysvalloissa New Jersey Turnpike -nimisellä tieosuudella 1950-luvulla. Alkuperäiset opasteet ovat kuvassa 2. Alkuperäiset neonvalot korvattiin uudemmalla tekniikalla 2010-luvun alussa. (Roadbridges 2018, Wikipedian 2018b mukaan) Ensimmäiset varsinaiset vaihtuvat nopeusrajoitukset olivat Englannissa 1960-luvun alkupuolella. 1980-luvun puolivälissä tulivat merkit teksteillä ja varoitusmerkeillä. (Bacelar 2013, s. 4)



Kuva 2. New Jersey Turnpikin alkuperäiset vaihtuvat opasteet (Wikipedia Commons 2018)

Suomessa ensimmäiset tutkimukset vaihtuvista nopeusjärjestelmistä tehtiin 1980-luvulla. Tutkimuksessa esiteltiin Keski-Euroopassa käytössä olevia järjestelmiä ja mietittiin niiden perusteella Suomeen sopivaa mallia. Saksassa käytössä olleissa järjestelmissä parannettiin muun muassa pullonkauloina toimivien osuuskien välityskykyä ajonopeuksiin vaikuttamalla. Ranskassa liikennemittauspisteiden ja kameroiden muodostaman informaation avulla pystyttiin varautumaan ruuhkiin ja pudottamaan nopeuksia. Hollantilainen järjestelmä oli muuten samankaltainen, mutta se sisälsi myös kaistaohjauksia ja vaihtoehtoisia ajoreittejä. (TVH ja TKK 1984, s. 30)

Suomessa vaihtuvan nopeusrajoitusjärjestelmän rakentaminen alkoi vuonna 1992. Tiehallinto laati ensimmäiset toimintaohjeet vaihtuville opasteille vuonna 1996. Lähesmaan ja Schirokoffin raportissa vuodelta 1998 selvitettiin ensimmäistä kertaa Suomessa vaihtuvien nopeusrajoitusten laajamittaista käyttöä. (LVM 2005, s. 7)

Vaihtuvien nopeusrajoitusten toteuttaminen oli aluksi tiepiirien vastuulla, minkä takia niiden rakentamiseen ei ollut yhtenäisiä suuntalinjoja valtakunnan tasolla. Myöhemmin toimintamalleja on yhtenäistetty valtakunnan tasolla ja vaihtelua ei juurikaan enää esiinny järjestelmien käyttämisessä. (LVM 2005, s. 6; Korpela 2018)

2.3 Vaikutukset ajonopeuksiin


Liikenne- ja viestintäministeriön tutkimuksessa on tarkasteltu keskinopeuksien muutosta yleisellä tasolla. Ajonopeudet ovat laskeneet, kun vaihtuvilla merkeillä on näytetty alemmaa nopeusrajoitusta huonon kelin aikana. Vaihtuvilla nopeusrajoituksilla nopeuk-

sia on saatu laskettua vielä enemmän kuin ilman niitä hankalissa olosuhteissa. (LVM 2005, s. 18-26)

Yleisesti katsotaan liikenneturvallisuuden parantuvan nopeuksien laskemisen seurauksena. Ruotsalaisen potenssimallin mukaan henkilövahinko-onnettomuudet lisääntyvät nopeuden kasvaessa toiseen potenssiin, vakavat onnettomuudet kolmanteen ja kuolemaan johtavat onnettomuudet neljänteen potenssiin. (Nilsson 1981, VTT:n 2014, s. 7 mukaan) Saksassa myös havaittiin autoilijoiden hyväksyvän nopeusrajoituksen laskemisen rajoittamattomasta ilman havaittavaa syytä 100 km/h:ssa, mutta laskettaessa nopeusrajoitus rajoittamattomasta 80 km/h:ssa näin ei enää ollut (Zackor 1979, TVH:n ja TKK:n 1984 mukaan).

Vaihtuvien nopeusrajoitusten merkkien on hyvä olla erilaiset kuin tavallisissa nopeusrajoituksissa. Tiehallinnon tutkimuksessa kuituoptisen merkin jälkeen nopeudet laskivat enemmän kuin sähkömekaanisen merkin jälkeen, koska sähkömekaaninen merkki muistutti ulkoasultaan tavallisia merkkejä. Kuituoptinen merkki tiputti nopeuksia keskimäärin noin 3 km/h tunnissa enemmän kuin sähkömekaaninen merkki. (Tielaitos 1996) Rämän tutkimuksen tuloksia vaihtuvien nopeusrajoitusten vaikutuksista ajonopeuksiin esitellään taulukossa 1.

Taulukko 1. *Vaihtuvien nopeusrajoitusten vaikutukset ajonopeuksiin talvella huonossa ajokelissä verrattuna tavallisiin nopeusrajoituksiin. (Rämä 2001, s. 30)*

Nopeuden arvo	Koetien nopeusrajoitus [km/h]  Vaihtuva nopeusrajoitus	Kontrollitien nopeusrajoitus [km/h]  Tavallinen nopeusrajoitus	Vaikutus [km/h]
Keskiarvo/vähän liikennettä	-9,7	-6,3	-3,4
Keskiarvo/vähän liikennettä/ ei sadetta	-9,5	-4,2	-5,3
Keskiarvo/kaikki	-8,8	-6,3	-2,5
Keskihajonta	-0,8	+2,3	-3,4
v85, nopeus, jonka 15 % ylittää	-8,2	-3,5	-4,7
v15, nopeus, jonka 85 % ylittää	-6,7	-8,2	+1,5

Rämän tutkimuksissa havaittiin vaihtuvien nopeusrajoitusten laskemisen alentavan ajonopeuksia ja pienentävän nopeuksien keskihajontaa (Rämä 2001, s. 3). Tutkimuksessa nopeuksia saatiin pienennettyä myös laittamalla vaihtuvien nopeusrajoitusten viereen vaihtuva varoituskyltti liukkaasta tiestä (Rämä 2001, s. 30). Taulukon 1 tulokset ovat talviajalta, jolloin vaihtuvista nopeusrajoituksista on eniten hyötyä (LVM 2005). V85 ja v15 määritelmänä on käytetty Tie- ja vesirakennushallituksen raportissa olevaa määritelmää (Tie- ja vesirakennushallitus 1984, s. 5).

Pirkanmaan alueella olevien Tampere-Lempäälä ja Tampere-Kangasala välillä olevien vaihtuvien nopeusrajoitusten on havaittu vähentäneen onnettomuuksia vuosien 2004-2014 aikana ja erityisen merkittävä vaikutus on ollut henkilövahinko-onnettomuuksien (heva) kohdalla (Korpela 2018). Vaikka tutkimusalue on pieni, eikä ole tilastollisesti merkittävä, voidaan niistä kuitenkin nähdä jonkinlaista huomioita vaihtuvien nopeusrajoitusten hyödyistä.

Tampereen ja Lempäälän välillä valtatiellä 3 kaikkien onnettomuuksien määrä putosi 8 % ja heva-onnettomuuksien 83 %. Tampereen ja Kangasalan välillä valtatiellä 12 on-

nettomuudet putosivat 45 %. (Korpela 2018) Vuosien 2004-2014 välillä tieliikenneonnettomuudet vähenivät koko Pirkanmaan alueella 19 % (Tilastokeskus 2018).

Syyksi parantuneelle turvallisuudella Korpela arveli nopeuksien keskihajonnan pieneenmistä. Ennen vaihtuvien nopeusrajoitusten asentamista valtatie 3:lla noin 81 % ajoneuvoista ajoi ylinopeutta ja 17 %:lla nopeus oli yli 120 km/h nopeusrajoituksen ollessa kyseisellä välillä 100 km/h, eli lähes kaikki henkilöautot ajoivat ylinopeutta. (Korpela 2018)

Nopeuden valvonta

Vaihtuvien nopeusrajoitusten alueella poliisi valvoo nopeutta kuten muillakin teillä. Sakotustilanteissa poliisit voivat tarkistaa näytöissä olleen nopeusrajoituksen tieliikennekeskuksista. Tieliikennekeskuksissa säilytetään käytetyt nopeusrajoitukset 10 vuoden ajalta. (Korpela 2018)

Automaattisen nopeusvalvonnan liittämistä vaihtuviin nopeusrajoituksiin on ollut puhetta lähinnä ideatasolla. (LVM 2005, s. 33; Tiehallinto 2007, s. 5) Käytännössä tällaisen järjestelmän toteuttaminen ei ole aivan lähiaikoina näköpiirissä (Korpela 2018).

2.4 Hyödyt ja haitat

Vaihtuvien nopeusrajoitusten hyödyt ovat suurimmat vilkkaasti liikennöidyillä tieosuuksilla usein taajamien lähistöllä (LVM 2005; Korpela 2018). Suomessa niiden käyttö rajoittuukin vilkkaille tieosuuksille.

Vaihtuvien nopeusrajoitusten suurimmat negatiiviset asiat tulevat niiden korkeista hankinta kustannuksista. Kivisessä maastossa erityisesti merkkien vaatimien sähköjohtojen kaivaminen tulee melko kalliiksi. (Korpela 2018)

Merkit ovat myös lyhyt ikäisiä tavallisiin liikennemerkkeihin verrattuna. Lyhimmillään käyttöiät ovat olleet vain 5-10 vuotta. Sähkömekaaniset merkit ovat kuituoptyisia ja LED-merkkejä kestävämpiä, mutta niiden hyödyt ovat pienemmät. Ongelmia tuottavat myös tietojärjestelmien uusiminen ja tietokoneiden päivittäminen. (Korpela 2018) Muuten toimivan järjestelmän elinkaari saattaa myös päättyä tietokoneiden käyttöiän tullessa täyteen.

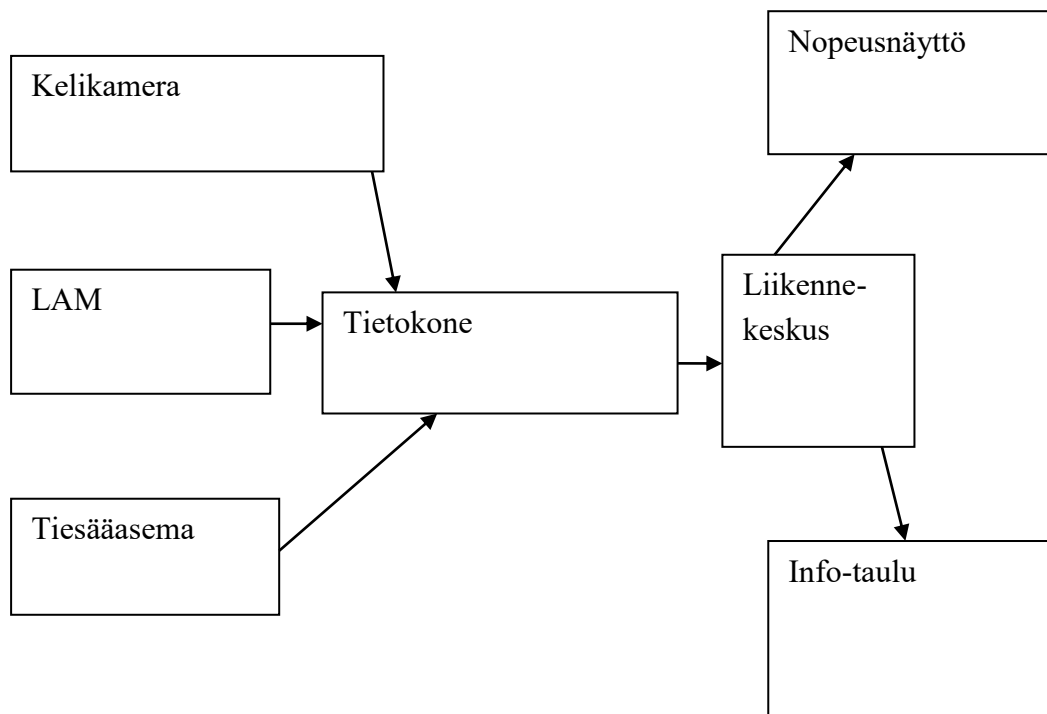
Vaihtuvien nopeusrajoitusten hyödyt tulevat selkeimmin esiin suuriin kaupunkeihin johtavilla pääväylillä. Niiden avulla pystytään parantamaan tien välityskykyä ruuhkahuipujen aikana alentamalla nopeusrajoituksia ja nostamaan rajoituksia hiljaisen liikenteen aikana. (Korpela 2018) Hiljaisemmilla teillä tien kapasiteetti pystyy välittämään liikennettä sujuvasti myös tien vilkkaimmilla ajanjaksoilla.

Vaihtuvien nopeusrajoitusten hyöty-kustannussuhde vaihtelee välillä 1,1-1,9 (Hautala et al. 2003, Rajamäki et al. 2003, Öörni 2004 ja Schirokoff et al. 2005, Kulmalan 2014 mukaan). Vammautuneiden osuus vähenee vaihtuvien nopeusrajoitusten avulla Suomen oloissa -6...-10 % (Kulmala 2008). Kuolleiden määrän muutoksista ei tietoa ollut, mikä voi johtua asian tutkimisen vaikeudesta.

3. KÄYTETTÄVÄT TEKNIIKAT

3.1 Järjestelmän kuvaus

Vaihtuvien nopeusjärjestelmien toimintaan tarvitaan monia laitteita. Liite B sisältää kaavion laitteiden sijainnista ja määrästä Lempäälä-Kulju välillä. Kuvassa 3 on esitetty yksinkertainen esitys järjestelmän toiminnasta.



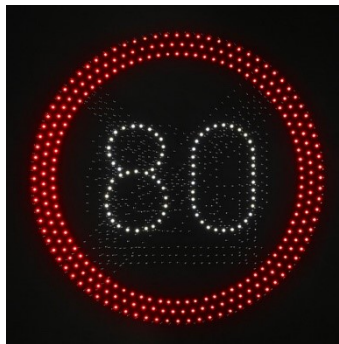
Kuva 3. Kaavio vaihtuvien nopeusrajoitusjärjestelmien toiminnasta Suomessa (Liikennevirasto 2016b; Korpela 2018).

Aluksi tarvittavat tiedot kerätään kelikameroista, LAM-aseamista ja tiesääasemista. Tiedot siirtyvät keskustietokoneelle, jonka kokoamien tietojen perusteella liikennekeskuksessa päätetään nopeusrajoitukset. Lopuksi tieto näytetään tienkäyttäjille nopeusnäyttöjen ja infotaulujen avulla. (Korpela 2018)

3.2 Näyttötekniikat

LED

LED-tekniikka on tällä hetkellä yleisin ja sen käyttämistä suositellaan Liikenneviraston suunnitteluohjeissa. Tekniikan huonona puolena on sen vaatima kiinteä sähköjohto. (Korpela 2018) Kuvassa 4 on esillä LED-merkki.



Kuva 4. Swarcon valmistama LED-nopeusnäyttötäulu (Swarco 2018).

LED-näyttöjen kirkkautta säädellään ympäristön valoisuuden mukaan. Kesäaikaan niiden virran kulutus onkin suurta. (Korpela 2018)

Kuituoptinen

Kuituoptisia merkkejä on tällä hetkellä vain Kuopion suunnalla (Korpela 2018). Niissä ongelmana on ollut huono näkyvyys tienkäyttäjille. Kuituoptisessa merkissä nopeusrajoitus tehdään valokuidun päässä olevien linssien avulla. (Tielaitos 1996, s. 6) LED- ja kuituoptiset merkit voivat näyttää erilaisia nopeuksia kuten esimerkiksi 120/110/100/90/80/70, mutta eri nopeusrajoitukset eivät saa olla liian lähellä toisiaan. 80 km/h nopeusrajoitukseen jälkeen ei suositella siirtymistä 70 km/h nopeusrajoitukseen. (LVM 2005, s. 12) Kuvassa 5 on esillä kuituoptinen nopeusnäyttö.



Kuva 5. Kuituoptinen nopeusnäyttötäulu (Tielaitos 1996).

Sähkömekaaninen

Sähkömekaaninen nopeusrajoitus tehdään sevensegmenttinäytöllä, kääntyvillä prismoilla tai kääntyvällä kiekolla. Nopeusrajoitus koostuu esimerkiksi kolmesta kolmiosta, joiden paikkoja vaihtamalla muodostetaan haluttu nopeusrajoitus. Liikenneviraston ohjeistuksen takia uusia sähkömekaanisia merkkejä ei enää rakenneta. Sähkömekaanisilla merkeillä voidaan näyttää vain kolme eri nopeusrajoitusta. (Tielaitos 1996; LVM 2005, s. 12; Korpela 2018) Kuvassa 6 on esillä sähkömekaaninen nopeusnäyttö.



Kuva 6. Sähkömekaaninen nopeusnäyttötäulu (Liikennevirasto 2016a, s. 12).

Hyvänä puolena sähkömekaanisissa merkeissä on kestävyys ja melko helppo korjattavuus. Huonona puolena taas on vikaantuminen ja jäätyminen erityisesti talvikeleillä. Sähkömekaaniset merkit voivat käyttää aurinkokennoja virranlähteenä. Sähkömekaaniset merkit sisältävät kaksi kappaletta akkuja. (Korpela 2018)

Varoitusmerkit

Vaihtuvien nopeusrajoitusten yhteydessä voi olla myös vaihtuvia varoitusmerkkejä. Vaihtuvia varoitusmerkkejä ei pidetä koko ajan päällä ja niitä ei käytetä pysyvän vaaran ilmaisemiseen. (Rajamäki et al. 2003, Puhakan 2018, s. 9 mukaan) Varoitusmerkkien lisäksi on olemassa tiedotustauluja, joihin voidaan kirjoittaa lyhyitä tiedotuksia esimerkiksi liikenteen häiriöihin liittyen (Rajamäki et al. 2003, s. 21; Kolatti 2018). Vaihtu-

vien varoitusmerkkien avulla voidaan tehostaa alennettujen nopeusrajoitusten vaikutusta ajonopeuksiin (Tiehallinto 2009b, s. 18).

Nopeusrajoituksen rinnalla muuttuvissa opasteissa voidaan näyttää myös varoitusmerkkejä. Vaihtuvan varoitusmerkin käyttö liittyy yleensä tilanteeseen, jossa myös nopeusrajoitusta alennetaan. Suomessa periaatteena on, ettei pysyvästä vaarasta varoiteta vaihtuvalla varoitusmerkillä. (Tiehallinto 2009b, s. 18)

3.3 Mittausasemat ja kamerat

Mittausasemilla ja kameroilla saadaan tietoa liikenteen sujuvuudesta ja kelistä, minkä avulla valitaan haluttu nopeusrajoitus. Valinta tehdään joko kokonaan automaattisesti, tietokoneen ehdotuksen mukaan tai täysin manuaalisesti. Automaattinen ohjaus on näistä yleisimmin käytössä. Nopeuksien muuttamista varten on säädetty omat raja-arvot, joiden ylityessä nopeusrajoituksia muutetaan. (Tiehallinto 2009a, s. 43-44; Korpela 2018; Puhakka 2018).

Vaikuttavia asioita nopeusrajoituksia määrättäessä ovat mm. kitka, lämpötila, näkyvyys, ajonopeudet ja keskihajonta sekä liikenteen sujuvuus. Näkyvyys kitka ja lämpötila tiedot saadaan tiesääasemasta ja ajonopeudet, keskinopeudet ja liikennemäärät liikenteen automaattisilta mittausasemilta (LAM). (Korpela 2018)

Tiesääasema

Säät ja kelitiedot saadaan tiesääasemista. Tiesääasemia on Suomessa noin 400 kappaletta ja optisia keliantureita noin 150 kappaletta. Tiesääasemat on useimmiten sijoitettu pääteiden varsille. Erilaisten antureiden määrä vaihtelee suuresti 8- 50 välillä ja asemilta kerättävät tiedot päivittyvät noin 5-10 minuutin välein. (Liikennevirasto 2016b, s. 7)

LAM-asemia tarvitaan noin yksi vaihtuvien nopeusrajoitusten 15 kilometriä varten. Ongelmia voi aiheuttaa rajatulla alueella esiintyvien sääilmiöiden osuminen tiesääasemalle, jolloin koko yhden tiesääaseman alueella olevat nopeusrajoitukset alennetaan. Tällöin rajoitukset voivat tienkäyttäjälle näyttää oudon matalilta. (Korpela 2018) Kuvassa 7 on automaattinen sääasema.



Kuva 7. Vaisalan rakentama automaattinen sääasema (Vaisala 2018).

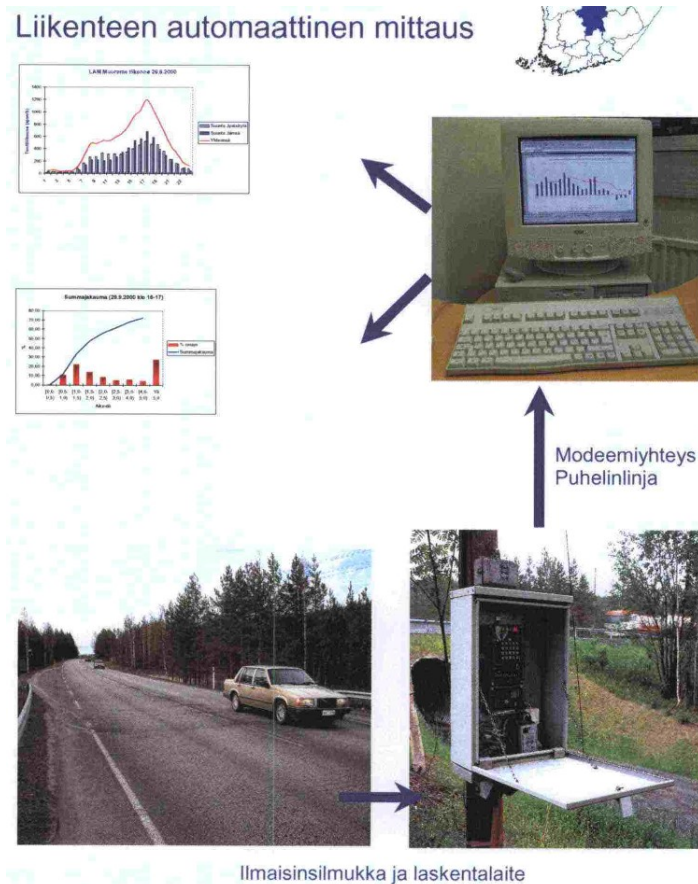
LAM-asema (liikenteen automaattinen mittausasema)

LAM-asemat mittaavat liikenteen tiheyttä ja monia muita liikenteen ominaisuuksia. LAM-mittausasemia oli Suomessa vuonna 2016 noin 470 kappaletta. LAM-asema rekisteröi tiedot pisteen ohittamisen kellonajasta, ajosuunnasta, ajokaistasta, ajonopeudesta, ajoneuvon pituudesta, peräkkäisten ajoneuvojen välillä kuluneesta ajasta ja ajoneuvon ajoneuvoluokan. (Liikennevirasto 2016a) Tietoa käytetään nopeusrajoitusten määrittämisessä (Korpela 2018).

LAM-asemat tunnistavat seitsemän ajoneuvoluokkaa (Liikennevirasto 2016a, s. 13):

- henkilö- ja pakettiautot
- kuorma-autot
- linja-autot
- puoliperävaunulliset kuorma-autot
- täysperävaunulliset kuorma-autot
- peräkärrylliset henkilö- ja pakettiautot
- asuntovaunut ja henkilö- ja pakettiautojen vetämät pitkät peräkärryt.

LAM-asema perustuu päällysteen sisälle upotetun silmukan sähkömagneettiseen induktioon, jota metallinen ajoneuvo muuttaa. (Liikennevirasto 2016a, s. 13). Kuvassa 8 on esitelty LAM-aseman toimintaa.

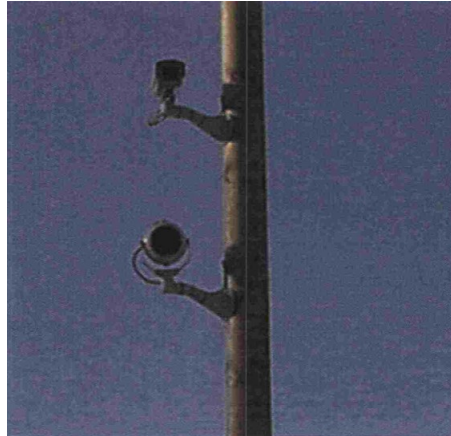


Kuva 8. LAM-asema ja sen toiminta (Tiehallinto 2004, s. 17).

Jokaisella kaistalla on omat silmukkaparinensa ja tiedot siirtyvät tiedonkeräyksiköstä 5–15 minuutin välein seurannan järjestelmiin. (Liikennevirasto 2016a, s. 15) Silmukat ovat samanlaisia kuin automaattisessa nopeusvalvonnassa käytettävät.

Liikenne- ja kelikamerat

Liikenne- ja kelikameroita on Suomessa noin 600 kappaletta. Useimmat kamerat ovat kääntyviä ja niitä sijaitsee tasaisesti Suomen alueella. Still-kuvissa päivitys tapahtuu 10 minuutin välein. (Liikennevirasto 2016b, s. 9) Live-kuvan lähettäminen vaatii kameraan kiinteän internet-yhteyden ja 3g-verkossa olevilla kameroilla voi lähettää vain still-kuvia (Kolatti 2018). Kuvassa 9 on liikennekamera.



Kuva 9. Kamera ja Ir-valaisin (Tiehallinto 2004, s. 15).

Kelikameroita tarvitaan sään ja kelin seurannassa. Niiden tuottamaa tietoa käytetään hyödyksi vaihtuvia nopeusrajoituksista päätettäessä. (Tiehallinto 2002; Tiehallinto 2004)

Laitteiden käyttöikä on noin 20 vuotta ja ensimmäisenä uusimista vaativat tietokoneet ja muut ohjausjärjestelmät. Sähkömekaaniset merkit ovat hyvin pitkäikäisiä. Lyhimmillään käyttöiät ovat kuitenkin olleet vain 5-10 vuotta. (Korpela 2018)

3.4 Liikennekeskus

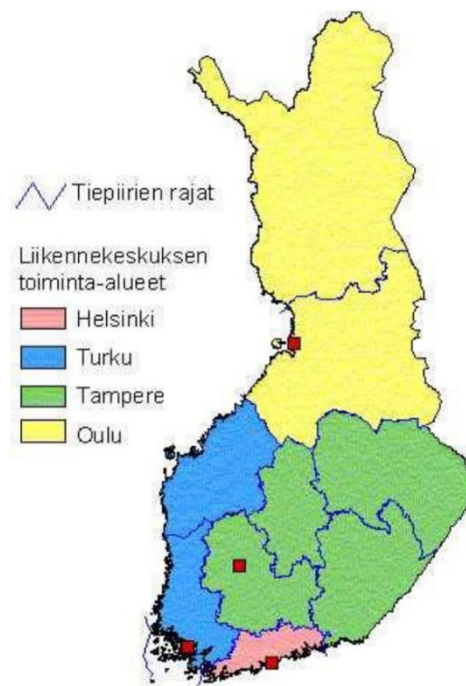
Liikennekeskusten vaikuttavat liikenteenhallinnalla kuten nopeusrajoituksia säättämällä liikenteen sujuvuuteen ja turvallisuuteen. Liikenteenhallinnalla tasataan liikenteen kysyntää ja pyritään väylien tehokkaaseen käyttöön. (Liikennevirasto 2016b, s. 5)

Liikennekeskuksissa viime kädessä päätetään käytettävä nopeusrajoitus ja valvotaan liikennettä. (Liikennevirasto 2016b; Korpela 2018) Mahdollisen onnettomuuden sattuessa liikennekeskuksesta voidaan aloittaa nopeusrajoitusten portaittainen laskeminen onnettomuuskohtetta lähestyttäessä (Korpela 2018). Kuvassa 10 on kuva Tampereen liikennekeskuksesta.



Kuva 10. Tampereen liikennekeskus.

Lisäksi liikennekeskuksissa valvotaan tunneleita ja myös suljetaan niitä tilanteen sitä vaatiessa. (Korpela 2018) Kuvassa 11 on esitelty liikennekeskusten toiminta-alueet.



Kuva 11. Suomen liikennekeskusten vastuualueet (Liikennevirasto 2016b, s. 4).

Tieliikenteen häiriötilanteissa tieliikennekeskukset välittävät ensitietoja tapahtumista tievarsien ilmoitustaulujen avulla. Tämän lisäksi liikennekeskukset hyödyntävät liikenne-

teenhallintaan muun muassa vaihtuvia nopeusrajoituksia ja kommunikoivat pelastuslaitoksen ja muiden viranomaisten kanssa. (Liikennevirasto 2016b, s. 18)

Kuvassa 11 esitellään Suomessa olevat liikennekeskukset ja niiden toiminta-alueet. Yö aikaan Tampereen liikennekeskus vastaa myös Oulun liikennekeskuksen alueesta. Muita liikennekeskusten vastuualueita ovat: Oulussa jäätiet ja painorajoitukset, Turussa erikoiskuljetukset ja Tampereella tiedotus medialle. (Liikennevirasto 2016b; Kolatti 2018)

3.5 Järjestelmän kustannukset

Liikennekeskus

Liikennekeskukset ovat kertaluontoisia investointeja ja ne on jo rakennettu. Käytännössä uusia vaihtuvilla toteutettavia rajoituksia pystytään operoimaan jo olevista keskuksista. Jos vaihtuvien nopeusrajoitusten verkkoa laajennettaisiin huomattavasti, tulisi kyseen lisätyövoiman palkkaaminen. Se ei tosin ole lähiaikoina todennäköistä (Korpela 2018).

Tiedonsiirto- ja sähkökaapeli

Sähkökaapeli voidaan toteuttaa joko ilmajohtona tai maahan kaivettuna. Valokuitukaapeli mahdollistaa tarkan live-kuvan. (LVM 2005) Kaapeloinnin hinta riippuu paljon maastosta (Korpela 2018).

Langaton yhteys

Langaton yhteys ei vaadi kiinteitä maahan kaivettavia valokuituja, minkä takia se on valokuituverkkoa halvempi investointi. Langattoman yhteyden vuosittaiset käyttökustannukset ovat 2 miljoonaa euroa kiinteää yhteyttä korkeammat. (Kolatti 2018)

Näytöt

Nopeusrajoitukset esitetään vaihtuvien nopeusrajoitusmerkkien avulla. Niiden lisäksi voi olla myös vaihtuvia varoitusmerkkejä ja liukkaudesta ja muista asioista kertovia informaatiotauluja. (Korpela 2018) Nämä nostavat kustannuksia verrattuna pelkkiin nopeusrajoitusmerkkeihin verrattuna. Näyttöjen valmistajana toimii mm. Swarco (Swarco 2018).

Kelikamerat

Kelikameroiden hintana on käytetty ammattikäyttöön tarkoitettujen valvontakameroiden hintoja, koska hinnat ovat luultavimmin melko lähellä kelikameroina käytettyjen laitteiden hintoja. Vaihtuvien nopeusrajoitusten rakentamiskustannusten on arvioitu olevan kaksiajorataisilla teillä noin 80 000 €/km ja yksiajorataisilla noin 34 000 €/km vuoden 2004 hintatasossa (LVM 2005, s. 2). Suomen rahamuseon laskurilla laskettuna hinnat

olisivat vuoden 2018 hintatasossa kaksiajorataisilla teillä noin 100 000 €/km ja yksiajorataisilla 42 000 €/km (Rahamuseo 2018).

Vuonna 2012 valmistunut Tampereen ja Lempäälän välille toteutettu vaihtuvien nopeusrajoitusten rakentaminen maksoi yhteensä noin 1,0 miljoonaa euroa. Hankkeelle oli alun perin budjetoitu noin 0,6- 0,7 miljoonaa euroa. (Korpela 2018) Tästä saadaan 12 kilometrin tiepituudelle jaettuna hinnaksi 83 000 euroa/km toteutuneista kustannuksista laskettuna. Taulukko 2 sisältää järjestelmän eri osien hankintahinnat koottuna.

Taulukko 2. *Vaihtuvien nopeusrajoitusten laitteiden hinnat (Korpela 2018; Suomen turvatuote 2019).*

Laite	Hinta	muita huomioita
LAM-asema	20 000 €/kpl	
tiesääasema	50 000 €/kpl	
yksi vaihtuva nopeusrajoitusmerkki (LED)	6 000 €/kpl	
valvontakamera	1 000 €/kpl	
sähkökaapelointi	20 000 €/km	Hinta vaihtelee voimakkaasti maaperän mukaan.

Vaihtuvien nopeusrajoitusten vuosittaiset ylläpitokustannukset on laskettu 7 miljoonaksi euroksi ja 20 vuoden ylläpitokustannukset 83 miljoonaksi euroksi verkkovaihtoehdolla 1 (verkkoja käsitelty tarkemmin luvussa 4). Verkon 1 pituus olisi 2118 kilometriä ja se on nykyistä verkkoa huomattavasti pidempi nykyisen verkon ollessa pituudeltaan 400 km. (LVM 2005, s.32) Näillä lähtötiedoilla nykyisen verkon vuosittaiset ylläpitokustannukset olisivat noin 1,3 miljoonaa euroa.

4. TULEVAISUUS

Laajentamissuunnitelmat

Liikenne ja viestintäministeriön tutkimuksessa vaihtuvien nopeusrajoitusten laajamittaisesta käytöstä on hahmoteltu kolme eri laajuista tieverkkoa, jolle vaihtuvat nopeusrajoitukset voitaisiin rakentaa. Verkostojen pituudet vaihtelivat verkon 1 pituudesta 2118 km verkon 3 pituuteen 4303 km. (LVM 2005, s.17)

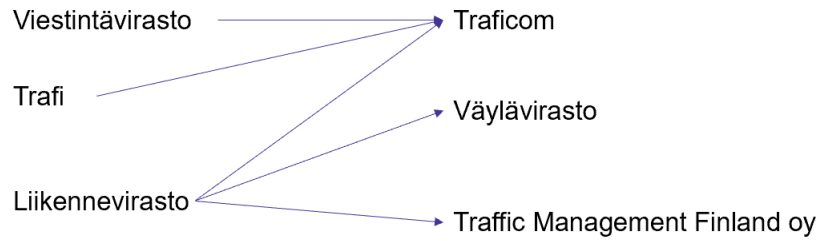
Kuitenkin viime vuosina verkoston laajuus on pikemminkin ollut laskemaan päin. Syyinä tähän on vanhojen maaseutujaksoilla olevien järjestelmien vanheneminen ja purkaminen pois. (Korpela 2018)

Laitteiden käyttö muualla

Vaihtuvien nopeusrajoitusten näyttöjen käyttäminen muissa käyttötarkoituksissa ei ole mahdollista. Kelikameroita voidaan valvoa yleisemminkin liikennettä ja onnettomuustilanteissa paikallistaa mahdollisen häiriön aiheuttajan. LAM-mittausasemien tietoja voidaan käyttää hyväksi myös muissa liikennemääriin liittyvissä tutkimuksissa. (Korpela 2018)

Organisaatiomuutokset

Vuoden 2019 alussa Liikenneviraston, Trafín (Liikenteen turvallisuusvirasto) ja Liikenne- ja Viestintäviraston toiminnot organisoitiin uusiin virastoihin. Liikennevirastosta muodostettiin Väylävirasto ja väylänpitoon liittymättömät toiminnot siirrettiin Traficomille. Traficomiiin tuli lisäksi Liikenne- ja Viestintäviraston ja Trafín nykyiset toiminnot. (Yle 2018) Kuvassa 12 esitetään vanhojen ja uusien organisaatioiden yhteydet.



Kuva 12. Liikenteen virastouudistuksen muutokset toimijoissa (Yle 2018; LVM 2018).

Liikenteenohjaus- ja hallintapalvelut yhtiöitettiin valtion erityistehtäväyhtiöön, jonka nimeksi tuli Traffic Management Finland Oy (Yle 2018; LVM 2018). Muutosten taustalla on muun muassa palvelujen myynnin helpottaminen. (Korpela 2018) Liikenteen ohjauksesta vastaa Intelligent Traffic Management Finland Oy (Iltalehti 2018; LVM 2018). Vaihtuvien nopeusrajoitusten ohjaukseen organisaatiomuutoksella ei ole vaikutusta suurimpien muutoksien tapahtuessa lähinnä hallintorakenteissa.

5. PÄÄTELMÄT

Suomessa ensimmäiset vaihtuvilla nopeusrajoituksilla varustetut tieosuudet tulivat 1990-luvun alussa jonkin verran esimerkiksi Keski-Eurooppaa myöhemmin. Alkuvaiheessa järjestelmän rakentaminen oli tiepiirien vastuulla ja yhtenäistä ohjeistusta ei ollut. Siitä johtuen vaihtuvien nopeusrajoitusten rakentamisperusteissa oli valtakunnan tasolla vaihteluita. Vuoteen 2018 asti Liikennevirasto (1.1.2019 alkaen Väylävirasto) ohjasi rakennuttamista valtakunnan tasolla luoden yhtenäisemmät pelisäännöt järjestelmän käytölle.

Vaihtuvien nopeusrajoitusten avulla pystytään hallitsemaan liikennettä paremmin. Vilkkaan liikenteen ja huonon sään ja kelin aikana niiden avulla pystytään pudottamaan nopeuksia entisestään. Nopeuden pienentyessä liikenteen sujuvuus ja turvallisuus paranevat. Hiljaisen liikenteen aikana voidaan taas nopeuksia nostamalla tuoda kustannussäästöjä matka-aikojen lyhentyessä.

Suomessa on käytössä kolmen tyyppisiä vaihtuvia nopeusrajoitusmerkkejä. Sähkömekaaninen muistuttaa ulkoasultaan tavallisia nopeusrajoituksia ja sen alentavat vaikutukset ovat pienempiä kuin muilla merkeillä. Kuituoptyiset merkit ja LED-merkit muistuttavat ulkonäöltään toisiaan. Nykyisin Liikenneviraston ohjeissa suositetaan vain LED-merkkien käyttämistä.

Järjestelmää kuuluvat liikenne- ja kelikamerat mahdollistavat olosuhteiden ja liikenteen reaaliaikaisen seurannan liikennekeskuksista. LAM-asetat tuottavat tietoa liikennemääristä ja liikenteen sujuvuudesta. Sääoloista saadaan tarkempaa tietoa tiesääasemien tuottamasta datasta.

Liikennekeskuksia on Suomessa tällä hetkellä neljä kappaletta ja niissä vastataan liikenteen ohjaamisesta ja nopeusrajoitusten valinnasta. Vuoden 2019 alussa liikennekeskusten toiminnat yhtiöitettiin palveluiden myynnin helpottamiseksi. Uuden yhtiön nimeksi tuli Traffic Management Finland Oy. Suuria käytännön vaikutuksia yhtiöittämisellä tulee tuskin olemaan.

Yhteensä nopeuteen vaikuttaa useita parametreja. Vaihtuvien nopeusrajoitusten ohjataan kolmella eri tavalla: täysin manuaalisesti, tietokoneen antamien nopeusehdotusten avulla tai automaattisesti. Automaattinen ohjaus on yleisimmin käytössä.

Vaihtuvien nopeusrajoitusten kustannukset muodostuvat järjestelmään kuuluvista teknisistä laitteista, keskustietokoneesta ja liikennekeskusten henkilöstöstä. Erityisen kallista järjestelmän rakentamisessa on maakaapeloinnin rakentaminen kallioiseen maastoon.

Tulevaisuudessa vaihtuvien nopeusrajoitusten määrä tuskin tulee kasvamaan ja niiden määrä tiekilometreillä saattaa jopa laskea. Vanhojen järjestelmien korvaaminen uusilla saattaa jäädä tekemättä hiljaisemmilla tieosuuksilla. Osa vanhoista osuuksista on jäänyt uusien moottoriteiden valmistuttua vanhalle tieosuudelle ja niitä on silloin poistettu käytöstä. Suurin hyöty vaihtuvista nopeusrajoituksista saadaan suurten kaupunkien vilkaasti liikennöidyillä ulosmenoteillä.

Tutkimukseen liittyviä kirjallisia lähteitä löytyi melko hyvin ja paljon ja työ sisältää melko kattavan kuvauksen vaihtuvista nopeusrajoituksista Suomessa. Haastattelujen avulla sai hyvän kokonaiskuvan vaihtuvien nopeusrajoitusjärjestelmine kuuluvista eri osista ja se auttoi sisäistämään kokonaiskuvaa. Työhön olisi voinut aina sisällyttää enemmän yksikohtia järjestelmän eri osista, mutta nykyisellään kokonaisuus pysyy paremmin kasassa.

Suomessa on tehty melko paljon tutkimuksia vaihtuviin nopeusrajoituksiin liittyen, mutta suurin osa niistä on tehty vuosien 2000-2009 välillä ja esimerkiksi järjestelmän sijainnissa ovat melko paljon muuttuneet. Myös automaattisen kameravalvonnan yhdistäminen vaihtuviin nopeusrajoituksiin on ollut idea tasolla olemassa jo yli kymmenen vuotta. Tältä osin tutkimuksia voisi jatkaa edelleen.

LÄHTEET

Bacelar, A, (2013). Using variable message signs, CERTU France. Available: <http://www.seminarios-aac.org.ar/puma.avnam.net/presentaciones6y7/4.Bacelar.pdf> (viitattu 30.11.2018)

Elinkeino-, liikenne-, ympäristökeskus (2018). Talvi- ja pimeään ajan nopeusrajoitukset. Saatavissa: <https://vayla.fi/documents/20473/23358/talvinopeusrajoitukset-2017-2018.pdf/f0ffdeec-2ea5-4867-85e4-53c2f82905c7> (viitattu 4.12.2018)

Harjula, V., Raitio, J., Rämä, P., Schirokoff A. (1999). Sää- ja kelitietoon perustuvan liikenteenohjausjärjestelmän vaikutukset yksiajoraitaisella osuudella valtatiellä 7, Tie-laitos. Saatavissa: www.doria.fi/bitstream/handle/10024/138924/4119tie.pdf?sequence=1&isAllowed=y (viitattu 4.12.2018)

Hautala, R., Lehtonen, M., Schirokoff, A. (2001). Sää- ja kelitietoon perustuvan liikenteenohjausjärjestelmän vaikutukset yksiajoraitaisella valtatiellä (E18). Tiehallinto, Liikenteen palvelut. (Tiehallinnon selvityksiä 51/2001)

Iltalehti (2018). Liikenteenohjausta varten perustettiin täysin valtion omistamaosakeyhtiö, mutta miksi sillä on hankala englanninkielinen nimi? Saatavissa: <https://www.iltalehti.fi/kotimaa/a/3c4e0b6c-cf97-4e20-971d-4edb376a9694> (viitattu 4.12.2018)

Inkinen T., Kasvio A., Liikala H. (toim.), Kalenoja, H., Kallberg, H. ja Rantala J. (2005). ”Tietotekniikka muuttaa liikennettä - Liikenteen telematiikka ja älykäs liikenne”, *Tietoyhteiskunta, myytit ja todellisuus*, Tampereen yliopistopaino, Tampere.

Kallberg, V-P., Luoma, J., Mäkelä K., Peltola, H., Rajamäki, R. (2014). Ajonopeuden liikenneturvallisuus ja ympäristövaikutukset, VTT. Saatavissa: <https://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2014/T197.pdf> (viitattu 4.12.2018)

Kanerva, P. (2002). Liikenne ja kelikamerat, Tiehallinto. Saatavissa: https://docplayer.fi/58280780-_c-o-a-vp-liikenne-ja-kelikamerat-oc-tf-eh-e-c-tiehallinto-pirkko-kanerva-keski-suomen-tiepiirin-aluejia.html (viitattu 4.12.2018)

Kanerva, P. (2004). Kelikamerat ja liikenteen automaattiset mittalaitteet, Tiehallinto. Saatavissa: <https://docplayer.fi/51953995-Kelikamerat-liikenteen-automaattiset-mittauslaitteet.html> (viitattu 4.12.2018)

- Kattan, L., Khondaker, B. (2015). "Variable speed limit: An Overview", *Transportation Letters The International Journal of Transportation Research*. Available: https://www.researchgate.net/publication/273102894_Variable_speed_limit_An_overview (viitattu 4.12.2018)
- Kolatti, M. (2018). Liikennepäivystäjä, Liikennevirasto, Tampere. Haastattelu 26.10.2018.
- Korpela, K. (2018). Tekniikan lisensiaatti, Tampereen liikennekeskuksen johtaja, Liikennevirasto, Tampere. Haastattelu 26.10.2018.
- Kulmala, R. (2008). Älykkyyteen liikenteessä, Liikenne- ja viestintäministeriö. Saatavissa: <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/78300> (viitattu 4.12.2018)
- Kulmala, R (2014). Älyliikenteen tehokkuus ja vaikuttavuus liikenneongelmien ratkaisijana. Saatavissa: <https://docplayer.fi/5557370-Alyliikenteen-tehokkuus-ja-vaikuttavuus-liikenneongelmien-ratkaisijana-risto-kulmala.html> (viitattu 4.12.2018)
- Liikennevirasto (2015). Vt 21 Kolari-Kilpisjärvi (Aurora). Saatavissa: <https://www.liikennevirasto.fi/vt21kolari-kilpisjarvi#.W6ngbExuLIU> (viitattu 4.12.2018)
- Liikennevirasto (2016a). Liikenneviraston liikennelaskentajärjestelmä 36/2016. Saatavissa: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lts_2016-36_liikenneviraston_liikennelaskentajarjestelma_web.pdf (viitattu 4.12.2018)
- Liikennevirasto (2016b). Tieliikennekeskus ja liikenneturvallisuus. Saatavissa: <http://elyt.fi/documents/10191/19672487/Tieliikennekeskus+ja+liikenneturvallisuus/8186016e-e6d7-48bf-8dcb-1f02b1ea8fe9> (viitattu 4.12.2018)
- Luoma, J. (1996). Muuttuvan nopeusrajoitusmerkin tekniikan vaikutukset ajonopeuksiin ja merkin muistaminen, Tielaitos. Saatavissa: <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/138785/3977tie.pdf?sequence=1> (viitattu 4.12.2018)
- LVM (2018). Viestintävirasto ja Trafi yhdistyvät liikennevirastoksi. Saatavissa: https://www.lvm.fi/-/viestintavirasto-ja-trafi-yhdistyvat-liikenne-ja-viestintavirastoksi-liikennevirastosta-tulee-vaylavirasto-987823?utm_source=dlvr.it&utm_medium=facebook (viitattu 4.12.2018)
- Lähesmaa, J., Schirokoff, A. (1998). Selvitys muuttuvien nopeusrajoitusten käyttöön otosta Suomen pääteillä. Tiehallinto, Liikenteen palvelut. Helsinki. (Tielaitoksen selvityksiä 60/1998)
- Nilsson, G. (1981). The effects of speed limits on traffic accidents in Sweden. In: *Proceedings, International symposium on the effects of speed limits on*

traffic crashes and fuel consumption. Paris: OECD.

Puhakka, L. (2018). Turvallisempi koulutie Jyväskylässä – Case Tikkakoski: Tutkimus vaihtuvien varoitus- ja nopeusrajoitusyhdistelmämerkkien vaikutuksesta ajonopeuksiin koulujen välittömässä läheisyydessä. Saatavilla:
<http://www.theseus.fi/handle/10024/152350> (viitattu 4.12.2018)

Rajamäki, R., Rämä, P. & Schirokoff, A. (2003). Muuttuvien nopeusrajoitusjärjestelmien turvallisuus, Tiehallinto. Saatavilla: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf/3200841_vms-turva.pdf (viitattu 4.12.2018)

Roadbridges (2018). Amped-up traffic signs imminent for NJ expressways. Available:
<http://www.roadsbridges.com/amped-traffic-signs-imminent-nj-expressways> (viitattu 4.12.2018)

Rämä, P. (1997). Sää- ja kelitietoon perustuvan liikenteen ohjausjärjestelmän vaikutukset Kotka–Hamina-moottoritieellä. Tiehallinto, Liikenteen palvelut. Helsinki.66 s. + liitt. 23 s. (Tielaitoksen selvityksiä 1/1997)

Rämä, P. (2001). Effects of weather-controlled variable message signing on driver behaviour. VTT. Available:
<https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/2211/isbn9513858723.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (viitattu 4.12.2018)

Rämä, P., Schirokoff, A., (2005). Vaihtuvien nopeusrajoitusten laajamittainen käyttö Suomessa, Liikenne- ja viestintäministeriö. Saatavissa:
https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/78707/Julkaisuja_89_2005.pdf?sequence=1 (viitattu 4.12.2018)

Schirokoff A., Vitikka H. (2001). Muuttuvat nopeusrajoitukset autoilijoiden kokemina. Haastattelututkimus valtatieellä 9 (E63) välillä Tampere - Orivesi. Tiehallinto, Liikenteen palvelut. Helsinki. 29 s. + liitt. 3 s. (Tiehallinnon selvityksiä 50/2001)

Schumin, B. (2018). New jersey turnpike reduce speed sign (picture), Wikipedia Commons. Available:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:New_Jersey_Turnpike_Reduce_Speed_sign.jpg (viitattu 4.12.2018)

Suomen rahamuseo (2018). Rahanarvolaskuri. Saatavilla:
<http://apps.rahamuseo.fi/rahanarvolaskin#FIN> (viitattu 4.12.2018)

Suomen turvatuote (2019). Valvontakamerat ulkokäyttöön. Saatavilla:
https://suomenturvatuote.fi/epages/suomenturvatuote.sf/fi_FI/?ObjectPath=/Shops/2016112001/Categories/valvontakamerat/Valvontakamerat_ulkokaeyttoeoen (viitattu 6.1.2019)

Swarco (2018). Vaihtuvat opasteet. Saatavissa: <http://www.swarco.fi/Tuotteet-ja-Palvelut/Älykkäät-tiet/TUNNELI-JA-MOOTTORITIEJÄRJESTELMÄT/VAIHTUVAT-OPASTEET> (viitattu 4.12.2018)

Tiehallinto (2007). Vaihtuvien nopeusrajoitusten ja nopeuksien automaattivalvonnan yhteistoiminta. Saatavissa: <https://docplayer.fi/50597282-Vaihtuvien-nopeusrajoitusten-ja-nopeuksien-automattivalvonnan-tiehallinnon-sisaisia-julkaisuja-6-2007.html> (viitattu 4.12.2018)

Tiehallinto (2009a). Nopeusrajoitukset. Saatavissa: <https://julkaisut.liikennevirasto.fi/thohje/pdf/2100063-v-09-nopeusrajoitukset.pdf> (viitattu 4.12.2018)

Tiehallinto (2009b). Vaihtuvien opasteiden käyttö. Saatavissa: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/thohje/pdf/2100065-v-09-vaihtuvien_opasteiden_kaytto.pdf (viitattu 4.12.2018)

Tie- ja vesirakennushallitus (1984). Ajoneuvojen nopeudet Etelä-Suomen pääteillä kesällä. Saatavissa: <http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/139598/4797tie.pdf?sequence=1> (viitattu 4.12.2018)

Tilastokeskus (2018). Liikenneonnettomuudet. Saatavissa: http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__lii__ton/statfin_ton_pxt_001_fi.px/table/tableViewLayout2/?rxid=c37e8555-aa79-407f-a956-9fac3cf12faf (viitattu 4.12.2018)

TVH ja TKK (1984). Tutkimus vaihtuvien nopeusrajoitusten käytöstä ja niiden edellytyksistä Jorvaksentiellä.

Vaisala (2018). Sääasemat ja sensorit. Saatavissa: <https://www.vaisala.com/fi/products/instruments-sensors-and-other-measurement-devices/weather-stations-and-sensors/aws310> (viitattu 4.12.2018)

Wikipedia Commons (2018). New Jersey Turnpike Reduce Speed sign. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Variable-message_sign#/media/File:New_Jersey_Turnpike_Reduce_Speed_sign.jpg (viitattu 10.10.2018)

Wikipedia (2018a). Suomen moottoritiet. Saatavissa: https://fi.wikipedia.org/wiki/Moottoritie#/media/File:Finland_motorways.png (viitattu 4.12.2018)

Wikipedia (2018b). Variable message sign. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Variable-message_sign_ (viitattu 4.12.2018)

Yle (2018). Trafi sekä Liikenne- ja Viestintävirastot katoavat – tilalle Traficom ja Väylävirasto. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-10524277> (viitattu 4.12.2018)

Zackor, H. (1979). Self-sufficeint control of speeds on Freeways. International symposium on Traffic Control Systems. Proceedings, volyme 2A. Berkeley.

LIITE A: HAASTATTELUSSA KÄYTETYT KYSYMYKSET

Kysymykset vierailuun:

Intro

Minkälainen järjestelmä on?

Historia?

Tulevaisuus?

Eri laitteet

Minkälaisia eri tekniikoita on olemassa?

Mitä laitteiden valmistajia on?

Millaisia eroja eri valmistajien laitteissa on?

Mikä on laitteiden käyttöikä?

Täytyykö kaapelointia uusia usein?

Hyödyt/haitat

Missä paikoissa vaihtuvista rajoituksista on eniten hyötyä?

Mihin laitetaan?

Minkä tyhjällä tiellä on 60 km/h eikä 100 km/h? (case esimerkki)

Erot järjestelmissä

Miten suomalainen systeemi eroaa muista Pohjoismaista?

Muista maista?

Nopeus

Millä parametreilla nopeudet tulevat? / Mitkä asiat vaikuttavat päätettävään nopeuteen?

Mitkä eri asiat vaikuttavat nopeusrajoituksiin?

Mitkä nopeudet valitaan? (80,70, 60 jne)

Nopeuden valvonta

Valvooko poliisi vaihtuvien merkkien mukaisia nopeuksia?

Automaattinen valvonta.

Yksityistäminen

Miten yksityistäminen vaikuttaa toimintoihin?

Lopuksi

Jos järjestelmän tekeminen aloitettaisiin puhtaalta pöydältä, eroasiko se jotenkin nykyisestä?

Onko järjestelmästä grafiikkaa?

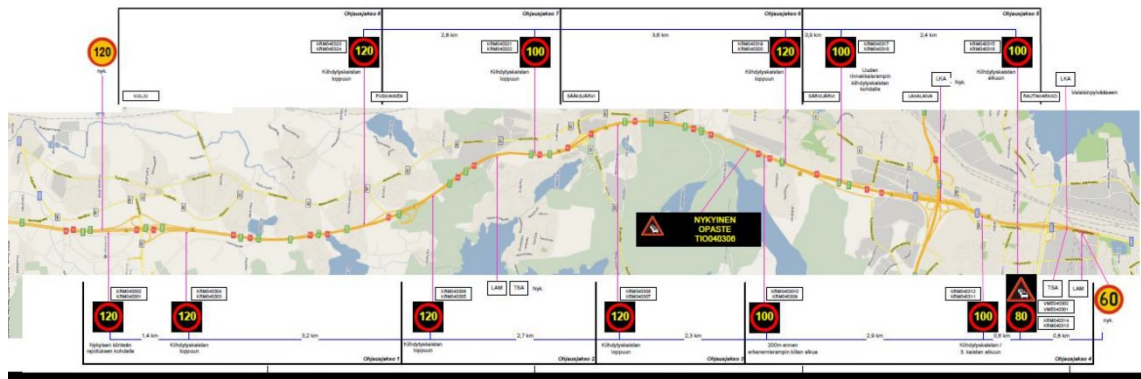
Onko karttaa tieosuuksista?

Saako kuvia ottaa?

Keneltä kannattaa kysyä lisää tietoa?

LIITE B: VAIHTUVAT NOPEUSRAJOITUKSET TAMPERE-LEMPÄÄLÄ VÄLILLÄ

Vt 3 vaihtuvat nopeusrajoitukset, Lempäälä - Tampere



Liitteen kuva Liikenneviraston Power Point- esityksestä.