

ESISELVITYS YLEISEN LIIKENNELASKENNAN KEHITTÄMISESTÄ



Tomi Laine, Saku Käsnänen, Miikka Niinikoski,
Martijn Hollestelle, Roni Ilmola

Esiselvitys yleisen liikennelaskennan kehittämisestä

Väyläviraston julkaisuja 44/2019

Väylävirasto
Helsinki 2019

Kannen kuva: Otto Virtanen, 2016; Väylän kuvapankki

Verkojulkaisu pdf (www.vayla.fi)

ISSN 2490-0745

ISBN 978-952-317-726-0

Väylävirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puh. 0295 34 3000

Tomi Laine, Saku Käsnänen, Miikka Niinikoski, Martijn Hollestelle ja Roni Ilmola: Esiselvitys yleisen liikennelaskennan kehittämistä. Väylävirasto. Helsinki 2019. Väyläviraston julkaisuja 44/2019. 56 sivua. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-726-0.

Avainsanat: yleinen liikennelaskenta, kehittäminen

Tiivistelmä

Nykyisin käytössä oleva liikennelaskentajärjestelmä muodostuu pysyvistä liikenteen automaattisista mittausasemista (LAM) ja yleisestä liikennelaskentapalvelusta (YL), joka perustuu otoslaskentoihin ja tilastomatemaattisiin estimointimenetelmiin. Palvelun avulla tuotetaan vuosittain liikennemäärätiedot koko maantieverkolle hyödynnettäväksi erilaisissa väylänpidon ja suunnittelun prosesseissa. Vuoden 2018 virasto-uudistuksen myötä LAM-pisteverkon ylläpito ja kehittäminen, sekä yleisen liikennelaskentapalvelun tuottaminen siirtyivät Intelligent Traffic Management Finlandin vastuulle.

Tarpeet jo 80-luvulta saakka tuotetulle palvelulle ovat vuosien varrella muuttuneet ja teknologian kehitys on tuonut uusia mahdollisuuksia liikennetiedon keruuseen. Työn tavoitteena oli arvioida yleisen liikennelaskennan nykyistä tuotantotapaa ja tuloksia suhteessa tietojen käyttäjien tarpeisiin ja taloudellisiin edellytyksiin, selvittää ja arvioida uusia käyttökelpoisia liikennemäärätiedon tuottamisen menetelmiä ja edelleen kuvata kehityspolku tulevaisuuden laskentamenetelmien käyttöön ottamiseksi.

Analyysin perusteella voidaan arvioida, että hyödyntämällä sekä nykyisiä menetelmiä, että ottamalla käyttöön uusia teknologioita on mahdollista laajentaa tietosisältöä, parantaa tiedon laatua ja korvata osa otoslaskennoista muilla menetelmillä. Jatko-suunnitteluun ehdotetaan kokonaisratkaisua, joka koostuu seuraavista osista:

1. Hyödynnetään nykyinen LAM-pisteverkko sekä liikenteenmittauslaite (LML)-verkko ja niihin mahdollisesti tulevat laajennukset tuottamaan jatkuva laskentatieto päätieverkolta sekä tarkka ajoneuvoluokittelu
2. Lisätään kaupunkiseuduilla ja päätieverkolla olevien jatkuvien laskentapisteiden määrää hyödyntämällä olemassa olevaa laiteinfrastruktuuria
3. Tuotetaan matkapuhelinten solupaikannukseen perustuvaa dataa tuottamaan verkollisesti kattava ja ajallisesti jatkuva pohjatieto ihmisten liikkumisesta maantieverkolle sidottuna
4. Kehitetään ja hyödynnetään matemaattisia malleja, joilla solupaikannusdatan, jatkuvien laskentalaiteiden, sekä tarvittavaa määrää erillisiä otoslaskentoja hyödyntämällä voidaan tuottaa suunnittelussa tarvittavat keskimääräiset vuorokausiliikennetiedot ja muita tarvittavia tietolajeja.

LAM-pisteverkko ja liikenteen ohjausjärjestelmien myötä täydentyvä LML-pisteverkko toimivat eräänlaisena yleisen liikennelaskennan runkona, jota täydennetään muilla jatkuvaan laskentaan valjastettavilla ratkaisuilla. Matkapuhelinverkon solupaikannus on kiinnostava teknologia, joka voi soveltua osaksi yleistä liikennelaskentaa. Eri menetelmiä yhdistelevä "hybridiratkaisu" edellyttää uudenlaisia matemaattisia (estimointi)malleja, joilla solupaikannuksen liikkumisdata muunnetaan KVL-dataksi ja joilla luokittelematon ajoneuvotieto muunnetaan riittävällä tarkkuudella tarvittavien ajoneuvoluokkien laskentatiedoksi. Jatkotoimenpiteenä suositellaan noin 3 vuoden mittaista kehitysjaksoa, jonka aikana lupaavista ratkaisuista järjestetään neuvottelut, tekniset testit ja validoinnit, ja laaditaan niiden pohjalta tarkempi yleisen liikennelaskennan kokonaissuunnitelma.

Tomi Laine, Saku Käsnänen, Miikka Niinikoski, Martijn Hollestelle och Roni Ilmola: Förstudie om utvecklingen av allmän trafikredovisning. Trafikledsverket. Helsingfors 2019. Trafikledsverkets publikationer 44/2019. 56 sidor. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-726-0.

Sammanfattning

Det för närvarande använda trafikräkningssystemet består av permanenta automatiska mätstationer (LAM-punkter) och av allmänna trafikräkningstjänster (YL). Den vanliga trafikräkningstjänsten baserar sig på korttidsräkningar och statistiska uppskattningsmetoder. Tjänsten används för att tillhandahålla årlig trafikdata från hela finska nationella vägnätet och använd för olika underhålls- och planeringsprocesser. Med den institutionella reformen 2018 flyttades underhållet och utvecklingen av LAM-nätverk och tillhandahållande av YL till Intelligent Traffic Management Finlands.

Behovet för tjänsten, som har fungerat sedan 1980-talet, har ändrat sedan dess och den tekniska utvecklingen har gett nya chanser för att samla in trafikdata. Målet med arbetet var att uppskatta det nuvarande insamlingssystemet av trafikvolymdata och dess resultat jämfört med behoven från användarna av data såväl som ekonomiska förhållanden. Dessutom skulle nya potentiellt användbara metoder för att producera den gemensamma räknatjänsten identifieras och analyseras. Det slutliga målet var att beskriva en färdplan som leder till ibruktagande av framtidens räkningsmetoder.

Baserat på analysen kan det uppskattas att genom att använda ny teknik och använda nuvarande metoder är det möjligt att utvidga informationsinnehållet, förbättra kvaliteten på uppgifterna och ersätta en del av korttidsräkningarna med andra metoder. En helhetslösning baserad på följande delar presenteras för vidare planering:

1. Använda nuvarande LAM-nätverk och LML-sensornätverk och deras tillägg för att producera trafikdata från kärnnätverket och fordonsklassificeringar.
2. Öka mängden kontinuerliga räkningsplatser i stadsregionerna och kärnnätverket genom att använda den redan existerande enhetsinfrastrukturen i områdena.
3. Att producera data från lokalisering via mobiltelefonnätet som bas för en bred och kontinuerlig kunskap om människors transport på det nationella vägnätet.
4. Utveckla och använda matematiska modeller med vilka lokaliseringsdata för mobilnätverk, kontinuerliga räknestationer och en nödvändig mängd korttidsräkning kan användas för att skapa genomsnittlig daglig trafikdata och annan information som behövs.

LAM-nätverket och när trafikhanteringssystemen uppdateras och LML-spotnätet bildas en grund för den gemensamma räknatjänsten som ska kompletteras med andra lösningar som passar kontinuerlig räkning. Mobillokalisering via mobiltelefonnät är en intressant teknik som kan passa in i vanlig trafikräkning. En hybridlösning som kombinerar olika metoder behöver nya matematiska uppskattningsmodeller med vilka trafikdata från den mobila trafikdatat överförs till genomsnittliga dagliga trafikdata och med vilka oklassade fordonsdata med exakt noggrannhet överförs till data med fordonsklasser. Som en ytterligare åtgärd rekommenderas en 3-års förberedelser och testperiod, under vilken förhandlingar med de lovande lösningarna ordas och tester och valideringar utförs. På basen av detta utgörs en exaktare plan för räknatjänstheten.

Tomi Laine, Saku Käsnänen, Miikka Niinikoski, Martijn Hollestelle and Roni Ilmola: Preliminary study on the development of general traffic counting. Finnish Transport Infrastructure Agency. Helsinki 2019. Publications the Finnish Transport Infrastructure Agency 44/2019. 56 pages. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-726-0.

Abstract

The currently used traffic counting system is formed of automatic traffic counting stations (LAM) and general traffic counting service (YL). The general traffic counting service is based on short-term census counts and statistical estimation methods. The service is used to provide yearly traffic volume data to all of Finnish national road network for different maintenance and planning processes to use. With the institutional reform of 2018 upkeep and development of LAM network and provision of YL were moved to belong under Intelligent Traffic Management Finland's area of responsibility.

The needs for the service that has been working since 1980s have been evolving ever since and technological development has provided new chances for collecting the traffic data. The goal of the work was to estimate the current production of traffic volume data and its results compared to the needs from the users of data as well as economic conditions. In addition, new potentially usable methods for producing the general counting service were to be identified and analyzed within the scope. The final goal was to describe a roadmap that leads to utilization of the counting methods of the future.

Based on the analysis it can be estimated that by taking up new technologies and utilizing current methods it is possible to widen the information content, improve quality of the data and replace a part of the short-term counts with other methods. A holistic solution based on the following parts is presented for further planning:

1. Utilizing current LAM network and LML-sensor network and their additions to produce traffic counting data from the core network and vehicle classifications.
2. Increasing the amount of continuous counting spots on the city regions and core network by utilizing the already existing device infrastructure at the areas.
3. Producing data from mobile phone cellular network locationing as a basis for a wide and continuous knowledge of humans' transportation on the national road network.
4. Developing and utilizing mathematical models with which cellular network locationing data, continuous counting stations and a needed amount of short-term counting can be used for creating average daily traffic data and other needed information.

LAM network and as the traffic management systems update, in addition the LML-spot network are working as a basis of the general counting service that is to be complemented by other solutions that fit continuous counting. Mobile phone network cellular locationing is an interesting technology that might fit into general traffic counting. A hybrid solution that combines different methods needs new mathematical estimation models with which the traffic data from the cellular handover is transferred into average daily traffic data and with which unclassified vehicle data is with exact enough accuracy transferred into data with vehicle classes. As a further action a 3-year preparation and testing period is recommended, during which the promising solutions get negotiations, testing and proper validation. Based on these future actions then a more exact holistic plan for general counting service can be made.

Esipuhe

Yleinen liikennelaskenta on keskeinen osa liikenteen perustietojen tuotantoa Suomessa. Tässä esiselvityksessä selvitettiin naapurimaista ja markkinoilta uudenlaisia Suomen käyttäjätarpeisiin soveltuvia ratkaisuja, joita voitaisiin hyödyntää osana yleistä liikennelaskentaa Suomen maantieverkolla. Työn lopputuloksena tunnistettiin mahdollisuuksia kehittää yleisen liikennelaskennan laatua ja tietosisällön laajuutta hyödyntämällä tehokkaammin olemassa olevaa laiteinfrastruktuuria sekä muuta markkinoilla olevaa data-aineistoa. Jatkotoimenpiteenä suositeltiin noin 3 vuoden mittaista kehitysjaksoa, jonka aikana lupaavista ratkaisuista järjestetään neuvottelut, tekniset testit ja validoinnit, ja laaditaan niiden pohjalta tarkempi yleisen liikennelaskennan kokonaissuunnitelma. Luontevin kehitysvaiheen vetäjä ja eri tekniikoilla tuotetun datan integraattori olisi Intelligent Traffic Management Finland Oy.

Työn ohjausryhmään kuuluivat Väylävirastosta Reijo Prokkola, Erkki Pakarinen, Harri Lahelma ja Kalle Ruottinen, TMFG:stä Sakari Lindholm, Eetu Karhunen sekä Jouko Kantonen ja ELY-keskuksesta Esa Tarkiainen ja Juha Puhakka. Ramboll Finlandissa työstä vastasivat Tomi Laine, Saku Käsnänen, Miikka Niinikoski, Martijn Hollestelle ja Roni Ilmola.

Helsingissä lokakuussa 2019

Väylävirasto
Väylien tietopalvelut

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO	9
1.1	Tausta ja tavoitteet	9
1.2	Työn sisältö	10
2	YLEISEN LIIKENNELASKENNAN NYKYTILAN KUVAUS.....	11
2.1	Yleinen liikennelaskenta pähkinänkuoressa	11
2.2	Otoslaskenta	12
2.3	Estimointimenetelmät.....	14
2.4	Muut laskentamenetelmät	14
2.5	Homogeeniset välit aineistossa	14
2.6	Tietolajit ja laatuvaatimukset	15
2.7	LAM-pisteverkon tavoitetila.....	17
2.8	Yhteenveto	18
3	YHTEENVETO LIIKENNETIEDON KÄYTTÖTARPEISTA	19
3.1	Väyläviraston tarpeet	19
3.1.1	Suunnittelu	19
3.1.2	Ylläpito	20
3.1.3	Kunnossapito	21
3.1.4	Investointihankkeet.....	23
3.1.5	Muut käyttötarpeet	23
3.2	Kaupunkien tarpeet	24
3.3	Yhteenveto	24
4	YLEISEN LIIKENNELASKENNAN KÄYTÄNNÖT MUISSA POHJOISMAISSA....	26
4.1	Ruotsi.....	26
4.2	Tanska	26
4.3	Norja	27
4.4	Yhteenveto	27
5	VAIHTOEHTOISTEN MENETELMIEN ARVIOINTI	28
5.1	Paikkatieto-analyysi.....	28
5.2	Matkapuhelinverkon solupaikannusdata	30
5.2.1	Solupaikannusdatasta liikennemäärätietoa eri menetelmien yhdistelmällä	32
5.3	Liikenteenhallinnan järjestelmädata	34
5.3.1	LAM-pisteet ja LML-liikenteenmittauslaitteet.....	35
5.3.2	Liikenteenseurantakamerat	35
5.3.3	Poliisin nopeusvalvontalaitteet	36
5.3.4	Liikennevalojärjestelmät	36
5.3.5	Matka-aikatietopalvelu	37
5.4	Ajoneuvokamerat	37
5.5	Muu avoin ja kaupallinen data	38
5.5.1	Floating car data	38
5.5.2	WiFi-yhteyden häiriönmittaus ja koneoppiminen	38
5.5.3	Akustinen mittaaminen	39
5.5.4	Navigaattorien GPS-paikannusdata.....	40
5.5.5	Pilvipalvelu videokuvan analysointiin	40
5.6	Satelliittikuvat	42
5.7	Asukkaita osallistava kameralaskenta	43
5.8	Kiihtyvyyksimittarin dataa arvioiva palvelu	44

5.9	Menetelmien arviointi.....	45
5.9.1	Arviointityökalu.....	45
5.9.2	Arviointi.....	46
6	SUOSITUKSET LIIKENNELASKENNAN KEHITYKSEEN	49
6.1	Jatkokehitykseen suositeltavat menetelmät.....	49
6.2	Suosituksia YL:n kehittämisen jatkotoimenpiteistä.....	52
6.3	Yleinen liikennelaskenta osana laajempaa liikennetiedon kehittämisen ekosysteemiä	54
	LÄHTEET	55

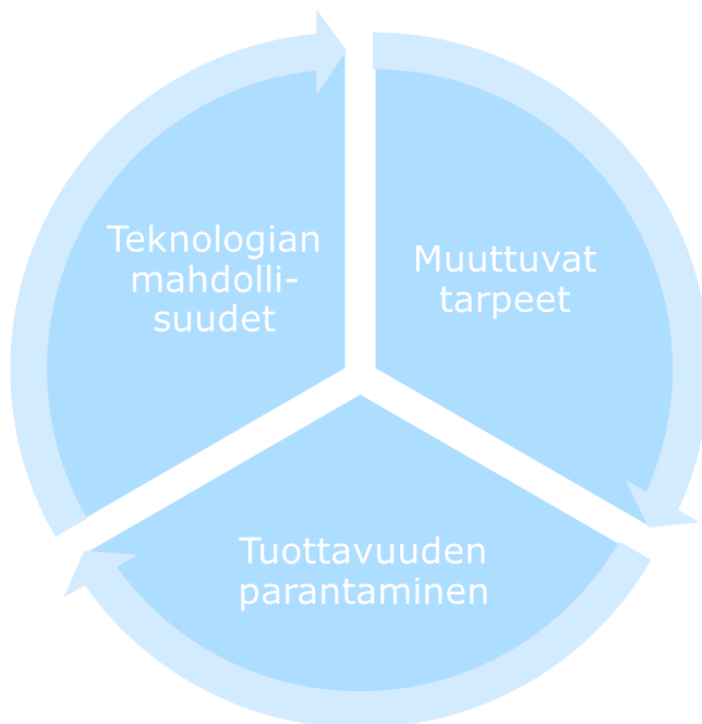
1 Johdanto

1.1 Tausta ja tavoitteet

Nykyisin käytössä oleva liikennelaskentajärjestelmä muodostuu pysyvistä liikenteen automaattisista mittausasemista (LAM) ja yleisestä liikennelaskentapalvelusta (YL), joka perustuu otoslaskentoihin ja tilastomatemaattisiin estimointimenetelmiin. Nykymuotoinen koneellisiin otoslaskentoihin perustuva järjestelmä otettiin käyttöön 1980-luvulla. Palvelun avulla tuotetaan vuosittain liikennemäärätiedot koko maantieverkolle hyödynnettäväksi erilaisissa väylänpidon ja suunnittelun prosesseissa.

Vuoden 2018 virastouudistuksen myötä LAM-pisteverkon ylläpito ja kehittäminen sekä yleisen liikennelaskentapalvelun tuottaminen siirtyivät Intelligent Traffic Management Finlandin vastuulle. Väylävirasto on omien suunnittelu-prosessiensa kautta yleisellä liikennelaskennalla tuotettujen tietojen pääasiallinen käyttäjä ja hyödyntäjä. ITMF tuottaa yleisen liikennelaskennan Väyläviraston toimeksiannosta.

Vuosien mittaan käyttäjien tarpeet liikennetiedoille ovat muuttuneet. Lisäksi teknologian kehitys on tuonut uusia mahdollisuuksia liikennetiedon keruuseen. Toisaalta kustannustehokkuuden vaatimukset ovat alati kiristyneet. Nämä kehityssuunnat mahdollistavat erilaisia muutospolkuja nykyiseen järjestelmään ja tiedon tuotantoon.



Kuva 1. Liikennelaskentajärjestelmän muutosta ajavat voimat.

Työssä pyritään tunnistamaan liikennelaskentaan ratkaisuita, joista saadaan suurin hyöty tietyssä käyttöympäristössä. Ratkaisuiden käyttöympäristöiksi on tunnistettu kaupunkiseutujen maantieverkko, päätieverkko ja maaseutumainen harvaan liikennöity maantieverkko. Osa laskentamenetelmistä on sopivampia esimerkiksi tiheästi liikennöidylle, monikaistaiselle tielle ja osa puolestaan voi sopia paremmin harvempaan asutuille seuduille ja vähäliikenteisille teille. Tässä työssä selvitetään, mitä laskentakeinoja tulevaisuudessa voitaisiin hyödyntää näissä eri käyttöympäristöissä, ja tuodaan esille mahdollisia kehitystarpeita nykyisin käytössä oleviin laskentamenetelmiin.

Työn tavoitteena on arvioida yleisen liikennelaskennan nykyistä tuotantotapaa ja tuloksia suhteessa tietojen käyttäjien tarpeisiin ja taloudellisiin edellytyksiin, selvittää ja arvioida mahdollisia uusia käyttökelpoisia liikennemäärätiedon tuottamisen menetelmiä ja edelleen kuvata mahdollisuudet, joilla Väylävirasto voisi jatkossa kehittää yleistä liikennelaskentaa nykyistä kustannustehokkaammaksi ja laadukkaammaksi. Esiselvitystyössä on tavoitteena tehdä ehdotus tulevien vuosien toimenpiteille, joilla varmistetaan uusien laskentamenetelmien toimivuus Suomen maantieverkolla. Tavoitteena on myös tunnistaa hyötyjä, joita voidaan saavuttaa uusien laskentamenetelmien käyttöönotolla, kuten aiempaa laajempi liikennetietojen sisältö. Väylävirastossa on ajatus, että synergiaetuja voitaisiin saavuttaa liikennetietojen keräämisessä eräänlaisen ekosysteemiajattelun kautta, jossa useat eri tahot voisivat tuoda tietoa ekosysteemiin ja saada sen kautta käyttöoikeuden toisten tuottamaan tietoon. Tavoitteena on tuoda ilmi nykyisiä vakiintuneita käytäntöjä, joita voisi olla mahdollista tehostaa, ja tunnistaa uusista mahdollisuuksista potentiaalisimmat.

1.2 Työn sisältö

Toisessa luvussa kuvataan yleisen liikennelaskennan nykyistä tuotantotapaa. Kolmannessa luvussa esitetään tunnistetut liikennemäärätietojen käyttötarpeet, joita on kartoitettu valikoitujen asiantuntijoiden haastatteluin. Täysin kattavaa tarpeiden kartoitusta ei työn puitteissa ole kuitenkaan tehty.

Neljännessä luvussa tarkastellaan yleisen liikennelaskennan käytäntöjä muissa pohjoismaissa. Viidennessä luvussa arvioidaan nykyisiä sekä työn aikana tunnistettuja mahdollisia uusia menetelmiä ja viimeisessä luvussa laaditaan suositukset menetelmien kehittämiseksi perustuen tietotarpeisiin, uusien mahdollisuuksien vertailuun sekä nykytilan arviointiin.

2 Yleisen liikennelaskennan nykytilan kuvaus

Tässä luvussa esitellään lyhyesti yleisen liikennelaskennan nykytila ja kerrotaan nykyisistä laatuvaatimuksista. Lukua varten on tutkittu kirjallisia lähteitä, kuten Väyläviraston julkaisuja sekä haastateltu liikennemäärätietojen käyttäjiä sekä Väylävirastosta että eri kaupunkien organisaatioista.

2.1 Yleinen liikennelaskenta pähkinänkuoressa

Yleistä liikennelaskentaa suoritetaan Suomessa liikenteen automaattisilla mittausasemilla (LAM) ja yleisen liikennelaskentapalvelun (YL) kautta. YL:n tuottaa Väylävirastolle kilpailutettu palveluntuottaja 6–8 vuoden sopimuskausiksi kerrallaan. Käynnissä oleva sopimuskausi päättyy vuonna 2020. Yleinen liikennelaskenta kattaa koko Suomen 78 000 km pitkän maantieverkon, joka on laskentaa varten jaettu noin 15 000 liikenteellisesti homogeeniseen tiejaksoon (homogeeniseen väliin). Tämän lisäksi rampeja sisältyy palveluun noin 3 000 kpl.

Vuosittain LAM-pisteet mittaavat jatkuvasti 470 laskentavälillä, ja lisäksi 30 YL-laskentapistettä ovat toiminnassa jatkuvasti. Vuosittain LAM-profiilimenetelmällä arvioidaan n. 900 homogeenista väliä LAM-pisteiden viereisiltä väleiltä, joista on saatavilla aiempi otoslaskenta.

Vuosittain otoslaskennoissa lasketaan 3200–3600 homogeenista väliä joko viikon tai kahden mittaisilla otoslaskennoilla. Otolaskennalla saadaan liikennemäärä, joka muutetaan ko. välin kausivaihteluluokan ja estimointimallien avulla vuoden keskimääräiseksi vuorokausiliikennemääräksi (KVL).

Liikennevalojen datasta saadaan vielä muutaman homogeenisen välin tiedot ja muiden, mittaamattomien välien tiedot jätetään ennalleen tierekisterissä. (Kiiskilä et al., 2016)

Otolaskentaviikoista merkittävä osa kohdistuu luonteeltaan alemmalle tieverkolle. Alla kuvassa esitetään 10 vuoden ajalle laadittu laskentaviikkoennuste KVL-luokittain ja toiminnallisiin luokkiin jaettuna. Seuraavaksi taulukossa 1 esitetään alla johdettujen laskentaviikkojen laskentasääntöjen mukainen laskentaviikkojen jakautuminen KVL:n ja tieluokan mukaan:

- Yhdysteille, joiden KVL < 150 on laskettu mittausviikkojen määräksi 10 vuoden aikana $10 * 1/6 * 1 \text{ vk} = 1,667 \text{ vk}$.
- Mikäli yhdystien KVL [150...200], on laskentaviikkojen määräksi 10 vuoden aikana laskettu $10 * 1/4 * 1 \text{ vk} = 2,5 \text{ vk}$.
- Rampeille on laskettu mittausviikkojen määräksi 10 vuoden aikana $10 * 1/6 * 1 \text{ vk} = 1,667 \text{ vk}$
- Muille teille on laskettu mittausviikkojen määräksi 10 vuoden aikana $10 * 1/4 * 2 \text{ vk} = 5 \text{ vk}$.
- LAM-pisteitä sisältäviä välejä ei lasketa kuuluvaksi otoslaskentojen piiriin

Taulukko 1. Laskentaviikkojen jakautuminen tieluokittain ja KVL:n mukaan.

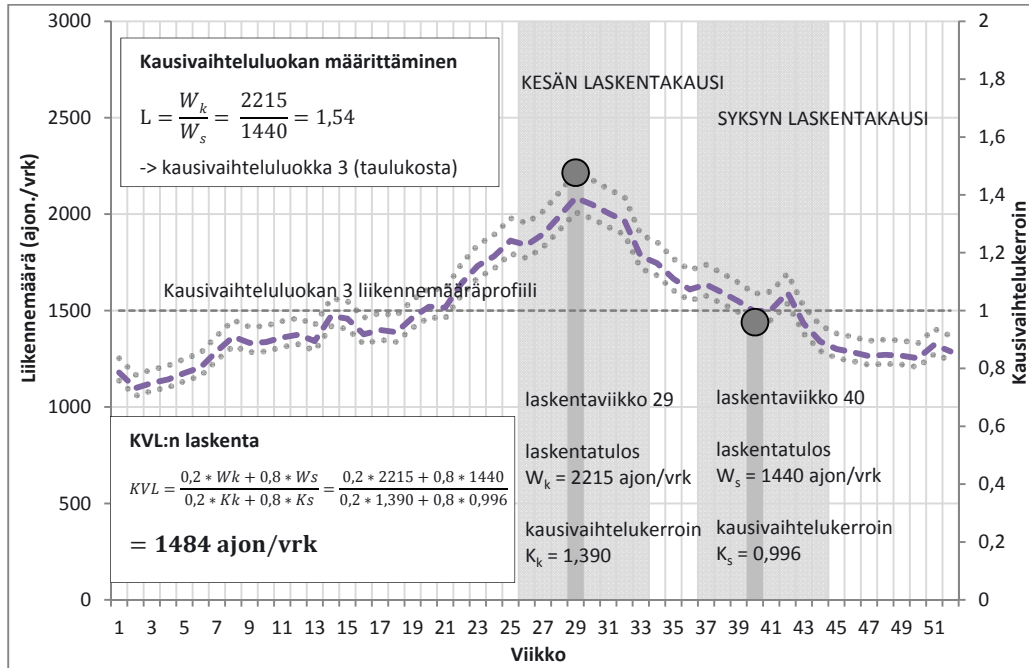
Laskentaviikkoja	Valtatiet	Kantatiet	Seututiet	Yhdystiet	Rampit	Yhteensä
Yli 10 000	5,1 %	0,9 %	2,0 %	0,7 %	0,1 %	8,9 %
5 000–10 000	5,9 %	1,2 %	2,5 %	1,5 %	0,7 %	11,9 %
1 000–5 000	5,4 %	3,5 %	8,4 %	9,6 %	3,0 %	30,0 %
500–1 000	0,2 %	0,8 %	3,9 %	8,9 %	0,9 %	14,7 %
300–500	0,0 %	0,2 %	1,8 %	8,6 %	0,5 %	11,1 %
200–300	0,0 %	0,0 %	0,7 %	7,3 %	0,2 %	8,3 %
100–200	0,0 %	0,0 %	0,6 %	5,7 %	0,3 %	6,6 %
Alle 100	0,0 %	0,0 %	0,1 %	8,1 %	0,3 %	8,6 %
Yhteensä	16,9 %	6,7 %	19,9 %	50,4 %	6,1 %	100 %

Vilkasliikenteisille ja/tai merkittävillä homogeenisille väleille (valtateille ja kantateille, joiden KVL > 1500, sekä seutu- ja yhdysteille, joiden KVL > 8000), jotka eivät ole otoslaskentavuorossa, määritetään liikennemäärätiedot käyttäen kehityskerroin-menetelmää. Sen kertoimet määritetään jatkuvien laskentojen ja otoslaskentojen pohjalta. Valtateilla kehityskertoimina käytetään tiekohtaisia kertoimia, jotka on määritelty kullekin tieosuudelle pääsääntöisesti maakuntien keskuspaikkojen välille. Kehityskertoimien laskennan piiriin kuuluvilla kanta-teilla ja vilkasliikenteisillä seutu- ja yhdysteillä käytetään yleiskertoimia. Yleis-kertoimet on määritetty ELY-alueittain tien toiminnallisen luokan ja liikenne-määrän mukaan muodostetuille ryhmille. (Kiiskilä et al., 2016.)

2.2 Otoslaskenta

Otoslaskennat ovat pääasiallinen liikennemäärätiedon tuottamismenetelmä nykyisessä toimintamallissa. Jokainen yksittäinen otoslaskenta koostuu noin viikon mittaisesta koneellisesta laskennasta maastossa. Otoslaskenta sisältää liikennetiedot jokaiselta tunnilta perjantaista sunnuntaihin sekä vähintään 2 vuorokautta arkiliikennettä maanantaista torstaihin. Mikäli väli on ramppi, tai on yhdystiellä, ja sen KVL on alle 150, se lasketaan kuuden vuoden välein. Muut välit lasketaan neljän vuoden välein. Mikäli laskettavan välin KVL on yli 200, sitä lasketaan kaksi viikkoa vuodessa, toinen viikko kesällä ja toinen syksyllä. Liikenteen tunnusluvut saadaan estimoitua riittävän luotettavasti otoslaskennoista, kun kausivaihtelu tunnetaan. (Kiiskilä et al., 2016)

Laskentapaikka valitaan siten että sitä ei sijoiteta liian lähelle välin alku- tai loppupistettä. Paikan määrittäminen riippuu laskettavan välin pituudesta, ja siihen voi vaikuttaa myös esimerkiksi aiemmat laskentalaiteen sijainnit. Laskentapaikalla pitää olla myös teknisesti mahdollinen asennuspaikka laitteelle. Kuvassa 2 esitetään kausivaihtelun määrittäminen. (Kiiskilä et al., 2016)



Kuva 2. KVL-arvon estimointi kahden erillisen otoslaskennan perusteella (Kiiskilä et al. 2016)

Liikennesuoritetta verrattuna kohdistuneisiin otoslaskentoihin tieluokittain kuvataan alla kuvassa 3. Luvuista käy ilmi, että laskennat painottuvat yhdystie- ja seututieverkolle, joiden tiepituus ja siten homogeenisten välien määrä on suurin.



Kuva 3. Liikennesuorite ja laskennat tieluokittain.

2.3 Estimointimenetelmät

KVL-tiedot tuotetaan otoslaskentatiedoista erilaisten laskentamallien avulla. Mikäli KVL homogeenisellä välillä on yli 200, käytetään kahden viikon laskentatuloksen pohjalta painotettua viikkomallia ja mikäli alle 200 tai kyseessä on ramppi, käytetään yhden viikon laskentaan pohjautuvaa yksinkertaisempaa viikkomallia. Jos laskennat on tehty muulloin kuin kesän ja syksyn laskenta- viikoilla tai useammin kuin 2 kertaa, käytetään viikkosummamallia. (Kiiskilä et al., 2016)

2.4 Muut laskentamenetelmät

LAM-profiilimenetelmää käyttäen tieto tuotetaan LAM-pisteen tiedoista myös viereiselle homogeeniselle välille. Lähtötietona toimii aiemmat (1–4 v vanhat) tarkasteltavan välin laskentatiedot sekä vastaavan ajankohdan viereisen välin LAM-pisteen liikennemääräarvo. Näistä johdettavaa suhdelukua käytetään nykyisen tarkasteltavan välin liikennemäärän arvioimiseksi nykyisestä LAM-pisteen tiedoista. (Kiiskilä et al, 2016.)

2.5 Homogeeniset välit aineistossa

Tieverkko (tienumerot 1–19999) on jaettu noin 15 000 homogeeniseen tiejaksoon. Näiden lisäksi rampeja on noin 3 000 kappaletta. Mittauksia kertyy myös kaksiajorataisilta teiltä molemmilta ajoradoilta. Mittaukset jakautuvat toiminnallisiin luokkiin seuraavasti.

Taulukko 2. Lukumäärä ja pituus tieluokittain

Luokka	mittauksien lukumäärä	Pituus (km)	osuus (välit; pituus)
Valtatiet	2 690	8 600	14%; 11 %
Kantatiet	1 005	4 860	5%; 6 %
Seututiet	2 833	13 470	15%; 17 %
Yhdystiet	10 519	51 050	54 %; 64 %
Rampit	2 543	1 390	13%; 2 %
Yhteensä	19 586	79 450	

Noin 50 % kaikista mitatuista väleistä sijaitsee yhdystieverkolla. Seuraavassa taulukossa on esitetty yhdysteillä sijaitsevien mittausvälien lukumäärät eri KVL-luokissa.

Taulukko 3. Yhdysteiden KVL-arvot ja välien jaottelu

KVL	mittauksien lukumäärä	välien pituus	Osuus (välit)
Alle 100	3 396	21 723	32 %
100-200	2 038	11 245	19 %
200-300	1 028	4 897	10 %
300-500	1 202	5 486	11 %
500-1000	1 244	4 500	12 %
1000-5000	1 339	2 958	13 %
5000-10000	209	226	2 %
Yli 10000	102	59	1 %
Yhteensä	10 558	51 094	100 %

2.6 Tietolajit ja laatuvaatimukset

Sisältövaatimuksena laskentalaitteille on viiden ajoneuvoluokan tietojen tuottaminen. Nämä luokat esitetään alla taulukossa. Lisäksi laitteen tulee tuottaa jokaiselle ajoneuvolle ohitusaika, ajonopeus ja suuntatieto. Laskentalaitteen tulee tuottaa vaadittu tieto ilman mittausdatan manipulaatiota. (Kiiskilä et al., 2016)

Taulukko 4. YL:n ajoneuvoluokat

Lyhenne	Selite
0_MP	Moottoripyörät, mopot
1_HA/PA	Henkilö- ja pakettiautot sekä niiden vetämät peräkärryt, asuntovaunut, asuntoauto, maataloustraktorit ja niiden peräkärryt
2_LA	Linja-autot
3_KAIP	Kuorma-autot ilman perävaunua
4_YHD	Puoli- ja täysperävaunulliset kuorma-autot (raskaat yhdistelmäajoneuvot)

Luokittelun tarkkuuden rajat vaihtelevat luokakohtaisesti alla olevan taulukon mukaisesti. Tämä tarkoittaa, että esimerkiksi mitattavasta luokasta 4_YHD kuuluu havaita vähintään 92 % oikeista ajoneuvoista ja havaintoja saadaan tehdä 108 % oikeiden ajoneuvojen määrästä. (Kiiskilä et al., 2016)

Taulukko 5. Havaintokatevaatimukset

Tunnusluku	Havaintokatteen alaraja	Havaintokatteen yläaraja
Kokonaishavaintomäärä ilman ryhmää 0_MP	97 %	102 %
Raskaiden ajoneuvojen määrä (2_LA & 3_KAIP & 4_YHD)	80 %	125 %
Keskiraskaiden ajoneuvojen määrä (2_LA & 3_KAIP)	60 %	167 %
Yhdistelmäajoneuvon määrä (4_YHD)	92 %	108 %

Nopeuden osalta hyväksyttävä virhemarginaali sekä kaikkien ajoneuvojen että erikseen raskaiden ajoneuvojen aritmeettiselle keskinopeudelle on +/- 3 km/h. (Liikennevirasto, 2016)

Laskennalla tuotettujen lukujen lisäksi niistä estimoiduilla tunnusluvuilla on myös omat laatuvaatimuksensa. Näitä laatuvaatimuksia tarkastellaan vuosittain ja laatupoikkeamat johtavat arvovähennyksiin. Testi tapahtuu siten, että ympärivuotisilta mittauspisteiltä valitaan testijoukot vilkas- ja vähäliikenteisille teille. Näille lasketaan painotetun- tai viikkomallin mukaiset KVL:t ja verrataan niitä ilmoitettuun KVL:n. Vertailusta saadaan selville mahdollisen laatupoikkeaman suuruus. (Kiiskilä et al., 2016)

Taulukko 6. Laatupoikkeamat

KVL		Sallittu laatupoikkeama	Ylitys	Huomattava ylitys	Laatutarkastelu
≥ 8 000	1-ajorata	< 8 %	8 ... 12 %	> 12 %	Tarkastelu I
≥ 16 000	2-ajorata				
≥ 1 000		< 10%	10 ... 15 %	> 15 %	Tarkastelu I
≥ 200		< 15%	15 ... 20 %	> 20 %	Tarkastelu II
≥ 100		< 25 %	25 ... 30 %	> 30 %	Tarkastelu II
< 100		ei arvostella	ei arvostella	ei arvostella	Tarkastelu III

Järjestelmällä tuotetaan tierekisteriin tietolajeja 201 ja 202. Tietolaji 201 kuvaa liikennemääriä ja tietolaji 202 laskentapaikan sijaintia. Niiden sisältämät tiedot esitetään taulukoissa 7 ja 8.

Taulukko 7. Tietolajin 201 sisältö (Kiiskilä et al. 2016)

Lyhenne	Selite
TIE	Homogeenisen välin (laskentapisteen) tien numero
OSA	homogeenisen välin alkupisteen tieosa
ETÄIS	homogeenisen välin alkupisteen etäisyys tieosan alusta
LOSA	homogeenisen välin loppupisteen tieosa
LET	homogeenisen välin loppupisteen etäisyys tieosan alusta
TIETY	tietyyppi (1=yleinen tie)
PITUUS	homogeenisen välin pituus
KVL	vuoden keskimääräinen vuorokausiliikenne
KAVL	vuoden keskimääräinen arkivuorokausiliikenne (ma-to)
KKVL	kesän keskimääräinen vuorokausiliikenne (kesäkuu-elokuu)
KVLRAS	raskaiden ajoneuvojen (La, Kaip, Kapp, Katp) KVL
KAVLRAS	raskaiden ajoneuvojen KAVL
KVLYHD	yhdistelmäajoneuvojen (Kapp, Katp) KVL
KAVLYHD	yhdistelmäajoneuvojen KAVL
KAUSIVL	Kausivaihteluluokka 1,2,3,4, tai 5
VPVL	Viikonpäivävaihteluluokka 1,2,3,4 tai 5
TVL	Tuntivaihteluluokka 1,2,3 tai 4
LASKVV	Laskentavuosi
RASKVV	Raskaan liikenteen erittelyn mahdollistavan laskennan vuosi

LASKTARK	Laskentatarkkuus 1,2,3,4 tai 5
HUTUVKO	Havaitun huipputunnin laskentaviikko
HUTUPV	Havaitun huipputunnin laskentapäivä 1,2,3,4,5,6 tai 7
HUTUH	havaitun huipputunnin laskentatunti
HUTUKOK	havaitun huipputunnin liikennemäärä
HUTURASK	havaitun huipputunnin raskaiden ajoneuvojen määrä
HUTUYHD	havaitun huipputunnin yhdistelmäajoneuvojen määrä
HUTULUOK	havaitun huipputunnin arvioitu suuruus teoreettisella tuntijärjestyskäyrällä
HUTU50	(teoreettinen) vuoden 50. huipputunnin liikennemäärä
HUTU100	(teoreettinen) vuoden 100. huipputunnin liikennemäärä
HUTU300	(teoreettinen) vuoden 300. huipputunnin liikennemäärä

Taulukko 8. Tietolajin 202 sisältö (vayla.fi,2019)

Lyhenne	Selite
TIE	laskentapisteen tien numero
OSA	laskentapisteen tieosa
ETÄIS	Laskentapisteen etäisyys tieosan alusta
AJR	Laskentapisteen ajorata (0 =tien ainoa ajorata; 1 =ajorata oikealla tieosoitteen kasvusuunnassa 2 = vasemmalla)
TIETY	Tietyyppi (1=yleinen tie)
LASLAITE	Käytetty laskentalaite 0 = laitetta ei yksilöity, 1 = silmukkalaskin SL1 2 = mikroaaltolaskin MA, 3 = silmukkalaskin DSL1 4 = silmukkalaskin(SITO), 5 = mikroaaltolaskin SIMI 6 = laskentalaite VC2, 8 = mikroaaltolaskin LLKa5 9 = silmukkalaskin DSL10
LASLAJI	Käytetty malli 1=YL sis.jaksot kesä ja syksy 2 = projektiin liittyvä laskenta 3 = YL+kevätjakso 4 = YL + projektilaskenta 5 = YL + kevät + projekti 6 = YL:n paikkauslaskenta 7 = YL, viikkomalli (laskenta talvi,syksy) 8 = YL, ykkösviikko 9 = YL, ramppilaskenta
LASVUOSI	Vuosi, jolloin pisteesäs on laskettu

2.7 LAM-pisteverkon tavoitetila

Liikenneviraston vuosina 2016–2018 teettämässä Liikennetiedon tavoitetila työssä (LIIKETTA) mm. määriteltiin LAM-pisteverkon tavoitetila tulevaisuudessa. Tavoitteellisen pisteverkon laajuuden määrittelyssä otettiin huomioon LAM-pisteiden merkitys osana YL-palvelua ja sen laatua. Päätelmänä oli, että YL:n laadun parantamiseksi tarvitaan 88 uutta jatkuvan laskennan pistettä, joista 24 tulisi olla LAM-pisteitä ja 64 kpl YL:ään sisältyviä jatkuvan laskennan pisteitä. Selvityksessä arvioitiin LAM-pisteiden tarvetta myös muihin käyttötarkoituksiin, mm. liikenteen hallintaan. Valtakunnallisen tason tarpeita ei

tunnistettu 26 nykyiselle LAM-pisteelle. Lopputuloksena päädyttiin suosittelemaan LAM-pisteverkon laajuudeksi 480 pistettä eli lähes nykyistä vastaava määrä. (Laine, 2018, Pistemittauksen tavoitetila 17.5.2018 -kalvosarja)

LAM-pisteiden tavoitetilan osalta suositeltiin työryhmän näkemysten pohjalta hieman nykyisestä LAM-järjestelmästä poikkeavaa ajoneuvoluokitusta seuraavasti

1. Moottoripyörät ja mopot
2. henkilö- ja pakettiautot
3. kuorma-autot
4. linja-autot
5. puoliperävaunulliset kuorma-autot
6. täysperävaunulliset kuorma-autot
7. HCT kuorma-autot*

** HCT (High Capacity Transport) kuorma-autolla tarkoitetaan yli 25,25 metriä pitkiä ajoneuvoyhdistelmiä, joiden massa ylittää 76 tonnia.*

Uusina ajoneuvolajeina on siis esitetty moottoripyöriä ja mopoja sekä HCT-kuorma-autoja. Aiemmin käytössä olleesta luokittelusta poiketen henkilö- ja pakettiautojen peräkärret, asuntovaunut ja muut pitkät peräkärret sisältyvät ehdotetussa luokittelussa luokkaan 2.

Ehdotettu LAM-järjestelmään tuotava uusi ajoneuvoluokittelu on varsin hyvin yhteensopiva nykyisin YL:ssä käytössä olevan luokittelun kanssa (kts. taulukko 4), jossa ainoastaan raskaat ajoneuvoyhdistelmät on yhdistetty kaikki yhteen luokkaan (puoliperävaunut, täysperävaunut, HCT:t). Liikennetietojen hyödyntämisen näkökulmasta olisi eduksi, että myös YL:llä voitaisiin tuottaa tietoja samassa luokittelussa kuin LAM-pisteillä tavoitellaan.

2.8 Yhteenveto

Yleisen liikennelaskennan nykyisin käytössä olevat menetelmät ovat kehittyneet vuosien varrella ja ovat varsin vakiintuneet. LAM-pisteverkko on pysynyt jo pitkään samanlaajuisena, joten otoslaskentojen merkitys tiedon tuottamisessa on varsin suuri. Uutena menetelmänä on kehitetty LAM-profiilimenetelmää, jonka avulla voidaan päivittää LAM-pisteen viereisten välien liikennemäärät. Yleisellä liikennelaskennalla tuotettavat tietolajit palvelevat varsin hyvin väylänpidon prosesseja, vaikka laajempiakin tarpeita on tunnistettu (luku 3). Tämän selvityksen keskusteluissa on noussut esiin havainto siitä, että yleisen liikennelaskennan kustannuksista merkittävä osa (noin 50 %) kohdistuu alempiasteiselle yhdystieverkolle, ja sielläkin valtaosin vähäliikenteisille tiejaksoille (noin 30 % kaikista maanteiden otoslaskentaviikoista). Vastaavaa väylänpidon kokonaiskustannusten jakautumista eriluokkaisille väylille ei kuitenkaan ollut suoraan tämän selvityksen käytettävissä. Havainnon perusteella pyrittiin kuitenkin markkinakartoituksessa tunnistamaan uusia keinoja, jotka mahdollistaisivat otoslaskentojen määrän keventämisen vähäliikenteisellä maantieverkon osalla.

3 Yhteenveto liikennetiedon käyttötarpeista

Lukua varten haastateltiin sekä kaupunkien liikennesuunnitteluyksiköiden työntekijöitä että Väyläviraston työntekijöitä niin suunnittelun kuin kunnossapidonkin puolelta. Luvun tavoitteena on selvittää käyttäjien tarpeet niin tietojen sisällön kuin laadunkin osalta sekä avata tietojen käyttökohteita kullakin käyttäjäryhmällä.

3.1 Väyläviraston tarpeet

3.1.1 Suunnittelu

Suunnitteluosastolla tiedon tarpeet olivat hyvin pitkälti samoja kuin aiemmassa vuoden 2005 selvityksessä (Niinikoski ja Laine 2005); nykyiset ja ennustetut liikennemäärät, vaihtelu- ja suuntautuvuustiedot sekä joukkoliikennetiedot ovat vieläkin tärkeitä.

Liikennemäärät vaikuttavat mm. liittymätyypin ja poikkileikkauksen valintaan. Raskaan liikenteen korkeat osuudet edellyttävät suuremman poikkileikkauksen käyttöä ja ohituskaistojen tiheämmän suunnittelun ja korkeammat kevyen liikenteen määrät ohjaavat leveämmän pientareen valintaan. Tuntivaihtelu voi vaikuttaa mitoitukseen myös silloin, kun KVL on lähellä tietyypin ylärajaa. Suunnitellessa liittymiä sadannen ja/tai kolmannen sadannen huipputuntien liikennemäärät ovat tarpeellisia tietoja riippuen kohteesta. Talvihoidon ja kunnossapidon suunnitteluun vaikuttaa ensisijaisesti tunnusluvusta KVL, KVLRAS ja KVLVHD. Kunnossapidon suunnitteluun vaikuttaa myös tien nopeus. Jo jonkun aikaa on jouduttu määrärahojen vuoksi vähempiliikenteisellä verkolla laskemaan nopeusrajoituksia, koska kunnossapidon taso ei tarjoa enää korkeamman nopeusrajoituksen mukaista turvallisuustasoa.

Väylän suunnittelussa kehitystarpeita on havaittu tiedon laadussa ja määrässä. Suunnittelijat tarvitsisivat enemmän kategorioita liikennemäärätiedolle, ml. hidas liikenne, HCT-yhdistelmät, erikoiskuljetukset ja vaarallisten aineiden kuljetukset. Tiedot olisivat tarpeen esimerkiksi liittymien ja poikkileikkauksien suunnittelussa. Saadun tiedon tulisi olla tarkempaa myös raskaan liikenteen osalta; niiden osuudet ovat tärkeä peruste esimerkiksi ohituskaistojen ja liittymien suunnittelun yhteydessä ja virhe voi johtaa väärin perusteltuihin ratkaisuihin. Suunnittelussa uskotaan tulevaisuudessa tarvittavan myös lisää tietoa pyöräilijöiden määrästä ja hitaan liikenteen määrästä (esim. maatalouskoneet).

Seuraavassa kuvassa on esimerkki suunnitteluohjeesta, jossa liittymätyyppi valitaan KVL-tiedon perusteella.

Liittyvä suunta		Liittymän perustyyppi liittyvän tien toiminnallisen luokan ja KVL:n mukaan ³						
		Valtatie		Kantatie		Seututie		Yhdystie
Pääsuunta	KVL	< 800	> 800	< 800	> 800	< 800	> 800	-
Valtatie	< 5000	LT	PM, PK ¹	LT	PM, PK ¹	LT	PM, PK	LA ²
	> 5000	PM, PK ¹	PM, PK ¹	PM, PK ¹	PM, PK ¹	PM, PK	PM, PK	LT
Kantatie	< 5000			LT	LT	LT	PM, PK	LA ²
	> 5000			PM, PK	PM, PK	PM, PK	PM, PK	LT
Seututie	< 5000					LT	PM, PK	LA ²
	> 5000					PM, PK	PM, PK	LT
Yhdystie	-							LA

Tyypit: LA avoin, LT tulppa, PK korotettu kanavointi, PM tiemerkintäkanavointi, LK kierto, LV valo-ohjauksinen, ETL eritaso.

¹ Eritasoliittymä (ETL), jos väylien nopeustaso, liikennemäärä, turvallisuus tms. olot niin edellyttävät.

² Avoimen liittymän (LA) sijasta voidaan valita tulppi liittymä (LT).

³ Liittymätyyppin valinta on aina tarkistettava tapauskohtaisesti liikenne- ja ympäristöolojen mukaisesti.

TAAJAMASSA	Tieympäristö ja liittymätyyppi	
Pääsuunnan tien toiminnallinen luokka (tieluokka)	Reuna-alueet	Taajamakeskustat
1. Seudulliset pääväylät (valta-, kanta- ja seututiet)	LA, LT, PK, LK, LV, ETL	LA, LT, PK, LK, LV, ETL
2. Alueelliset pääväylät (mm. kaupunkikeskusten pääkadut sekä läpikulku- ja sisään tulotiet)	LA, LT, PK, LK, LV, ETL	LA, LT, PK, LK, LV
3. Kokoojapäylät (ml. teollisuusalueiden liittymäpäylät)	LA, LT, LK, LV	LA, LT, PK, LK, LV
4. Liittymäpäylät (yleensä kaavateitä ja yksityisiä teitä, yleisenä tienä voi olla esim. terminaalilyhteys)	LA	LA, LT, LK

Kuva 4. Suunnitteluohjeita (Tiehallinto, 2001).

Yleispiirteisempi liikennejärjestelmä- ja verkkotason suunnittelu puolestaan vaatii useita lähtötietoja, kuten liikennemäärien lisäksi myös suoritteet ja sujuvuustietoa, liikennevirtatietoja, onnettomuustietoja, ennusteita ja joukkoliikenteen reittitietoja sekä tietoa liikennettä synnyttävistä toiminnoista. (Niinikoski & Laine, 2005)

3.1.2 Ylläpito

Väylät on jaettu ylläpitoluokkiin, jotka perustuvat väylän toiminnalliseen luokkaan ja liikennemäärään.

KVL LK	Toiminnallinen luokka					Yht.
	Runko	Valta	Kanta	Seutu	Yhdys	
>= 12000	Y1a	Y1b	Y1c	Y2a	Y3a	3078
6000 - 12000						2447
3000 - 6000						4448
1500 - 3000						6209
800 - 1500						7709
350 - 800						12718
200 - 350						7518
100 - 200						6049
< 100						2921
Yhteensä	4966	5755	4802	13175	24398	53097

Kuva 5. Toiminnalliset luokat KVL-jaoteltuna (Kalliokoski et al. 2012).

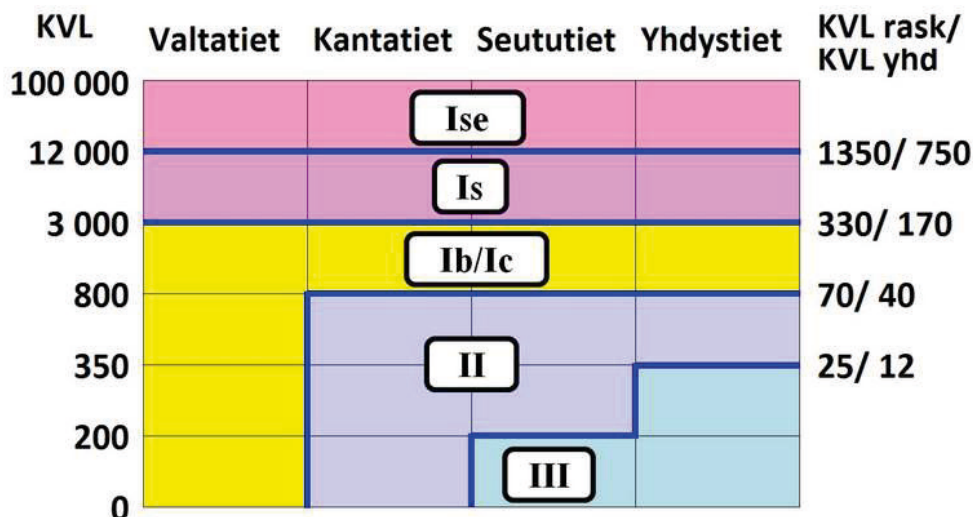
Yhdessä tiejakson nopeusrajoituksen kanssa määritellään toimenpideraja ja tämä ohjaa myös toimenpiteen tehokkuuden valintaa. Väyläviraston ja ELY-keskusten välisissä tulossopimuksissa päätetään, kuinka ylläpidon rahoitus kohdennetaan alueellisesti. Väyläviraston mukaan ohjaus ja suunnittelu tehdään käytännössä erikseen vilkkaalle tieverkolle (Y1a & Y1b) ja muulle verkolle (Y1c->). ELY-keskukset päättävät tieverkkonsa ylläpitoluokista, pois lukien tiet, jotka ylittävät ELY-keskuksen aluerajat. Niiden luokka määritetään valtakunnallisesti. Myös yhteysväliajattelu on huomioitava, eli pienten poikkeamien vuoksi ylläpitoluokkaa ei vaihdeta, jotta vältytään ylimääräisiltä ylläpidon tiheiltä tasovaihteluilta. Kuvassa 6 esitetään sallitut laadunalitukset tieluokka-kohtaisesti.

Lk	Nykytila		Tavoite		Ero	
	km	%	km	%	km	%
Y1a	696	12 %	225	4 %	-471	-8 %
Y1b	637	10 %	368	6 %	-269	-4 %
Y1c	808	13 %	469	7 %	-339	-6 %
Y2a	1990	17 %	1443	10 %	-547	-7 %
Y2b	1544	17 %	1241	15 %	-303	-2 %
Y3a	1997	18 %	1997	18 %	0	0 %
Y3b	645	22 %	645	22 %	0	0 %
Yht	8317	16 %	6388	13 %	-1929	-3 %

Kuva 6. Laadunalitukset tieluokittain (Tiehallinto, 2006)

3.1.3 Kunnossapito

Kunnossapidon suunnittelijoita kiinnostaa liikennemäärätiedoista erityisesti keskivuorokausiliikenteet ja raskaan liikenteen määrät. Tieluokitukset määräytyvät tunnuslukujen KVL, KVLRAS ja KVL YHD perusteella ja kunnossapidon suunnittelu, talvihoidon ja ylläpidon suunnittelu puolestaan määräytyvät tieluokituksen perusteella. Päällysteiden ylläpidossa on tarpeita myös kaista-kohtaiselle KVL-tiedolle sekä eri vuodenaikojen liikennemäärätiedolle. Alemmilla tieluokilla jo pienehkö absoluuttinen mittausvirhe voi tehdä eron tieluokitusten, ja sitä myötä talvikunnossapidon ja liikenneturvallisuuden välillä. Talvihoitoluokat on esitetty alla kuvassa 7.



Kuva 7. Talvihoitoluokat (väylä.fi, 2018).

Hoitoluokan 2 ja 3 välillä ero toimenpiteiden aloittamisessa on kaksi tuntia liukkaudentorjunnassa ja 2 cm lumen torjunnassa. Eroilla on jonkin verran kustannusvaikutuksia, mutta sitä ei tässä ole pyritty arvioimaan tarkemmin. Kuvassa 8 esitetään liukkauden- ja lumentorjunnan laatuvaatimukset talvihoitoluokittain. Suolausta tehdään enimmäkseen vain IC- tai suuremman talvihoitoluokan teille. Muilla pääteillä sitä käytetään lähinnä pahimmissa ongelmatilanteissa ja syksyn liukkailla keleillä.

Kunnossapidon suunnittelussa muutoksia tietotarpeissa on vähän, nykyisin saadut tiedot KVL, KVLRAS ja KVLVYHD riittävät, varsinkin jos tieto on nykyistä tarkempaa. Lisäksi raskaan liikenteen painojakauma ja onko ajoneuvoilla käytössä pari- tai singelipyörä kiinnostavat. Kunnossapito ei raportoi tarvetta homogeenisen linkityksen tihentämiselle, vaikka liikennettä kerrotaankin olevan mahdollisesti enemmän tietyn linkin toisessa päässä.

KESKEISET LAATUVAATIMUKSET AJORADAN KITKALLE							
Talvihoitoluokka	Ise ja Is	Ib	Ic	II	III	K1	K2
Kitkavaatimus	0,30	0,25	0,25 (toimenpide- raja)	karhennettu tai hiekoitettu pinta, ongelmakohteet pistehiekoitetaan		liikenteen tarpeen mukainen	
	tiempinta alle -6 °C 0,25	tiempinta alle -4 °C 0,22	pistehiekoitus 0,25 linjakäsittely 0,22			klo 22 jälkeen K1 klo 06:00 K2 klo 07:00 mennessä	
Toimenpideaika alittumisesta	Ise 0 h Is 2 h	suolaus 3h linjahiekoitus 4h	linjahiekoitus 4 h (suolaus 3 h)	linjahiekoitus 5 h	linjahiekoitus 7 h	2 h	3 h
Kitka-arvon ja kelin vastaavuus							
Kitka-arvo	0,00 - 0,14	0,15 - 0,19	0,20 - 0,24	0,25 - 0,29	0,30 - 0,44	0,45 - 1,00	
Tienpinnan kuvaus	pääkallokeli, märkä jää, erittäin liukas	jäinen, liukas	sileä polanne, tyyydyttävä talvikeli	pitävä jää- ja lumipolanne, hyvä talvikeli	paljas ja märkä, pitävä keli	paljas ja kuiva, pitävä keli	

Kuva 8. Liukkaudentorjunnan laatuvaatimukset (Liikennevirasto, 2018).

KESKEISET LAATUVAATIMUKSET AJORADAN LUMISUUDELLE							
Talvihoitoluokka	Ise ja Is	Ib	Ic	II	III	K1	K2
Maksimilumi- syyvyys sateen aikana	4 cm	4 cm	4 cm	8 cm	10 cm	3 cm	4 cm
Puhtaana sateen päättymisestä	2,5 h (sohjo 2 h)	3 h (sohjo 2,5 h)	3 h	4 h	5 h	3 h	4 h
<p>Aurauksen on oltava käynnissä, kun puolet maksimilumisyyvyydestä (ns. lähtökynnys) on kertynyt jos- sakin aurausreitillä. Em:sta poiketen klo 02-20 luokalla II lähtökynnys on 3 cm ja luokalla III 4 cm. Maksimilumisyyvyys ei saa ylittyä sateen aikana ja toimenpideaikana sen jälkeen. Sohjoa sallitaan vain puolet lumen määrästä. Toimenpideaika alkaa, kun sade loppuu ja päättyy kun ajokaistat on aurattu puhtaaksi. Kun sade päättyy klo 22 jälkeen, aurataan K1 väylät klo 06:00 ja K2 väylät klo 07:00 mennessä. Luokissa K1 ja K2 maksimilumisyyvyys yöllä klo 22:00 - 06:00 (07:00) on 8 cm.</p>							

Kuva 9. Lumentorjunnan laatuvaatimukset (Liikennevirasto, 2018).

3.1.4 Investointihankkeet

Investointihankkeiden perustelussa tarvitaan nykyisiä liikennemäärätietoja, ennustettuja liikennemäärätietoja sekä koostumustietoja. Hankkeen perusteluiksi käy myös kuljetusvirtatieto, liikenteen sujuvuus ja kehitystiedot, joten myös niitä tietoja tarvitaan. Erityisistä ongelmakohteista tarvitaan yksityiskohtaisempaa tietoa. Näillä tiedoilla voidaan laskea investoinnin hyötyjen määrä ja kohdentuminen. Jos hankkeella on verkollisia vaikutuksia, esimerkiksi rakennettaessa uutta liittymää tai tieyhteyttä, tarvitaan liikennevirtatietoja liikenne-ennusteen laatimiseksi. Jos parannus tiehen tehdään olemassa olevalla paikalla, nykyiset määrätiedot, kasvuennusteet ja maankäyttötiedot riittävät. Liikenneturvallisuusinvestointeja varten tarvitaan liikenneonnettomuustietoja ja tietoja kevyen liikenteen määrästä tai käyttäjäpotentiaalista.

Tiedon on syytä olla tarkkaa, sillä yksityiskohtaisemmassa hankesuunnittelussa tehdään toimivuustarkasteluita, joilla määritellään mm. kääntymiskaistojen pituudet. Tarvittava tieto on liikennevirrat ja suuntautuvuustiedot liittymäalueella huipputuntiliikenteen osalta. Usein joudutaan käyttämään erillislaskentoja, joiden kustannus kokonaisuudessa on kuitenkin häviävän pieni. Joukkoliikenteen reittitiedot ovat myös tärkeitä ja suurten eritasoliittymien ramppien toteutus esimerkiksi riippuu olennaisesti siitä, onko niihin suunniteltu linja-autopysäkkejä. Lisäksi tarkkaa liikennemäärätietoa tarvitaan työnaikaisen toteutuksen suunnittelussa hankkeiden yhteydessä. Liikennemäärätieto voi vaikuttaa esimerkiksi työnaikaisen suojauksen tarpeeseen, käytettävissä olevaan työaikaan ja kiertotiejärjestelyihin.

Investointihankkeiden suunnittelussa tarvitaan usein yksityiskohtaisempaa tietoa, joka on kustannustehokkaampaa tuottaa räätälöidysti ja tapauskohtaisesti sen sijaan, että riittävää tietoaineistoa tuotettaisiin jatkuvasti koko valtakunnasta.

3.1.5 Muut käyttötarpeet

Väyläviraston tilastointivelvollisuus asettaa myös vaatimuksia tuotettavalle tiedolle ja sen tarkkuudelle. Vuosittain tilastoidaan nopeustilastoja, raja-liikennetilastoja, onnettomuustilastoja ja LAM-kirjoja. Kaikki näistä hyödyntävät lähtöaineistonaan yleisen liikennelaskennan tuottamia tietoja. Yleisen liikennelaskennan tietojen pohjalta luodaan myös liikennesuoritteiden tilastointi. Tilastoja hyödynnetään laajasti mm. liikennepolitiikassa, strategiasuunnittelussa ja ohjauksessa sekä liikenneturvallisuus-selvityksissä. Tilastoinnista osa siirrettiin tammikuussa 2019 Liikenne- ja viestintäministeriöön Traficomiin.

Tiehallinnon käyttäjätutkimus viime vuosikymmeneltä kertoi, että maaseutu-alueilla silloinen laskentatiheys koettiin liian harvaksi. Tiedot olivat joko vanhoja tai asukkaiden ja elinkeinonharjoittajien mielestä virheellisiä. Tuolloin vaivana oli myös tietojen heikko saatavuus. Elinkeinonharjoittajat kertoivat kyseisessä haastattelussa, että liikennemäärätietojen pitäisi olla ajantasaisia, ja että he olisivat jopa valmiita maksamaan siitä. (Tiehallinto, 2007)

3.2 Kaupunkien tarpeet

Selvityksessä haastateltiin Tampereen, Lahden ja Helsingin kaupunkien liikenne- ja kaupungininsinöörejä. Työnkuvassaan he tarvitsivat maantieverkon liikennemäärätiedoista ensisijaisesti keskivuorokausiliikennemäärätietoa (sekä KVL että KAVL) ja huipputuntien liikennemäärätietoja, molempia myös raskaan liikenteen osalta. Heidän mukaansa kaupungit hyödyntävät näitä tietoja mm. maankäytön suunnittelussa, kaupunkisuunnittelussa, simuloinnin ja selvitysten pohjatietoina, liikennesuunnittelussa, liikenteen toimivuustarkasteluissa ja meluntorjunnan suunnittelussa. Tiedon tarkkuuden olisi tällöin oltava tunti-kohtaista. Osaan työstä, esimerkiksi meluntorjunnan suunnitteluun, riittää kuitenkin keskivuorokausitiedot. Reaaliaikaisten ruuhkamallien työstämiseen pitää kuitenkin olla reaali- tai lähes reaaliaikaista tietoa.

Kaupunkien tarpeet ovat siis vaihtelevampia ja tarkemmin rajattuja, kuin mihin tällä hetkellä maantieverkon liikennemäärälaskenta kykenee vastaamaan. Kaupungit toivoivat yhdenmukaista tietoa, jota voisi kerätä samoilla järjestelmillä kuin mitä he käyttävät katuverkon liikennemäärien keräämiseen, jolloin kaikki osapuolet voisivat saada yhteistyöstä synergiahyötyjä.

Reaaliaikaisen tiedon kerääminen kiinnostaa kaupunkeja. Tarvetta on myös lyhyempiin homogeenisiin mittausväleihin ja liittymien virtatietoihin (määrä + suuntautuminen). Lisää kiinteitä laskentapisteitä kaupungit haluaisivat katu- ja maantieverkon rajapintaan.

Kaupungit arvioivat tulevaisuudessa siirtyvänsä enenevässä määrin kamera-pohjaisiin, koneellisiin liikennemäärän laskentoihin. Tällöin he saavat tarkkaa tietoa pidemmältä aikajaksolta pienemmillä kuluilla kuin nykyisin. Teknologia ei kaupunkien mukaan vielä ole aukotonta, mutta kaupungeissa on pilotoitu esimerkiksi 10-tuntista kameramittausta liittymäalueella, jossa lasketaan liikenteen määrät ryhmittelyn mukaisesti.

3.3 Yhteenveto

Liikennemäärätiedoista Väylävirasto hyödyntää ensisijaisesti keskimääräistä vuorokausiliikennettä koko liikenteelle mutta myös raskaan liikenteen ja raskaiden ajoneuvoyhdistelmien osalta. Myös tuntikohtaiselle tiedolle ja liikenteen suuntautuvuudelle on ollut olemassa olevia tarpeita ja niiden ei ennakoida poistuvan. Erikoiskuljetuksien lisätiedosta ja vaarallisten aineiden kuljetuksien tiedoista ja pitkäkestoisemmista liikenne-ennusteista olisi myös hyötyä.

Taulukko 9. Yhteenvetotaulukko

Suunnittelu		Kunnossapito	
Liittymän suunnittelu	KVL, KVLRAS, HUTU100 -liittymätyyppin valinta	Toiminnallisen luokan määrittely	KVL, KVLRAS, KVLVYHD -luokkien rajat
Poikkileikkauksen suunnittelu	KVL, KVLRAS -piennar ja kaistaleveys	Talvihoitoluokan määrittely	KVL, KVLRAS, KVLVYHD -luokkien rajat
Ohituskaistojen suunnittelu	KVL, KVLRAS, KVLVYHD -määrä ja pituus tieosuudella	Kunnossapidon suunnittelu	KVL, KVLRAS, KVLVYHD -kohteiden priorisointi
Uusia tietotarpeita	HCT-kuljetukset, hitaat ajoneuvot, polkupyörät	Uusia tietotarpeita	Painojakauma, pari/singelipyörien käyttö

Nykyisin kerättävä liikennemäärätieto vastaa pääosaan tunnistetuista tietotarpeista, mutta ei aivan kaikkeen. Tarpeet myös muuttuvat jatkuvasti prosessien kehittyessä.

Nykyisin kerätään Väyläviraston tarpeisiin liian vähän tietoa liittymäalueilta liikennemäärästä ja liikenteen suuntautuvuudesta. Homogeeniset välit on koettu myös ongelmallisen pitkiksi tietyissä prosesseissa. Tieto on suunnittelu-prosessien kannalta liian epätarkkaa ajoneuvoluokkien jaottelun osalta. Suunnittelussa tarvitaan lisää ajoneuvoluokkia, kuten esimerkiksi hitaiden ajoneuvojen tai HCT-yhdistelmien luokkia. Tämä tarve heijastelee LAM-pisteiden tavoitetilassa määriteltyä tavoitetta lisätä raportoitavien luokkien määrää LAM-pisteillä viidestä seitsemään.

Kaupungit käyttävät maantieverkon liikennemäärätietoja erilaisten simulointimallien lähtötietoina ja tukemassa kaupunkisuunnittelua. Koska tulevaisuudessa simulointimallien halutaan olevan reaaliaikaisempia, myös reaaliaikaisempi lähtötieto kiinnostaa kaupungeja. Liikennemäärätietoja voitaisiin kaupunkien mukaan kerätä pistemäisesti lähempänä katu- ja maantieverkon rajaa. Suuntautuvuustietoja voitaisiin kerätä liittymistä, jotta saatu määrätieto olisi monikäyttöisemmin hyödynnettävissä ja kaupunkisuunnittelun lähtötiedot olisivat pistemäisempiä ja tarkempia.

Yhteisiä muutostarpeita molemmille käyttäjäryhmille on tarkemmat liittymä-alueiden suuntautuvuustiedot ja lyhyemmät homogeeniset välit.

Nykyistä tietoa tulisi siis pyrkiä laajentamaan tarpeita vastaavasti hyödyntämällä uusia menetelmiä ja niiden yhdistelmiä. Väyläviraston mukaan parasta olisi sellainen tieto, jolla on muutakin sisältöä kuin liikennemäärä. Esimerkiksi ajantasaista videokuvaa voitaisiin hyödyntää kelin arvioinnissa tai ruuhkaisuuden viestinnässä ja tällaiset "muut tietotyypit" voisivat olla avain liikennetietojen ekosysteemin luomiseen.

4 Yleisen liikennelaskennan käytännöt muissa pohjoismaissa

Lukua varten tutkittiin NorSIKT-projektien aineistoja, järjestettiin haastatteluja paikallisiin liikennevirastoihin ja tutkittiin internet-lähteitä. Kaikissa pohjoismaissa kerätään liikennemääriä ja tyypillisin tunnusluku on keskivuorokausiliikenne. Eroavaisuuksia löytyi laitteiden käytöstä, alueellisista tarpeista ja nopeusmittauksen käytännöistä.

4.1 Ruotsi

Ruotsissa Trafikverketin haastattelun mukaan kaikki valtion omistamat tiet (98 598 km) on jaoteltu 34 000 osaan joista 22 000:lta mitataan. Eurooppatiet, kansalliset tiet ja maan päätiet mitataan 4 vuoden välein, muut 12 vuoden välein. Vuosittain noin 2500:lta tieosalta tehdään mittauksia. Otos lasketaan kymmenenä päivänä vuodessa, 1-4 päivää kerrallaan 4 kvartaalin aikana.

Norsikt-projektiaineiston raportin mukaan viittätoista ajoneuvoluokkaa mitataan, kuuden luokan data tallennetaan tietokantaan ja kahden luokan data julkaistaan. Liikennemäärää ja liikenteen nopeuksia saadaan käyttäen pneumaattisia putkia päällystetyillä teillä. Pneumaattinen putki mittaa paineenvaihtelun siitä yliajettaessa ja laskee ylityksen nopeuden ja voiman kautta ylittäneen objektin painon ja nopeuden. Silmukatunnistimista, joita on 83:ssa jatkuvassa liikennemäärän mittauspisteessä, saadaan liikennevirtatietoa. Matka-aikadataa puolestaan kerätään esimerkiksi tunnistavilla kameroilla. Ajoneuvojen painoa mitataan liikkuvan painon tunnistavista sensoreista. Ajoneuvot luokitellaan Ruotsissa akselikonfiguraation perusteella, ja tämä tieto kerätään aiemmin mainituista pneumaattisista putkista. (Haugen, 2015)

Ruotsissa tutkitaan viranomaisten rahoittamana uusien tekniikoiden hyödyntämistä erityisesti matkapuhelinverkosta kerättävää dataa. Nämä kehityshankkeet olivat toistaiseksi liiketalaisuuden piirissä.

4.2 Tanska

Tanskassa on noin 725 pysyvää laskentapistettä, joista 390 sijaitsee valtion teillä ja 335 puolestaan kuntien omistamilla teillä. Norsikt 1 -raportin ja Tanskan tiehallinnon kotisivujen mukaan joissakin paikoissa myös kuvatunnistusta ja pneumaattisia putkia käytetään apuna (Vejdirektoratet, 2019). Haastattelun mukaan kaikkia moottoritieverkon rampeja lasketaan pysyvästi. Myös GPS-datasta on alettu mittaamaan liikenteen sujuvuutta. Tiedosta pystytään tuottamaan tilannekuva liikenneverkosta ja laskemaan menetettyä aikaa ruuhkissa ja ennustamaan ruuhkautumisen kestoa (Kristensen & Nielsen 2019). Pysyvien mittauspisteiden lisäksi on 280 puolipysyvää silmukoilla toimivaa laskentapistettä, joilla lasketaan vuodessa viiden viikon ajan ennalta määritellyn aikataulun mukaan, mutta viikot eivät voi kuitenkaan olla peräkkäisiä. Joka kolmas vuosi suoritetaan viisi viikon mittaista ympärivuoden sijoiteltuja otoslaskentoja 527:ssä ennalta määritellyssä pisteessä. Näistä pisteistä 500 sijaitsee valtion teillä, 27 puolestaan kunnallisilla teillä. Mittauspisteistä 9 on lisäksi varustettu painonmittausasemilla. Tanskassa ajoneuvot luokitellaan käyttäen induktiivisia

silmukoita niiden pituuden perusteella, ja lisäksi manuaalisesti rekisteriotteen perusteella. (Haugen, 2015) Haastattelun mukaan luokittelussa päästään "pattern matching"- arvioinnilla luokittelemaan jo useimmilla paikoilla ajoneuvot ajoneuvokohtaisesti eikä yksinomaan pituuden mukaan. Kyseessä on haastateltavien mukaan "ohjelmiston kehitystyö" mittausasemalla, jolla tämä mahdollistetaan. (Kristensen & Nielsen, 2019) Tanskassa keskinopeusmittaus eroaa muista pohjoismaista, sillä analysoidessa jätetään pois mittaukset, joihin on vaikuttaneet ruuhkat, esteet tai huono sää. Tavoitteena on tällöin saada tietoon keskinopeus, jota pisteessä tyypillisesti ajetaan tyypillisissä olosuhteissa ilman ulkopuolisia häiriötekijöitä. (Forsman et al., 2015)

4.3 Norja

Norjassa mitataan liikennemääriä kaikilla valtion ja kuntien teillä, joita on yhteensä 93 870 km. Mittaus on jatkuvaa 2150 osuudella, joissa käytetään silmukatunnistimia liikennemäärätietojen laskemiseen. Nämä jatkuvasti mitattavat osuudet ovat seuraavilla tietyypeillä: TEN-T-väylät, alueelliset väylät, tiet suurilla kaupunkialueilla ja niiden ympärillä, ja lisäksi muilla kaupunkialueilla ja teillä, joiden KVL on yli 500. Hetkellisiä laskentoja suoritetaan 2300 osuudella 3–4 vuoden välein tutkimittauksilla. Norjassa ajoneuvot luokitellaan induktiivisilla silmukoilla käyttäen pituutta perusteena luokitukselle. (Haugen, 2015) Verrattain suurta silmukatunnistimien määrää ja sitä myöten kuluerää on perusteltu Norjassa tunnistimien pitkällä elinkaarella. Jatkokehitystä käyttäen on lisäksi aloitettu tutkimaan puhelinten paikkatiedon hyödyntämistä. Ensimmäiset ajatukset aiheesta olivat raportin mukaan, että sitä on tarpeellista käyttää yhdessä olemassa olevan laskentadatan kanssa tarkkuuden parantamiseksi riittävälle tasolle. (Haugen, 2015)

4.4 Yhteenveto

Muissa Pohjoismaissa induktiivisilla silmukoilla tehtävä mittaus on yleisin tapa liikennemäärätietojen laskentaan. Yleisin luokittelukeino on ajoneuvon pituudesta johdettu luokitus, vaikka Ruotsissa luokitus johdetaankin akseleista. Uudempia keinoja liikennemäärän mittaamiseen ei olla vielä otettu käyttöön myöskään muissa pohjoismaissa, mutta kiinnostusta uusien tekniikoiden hyödyntämiseen on erityisesti matkapuhelinverkkodatan hyödyntämisen osalta. Pohjoismaat tekevät yhteistyötä yhtenäistääkseen liikennemäärätietojen keräämisprosessia mahdollisimman paljon kasvattaakseen tietojen vertailuja hyödyntämiskelpoisuutta, ja mahdollisten uusien kehityssuuntien tulisi ottaa tämä huomioon myös Suomessa.

Ruotsissa ja Norjassa tehdään homogeenisten välien määrään ja yleisen tieverkon pituuteen suhteutettuna hieman vähemmän otoslaskentoja kuin Suomessa. Jatkuvassa mittauksessa olevien pisteiden määrä vaihtelee paljon maiden välillä. Norjassa jatkuvaa laskentainfrastruktuuria on eniten, noin 2150 silmukkaa maantieverkolla.

5 Vaihtoehtoisten menetelmien arviointi

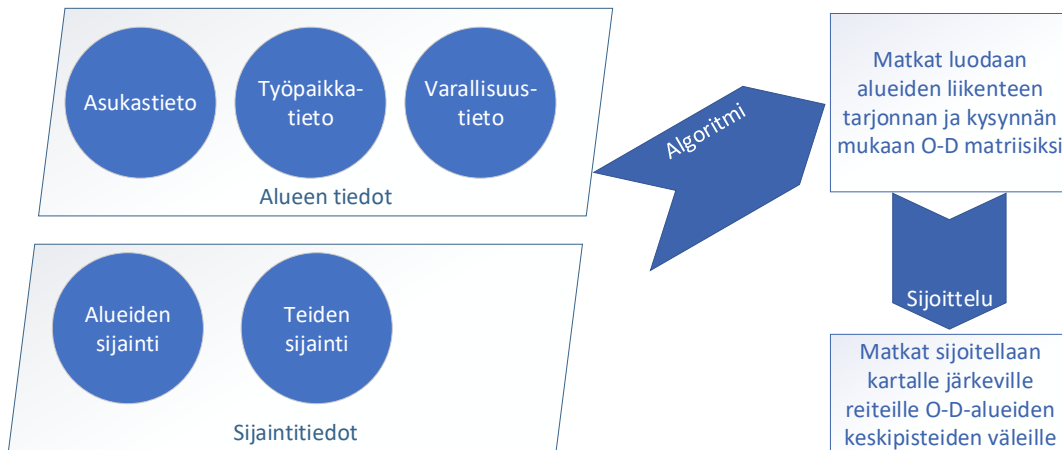
Tässä luvussa arvioidaan menetelmiä käytettynä Suomessa ja maailmalla sekä ammattilaisten haastatteluiden että kirjallisten lähteiden perusteella. Menetelmäarviointeja varten on tutkittu julkaisuita ja haastateltu asiantuntijoita.

5.1 Paikkatieto-analyysi

Tutkijat Zhong ja Hanson ehdottavat tutkimuksessaan vuodelta 2009 paikkatietoanalyysiä hyödynnettäväksi maaseutumaisten alueiden liikennemäärätietojen arviointiin, sillä alueet ovat laajoja, harvaan asuttuja eikä niistä välttämättä ole edes saatavilla kattavia mittaustuloksia. Tutkimuksessa laadittiin Kanadan New Brunswickin osavaltiossa liikenteen kysyntämalli, jolla kyettiin arvioimaan liikennemääriä tutkijoiden mukaan vertailukelpoisesti muihin arviointimenetelmiin nähden.

Mallissa hyödynnettiin väestölaskennassa kerättyä väestö- ja työpaikkadataa asuinalueilta ja asuinalueita käytettiin liikenteenanalysointialueina. Malli laadittiin käyttäen TransCAD-ohjelmiston valmista 4 askeleen mallia ja kolmea GIS-tieverkkoa. "Nopean vastauksen metodia" käytettiin matkojen luomiseen, vastaanottamiseen ja tasapainottamiseen. Matkat jaettiin 3 luokkaan; Kotoa aloitettu työperäinen matka, kotoa aloitettu vapaa-ajan matka, ja muualta kuin kotoa aloitettu matka. Tarvittuja tietoja oli ruokakuntien määrä ja niiden keskiarvotulojen suuruus per asuinalue. Yhden ruokakunnan luomat matkat tunnistettiin korkean varianssin muuttujaksi ja tutkimus ei havainnut tässä merkittävää eroa valtakunnallisen ja paikallisten keskiarvojen välillä.

Lisäksi tarvittiin aluekohtaisena tietona alueen kaupan alan työpaikkojen ja muiden työpaikkojen määrä, jotta voitiin laskea alueiden houkuttelevuutta matkan kohteiksi. Sekä matkan tuotannot että alueen houkuttelevuus oletettiin jatkuviksi. Tämän jälkeen tutkimuksessa käytettiin painovoimamallia jakamaan matkat alueiden välillä. Henkilömatkat muutettiin ajoneuvomatkoiksi käyttämällä oletuksena valtakunnallista keskiarvoa 1,62 ihmistä per ajoneuvo. Tutkimuksessa käytettiin gammafunktioita, jossa parametreina oli matkojen arvioitu kesto etäisyydeltään lyhintä reittiä pitkin per matka. Lopulta matkat sijoiteltiin kartalle siten että alueiden keskipisteet sijoitettiin tieverkolle vastaaviin pisteisiin, matkojen alku- ja päätealueet sijoitettiin tieverkolle vastaaviin pisteisiin ja mahdolliset 0-pituiset matkat korjattiin erisuuriksi nollapituudesta. Osa matkoista jaettiin stokastisesti muillekin kuin lyhyimmälle reitille, jotta kaikki matkat eivät virheellisesti piirtyisi pelkästään alueiden keskipisteiden välisille reiteille. Aiemmin mitatut liikennemäärät annettiin vastaaville reiteille kapasiteettirajaksi. Tämän jälkeen malli ajettiin läpi vuoron perään kaikilta alueilta kaikille alueille, ja summa kaikista matkoista per tienosa toimii KVL-luvun arviona tälle tienosalle. Kuvassa 10 esitetään havainnollistavasti, miten järjestelmä toimisi.



Kuva 10. GIS-analyysiin pohjautuva järjestelmä KVL:n arvioimiseksi

Arviointien keskiarvovirheeksi mitattuihin määriin verrattuna tutkimuksessa saatiin pääväylillä 9%, keräilijäteillä 45% ja paikallisteillä 160%. Virheet olivat melkein jatkuvasti määrien yliarviointia ja lineaariregressiolla arvioinnin virheellisyys saatiin pienennettyä varsinkin paikallisteiden osalta alle 40 prosenttiin mitatuista määristä. (Zhong & Hanson, 2009)

Tutkimuksessa havaittiin, että paikkatietoanalyysiin pohjautuva arviointi voi nostaa saatavilla olevan liikenneinformaation määrää tieverkolla. Sitä voidaan hyödyntää paikoissa, joista liikennemääriä ei mitata lainkaan. Se ei uhkaa tietosuojaa, on taloudellisesti järkevä ja kustannustehokas tapa hankkia tätä dataa. Tutkijoiden mukaan alueiden väestötiedot, liikennelaskentatietoa ja liikenteen kysynnän mallinnusohjelmistoa on saatavilla melkein kaikilla tievirastoilla, ja tämä madaltaa työkalun kehityskustannuksia. Kuitenkin Suomen tarpeita reflektoiden 40-prosenttisesti väärä tieto koko liikennemäärästä on jo huomattavan väärää, eikä se täytä esimerkiksi laskennallisen tiedon vaatimusta 97...102 % oikeellisuudesta lähellekään.

Mikäli paikkatietoanalyysiä hyödynnettäisiin Suomessa, se voisi olla hyödyllistä erityisesti pienimpien liikennemäärien homogeenisillä väleillä ($KVL < 100$) joita on 36% kaikista homogeenisista väleistä. Pieni virheellisyys näiden teiden tunnusluvuissa ei muuta tieluokituksia, suunnittelun käytäntöjä eikä muitakaan toimenpiteitä. Mikäli oletettaisiin alle 40 % virhe myös Suomen vähiten liikennöidyille teille, mallia voitaisiin hyödyntää riittävän luotettavasti jopa teillä, joiden $KVL < 70$. Mikäli KVL olisi laskettu olevan maksimissaan 70, 40 % virhe liikennemäärässä ylöspäin (uusi KVL tällöin 98) ei vielä nostaisi lukua yli 100. 100 on pienin KVL-arvo, jossa tien luokitus voi Suomessa muuttua, ja sitä käytettiin tässä siksi raja-arvona.

New Brunswickin yliopisto ei tuota kyseisellä mallilla itse liikennemäärätietoja, eli ratkaisu ei ole tuotantokäytössä. Viitatuut tutkijat olivat aiemmin töissä yliopistolla ja kehittivät myös yliopistolle toista mallia liikennemäärän estimointiin johon yliopisto omistaa lisensointioikeudet. Kyseinen toinen malli toiminee samaan tapaan nykyisin toteutettavan kausivaihtelun laskennan kanssa; jatkuvilta mittauspisteiltä lasketaan profiili, jolla estimoidaan arvioitavan tien liikennemäärä. Eli yliopiston tuotantokäytössä oleva ratkaisu on loogikaltaan osin samankaltainen Suomen nykyisen ratkaisun kanssa.

5.2 Matkapuhelinverkon solupaikannusdata

Wang et al. havaitsivat tutkimuksessaan vuonna 2012 Kansasin osavaltiossa matkapuhelinten paikannusdataa hyödyntävän algoritmin avulla 16 % käyttäjänsä tutkimuslaitoksesta lähtevästä rekkaliikenteestä. Lissabonin liikennettä tutkinut Coimbran yliopiston tutkija M. Demissie raportoi puolestaan vuonna 2014, että tällä tekniikalla on vielä haasteita – se ei tarjoa absoluuttista liikennemäärää, ei kykene erottelamaan kaistoja, kärsii matalasta tiedonmäärästä yöaikaan, saattaa uhata mitattavien yksityisyyttä tai vaatii tietojen anonymisointia ennen käsittelyä. (Demissie, 2014)

Huang ja Xiao raportoivat tutkimuksessaan vuonna 2017, että paikkatiedosta päätelty tieto on hyötykäyttöisempää kuin ennen "big datan" hyödyntämisen kehityksen ansiosta. Puhelimista saadaan sen ansiosta paikkatietoa vaikei niillä soitettaisikaan, toisin kuin 2014 lähteessä mainittiin. Tämä on selkeä kehitysaskel. (Huang, Xiao, 2017) Deutsch Telekom raportoi 2015 käyttäneensä Nürnbergissä matkapuhelinverkon paikannusdataa julkisen paikallisliikenteen kehittämiseksi. Paikannusdatan lisäksi liittymistä saatiin anonymisoitua tietoa asuinpaikasta, ikäryhmistä 10 vuoden välein ja sukupuolesta. Näillä tiedoilla opittiin lisäksi ymmärtämään paremmin, milloin ja missä ihmisryhmät liikkuvat. Karlsruheessa pääkonttoriaan pitävä Motionlogic on heidän tytäryhtiönsä, jonka alana on data-analyysi ja he ovat tarjonneet tällaista palveluna jo 2015 alkaen. (telekom. de, 2015) Ruotsissa Telia on onnistuneesti pilotoinut tekniikkaa matkakyselyiden korvaamiseksi pitkiä matkoja (100 km+) selvitetessä. Ongelmia raportissa ilmeni matkojen pituusvaihtelun luokittelussa, linnuntietä mitatun etäisyyden ja tieosuuksien pituuden kanssa, mahdollisesti liian pienessä otoskoossa ja satunnaismuutoksessa viikonloppuliikenteessä. Ongelmat kuitenkin olivat ilmeisesti pieniä, sillä raportoitiin matkamäärän oikeellisuus pilotin aikana välillä 90,2 ... 105,4%. Lisätyötä vaadittaisiin kuitenkin, että tälle arvolle saataisiin laskennallinen luottamusväli. (Gundlegård & Rydergren, 2018)

Kirjallisten lähteiden raportoima tekniikan suorituskyky oli vanhemmilta osiltaan liian vähäistä ja uudemmilta osiltaan jokseenkin vaillinaista tekniikan laajempaa hyödyntämistä varten, ja lukua varten haastattelimme Telialta tuotepäällikkö Levää ja diplomityöntekijä Jormakkaa selvittääksemme nykytilannetta ja tämänhetkistä kehitystä solupaikannusdatan hyötykäytön suhteen. Kirjallisten lähteiden vanhanaikaisuus eritoten vuoden 2012 aineistossa näkyy selvästi, ja nykyisin vuoden 2014 lähteen ongelmistakin ollaan pääsemässä eroon. 2017 arvioiden mukaisesti puhelinten paikannusdatasta voidaan alkaa saamaan luotettavaa liikennemäärätiedon arviota.

Haastattelun mukaan Telialta löytyy kyvykkyys arvioida kokonaisliikennemääriä verkolta suurella tarkkuudella. Arvio perustuu ihmismääriin, jotka kulkevat kartalle asetettujen ruutujen lävitse, sekä postinumerokohtaisiin markkinaosuuksiin. Mitattavia tietoja ovat liittymien solupaikannukset ja aikaleimat, jolloin paikannus tapahtuu. Tietoa säilytetään lähtöpiste-määränpää-matriiseissa. Järjestelmä mittaa myös viipymisajat paikoissa, joissa se ei tunnista liikettä. Nopeuden arviointi on haastavaa pienissä soluissa ja tämä menetelmä ei ole siihen optimaalinen. (Levä, Jormakka, 2019)

Mittauspisteiltä saadaan suuntautuvuustieto luotettavasti, ja tämä voisi olla hyödynnettävissä erityisesti kaupunkien toiveiden mukaan katu- ja maantie-verkon rajoilla. Menetelmää käytetään liikennemäärän arviointiin Ruotsissa, mutta haastattelun mukaan ei kuitenkaan operatiivisesti. Ruotsalaisesta asiakkaasta haastattelussa ei ollut mahdollista tarkemmin keskustella. Kustannusten kerrottiin olevan etupainoiset, ensin olisi kehitettävä algoritmi, jolla muutetaan Suomessa ihmismäärät ajoneuvoiksi ja jakaa ne edelleen ajoneuvo-luokkiin. Arvioitiin mahdolliseksi tehdä tieluokkaan ja/tai alueeseen pohjautuvat muutuskertoimet, joilla kyseinen arvio voitaisiin toteuttaa luotettavalla tarkkuudella. Teknologian pilotoinnin ei arveltu kestävän mahdollittoman kauaa sopivan kumppanin löytyessä, sillä lähtöaineistoa on jo olemassa. Pilotoinnin jälkeen nähtäisiin, onko potentiaalia aloittaa jatkuva tiedon tuotanto ja hyödyntäminen. Menetelmän kuvailtiin sopivan parhaiten harvaan asutulle alueelle, sillä reitittäminen on helpompaa, kun reittivaihtoehtoja on vähemmän. Alla kuvassa esitetään mielekäs karttaruutu, josta mittausta kumpaankin suuntaan voitaisiin toteuttaa. Ruudulla on vain yksi tie ja se kulkee selkeästi kartalla länsi-itä-akselin suuntaisesti. (Levä, Jormakka, 2019)

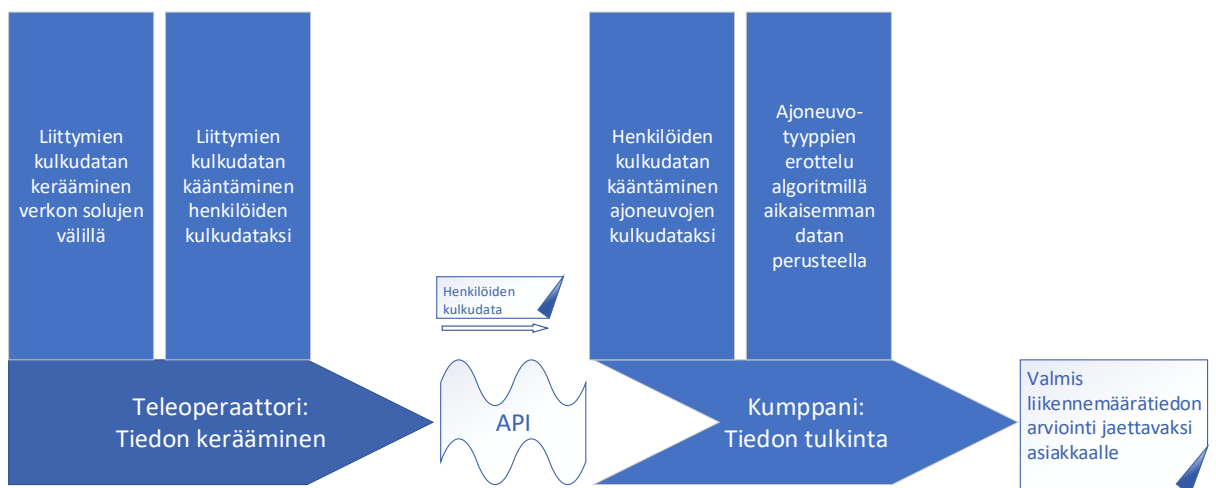


Kuva 11. Ruudun valinta tieverkolta (Telia, 2019).

Lisäetuja tällaisella järjestelmällä on, että sen dataa ei tarvitse kerätä erikseen vaan sitä syntyy joka tapauksessa, ja teknologia on kypsää. Liikennevirrasta on mitattu jotakin tietoja matkapuhelinten avulla Yhdysvalloissa haastattelun mukaan jo ainakin noin 20 vuotta. Ainoa asia mikä ei tällä hetkellä suoraan vastaa Väyläviraston kriteereitä liittyy ajoneuvojen luokitteluun ja mahdollisesti myös nopeuteen – käyttäjistä ei saada laitekohtaisesta datasta selville millä kulkuneuvolla he kulkevat, sillä asiakassegmentointia ei ole viety niin pitkälle. Lisäksi ihminen voi omistaa useamman kulkuneuvon eikä puhelimesta mitattu tieto kykene erottelemaan millä niistä ollaan milloinkin liikenteessä. Luokittelu jouduttaisiinkin tekemään laskennallisia muuntokertoimia ja/tai tukevia mittausapoja käyttäen. Tästä datasta saadaan koostettua myös poikkeus-tilanneraportteja eli onnettomuuksien sattua nähdään, kuinka virta jakautuu verkolle ja kuinka ihmismassat reagoivat tällaisissa tilanteissa. Kauttakulku-analyysit kertovat myös mistä ja mihin kunkin pisteen kautta kulkeva liikenne liikkuu. (Levä, Jormakka, 2019)

5.2.1 Solupaikannusdatasta liikennemäärätietoa eri menetelmien yhdistelmällä

Matkapuhelinverkosta kertyy solupaikannusdataa jatkuvasti osana sen normaalia operointia. Yritykset ovat alkaneet hyödyntää sitä erilaisissa käyttötarkoituksissa lähtötietoaineistona. Teimme haastattelun yritysten Telia ja Sensebit kanssa tavoitteenamme selvittää, kuinka liikennemäärätietoja voitaisiin tuottaa matkapuhelinverkon solupaikannusdatasta. Haastattelemamme yritykset ovat tuottaneet liikennemäärätietoja Ruotsissa seuraavaksi kuvattavalla mallilla esimerkiksi kaupunkien käyttötarpeisiin, mutta myös paikalliselle tienpidosta ja -suunnittelusta vastaavalle virastolle. Prosessiin kuuluu 5 vaihetta ja ne kuvataan yksityiskohtaisemmin seuraavissa kappaleissa. Haastattelussa esitelty yleistason prosessikaavio on esitetty kuvassa alla. Teoreettisesti kyseinen tiedonkäsittely lienee toteutettavissa muidenkin yritysten tiedoilla ja kyvykkyyksillä. Telia kuitenkin ilmaisi suuren markkinaosuuden tuovan hyötyjä esimerkiksi kattavuudessa ja määrien arvioinnin luotettavuudessa. Haastattelussa arvioitiin, että tuotetun määrätiedon validoinnin jälkeen otoslaskentojen määrää voitaisiin vähentää jopa 80 % nykytilasta.



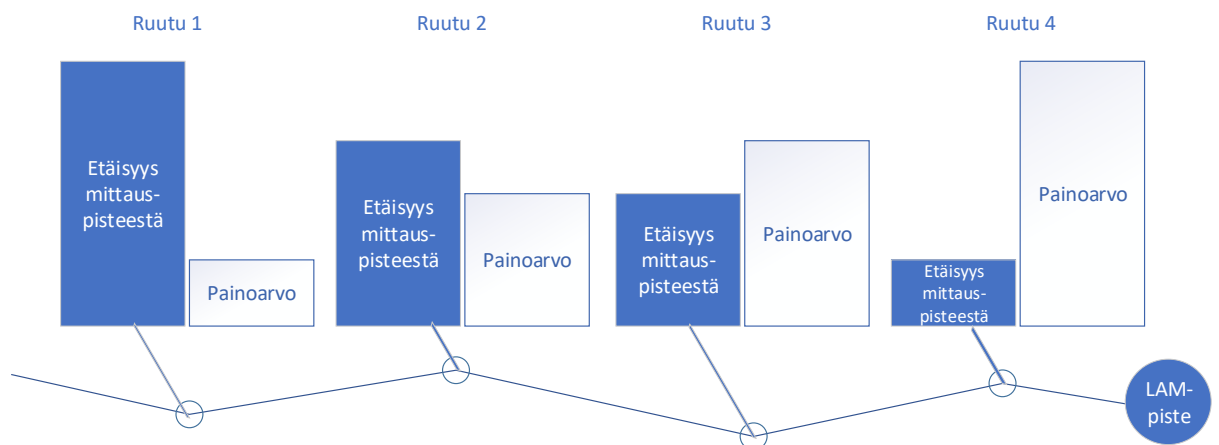
Kuva 12. Liikennemäärätiedon tuotantoprosessi matkapuhelinverkon solupaikannus-dataa käyttäen

Liittymien kulkudataa kerätään ensi kerran, kun mobiiliverkon solu havaitsee matkapuhelinliittymän aktivoituvan. Aktivointihetkestä tallennetaan postinumeroalue ja liittymän omistajan ikä. Kun liittymä liikkuu ja yhdistyy eri soluihin, siitä saadaan talteen kulkusuunta. Teleoperaattorilla on käytössään kartta jaettuna 250 m sivultaan oleviin ruutuihin, ja kaikki liittymien liikkeet osataan sijoitella tällaisesta ruudusta sisään/ulos. Operaattori valitsee ruudun siten, että siinä kulkee vain yksi tie ja mielellään yksiselitteisesti ilmansuuntien mukaisesti, että suunnan tulkitsemisessä ei ole ongelmaa.

Liittymien kulkudatasta käännetään henkilöiden kulkudataa vertaamalla operaattorin markkinaosuutta postinumeroalueella liittymien määrään. Liittymien määrä kerrotaan markkinaosuuden käänteisluvulla ja tästä saadaan liikkujien määrän arvio. Arvio on sitä luotettavampi, mitä suurempi markkinaosuus on. Lopputuloksena on henkilöiden kulkudata, joka lähetetään rajapinnan yli kumppanille. Ruotsissa Telian kumppanina toimii liikenteen analytiikkaan erikoistunut yhtiö Sensebit. Tarvitaan vähintään 5 havaintoa tunnissa, että

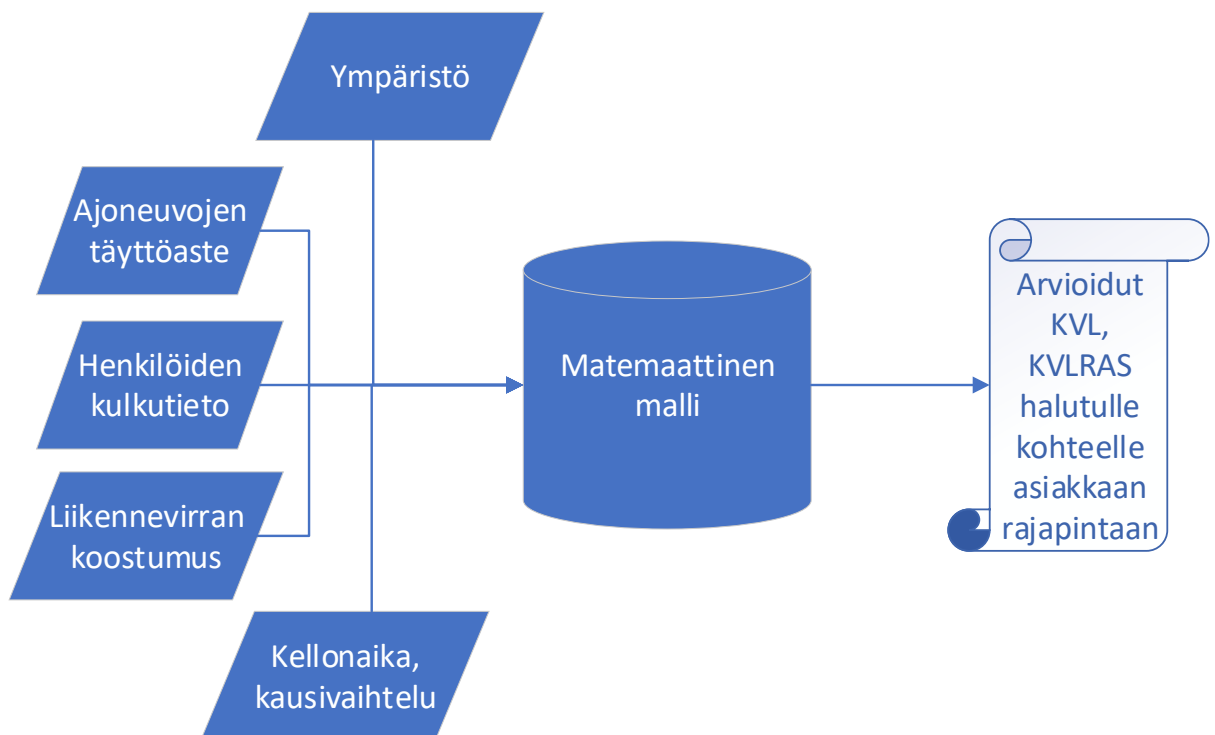
palvelu pystyy kääntämään liittymien liikkumistietoa henkilöiden liikkumistiedoksi, ja tämä aikaansaa vaikeuksia harvimpaan asutulle seudulle. Tästä on laskettavissa, että mikäli tien KVL on alle 120, ei sieltä siis todennäköisesti voi kerätä tällä tavalla tietoa ainakaan kaikilta vuorokauden tunneilta. Voidaan kuitenkin todeta, että vähäliikenteiseltä verkolta ei ole merkittävää tarvetta tuntikohtaiselle tiedolle, jolloin laskenta-aikaväli voitaisiin vähäliikenteisillä teillä asettaa 24 tuntiin, jolla päästäisiin varmasti eroon havaintomäärän asettamasta rajoitteesta mittaukselle.

Kumppanin osuus on varsinaista liikennemäärätiedon tuottamista/arviointia. Lähtötietona on arvio henkilöliikenteestä, joka pitäisi kääntää ajoneuvo-liikenteeksi. Menetelmä vaatii myös laskettua liikennemäärätietoa, mutta merkittävästi vähemmän kuin perinteisemmät liikenteen määrälaskennan menetelmät. Tiedot saadaan pysyville laskentapisteille, ja Ruotsissa käytössä on ollut esimerkiksi magnetometrilaskin. Näillä saa myös keskiarvonopeuden mittauspisteeltä. Haastattelussa kävi ilmi, että vilkkaimmin liikennöidyillä teillä, joiden liikenne on melko tasalaatuista, voitaisiin vähentää laskentojen lukumäärää todella paljon. Mittauksia tarvittaisiin aiempaan nykytilaan verrattuna vain noin 1: 30–40 homogeenista väliä. Oletetussa käyttöympäristössä, haastattelussa arvioitiin suhteen 1 laskenta: 5–10 homogeenista väliä olevan optimaalinen vertailu nykytilanteen laskentamääriin. Lisäksi on syytä huomioida mittausten ajankohta, pendelöinti-aikaan henkilöiden määrä per ajoneuvo on eri kuin päivän hiljaisempina tunteina tai viikonloppuisin tai vaikkapa työpaikka-alueiden läheisyydessä verrattuna maaseudun sydänmaihin.



Kuva 13. Etäisyyden mittauspisteeseen vaikutus arvioinnin kertoimiin.

Näiden vaiheiden jälkeen yhteistyökumppani rakentaa matemaattisen mallin, joka kääntää henkilöliikennedatan ajoneuvoliikenteeksi. Malli ottaa huomioon raskaan liikenteen osuuden saman kaltaisilla teillä ja etäisyyden lähimpään mittauspisteeseen. Etäisemmät mittaukset saavat vähemmän painoarvoa kuin läheisemmät mittaukset. Tieto on tämän jälkeen saatavissa joko raportoituina tai suoraan asiakkaan rajapinnan yli. Seuraavaksi esitetään tämä tiivistetysti kuvassa.



Kuva 14. Matemaattinen malli lähtötietoineen.

Tulevaisuuden kehityksessä 5G-verkot voivat mahdollistaa pienemmät verkon ruudut, joista arvioida liikennemääriä. Tälle kehitykselle ei osattu arvioida luotettavasti aikajännettä, jossa se voisi tapahtua. Lisäksi aktiivisemmin viestivät puhelimet (enemmän yhteyden muodostusta ja toimintaa) tuottavat enemmän ja siten luotettavampaa dataa niiden kulkemastaan reitistä kuten tutkimuksissakin havaittiin. Virhepaikannuksen riski 4g-antenneillakin on haastattelun mukaan 200 metriä. Muita datan lähteitä laadun varmistajana kuin silmukoita tai pneumaattisia putkia ei ole vielä kokeiltu. Videomateriaalia arvioitiin mahdollisesti tulevaisuudessa paremmaksi, mutta sen todettiin vaativan paljon laskentatehoa. Ei ole tutkittu syvempää jaottelua vielä kuin kevyet ja raskaat ajoneuvot julkaistavassa tiedossa. Ruotsissa on saatavilla pneumaattisten putkien takia akselivälimittauksista kyllä tarkempaakin luokkadataa, siellä kerätään tietoa 14 eri luokasta. Mikäli tutkia haluttaisiin käyttää, mittaus tulisi ohittavan ajoneuvon pituudesta.

Ruotsissa on tulossa julkaisu arvioinnin tarkkuudesta, mutta selvitystä ei saatu ajoissa tämän työn käyttöön. Siellä on haastattelun mukaan keskitytty lähinnä suurien liikennemäärien teihin, kaupunkialueella pieniltä teiltä ei usein saa hyvää dataa, koska 250X250 ruutu on niin suuri ja sisältää useita teitä, joilla liikenne saattaa tapahtua. palvelun kehityksessä tärkeää on myös reititys-algoritmin kehitys, jolla liittymien liikenne kohdennetaan tieverkon teille.

5.3 Liikenteenhallinnan järjestelmädata

Tässä luvussa haastateltiin liikenteenhallinnan järjestelmien datan osalta alan ammattilaisia Rambollilta ja TMFG:ltä. Liikenteenhallinnalliset järjestelmät keräävät myös dataa, jota käytetään tai voitaisiin käyttää liikennemäärien arviointiin.

5.3.1 LAM-pisteet ja LML-liikenteenmittauslaitteet

LAM-pisteiltä ja induktiivisilla silmukoilla toimivista liikennemittauslaitteista (LML) kerätään liikennemäärätietoa kiitettävällä, arviolta noin 95 % tarkkuudella jatkuvasti. Tiedolla on vain vähäinen viive. Ajoneuvotyyppejä yhdistellään, että tulokset olisivat luotettavampia. Menetelmiä on käytetty 1980-luvulta alkaen. Perustamiskustannukseksi arvioitiin kummankin tyyppiselle mittaukselle noin 10 k€ ja teknologiana niitä oletettiin voitavan hyödyntää vielä ainakin noin 20 vuoden ajan kumpaakin. Paraikaa LML:ää yritetään kuitenkin kehittää siten, että tiedonkäsittely olisi helpompaa ja halvempaa. Mikäli kyseinen projekti onnistuu, voidaan arvioida LML:llä laskeminen selvästi halvemmaksi kuin LAM-pisteillä. Toiminnalliset riskit ovat matalat, mutta molemmat ovat kuitenkin tienvarsilaitteita, jotka voivat joskus vaatia ihmisen tekemää huoltotyötä ja tiealueella siinä on oma riskinsä, joka vaatii asianmukaista hallintaa. Mittauksen lopettaminen vaatii vain lopettamispäätöksen.

LML:n käyttötarkoitus on ilmaista jonoutuvaa liikennettä, väärään suuntaan kulkevaa liikennettä ja pysähtynyttä liikennettä. LML mittaa liikenteen määrää, nopeutta ja varausastetta. LML kykenee erottelamaan ajoneuvot seitsemään eri ajoneuvoryhmään. (Kotila, 2019)

LML:ää ei vielä nykyisin hyödynnetä osana yleistä liikennelaskentaa. Jatkossa LML:t, joita toteutetaan osana vaihtuvia ohjausjärjestelmiä etenkin kaupunkiseuduilla, on kannattavaa ottaa osaksi yleisen liikennelaskennan kokonaisuutta, mikä voi mahdollistaa kalliiden pääväylillä toteutettavien otoslaskentojen vähentämisen. LML:llä toteutetut mittauspisteet ovat kustannuksiltaan selvästi edullisempia kuin nykyiset LAM-pisteet, mikä mahdollistaa myös nykyistä laajemman jatkuvan mittauspisteverkon pohdinnan.

5.3.2 Liikenteenseurantakamerat

Kameratekniikan osalta on erityisen kiinnostavaa, jos voidaan hyödyntää olemassa olevia liikennekameroita (noin 140 kpl) tai kelikameroita (noin 540 kpl) ja tuottaa niistä ohjelmallisesti liikennemäärätietoa ilman investointeja uuteen infrastruktuuriin. Teknologia on kypsää ja valmiuksia on toteuttaa liikennelaskentaa videokuvasta. Näin on tehty maailmalla jo kauan. Kuvatulkinta on vielä kehityksessä ja automaattinen suoratoistotalaskenta olisi kohtalaisen innovatiivinen ratkaisu. Investointihetken kustannukset arvioidaan korkeiksi, kun pitää asentaa kalliit tiedonsiirtokaapelit ja koestaa eri olosuhteissa kumppanin tunnistusmenetelmän sopivuus nykyisestä laitteistosta tuotettavalle materiaalille.

Liikenteenseurantakameroista saatava tieto ei ole aivan reaaliaikaista Suomessa myöskään tällä hetkellä. Kameroiden suoratoisto on kyllä mahdollista, mutta videota tulkitseva ohjelmisto vaatii useimmiten hetken viiveen tunnistukseen ajoneuvoja. Tulkitseva ohjelmisto määrittää myös käytettyjen ajoneuvoluokkien määrän ja erottelutarkkuuden ja tälle arvioidaan kaupalliseen käyttöön asti päätyneillä ohjelmistoilla ainakin noin 80 % oikeellisuus. Laadukkaampi ohjelmisto voi tunnistaa suuremmalla tarkkuudella ja jaotella tarkempiin ryhmiin eri ajoneuvoluokat kuin mihin vähemmän laadukas ohjelmisto kykenisi. Toiminnallisia riskejä on paljon; ohjelmiston toiminta voi olla kyseenalainen, tallennustilan riittävyys tai sen toiminnan häiriöt, sääolosuhteet tai kameran kestävyys, kaikki nämä erikseen tai yhdessä voivat häiritä järjestelmän toimintaa. Tälle mene-

telmälle arvioidaan ainakin 30 vuoden mahdollinen käyttöikä, mikäli yhteensopivuus nykyisiin laitteisiin toimii ongelmitta ja saatu tieto on riittävän laadukasta.

5.3.3 Poliisin nopeusvalvontalaitteet

Poliisin uusia nopeusvalvontakameroita on asennettu nyt yli 50 kappaletta, vuoden loppuun 2019 mennessä n. 100 ja vuoden 2020 loppuun mennessä noin 150 kappaletta yhteensä. Niitä tullaan sijoittamaan valtatielle 4, 5, 6, 21 ja 26 sekä kantatielle 52. Poliisin tekniikkakeskus ei ole aktiivisesti ollut yhteydessä TMFG:n asiaan liittyen mutta viranomaisyhteistyötä olisi tarkoitus käynnistää tulevaisuudessa myös datan hyödyntämisen osalta. Tarkkuutta mittaukselle ei ole tutkittu, mutta käytössä oleva laitteisto (Sensys Gatso) luokittelee ajoneuvoja korkeuden mukaan keulasta mitattuna. Näin ollen luokittelu kevyisiin ja raskaisiin ajoneuvoihin todennäköisesti onnistuu, mutta raskaiden ajoneuvojen tarkempi luokittelu ei välttämättä onnistu tai ei ole kovin tarkkaa. Tarkempaa analyysiä tarkkuudesta ei saatu tämän työn käyttöön.

Laitteet soveltuvat jatkuvaan mittaukseen ja niille on hankinnassa asetettu tietyt luotettavuusvaatimukset ajoneuvojen havaitsemiselle. Tiedonsiirrossa on riskejä liittyen pääsyyn poliisin järjestelmiin ja siitä syystä rajapinnan avaamiseen viranomaisten välillä menee todennäköisesti vielä joitakin vuosia. Aihepiiri voi myös osoittautua poliittisesti herkäksi. Ennen käyttöönottoa vaaditaan ainakin tutkimus mittaustarkkuudesta ja muita toiminnallisia selvityksiä. (Rossi, 2019)

Poliisin vanhoista nopeusvalvontakameroista, joita käytetään uuden järjestelmän rinnalla, ei ole suunniteltu kerättävän liikennemäärätietoa.

5.3.4 Liikennevalojärjestelmät

Liikennevalojärjestelmät keräävät liikennemäärätietoa n. 80 % tarkkuudella ja kykenevät erottelamaan siitä linja-autot, mikäli tiehen on asennettu silmukka bussietuudelle, ja keskuskoje on ohjelmoitu laskemaan liikennettä. Tieto saadaan melkein reaaliaikaisena sekuntien viiveellä. Näin on tehty jo 2000-luvulta alkaen ja liikennevalojen ennakoidaan olevan pitkäikäinen järjestelmä tulevaisuudeltaan. Toiminnan riskitaso on alhainen, liikennevalot laskevat liikennettä, vaikka valot palaisivatkin keltavilkulla. Kuitenkin kyseessä on tienvarsilaitte, jolla on joskus huoltoa ja henkilöriskit tulevat tiealueella työskentelyn mukana. Mittauksen aloittaminen on helppoa, aloitustoimenpide on vain parametri-muutos kojeelle. Samoin mittauksen lopettaminen on vain parametrimuutos. Nykyisin muutaman homogeenisen välin liikennemäärät saadaan liikennevalojärjestelmien keräämästä datasta Suomessa.

Liikennevaloja on 673 liittymässä koko maantieverkon alueella. Niiden hyödyntäminen voisi olla varsin järkevää, erityisesti mikäli ajoneuvoluokittelun laadussa on varaa paikoitellen karsia. Liikennevaloilla ei pystytä keräämään tarkasti luokiteltua liikennemäärätietoa. Silmukoiden koolla ja asettelulla pystytään tunnistamaan raskaita ajoneuvoja kevyistä. Uusista järjestelmistä saataisiin lähes reaaliaikaista dataa. 5 minuutin välein saadaan edellisen 5 minuutin tiedot. Parhaissa kohteissa voitaisiin saada myös katu- ja maantieverkon rajapinnasta suuntautuvuusdataa, jota erityisesti kaupungit ovat kiinnostuneita hyödyntämään. (Rossi, 2019) Tämä vaatii huolellista suunnittelua, erään lähteen mukaan liian suuri määrä silmukoita voi ruuhkautuvan

liikenteen aikana sotkea laskentatuloksia, kun kaikkea liikennettä ei havaita oikein.

Käytännössä tällainen kertaluontoinen laajan mittakaavan toiminnallinen muutos liikennevalojärjestelmien hyödyntämisessä vaatisi järjestelmäselvityksen kaupunkien ja laitetoimittajien kanssa, jotta saadaan mittakaavaetuja toiminnan aloittamisessa, rajapintojen toteutuksessa ja laitteiden hankinnassa ja tiedon yhteensovittamisessa. Osa maantie- ja katuverkkojen rajapinnassa olevista valoista on ITMF:n ja osa kaupunkien hallinnoimia, mikä voi vaikuttaa siihen, miten rajapinnat saadaan käytännössä avattua (Rossi, 2019)

5.3.5 Matka-aikatietopalvelu

Suomessa TMFG:n tilaama matka-aikatietopalvelu perustuu Tomtomin tuottamaan FCD-pohjaiseen tiedonkeruuseen mm. matkapuhelinten sovelluksista ja kalustonhallintajärjestelmistä. Käytetty menetelmä ei mahdollista liikennemäärän estimointia tai ajoneuvotyyppien erottelua toisistaan. Tekniikkaa on tarkemmin käsitelty kohdassa 5.5.1.

5.4 Ajoneuvokamerat

Kirjallisuuskatsaus ei tuonut ilmi yhtäkään lähdettä, jossa ajoneuvojen sisällä olevista kojelautakameroista oltaisiin saatu luotettavaa liikennemäärätietoa. Huomattava määrä kirjallisia lähteitä ja palveluntarjoajia löytyy tarkoitukseen, jossa kuvataan videota tien reunalta tai yläpuolelta tai kuvataan liittymää suuntautuvuuden selvittämiseen ja analysoidaan koneellisesti tai manuaalisesti videolta kaistakohtainen ja/tai kääntyvä liikenne esimerkiksi tuntikohtaisesti. Suomestakin löytyy ammattikorkeakoulujen opinnäytetöitä ja tutkimuksia, joissa arvioidaan videokuvatulkinnan sopivuutta liikennemäärätiedon keräämistä varten. Ongelmiksi mainitaan oikea sijoittelu, sillä liian matalalle asennetut kamerat eivät näe matalampia kulkuneuvoja korkeampien kulkuneuvojen takaa. Myös sääolosuhteet ja poikkeustilanteet saattavat sekoittaa tunnistusalgoritmeja. Luokittelu etenkin raskaan liikenteen osalta oli eräessä opinnäytetyössä tutkitulle ohjelmistolle haasteellista, eikä laajempaan käyttöön hyödynnettäväksi riittävän luotettavaa tulosta saatu kyseisessä tutkimuksessa. Loogisesti ajateltuna ajoneuvokamerat usein kuvaavat vanhemman materiaalin "päälle" ilman erillistä komentoa, liikkuvat ajoneuvot eivät viivy tietyllä tieosuudella kuin hetken, kuvauspiste on korostetun matalalla, mikä sotkenee algoritmien toimintaa ja kameroiden haluttu toiminta lienee varsin käyttäjäriippuvaista. On siis varsin monia ongelmia ratkaistavana, että liikennemäärälaskentaa voisi toteuttaa ajoneuvokameroista. Emme oleta, että tämä onnistuisi vielä vuosiin mitenkään luotettavasti. Tiedonsiirtonopeuksien tai tallennustilan pitäisi olla valtavan suuria, jos haluttaisiin olemassa olevista laitteista jollakin lisäosalla siirtää suoraa tai laadukasta videokuvaa analysoitavaksi keskuspalvelimelle.

5.5 Muu avoin ja kaupallinen data

Haastattelimme yritysten HERE ja Goodvisionlive liikenneanalytiikan ja julkisinfrastruktuurin asiantuntijoita ja tuotepäälliköitä kirjallisuuskatsauksen ohella tätä alalukua varten. Tässä alaluvussa esitellään muita tietolähteitä, joista liikennelaskentaa olisi mahdollista suorittaa.

5.5.1 Floating car data

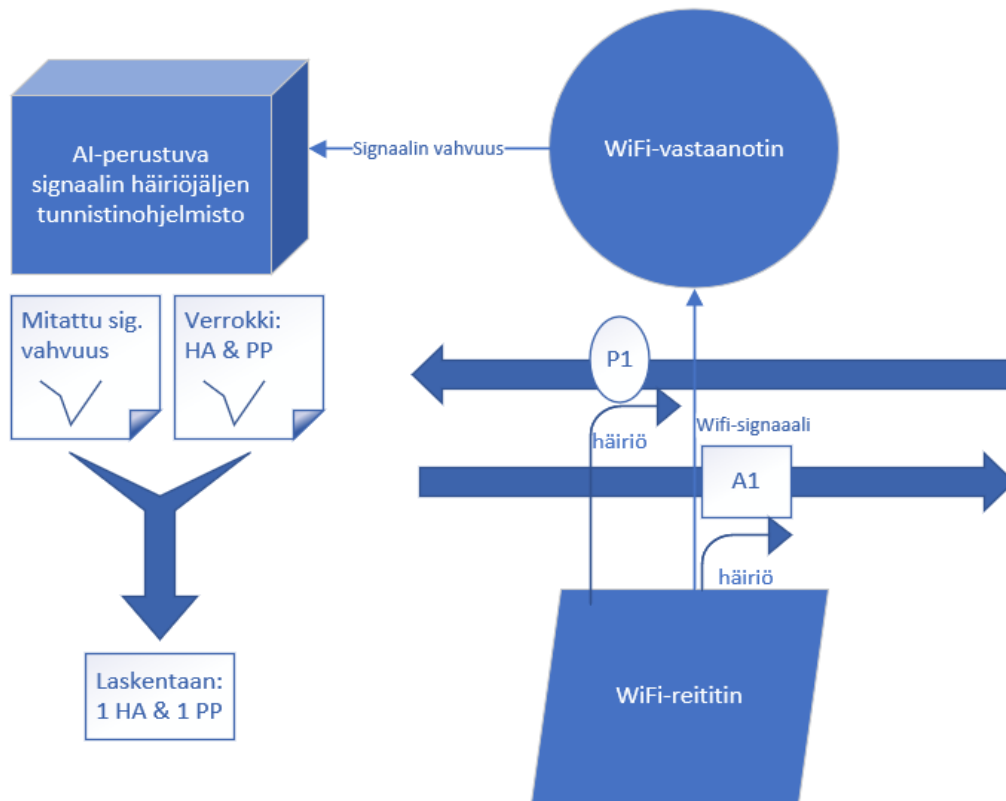
Floating car data (FCD) tarkoittaa liikennevirrassa mukana kulkevan auton tietoja esimerkiksi sijainnistaan, mallistaan ja nopeudestaan. Sitä ei ole vielä käytetty maailmalla liikennemäärien laskentaan. Haastattelimme HEREn asiantuntijoita ja tuotepäälliköitä aiheesta. Yrityksellä on markkinoilla tuote, joka laskee liikenteen nopeutta käyttäen FCD:tä. HERellä ei ole tarjolla markkinoilla ratkaisua, joka kykenisi tuottamaan valtakunnallisella tasolla hyödynnettävää tietoa liikennemääristä ja -osuuksista käyttäen FCD:tä. Yrityksen asiantuntijoiden 18 kuukautta kestänyt tutkimus päättyi lopputulokseen, jonka mukaan FCD:tä ei voi käyttää tällaisen tiedon keräämisessä ilman muita tiedonkeruun muotoja käytettynä yhdessä. Asiantuntija-arvion mukaan pitäisi olla esimerkiksi rakennettu tieverkolle reilusti tienviereisiä tukiasemia, joilla voisi suorittaa tukevaa mittaustyötä. Heidän mukaansa nykyisellään saatu otoskoko jää pieneksi, eikä anna tarpeeksi syvää läpileikkausta liikennevirrasta. Otosjoukon data ei siis edusta oikeellisesti koko liikennevirtaa. (Donk, Guthridge & Held, 2019)

Asiantuntijat epäilivät haastattelussa voisiko pelkkään FCD:n perustuvaa mallia tuoda varmuudella markkinoille tulevaisuudessa, ja mikäli voisi, se olisi heidän mukaansa varsin kallista. Lisäksi he mainitsivat, että liikennelaskennan tulee kuitenkin olla suhteellisen häiriövarmaa ja riskejä liittyisi tällaisessa järjestelmässä sekä sensorien toimintaan, verkkojen katvealueisiin, että mobiilidataoperaattorien toiminnan jatkuvuuteen ja tilaajan olisi hankala käyttää vaikutusvaltaa tämän hypoteettisen FCD:n perustuvan mallin muihin osapuoliin. FCD:n perustuvaa mallia spekuloitiin, että se voisi tunnistaa nykyisellään 4 eri luokan ajoneuvoja, raskaat ja kevyet kuorma-autot, henkilöautot ja muut kulku-neuvot eli polkupyörät. Erottelun tarkkuutta arvioitiin mahdottomaksi kommentoida, sillä ohjelmisto kulkee laitteessa, joka sopii ajoneuvoon kuin ajoneuvoon eikä siten rajaa luokkia itse. Kulut tällaisen järjestelmän rakentamiseen ovat asiantuntijoiden mukaan epärealistisen korkeita, varsinkin jos halutaan reaaliaikaista dataa. Reaaliaikainen prosessointi vaatii enemmän ja on siten kalliimpaa. Arvoitiin että 3-5 minuuttia on prosessointineen aikaviive mikä menisi otoksen ottamisesta laadukkaan tiedon saantiin. Lisäkuluja aiheuttaa, jos tarvitaan todella muitakin tietolähteitä FCD:n lisäksi. (Donk, Guthridge & Held, 2019)

5.5.2 WiFi-yhteyden häiriönmittaus ja koneoppiminen

Gupta, Hamzin ja Degbelo tutkivat Saksassa 2018 Munsterin kaupungissa koneoppimista liikenteenlaskennan yhteydessä käyttäen WLAN-yhteyksmittaria apuna laskennassa. Kokeessa rakennettiin reitittimellä ja vastaanottimella 2,4GHz taajuinen WiFi-yhteys ja opetettiin hallitussa tilassa ohjelmistolle ensin minkälaisen häiriöjäljen tähän yhteyteen aiheuttavat polkupyörä, henkilöajoneuvo ja raskas ajoneuvo. Tämän jälkeen menetelmää testattiin sekä matalan

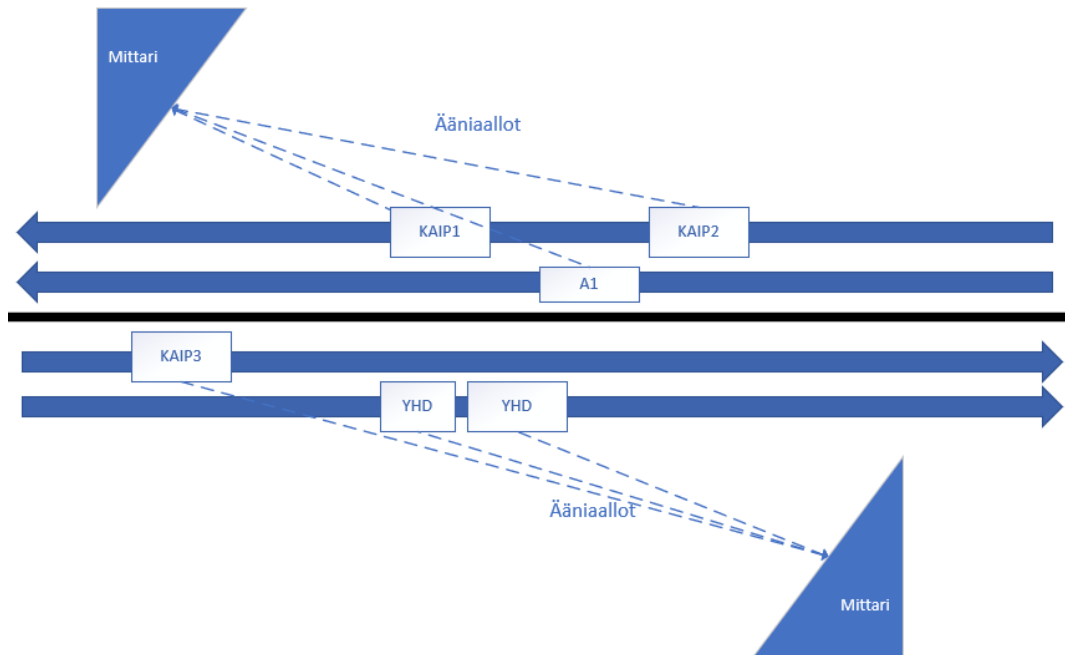
liikennemäärän tiellä että korkean liikennemäärän tiellä. Ohjelmistolla testattiin erilaisia tunnistusmetodeja. Näitä olivat aikaikkunan mittaus, maksimaalisen signaalin vahvuuden mittaus ja häiriötä vertaava "k-next neighbour" vertailu (k-NN). k-NN toimi parhaiten vaihtoehtoista tunnistaa oikein matalan liikennemäärän tiellä 93,4 % henkilöajoneuvoista ja 99,7 % polkupyöristä. Se tunnisti korkean liikennemäärän tiellä 34,7 % polkupyöristä, 99,6 % henkilöautoista ja 93,3% raskaista ajoneuvoista. Menetelmä oli kuitenkin häiriöaltis muulle toiminnalle, kuten ihmisjoukoille, jotka sotkivat WiFi-signaalia. Menetelmällä ei kyetä myöskään mittaamaan nopeuksia tai erottelemaan luokkia pienempiin alaluokkiin. Yhden mittauspisteen kokonaiskuluiksi raportoitiin 50 dollaria ja sen raportoitiin olevan tarpeeksi helppo, jotta kansalaisten aktivoiminen mittausyöhön olisi mahdollista. (Gupta et al., 2018)



Kuva 15. WiFi-yhteyden häiriön mittaus & koneoppiminen, toimintaperiaate.

5.5.3 Akustinen mittaaminen

Akustisia ilmaisimia käytetään liikennemäärälaskentaan ja nopeuden mittaamiseen. Ne tekevät arvionsa pääsääntöisesti rengasmeluun perustuen. Suomalaisissa tutkimuksissa on raportoitu ko. menetelmän yhteydessä herkkyyksiä taustamelulle, kuten sateelle ja ongelmia samanaikaisesti tehtävän hitaan ja nopean liikenteen mittauksen kanssa. Lopputuloksena on esitetty päätelmiä heikosta soveltuvuudesta liikennelaskentaan Suomessa. (Tiehallinto, 2009)



Kuva 16. Akustinen mittaaminen, toimintaperiaate.

5.5.4 Navigaattorien GPS-paikannusdata

HSL raportoi hyödyntävänsä TomTom-navigaattorituotteiden valmistajan paikannusdatasta laadittua keskiarvoistettua matka-aikatietoa palveluidensa suunnittelussa. Aineiston kerrotaan olevan kaupallista, joten sitä ei jaeta eteenpäin. Julkaisusta kuitenkin havaitaan, että data kykenee kohtuullisesti ennustamaan todellisia keskinopeuksia muualla kuin risteysalueilla, joissa nopeuden varianssi on suurempaa. (HSL, 2017)

Eräässä kyseisen julkaisun kuvassa näkyy, että kartalle saadaan myös kyseisen valmistajan GPS-laitteiden määrähavainnot, mutta tästä aineistosta lienee epätodennäköistä ekstrapoloida suuntaa-antava liikennemäärä liikenneverkolle onnistuneesti missään luotettavassa tarkkuustasossa. Myös liikenteen koostumusta tällä tiedolla lienee mahdotonta arvioida, aivan kuten alaluvun 5.5.1 haastattelussa todettiin FCD:n osalta, kun sama navigaattori sopii mihin kulkuneuvoon tahansa.

5.5.5 Pilvipalvelu videokuvan analysointiin

Ohjelmistot kykenevät nykyisin erottelmaan asiakkaan videolta esimerkiksi pilvipalvelurajapinnan yli ajoneuvot, moottoripyörät, pakettiautot, kuorma-autot, linja-autot, jalankulkijat, polkupyörät ja eläimet vaihtelevaan hintaan suoratoistona tai viiveellä palveluntarjoajasta riippuen. Erään toimittaja-haastattelun mukaan tarpeeksi suurilla (satoja tuhansia tunteja materiaalia vuodessa) tuntihinnoista saadaan leikattua niin paljon, että 100 tunnin mittaisen videolta suoritettavan otoslaskennan hinnaksi jää alle 365 euroa vuodessa. Tieto on haastattelun mukaan perinteistä otoslaskentaa hyödykkäämpää, koska sillä saadaan mitattua myös liikenteen suuntautuvuutta, ajoneuvojen välejä, kuvatus alueen "heatmapejä", risteyksessä tapahtuvaa viivettä per tulo-suunta/ruutu, jos video kuvataan risteyksistä. Ohjelmistolla voidaan tunnistaa myös vaarallista ajamista, ja siitä saa tietoa tunnin viiveellä siitä, kun videomateriaali on onnistuneesti lähetetty palvelimelle. Videota voidaan kuvata

missä kuvakulmassa tahansa, mutta haastateltava suosittelee yli 720 pikselin resoluutiolla yli 4 metrin korkeudesta kuvattua videota. (Stofan, 2019)

Tarkkuudeksi kerrotaan ohjeidenmukaisesta videomateriaalista varmuudella yli 95% keskimäärin kaikille ajoneuvoluokille. Ohjelmisto tunnistaa henkilöautot ja jalankulkijat helpoiten, koska ne ovat yleisimpiä havaintoja. Haastattelun mukaan palvelu on pilvipohjainen ja siten täysin skaalautuva, eikä heille tulisi ongelmia analysoida videomateriaalia edes satojatuhansia tunteja vuodessa. Pimeä aika ja huono sää eivät heidän mukaansa tuota ongelmia videotulkinnalle, mutta tämä tulisi kyllä verifioida suomenkin olosuhteissa kuvatulla materiaallilla. Mikäli silmä kykenee näkemään kohteet videolta, haastateltavan mukaan voidaan olettaa ohjelmiston näkevän ne myös. Vaikka suositeltu resoluutio onkin 720–1080 pikseliä, asiakkaiden kerrotaan saaneen tarpeisiinsa riittävän tarkkaa tietoa jopa 480-pikselisestä VGA-resoluutioisesta videosta. (Stofan, 2019)



Kuva 17. Algoritmin toiminta yöaikaan (goodvisionlive.com, 2019).

Ohjelmisto, jota haastatellun yrityksen palvelu käyttää on yrityksen oma syvä-opetettu keinoäly/neuroverkko. Sitä opetetaan satojen tuhansien kuvien kirjastolla, joka on yhtiön omassa omistuksessa. Se tunnistaa ajoneuvot niiden ulkonäön perusteella, eikä se mittaa esimerkiksi pituutta tai korkeutta luokittelua varten. Tarpeeksi suurella objekti kirjastolla saadaan luotettava tunnistaminen. Toista keinoälyä puolestaan käytetään kohteen seuraamiseen. Ohjelmisto kykenee siis tunnistamaan ja seuraamaan yksittäisiä objekteja joukoista, vaikka se näkisi niistä vain osan. Haastateltavan mukaan ohjelmistolla lasketaan tai on laskettu liikennettä operatiivisesti 45 asiakkaan toimesta. Haastateltu asiantuntija ennakoi jatkossakin ohjelmiston pysyvän keinoälyn tutkimuksen keihäänkärkien joukossa, ja uskoi ohjelmistolle ainakin 20 vuoden käyttöikänsä. Riskit käyttöästä liittyivät hänen mukaansa tekoälyteknologian ja algoritmien yleistymiseen "kulutustavaraksi" asti. (Stofan, 2019)

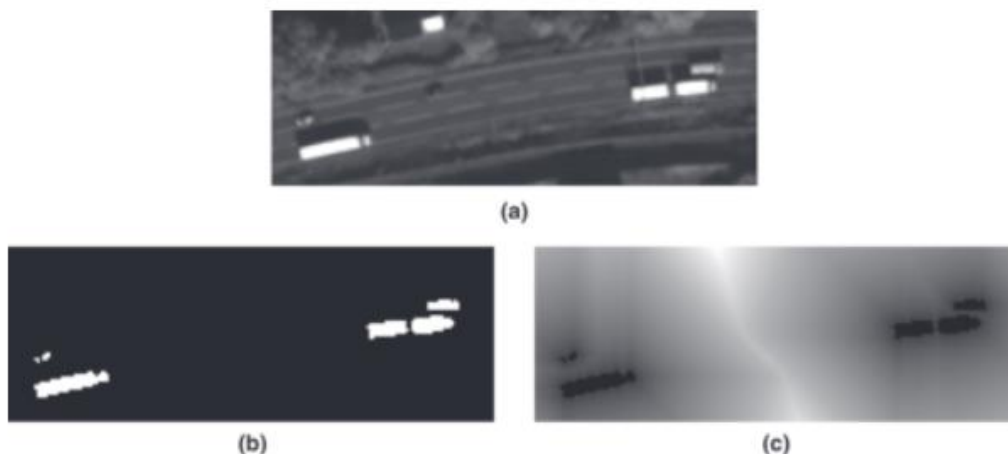
Haastattelussa ilmeni videotunnistuksessa olevan yksityisyydensuojaan liittyviä riskejä koko prosessissa alkaen tiedon keruusta sen lähettämiseen, tiedon käsittelyyn ja tuhoamiseen, mutta heidän yrityksensä on ottanut käyttöön toimenpiteet, joilla nämä riskit pystytään minimoimaan. Ainoa jäljellejäävä riski, joka on samalla henkilöriski, on mikäli kameroita joudutaan asentamaan korkealle tieympäristössä. Silloinkin kyseessä on normaali tienvarsityö riski. Toiminnan aloittaminen ja lopettaminen on varsin helppoa koska kyseessä

on itsepalvelualusta, jonne käyttäjä lähettää itse videot ja saa takaisin materiaalia noin tunnin päästä. (Stofan, 2019)

5.6 Satelliittikuvat

Tutkijat McCord, Merri ja Goel raportoivat satelliittikuvien mahdollisesta käytöstä liikennelaskennassa jo vuonna 1998. Tuolloin heidän mukaansa 1-m resoluutioisesta pankromaattisesta satelliittikuvasta saadaan tarkat liikennemäärälaskennat ja karkeat ajoneuvotyypiluokat. Suuret ajoneuvot saatettaisiin tunnistaa tarkasti 4-m resoluutioisesta kuvasta. Saman tutkimuksen mukaan 1999 alkaen kyetään kaupallisesti laukaisemaan satelliitteja, jotka ovat varustettuja 1-m pankromaattisilla sensoreilla ja 4-m multispektraalisilla sensoreilla. Tuohon aikaan geostationaaristen satelliittien kamerateknologia ei riittänyt kuvaamaan maanpintaa tarpeeksi tarkasti, sillä ko. satelliitit ovat jopa n. 36 000 km korkeudessa. Käytetty kuvamateriaali kuvattiin 400–1000 km korkeuksista ja ne olivat "still-kuvia" laajoilta alueilta otettuna eri ajan hetkiltä. Siitä kyettiin arvioimaan 10 kilometrin matkalta keskinopeuksia ja liikennemäärää I-70-valtatieltä. Tämä toteutettiin siten, että kuvissa näkyvien kappaleiden sijainnin erotus jaettiin kuvien välisellä ajalla. Tutkimuksessa havaittiin, että käytettäessä satelliittikuvia liikennemäärätietojen lähteenä tulisi automatisoida prosessi mahdollisimman pitkälti kustannussäästöjen saavuttamiseksi. Jaotteleamalla kuvien pikseleitä taustakuvan pikseleihin ja ajoneuvojen pikseleihin päästiin 54% oikeellisuuteen ja käsittelemällä pikseleitä 74 % oikeellisuuteen.

Tutkijat Larsen, Koren ja Solberg raportoivat vastaavan suuntaisia tuloksia vuonna 2009 julkaistussa tutkimuksessaan. Tutkimuksen lopputuloksena aineistosta ei saatu vielä niin tarkkoja liikennemääriä, että niitä voitaisiin järkevästi hyödyntää operatiivisessa toiminnassa. Käytetty menetelmä aliarvioi kuvassa näkyvien ajoneuvojen määrää, ja tunnistaa ajoneuvoiksi muitakin asioita kuin ajoneuvoja. Parhaassa mittauspisteessä kuvasta tunnistettiin 22 oikeasta ajoneuvosta 14 ajoneuvoa ja 2 muuta entiteettiä virheellisesti ajoneuvoksi. Huonoimmassa mittauspisteessä kuvasta tunnistettiin 64 oikeasta ajoneuvosta 48 ajoneuvoa ja 15 muuta entiteettiä virheellisesti ajoneuvoksi. Kuvasta tunnistettiin automaattisesti muita entiteettejä ajoneuvoiksi, kun ajoneuvoja oli paljon. Lisäongelmia aiheutui laatuun, kun tiellä oli paljon varjoja tai aurinko paistoi matalassa kulmassa mittausalueeseen nähden.



Kuva 18. Satelliittikuvan tulkinta (Larsen, Koren & Solberg, 2009).

Mikäli Suomeen haluttaisiin tällainen satelliittikuvantulkintaan pohjautuva järjestelmä vaatisi se luotettavan yhteistyökumppanin, joka toimittaisi ja mahdollisesti myös analysoisi kuvia halutuista kohteista. Elinkaareksi satelliitille saatiin yhdellä palveluntarjoajalla 12 vuotta, mutta hekin raportoivat laadukkainta kuvaa tuottavan satelliittinsa hajonneen tammikuussa 2019 yllättäen. Se kykeni tuottamaan 0.31m resoluutioista kuvaa samasta paikkaa noin 4,5 vuorokauden välein. Lienee selvää, että koko verkon mittaaminen vaatisi useita satelliitteja jatkuvasti kiertoradoille, joilla ne kulkisivat Suomen ylitse ja merkittäviä resursseja, joihin ei käytännössä ole valmiuksia.

5.7 Asukkaita osallistava kameralaskenta

Belgiassa useassa kaupungissa on toteutettu käyttäjiä osallistava menetelmä liikennelaskentaan. Sitä on käytetty matalamman luokituksen teillä, joissa perinteinen laskenta on liian kallista saatuihin hyötyihin nähden. Telraam-kamerasensori asennetaan 2. kerroksen ikkunan sisäpuolelle siten että sillä on täysin esteetön näkymä kadulle. Se laskee videokuvasta pyöräilijät, jalankulkijat, henkilöajoneuvot ja raskaat ajoneuvot, jotka ohittavat sensorin. Järjestelmä on käyttäjälle edullinen ja yksinkertainen järjestelmä, joka toimii vain valoisaan aikaan. Järjestelmä toimii siten, että 3 minuutin sykleissä videota kuvataan ja otetaan myös kuvaa taustasta 30 sekunnin ajan, jolloin liikennettä ei lasketa. Tällä saadaan parhaimmillaan noin 80 % ajallinen kattavuus valoisille tunneille. Tätä rajoitusta ei yhtiön mukaan olla voitu kiertää käyttämällä keinovaloa pimeään aikaan. Ulkokäyttöön sopiva asennus vaatisi säänkestävää laatikkoa, järjestettyä sähkö- ja datayhteyttä. Ulkona käytettäväksi palvelun kehitys ei kuitenkaan ole kovinkaan korkealla prioriteetilla yhtiön tulevaisuuden suunnitelmissa. (Vanheerle, 2019)

Käyttäjä houkutellessaan mukaan osallistamisella. Oikeastaan järjestelmän toimintaidea pohjautuu kansalaisten aloitteellisuuteen ja halukkuuteen selvittää katunsa liikennettä, ja syinä voi olla esimerkiksi koettu huono turvallisuus tai riittämätön kunnossapito tai parkkipaikkamäärä ajoneuvoliikenteen määrään verraten. Asukkaille tämä voi maksaa 83,50 euroa, jos he ostavat tämän itsenäisesti. Paikallinen tiehallinto järjestää myös vapaaehtoisuuteen perustuvia ilmaislaskentoja, joissa vapaaehtoisille lähetetään laskentalaitteisto tiehallinnon kustantamana. Liiketoimintaympäristössä Telraam kertoo sijoittuvansa matalan kynnyksen palveluksi matalan tason katuverkon liikennelaskentaan. Tarkkuudeksi kerrotaan parhaimmillaan 85-90% ja tunnistettuja luokkia on 4. (Vanheerle, 2019)

Haastattelussa esitelty järjestelmä koostuu kamerasta ja 'Raspberry Pi'- pien-tietokoneesta, joka lähettää näkemästään kuvasta tallennetut tiedot Telraamin keskuspalvelimelle asukkaiden oman langattoman internetyhteyden kautta. Kuva käännetään mustavalkoiseksi ja taustan muutoksista päätellään objektin koko ja nopeus. Tieto lähetetään tässä vaiheessa palvelimelle, jossa objektitiedot määritellään koon ja nopeuden perusteella luokkiin. Palvelintila on ulkoisessa pilvipalvelussa, joten skaalautuvuus järjestelmällä on varsin hyvä. Virheellisiä tulkintoja palvelimen tunnistusohjelmisto tulkitsee esimerkiksi raitiovaunut raskaaksi ajoneuvoksi, pakettiautot puolestaan koosta riippuen joko raskaaksi ajoneuvoksi tai henkilöajoneuvoiksi. Ryhmän pyöräilijöitä tiedetään myös tässä palvelussa tunnistuvan satunnaisesti virheellisesti henkilöautoksi. Laskennan tulokset lähetetään keskuspalvelimelle käyttäjän langattoman

verkon kautta. Palvelimelta voidaan saada tieto esimerkiksi koko kadun liikennemääristä. Mikäli samalla kadulla on useampi Telraam-mittaja, ohjelmisto antaa mittausten keskiarvon. Kamera ei kykene tunnistamaan rekisterikilpiä. Nopeuden mittaamista pilotoidaan seuraavan vuoden aikana Madridissa. Videokuvat säilyvät vain hetken aikaa ennen kuin ne tuhoutuvat ja ne ovat matalaresoluutioisia eikä niihin ole pääsyä kolmansilla osapuolilla tietosuojauhkien vähentämiseksi. (telraam.zendesk.com, 2019 & Vanheerle, 2019) Alla kuvassa 19 on esimerkillinen Telraam-asennus.



Kuva 19. Esimerkillinen Telraam-asennus näkymineen (telraam.com).

5.8 Kiihtyvyyssmittarin dataa arvioiva palvelu

Tutkittu yritys tarjoaa analytiikkapalveluita esimerkiksi älypuhelimista löytyvän kiihtyvyyssmittarin dataan pohjautuen. Se osaa erotella liikkeet kulkumuotojen mukaan. Kulkumuotoihin kuuluu metro, juna, raitiovaunu, bussi, auto, jalankulku, juoksu ja polkupyöräily. Uusia kulkumuotoja voidaan myös opettaa järjestelmälle. Puhelimen ohjelmisto kommunikoi keskuspalvelimen kanssa vain väliajoin ja suurin osa laskennasta hoidetaan puhelimesta. Sovelluksen voi asentaa mihin tahansa älypuhelimeen ja se voidaan yhteensovittaa muihinkin laitteisiin kuten älykelloihin tai kulkuneuvoihin. Se ei tarvitse yksilöiviä tietoja eikä GPS-sijaintia. Palvelu vastaa kuitenkin lähinnä kaupunkien tarpeisiin eikä juurikaan Väyläviraston tarpeisiin. Palvelua ei ole testattu liikenteenlaskentaan soveltuvaksi. Palvelua on testattu Lahdessa, jossa sitä hyödynnetään CITICAP-projektin ajan liikkumismuototutkimuksessa kaupunkisuunnittelun kehittämiseksi. Projektissa lasketaan myös ihmisten liikkumisen hiilijalanjälkiä ohjelmistoa hyödyntäen. (moprim.com, 2019)

5.9 Menetelmien arviointi

Seuraavaksi kerrotaan arviointityökalun laadinnasta, sen käytöstä ja itse arvioinnin tuloksista.

5.9.1 Arviointityökalu

Menetelmien tasapuolista arviointia varten jokaisesta menetelmästä selvitettiin samoja kyvykkyyksiä ja heikkouksia. Arviointia varten laadittiin tasapainoinen arviointikehikko, jossa menetelmät pisteytettiin asiantuntijaraadin toimesta. Asiantuntijoiden toimesta määriteltiin myös arviointikriteerit, jotka on lueteltu tämän alaluvun lopussa. Kriteerien painokertoimet valittiin käyttäjien tarpeiden tai kriteerin merkityksen/kriittisyyden perusteella. Tässä alaluvussa kerrotaan tarkemmin kyseisen mallin käytöstä ja seuraavassa alaluvussa tehdyn arvioinnin tuloksista.

Tavoitteena tällä mittaristolla on vertailla eri kategorioihin soveltuvia menetelmiä. Lopputuloksena tunnistetaan menetelmät, joita olisi järkevintä yhdistää parhaan liikennemäärälaskennan saavuttamiseksi. Lisäksi tällä mittaristolla halutaan tunnistaa parhaiten vertailussa menestynyt menetelmä, ja suosituksemme perustuvat tähän relatiiviseen vertailuun eri menetelmien välillä. Painokertoimilla varustetun relatiivisen mittariston etu on siinä, että se kykenee vertailemaan toimintatavaltaan täysin erilaistenkin menetelmien hyötyjä toisiinsa kulloinkin vaihtelevien tarpeiden mukaan. Mittariston käyttäjän tulee määritellä ja perustella käytetyt painokertoimet hyvin. Tässä vertailussa painokertoimet on arvioitu asiantuntijahaastatteluiden pohjalta; järjestelmävaatimukset käyttäjien tarpeiden mukaan ja järjestelmien kyvykkyydet asiantuntijoiden haastatteluiden sekä kirjallisten lähteiden kautta.

Paitsi kokonaispisteytyksen, arvioinnissa käytetyt funktiot nostavat myös esille mahdollisesti yhdessä kriteeristössä edukseen erottautuvat laskentamenetelmät. Alla on listattu arviointikriteerit, joita arviointityökalulla mitataan, sekä niiden painoarvot. Kategorian parhaille laskentamenetelmille annetaan arvosana 5, heikoimmille 1. Keskiarvoille menetelmille annetaan arvosana 3 ja loput peilataan näiden verrokkien mukaan.

- Liikennemäärän oikeellisuus (3)
- Laskennan ajallinen kattavuus (2)
- Ajoneuvotyypin erottelun tarkkuus (2)
- Eri ajoneuvoluokkien määrä (2)
- Reaaliaikaisen tiedon saatavuus (1)
- Tiedon viive (1)
- Väyläviraston tiedon käyttökohteiden määrä (2)
- Ulkoisten osapuolien tiedon käyttökohteiden määrä (2)
- Teknologian kypsyys (2)
- Innovatiivisuus (2)
- Arvioitu työkalun käyttöikä (2)
- Investointihetken kustannukset (3)
- Ylläpitokustannukset (3)
- Riskitaso, toiminta (2)
- Riskitaso, henkilöt (1)
- Mittauksen aloittamisen helppous (1)
- Mittauksen lopettamisen helppous (1)

5.9.2 Arviointi

Arvioinnissa painotetuilla kokonaispisteillä parhaimmiksi menetelmiksi yleisen liikennelaskennan käyttöön nousi kuusi eri tekniikkaa, joiden kokonaispisteet olivat välillä 117–122 pistettä/160 pistettä. Piste-erot näiden parhaiden menetelmien välillä olivat niin pienet, että menetelmän karheus huomioiden voidaan menetelmiä käytännössä pitää yhtä soveltuvina. Parhaat menetelmät vertailussa olivat:

- videokuva-analyysi
- liikennevalodata
- induktiosilmukat
- mikroaaltotutkat
- poliisin nopeusvalvontalaitteiden data
- Telian Crowd Insight- palvelu.

Videokuvaan perustuva tulkinta arvioitiin melkein yhtä laadukkaaksi liikennemäärän laskentaan kuin induktiosilmukat, ja edullisemmaksi kuin induktiivisia silmukoita käyttävien LAM-pisteiden määrän runsas kasvattaminen. Hyvälaatuiseen videokuvaan perustuva jatkuva mittaaminen vaatii kuitenkin laadukkaat internetyhteydet ja reilusti tallennustilaa HD-laatuiselle videolle, ja se nostaa tällaisen järjestelmän kustannuksia.

Arvioiduista menetelmistä induktiosilmukat ja mikroaaltotutkat ovat jo nykyisinkin keskeisessä asemassa YL:n palveluntuotannossa ja arvioinnin perusteella niillä voidaan nähdä roolia jatkossakin. Sekä videokuva-analyysin, liikennevalodatan hyödyntämisen ja poliisin nopeusvalvontalaitteiden etuina voidaan nähdä jo olemassa oleva laitekanta ja lähitulevaisuudessa tehtävät laajennusinvestoinnit, joiden kautta voidaan laajentaa jatkuvien laskentapisteen verkkoa nykyisestä huomattavasti ilman investointeja uusiin tienvarteen laskentaa varten asennettaviin laitteisiin:

- 673 liikennevalo-ohjattua liittymää, valtaosin maantie- ja katuverkon rajapinnassa
- 150 poliisin nopeusvalvontakameraa
- 540 kelikameraa ja 140 liikennekameraa

Mikäli nämä kaikki tekniikat saataisiin hyödynnettyä YL:n tuotannossa, voisi tämä merkitä jopa 1500 uutta jatkuvaa laskentapistettä nykyisen noin 500 pisteen lisäksi. Tämä vähentäisi tarvetta otoslaskennoille, joskin yllä listattujen menetelmien kyky ajoneuvoluokitteluun on mikroaaltolaskureita heikompi, mikä tulisi ratkaista tietyllä määrällä otoslaskentoja sekä hyödyntämällä uudenlaisia matemaattisia estimointimenetelmiä.

Telia Crowd Insight -palvelu, joka hyödyntää matkapuhelimista puhelinverkon avulla kerättävää dataa tuottamaan verkollisesti kattava liikkumistieto koko valtakunnasta. Yhdistämällä operaattoridataa älykkäästi muilla menetelmillä tuotettuihin otoslaskentoihin ja käyttämällä matemaattisia malleja KVL:n estimointiin ja ajoneuvoluokittelun tuottamiseen voidaan mahdollisesti täyttää yleisen liikennelaskennan vaatimukset tietosisällön puolesta. Tämä Telian ja sen kumppaneiden palvelu on potentiaalisin tässä selvityksessä esiin tulleista uusista menetelmistä, jotka perustuvat pääosin muuhun kuin tienvarsilaitteiden käyttöön. Suosituksissa on keskusteltu tarkemmin jatkotoimenpiteistä tähän liittyen.

Varsin heikot kokonaispisteet sai arvioinnissa GIS-analyysiin perustuvat menetelmät. Niiden heikkoutena pidettiin arvioinnissa epätarkkuutta liikennemäärätiedon tuottamisessa. On kuitenkin syytä nostaa tämä menetelmä esiin, sillä se on kustannuksiltaan todennäköisesti kaikkein edullisin tarjolla olevista menetelmistä. Sen käyttöä voisi harkita ja tutkia esimerkiksi kaikkein vähäliikenteisimpien maanteiden karkean liikennemääräestimaatin tuottamiseksi. Lähtötietona olisi mahdollista käyttää Tilastokeskuksen maankäyttödataa (YKR-aineisto) ja luotavia malleja olisi mahdollista validoida vanhoilla otoslaskentojen tuloksilla. Tällaisen menetelmän käyttöönotto edellyttää nykyistä jonkin verran alhaisemman laatutason/tarkkuuden hyväksymistä vähäliikenteisellä tieverkolla ja niin ollen se saattaisi edellyttää muutoksia esim. kunnossapidon ja ylläpidon palvelutasoluokituksiin. Yhtenä mahdollisuutena nähtiin, että paikkatietoanalyysillä arvioidaan viimeisimmän laskentatiedon ajantasaisuutta ja indikoidaan tarpeita uusille otoslaskennoille tai tuotetaan alueellisia kehityskertoimia.

Nykyinen yleinen liikennelaskenta perustuu sekin usean menetelmän käyttöön: jatkuvaa laskentaa suorittavien LAM-pisteiden, mikroaaltolaskureilla suoritettavien otoslaskentojen ja matemaattisten estimointimenetelmien käyttöön. On todennäköistä, että myös tulevaisuudessa riittävän laadukasta ja tuotantokustannuksiltaan tehokasta liikennemäärätietoa kannattaa tuottaa useiden menetelmien yhdistelmällä. Tällöin menetelmät voidaan valita kuhunkin toimintaympäristöön soveltuvista tekniikoista ja hyödyntää kunkin ratkaisun parhaita ominaisuuksia. Työn viimeisessä vaiheessa pohditaan erilaisia yhdistelmäratkaisuja ja annetaan suositus jatkotoimenpiteistä menetelmien validoinnin ja pilotoinnin suhteen. Taulukossa 10 alhaalla on esitetty laatimamme arviointitaulukko täydennettynä asiantuntija-arvosteluilla.

Taulukko 10. Arvioinnin tulokset

Kategoria	Työkalun nimi	Ind. Silmukat	Mikroaalto- tutkat	Video- kuva	GIS- analyysi	Satelliitti- kuva	WiFi- signaali	Ääni- aallot	Telian palvelu	Telraam	FCD- data	Liikenne- valot	Poliisin kamerat	Moprim	Paino- kerroin
Tiedon laatu ja määrä	Liikennemäärän oikeellisuus	5	4	5	1	2	4	1	4	3	1	3	4	2	3
	Laskennan ajallinen kattavuus	5	5	5	1	1	3	5	5	3	4	5	4	4	2
	Ajoneuvotyyppien erottelun tarkkuus	5	4	4	1	2	3	2	1	2	1	1	4	2	2
	Eri ajoneuvoluokkien määrä	5	4	4	1	2	2	2	1	2	1	2	3	1	2
	Reaaliaikaisen tiedon saatavuus (kyllä/ei)	5	4	4	1	1	3	3	1	4	4	5	4	2	1
	Tiedon viive	5	5	5	5	1	3	3	3	4	4	5	3	2	1
	Sisäinen tiedon käyttökohteiden määrä	5	4	5	1	3	3	2	5	2	2	2	5	4	2
	Ulkoisen tiedon käyttökohteiden määrä	4	4	5	2	3	2	4	5	3	1	4	3	5	2
Työkalun tulevaisuus	Teknologian kypsyys	5	5	4	2	3	2	3	3	4	1	5	4	3	2
	Innovatiivisuus	3	2	4	3	4	3	3	5	5	4	3	3	4	2
	Arvoitu työkalun käyttöikä	5	5	5	2	3	4	1	5	3	4	5	3	3	2
Kulut	Investointihetken kustannukset	1	2	2	5	3	5	2	4	5	2	5	4	3	3
	Ylläpitokustannukset	1	2	2	5	3	2	2	3	2	3	5	5	3	3
Operointi	Riskitaso, toiminta	3	4	3	2	2	2	2	3	2	1	3	3	1	2
	Riskitaso, henkilöt	4	4	4	5	5	3	4	5	4	5	4	4	5	1
	Mittauksen aloittamisen helppous	2	4	3	1	3	1	1	4	1	1	3	2	1	1
	Mittauksen lopettamisen helppous	3	4	1	5	5	3	3	5	4	5	5	3	5	1
Tulos	Pisteet max:	120	119	122	80	85	94	77	117	99	75	121	119	93	32
	160	75 %	74 %	76 %	50 %	53 %	59 %	48 %	73 %	62 %	47 %	76 %	74 %	58 %	

6 Suositukset liikennelaskennan kehitykseen

6.1 Jatkokehitykseen suositeltavat menetelmät

Esiselvityksen perusteella arvioidaan, että ottamalla käyttöön uusia teknologioita ja menetelmiä on mahdollista laajentaa tietosisältöä, parantaa tiedon laatua ja korvata osa otoslaskennoista muilla menetelmillä. Jatkosuunnitteluun ehdotetaan kokonaisratkaisua, joka koostuu seuraavista osista:

1. Hyödynnetään nykyinen LAM-pisteverkko sekä LML-ilmaisiverkko ja niihin mahdollisesti tulevat laajennukset tuottamaan jatkuva laskentatieto päätieverkolta sekä tarkka ajoneuvoluokittelu
2. Lisätään kaupunkiseuduilla ja päätieverkolla olevien jatkuvien laskentapisteen määrää hyödyntämällä olemassa olevaa laiteinfrastruktuuria
3. Tuotetaan matkapuhelinten solupaikannukseen perustuvaa dataa tuottamaan verkollisesti kattava ja ajallisesti jatkuva pohjatieto ihmisten liikkumisesta maantieverkolle sidottuna
4. Kehitetään ja hyödynnetään matemaattisia malleja, joilla solupaikannusdatan, jatkuvien laskentalaitteiden sekä tarvittavaa määrää erillisiä otoslaskentoja hyödyntämällä voidaan tuottaa suunnittelussa tarvittavat keskimääräiset vuorokausiliikennetiedot ja muita tarvittavia tietolajeja

LAM-pisteverkko sekä liikenteen ohjausjärjestelmien myötä täydentyvä LML-pisteverkko toimivat eräänlaisena yleisen liikennelaskennan runkona, sillä ne tuottavat tarkan pistekohtaisen liikennemäärätiedon ja lisäksi mahdollistavat tarvittavan ajoneuvoluokittelun tuottamisen. Luokittelun osalta on tarpeen kehittää tiettyjen ajoneuvoluokkien luokittelutarkkuutta (moottoripyörät, linja-autot, puoliperävaunut) sekä tutkia mahdollisuutta laskea jatkossa myös HCT-rekkoja, mikä vaatii ohjelmistomuutosta LAM-järjestelmään. Tiedonkeruu HCT-rekoista nähdään ylläpidon ja suunnittelun kannalta tärkeäksi kehityskohteeksi.

LML-pisteiden selvästi alhaisempi kustannustaso nykyisiin LAM-pisteisiin nähden, ja mahdollisuus hyödyntää aurinkopaneeleja ja mobiiliyhteyksiä sähkösaantiin ja tietoliikenteeseen, avaa keskustelun siitä, voisiko/pitäisikö jatkuvien silmukkaan perustuvien laskentapisteen määrä olla nykyistä selvästi suurempi kattaen siis myös muita kuin vaihtuvan ohjauksen tiejaksoja. Esimerkiksi Norjassa jatkuvaa mittauksia on yli 2000 pisteessä. LML-tekniikkaan liittyvä kehitystyö on käynnissä ITMF Oy:ssä.

Hyödyntämällä kaupunkiseutujen maantieverkolta, erityisesti maantie- ja katuverkon rajapinnasta sijaitsevia liikennevaloja ja niiden ilmaisimia voidaan tuottaa kokonais-KVL tieto ideaalitalanteessa jopa noin 650 linkiltä, mikäli kaikki ITMF:n ja kaupunkien hallinnoimat liikennevalot ko. kohteissa avataan rajapintojen osalta. Tyypillisesti liikennevaloilmaisimet kykenevät erottelamaan kevyet ja raskaat ajoneuvot. Hyödyntämällä otoslaskentaa tai liikennevalon läheistä LAM-pistettä voidaan tämä luokiteltu tieto jakaa hienojakoisempaan luokitteluun kohtuullisella tarkkuustasolla. Liikennevaloista saadaan lisäksi kiinnostavaa tietoa kääntyvien virtojen määrästä liittymässä. Tätä tietoa ei aiemmin ole YL:llä tuotettu, mutta sille on suunnittelussa kysyntää sekä

Väylävirastossa että kaupungeilla Liikennevalodatan täysimittainen hyödyntäminen vaatii hallinnollisia paikallisia päätöksiä ja teknisiä kehitystoimenpiteitä, mutta haastattelujen mukaan ainakin ITMF:n hallinnoimien järjestelmien osalta on mahdollista edetä kohtuullisen nopeasti. Liikennevalodatan avaamisen ja hyödyntämisen osalta Väyläviraston ja kaupunkien intressit ovat selvityksen perusteella yhtenevät, ja tämä kokonaisuus avaa mahdollisuuden käynnistää keskustelun valtion ja kaupunkien yhteisestä liikennetiedon ekosysteemistä.

Maantieverkon jatkuvien laskentapisteiden määrää saadaan merkittävästi kasvatettua, mikäli olemassa olevista liikennekameroista (140 kpl) ja keli-kameroista (540 kpl) voitaisiin ohjelmallisesti tuottaa jatkuvaa laskentatietoa. Markkinoilla on useita ohjelmistoja, jotka tuottavat videokuvasta luokiteltua laskentatietoa sekä yrityksiä, jotka tarjoavat tiedon tuottamisen palveluna. Luokittelutarkkuus on markkinaselvityksen perusteella varsin hyvä. Tämän ratkaisun laajempi toteutus edellyttää markkinavuoropuhelua ja laajoja testejä parhaiden, Suomeen soveltuvien ratkaisujen tunnistamiseksi. Aikaisempien suomalaisten kokemusten valossa rajoittavaksi tekijäksi voi osoittautua menetelmien toimivuus ja luotettavuus pimeissä olosuhteissa, vaikka Stofanin haastattelun mukaan heidän algoritminsa toimii luotettavasti myös pimeässä. Mikäli rajoitteita testeissä tulee esiin, on tarpeen pohtia, voisiko menetelmillä olla rooli jatkuvan laskentatiedon tuottamisessa valoisimpina vuodenaikoina ja valaistuilta tieosuuksilta. Lisäksi menetelmät voisivat tuottaa päivittäin otoksen liikennemäärästä ja ajoneuvoluokista sellaisena vuorokauden ajankohtana, jolloin menetelmien toimivuus on testien perusteella riittävän hyvä. Testauksen lisäksi ratkaisun toteutus edellyttää muutoksia nykyiseen ITMF:n kamerajärjestelmään. Näitä muutostarpeita ei yksityiskohtaisemmin ole kartoitettu tämän työn puitteissa. Olemassa olevien liikennekameroiden osalta on muistettava, että liikennepäivystäjät voivat ohjata kameran suuntausta esim. häiriötilanteissa, joten analytiikassa on syytä varautua tästä johtuviin katkoksiin tiedon tuotannossa. Palauttamalla kamerat automaattisesti perusasentoon voidaan kuitenkin taata varsin hyvä ajallinen jatkuvuus, ja historiadatan pohjalta voidaan ratkaista syntyvien katkosten korjaaminen matemaattisesti.

Myös poliisin uudet nopeusvalvontakamerat tarjoavat mahdollisuuden hyödyntää olemassa olevaa infrastruktuuria jatkuvan pistemäisen laskentatiedon tuottamiseen. Lähivuosina poliisi ja ITMF investoivat yhteensä 150 laitteistoon päätieverkolla. Tätä selvitystä tehtäessä on oletettu, että laitteistot on hankinnan yhteydessä testattu ja että ne tuottavat riittävällä tarkkuudella ajoneuvohavainnot sekä nopeushavainnot. Laitteistojen ajoneuvoluokittelu perustuu ajoneuvon korkeuden mittaamiseen, eli ne mahdollistavat kevyiden ja raskaiden ajoneuvojen erottelun toisistaan. Kuten liikennevalojenkin kohdalla, hyödyntämällä otoslaskentaa tai valvontapisteen läheistä LAM-pistettä voitaisiin tuottaa kohtuullisella tarkkuudella estimaatti eri raskaiden ajoneuvoluokkien osuuksista. Ratkaisu edellyttää yhteistyöstä sopimista poliisin kanssa, mutta koska kyse on vain anonyymien tutkahavaintojen hyödyntämisestä eikä kameralaitteistolla kerättävän tiedon hyödyntämisestä, ei asiaan pitäisi liittyä erityisiä yksityisyyden suojaankaan liittyviä kysymyksiä. Voidaan varovaisesti arvioida, että ratkaisu olisi mahdollisesti toiminnassa noin 2–3 vuoden kuluttua, mikäli keskustelu poliisin kanssa käynnistetään viipymättä.

Matkapuhelinverkon solupaikannus on kiinnostava teknologia, joka voi soveltua osaksi yleistä liikennelaskentaa. Tämä selvitys perustuu Telian ja sen kumppanin Sensebitin kanssa käytyyn keskusteluun, mutta markkinoilla on muitakin toimijoita. YL:n kannalta solupaikannuksen hyödyntäminen on kiinnostavaa seuraavista syistä:

- Mittaus kattaa koko maantieverkon. Telian arvion mukaan mittauksen tarkkuus on myös urbaanien alueiden pääväylillä riittävä, joskin ramppien mittaukseen menetelmä ei sovellu. Aivan vähäliikenteisimmät maantietkin saataneen mittauksen piiriin, mikäli tarkasteluajakaikkuna muutetaan siellä 1 tunnista 24 tuntiin, jolloin saadaan aggregoitua yksilönsuojan edellyttämän riittävän otoskoon ylitse (väh. 5 henkilöä/h).
- Mittaus on ajallisesti jatkuvaa, jolloin on mahdollista luopua nykyisin käytössä olevasta kausivaihteluluokkiin ja otoslaskentoihin perustuvasta estimointimenetelmästä ja korvata se aidosti jatkuvalla mittauksella. Tämän voidaan lähtökohtaisesti olettaa lisäävän jonkin verran tarkkuutta, vaikka tämän työn tekijöillä ei olekaan tietoa nykyisen estimointimenetelmän tarkkuudesta tai sen puutteesta.
- KVL-tiedot voidaan tuottaa nykyisten varsin pitkien homogeenisten jaksojen sijaan lyhyemmiltä jaksoilta. Tätä ovat suunnittelijat toivoneet erityisesti kaupunkiseuduilta sekä kylistä, joissa nykyisin liikennemäärä voi vaihdella todellisuudessa huomattavastikin homogeenisen välin sisällä.
- KVL-tiedot voidaan tuottaa tunnin tarkkuudella pääosalta maantieverkkoa
- Menetelmä tarjoaa yleisen liikennelaskennan tarpeiden lisäksi muuta suunnittelussa hyödynnettävää lisäarvoa, kuten OD-tietoa ja tietoa liittymien kääntyvistä virroista, joita voidaan hyödyntää esim. liikennesuunnittelussa, liikennemallien kehittämisessä, tapahtumiin liittyvissä liikenneanalyysissä ja ennen-jälkeen tutkimuksissa. Solupaikannusdatan hankinnassa on arvioitava myös muut käyttökohteet ja niistä nousevat vaatimukset, sekä maantieverkolta että mahdollisesti ekosysteemikumppaneina toimivien kaupunkien katuverkoilta.

Solupaikannus edellyttää lisäksi jonkin verran otoslaskentoja, jotta kerätty liikkumistieto voidaan "skaalata" matemaattisella mallilla KVL-tiedoksi ja jotta ajoneuvoluokittelu saadaan mallinnettua. Ruotsissa suoritettujen kokeilujen perusteella tarvittavien otoslaskentojen ja niillä katettujen homogeenisten välien suhde on pääteillä jopa 1:30-1:40 ja alemmalla tieverkolla tätä hieman suurempi. Suhde vaikuttaa luonnollisesti lopputuloksen tarkkuuteen ja erityisesti ajoneuvoluokitteluun sillä voi olla vaikutusta. Suhdeluvun optimi on ruotsalaisten mukaan 1:5-1:10. On lisäksi muistettava, että otoslaskentoja ei tarvita nykyisellä 4 vuoden frekvenssillä, vaan harvempikin frekvenssi riittää, riippuen tietenkin siitä kuinka nopeasti liikenne ja sen ominaisuudet muuttuvat. Menetelmän käyttöönottoon liittyvässä tarkemmassa suunnittelussa ja siihen liittyvissä paikallisissa testeissä on haettava otoslaskennoille riittävä taso, jolla voidaan tuottaa kustannustehokkaasti riittävä laatutaso erityyppisille väylille, huomioiden samassa yhteydessä yllä esitettyjen uusien jatkuvien laskentatietojen hyödyntäminen ja otoslaskentojen korvaaminen niillä. Otoslaskentojen tarvittava määrä, ja toisaalta solupaikannusdatan ja siihen kytkettävän

analytiikan hinta ovat seikkoja, joita ei ole voitu selvittää edes karkealla tarkkuudella tässä selvityksessä, mistä johtuen ei ole mahdollista antaa arviota esitetyn ratkaisun kustannuksista suhteessa nykyiseen tuotantotapaan.

Sekä solupaikannusdatan hyödyntäminen että uusien jatkuvien laskentamenetelmien laajempi hyödyntäminen edellyttää uudenlaisia matemaattisia (estimointi)malleja, joilla solupaikannuksen liikkumisdata muunnetaan KVL-dataksi ja joilla luokittelematon ajoneuvotieto muunnetaan riittävällä tarkkuudella tarvittavien ajoneuvoluokkien laskentatiedoksi. Näiden menetelmien kehittäminen on esiselvityksen tekijöiden arvion perusteella työläin vaihe mutta myös seikka mikä ratkaisee lopputuloksen laadun. Mallinnusmenetelmien kehittämiseen ja validointiin on syytä varata riittävät taloudelliset resurssit ja aikaa vähintään 1 vuoden verran.

Ehdotettu ratkaisu laajentaa YL:n tietosisältöä mm. tiettyjen ajoneuvotyyppien KVL-tietoihin, nykyistä tarkempiin liikenteen tuntivaihtelu- ja vuodenaikavaihtelutietoihin sekä liittymissä kääntyvien virtojen tietoihin. Näitä tietoja voidaan hyödyntää varsin laajasti erilaisissa suunnittelutehtävissä ja priorisoinneissa. Tietoja voidaan käyttää myös hanketason suunnittelussa, vaikka tiettyjä hankekohtaisia laskentoja tarvittaneen jatkossakin investointihankkeiden suunnittelun yhteydessä.

6.2 Suosituksia YL:n kehittämisen jatko-toimenpiteistä

Suositteluvia jatkotoimenpiteitä yleisen liikennelaskennan kehittämiseen ovat:

1. ITMF:n ja kaupunkien hallinnoimien liikennevalojärjestelmien sensordatan avaamiseen liittyvien neuvottelujen ja toimenpiteiden käynnistäminen
2. Poliisin nopeusvalvontalaitteiden tutkadatan hyödyntämiseen liittyvän neuvottelun käynnistäminen poliisin ja ITMF:n kesken
3. ITMF:n kelikamerajärjestelmän ja liikennekameroiden hyödyntämiseen liittyvien testien toteuttaminen ja myöhemmin videokuvan tallentamis- ja jakeluratkaisujen teknisen toteutuksen valmistelu
4. Solupaikannusdatan hyödyntämiseen liittyvän menetelmän validoinnin (eri toimintaympäristöt), tarkemman suunnittelun ja matemaattisten mallien kehittämisen ja testauksen käynnistäminen
5. Yleisen liikennelaskennan kokonaissuunnitelman laadinta sisältäen eri menetelmien käytön ja yhteenkytkennän tarkalla tasolla, uusien homogeenisten laskentavälien määrittelyn sekä matemaattisten mallien käytön ja lopputuloksilta vaadittavat laatuvaatimukset.

Selvityksen perusteella tarvitaan noin kahden-kolmen vuoden kehitysjakso, jonka aikana suoritetaan uusiin menetelmiin liittyvät neuvottelut, tekniset toimenpiteet ja testit, jotka mahdollistavat uusien datalähteiden laadukkaan hyödyntämisen osana yleistä liikennelaskentaa. Kamerakuvan analytiikan, solupaikannusdatan sekä matemaattisten mallien kehittämisen osalta markkinoilla

voi olla useita toimittajia, jotka kykenevät tarjoamaan soveltuvaa dataa ja palveluita, mikä mahdollistaa tiettyjen osien kilpailuttamisen markkinoilla. Koska edellä mainitut osakokonaisuudet kytkeytyvät toisiinsa, on näkemyksemme mukaan ensin toteutettava tekniset testit ja neuvottelut, ja varmistuttava eri elementtien toimivuudesta ja oikeasta soveltamistavasta, ennen kuin edellä kuvattu YL:n kokonaissuunnitelman laadinta on mielekästä laatia.

Koska kyse on varsin monimutkaisesta kokonaisuudesta, jossa on useita uusia komponentteja, on tarkoituksenmukaista, että ITMF toimii itse integraattorin roolissa ja kokonaisuuden vetäjänä, sekä hankkii tarvitsemat datat ja palvelut markkinoilta erillisinä palasina. Tämä malli edellyttää ITMF:ltä merkittävää henkilöresurssien panostusta yleisen liikennelaskennan palvelun kehittämiseen. Hallinnollisesti järkevä etenemistapa voi olla 2–3 vuoden mittainen kehitysprojekti, jolle ITMF osoittaa täysipäiväisesti asiaan keskittyvän vetäjän. Työ kannattaa aloittaa projektisuunnitelman laadinnalla, jolloin määritellään tarkemmin osakokonaisuuksien sisältö, toimenpiteet ja vastuunjako resurssineen.

Aikataulullisesti mahdollinen etenemistapa voisi olla seuraava:

- projektisuunnitelman laadinta syksyllä 2019
- kehitys- ja testausprojektit eri osa-alueille 2020-2021
- yleisen liikennelaskennan uuden kokonaissuunnitelman laadinta 2021-22
- uusien menetelmien käyttöönottoon liittyvät toimenpiteet ja hankinnat 2022
- uusien menetelmien tuotantokäyttöön otto alkuvuodesta 2023.

Yleisen liikennelaskennan kokonaissuunnitelman laadinta on tarkoituksellisesti esitetty vasta kehitys- ja testausvaiheen jälkeen, jolloin on kenttätesteillä validoitu erilaisten ratkaisujen toimivuus ja edetty neuvotteluissa viranomaiskumppanien kanssa. Vasta tällöin tiedetään varmuudella, kuinka iso roolia jatkuvien laskentojen tuotannossa voi olla esim. kuvantunnistustekniikalla, poliisin tutkadataalla ja kuinka laajalti LML-silmukoita on järkevää asentaa.

Käynnissä olevan YL:n hankintaprosessin osalta voidaan suositella riittävän jouston rakentamista palvelusopimukseen siten, että uusilla menetelmillä voidaan joustavasti korvata osa otoslaskennoista vuodesta 2023 alkaen, mikäli testit osoittavat menetelmien toimivuuden ja mikäli kehityshankkeet ja suunnitelmat etenevät odotetulla tavalla ja aikataululla.

Toissijaisena suosituksena vähäliikenteisten maanteiden osalta, mikäli solu-paikannusdatan hyödyntäminen koko maantieverkolla osoittautuisi testeissä tai valmisteluvaiheessa toimimattomaksi ratkaisuksi, voidaan analyysin perusteella nostaa paikkatietomenetelmät. Paikkatietomenetelmiä voitaisiin mahdollisesti hyödyntää arvioimaan viimeisimmän laskentatiedon ajantasaisuutta ja siten indikoimaan tarpeita uusille otoslaskennoille. Tämä voisi olla osa ratkaisua, jossa vähäliikenteisten teiden otoslaskentojen tiheyttä lähdetäisiin harventamaan kustannustehokkuussyistä.

6.3 Yleinen liikennelaskenta osana laajempaa liikennetiedon kehittämisen ekosysteemiä

Yleinen liikennelaskenta ja siihen liittyvät ym. viisi jatkotoimenpidettä ovat vain osa tulevaisuuden liikennetiedon kehittämisen laajempaa kokonaisuutta, johon liittyy liikennemäärätiedon lisäksi muita liikkumiseen ja infraan liittyviä tietolajeja, erilaisia ajantasaisia tilannetietoja, hyvin pienellä latenssilla ajoneuvosta ajoneuvoon ja infraan välitettäviä reaaliaikaisia kohdennettuja varoitusviestejä (C-ITS kehitys) sekä automaattisten ajoneuvosovellusten edellyttämien tarkempien väylä- ja liikennetietojen keruuta ja hyödyntämistä jne. Väylävirastolla, ITMF:llä ja kaupungeilla on näiltä osin paljon yhteisiä intressejä tehostaa liikenteen hallinnan operatiivista toimintaa, edistää automaattisen liikenteen käyttöönottoa omalla verkollaan sekä tuottaa ja tarjota suunnittelu- ja kunnossapitoprosessien käyttöön nykyistä huomattavasti laajemmat tietovarannot ja helppokäyttöiset työkalut datan analysoimiseen. ITMF:n strategian yhtenä osana on älyliikenteen ekosysteemin rakentaminen, ja tämä edellä kuvattu kokonaisuus voi parhaiten toteutua ekosysteemimallilla, jossa kaikki tietoja tarvitsevat ja tuottavat toimijat toimivat yhteistyössä synergiaetujen aikaansaamiseksi.

Tässä työssä identifioituja potentiaalisia ekosysteemitahoja ovat viranomaisista ITMF:n ja kaupunkien lisäksi ainakin Poliisi, joka voisi antaa muille toimijoille käyttöön keräämäänsä liikennemäärä- ja nopeustietoa (tutkadata) ja toisaalta hyödyntää toimintansa suunnittelussa laajempia liikennetietoaineistoja. Myös kaupallisten toimijoiden kytkentä ekosysteemiin, ja siihen liittyvät ansaintamallit, on ratkaistava ekosysteemin tarkemmassa suunnittelussa. Ensimmäinen avaus kansallisen ekosysteemin suuntaan on linjaus TMFG:n Digitraffic-palvelun avaaminen kaikkien julkisten ja kaupallisten toimijoiden käytössä olevaksi liikennetiedon jakelu- ja markkinapaikaksi (Lautanala 2019).

Yleisen liikennelaskennan puitteissa käynnistettävä yhteistyö erityisesti viranomaisten/julkistoimijoiden kesken (ITMF, kaupungit, poliisi) voidaan nähdä myös avauksena liikennetiedon ekosysteemin suuntaan. Myös yleisellä liikennelaskennalla tuotettuja tietoja voitaisiin hankkia laajemmassa yhteistyössä ja hallinnoida yhteisessä kansallisessa tietovarastossa ja saavuttaa näin selkeitä synergiahyötyjä kaikille osapuolille.

Lähteet

- Anders-Peter Kristensen, Bjarne Nielsen. Vejdirektoratet. Haastattelu, 2019.
- Daniel Stofan. Goodvisionlive. Haastattelu, 2019.
- David Donk, Joe Guthridge, Georg Held. HERE. Haastattelu, 2019.
- David Gundlegård, Clas Rydergren. 2018. Resestatistik för långväga resor baserat på aggregerade och anonymiserade mobilnätsdata. Saatavilla: <https://www.trafa.se/globalassets/rapporter/underlagsrapporter/2018/rapportliu-telia-trafa20180205.pdf>
- Gösta Forsman, Johan Bring, Tommy Eriksson, Torgeir Vaa. 2015. Traffic parameters. July 2015. Project NorSIKT II. Nordic research collaboration.
- Henrikki Kotila, 2019. Liikenteenmittauslaitteen käyttöönotto. Saatavilla: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/172885/Liikenteenmittauslaitteen%20k%C3%A4ytt%C3%B6%C3%B6notto.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- HSL, 2017. Henkilöautoliikenteen sujuvuus Helsingin seudulla syksyllä 2017. Saatavilla: https://www.hsl.fi/sites/default/files/uploads/hsl_julkaisu_9_2018_netti.pdf
- Kati Kiiskilä, Janne Tuominen & Kimmo Saastamoinen. 2016. Liikenneviraston liikennelaskentajärjestelmä - Päivitetty järjestelmäkuvaus. Liikennevirasto, tieto-osasto. Helsinki. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 36/2016. https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2016-36_liikenneviraston_liikennelaskentajarjestelma_web.pdf
- Kris Vanheerle. Telraam. Haastattelu, 2019.
- Lautanala Janne, 2019. Traffic Management Finland Oy:n ekosysteemi- ja teknologiajohtajan esitys Liikennevisio 2030 -tilaisuudessa 2.10.2019.
- Liikennevirasto, 2018. Maanteiden talvihoito, laatuvaatimukset. https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2018-33_maanteiden_talvihoito_web.pdf
- Marcus Haferkamp, Manar Al-Askary, Dennis Dorn, Benjamin Sliwa, Lars Habel, Michael Schreckenberger, Christian Wietfeld. 2017. Radio-based Traffic Flow Detection and Vehicle Classification for Future Smart Cities. Vehicular Technology Conference (VTC Spring), 2017 IEEE 85th. Saatavilla: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8108633>
- Mark McCord, Carolyn J. Merry & Prem Goel. 1998. Incorporating Satellite Imagery in Traffic Monitoring Programs. North American Travel Monitoring Exhibition and Conference Charlotte, North Carolina USA.
- Merkebe Demissie. 2014. Combining datasets from multiple sources for urban and transportation planning: emphasis on cellular network data. PhD Thesis. University of Coimbra, Portugal. Saatavilla: <https://core.ac.uk/download/pdf/43573770.pdf>
- Ming Zhong, Brody L. Hanson. 2009. GIS-based travel demand modeling for estimating traffic on low-class roads.

Moprim.com. 2019. Lahti makes sustainable mobility with Moprim. Saatavilla: <https://www.moprim.com/lahti-makes-mobility-sustainable-with-moprim/>

Paavo Moilanen, Miikka Niinikoski, Jyrki Rinta-Piirto, Ville Koponen, Taina Haapamäki. 2014. Valtakunnallinen liikenne-ennustemalli. Liikennevirasto, suunnitteluosasto. Helsinki.
https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lr_2014_valtakunnallinen_liikenne-ennustemalli_web.pdf

Shivam Gupta, Albert Hamzin, Auriol Degbelo. 2018. A low-cost open hardware system for collecting traffic data using wi-fi signal strength. Sensors 18, no. 11:3623. Saatavilla: <https://www.mdpi.com/1424-8220/18/11/3623>

Siri Øyen Larsen, Hans Koren, Rune Solberg. 2009. Traffic monitoring using very high resolution satellite imagery. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing Vol. 75, No. 7, July 2009, s. 859–869.

Telekom.de. 2015. Data Analytics: Handy-Schwarm hilft Strassenbahn. Saksa. Saatavilla: <https://www.telekom.com/de/medien/medieninformationen/detail/data-analytics-handy-schwarm-hilft-strassenbahn-349426>

Telraam.zendesk.com. General questions about telraam. 2019. Saatavilla: <https://telraam.zendesk.com/hc/en-be/>

Tiehallinto, 2009. Erikoistilanteiden liikenteen seurannan mahdollisuuksien arviointi. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 29/2009.
https://julkaisut.vayla.fi/pdf2/4000704-v-elma_erityistilanteiden_liikenteen_seuranta.pdf

Tiehallinto, 2007. Tiehallinnon asiakaspalvelun asiakkaat ja tuotteet -määrittely - Asiakashaastattelut. Helsinki, Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 5/2007
https://julkaisut.vayla.fi/pdf/4000549-v-th_asiakaspalvelun_asiakkaat_ja_tuotteet.pdf

Tiehallinto, 2006. Päällysteiden ylläpidon toimintalinjat. Helsinki. Asiantuntijapalvelut. https://julkaisut.vayla.fi/pdf/1000138-v-06-paallysteet_toimintalinjat.pdf

Tiehallinto, 2001. Tasoliittymät. Suunnitteluvaiheen ohjaus. Helsinki.
https://julkaisut.vayla.fi/thohje/pdf/tasoliittymat_ohje.pdf

Torbjörn Haugen, 2015. Nordic System for intelligent vehicle classification. July 2015. NorSIKT Project Group. Nordic research collaboration.

vayla.fi, 2019. Tierekisteri, tietosisällön kuvaus. Saatavilla: https://julkaisut.vayla.fi/tierekisteri/tierekisteri_tietosisallon_kuvaus.pdf

Vejdirektoratet, 2018. Udbud af nyt målekøretøj. Saatavilla: <https://www.vejdirektoratet.dk/side/udbud-af-nyt-malekoretøj-0>

Vejdirektoratet, 2019. Trafikkens udvikling I tal. Saatavilla: <https://www.vejdirektoratet.dk/side/trafikkens-udvikling-i-tal#0>



ISSN 2490-0745
ISBN 978-952-317-726-0
www.vayla.fi