

**Kävelyn ja pyöräilyn mittalaiteteknologiat ja niiden hyödyt haja-  
asutusalueilla**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Riihimäen kampus

Liikenneala, insinööri (AMK)

Syksy 2020

Mikael Saarinen

---

Tekijä	Mikael Saarinen	Vuosi 2020
Työn nimi	Kävelyn ja pyöräilyn mittalaiteteknologiat ja niiden hyödyt haja-asutusalueilla	
Ohjaajat	Heikki Ruohomaa	

---

## TIIVISTELMÄ

Teknologian kehittymisen myötä myös liikenteen mittaamiseen tarkoitettut mittalaitteet ovat kehittyneet viime vuosien aikana. Mittauksien kehitys on kulkenut käsinlaskennasta kohti nykyaikaa, jolloin koneet suorittavat ja analysoivat mittauksen usein jo itse. Kävelyn ja pyöräilyn roolin kasvaessa, on tärkeää saada kattavaa dataa myös tästä liikkujaryhmästä.

Tässä opinnäytetyössä oli tarkoituksena tutkia kehittyneen teknologian tuomia ratkaisuja kävely- ja pyöräiliikenteen mittaamiseen, sekä suhteuttaa saatuja tuloksia haja-asutusalueiden ympäristöön. Opinnäytetyön tutkimusosa keskittyi mittalaitteiden pilotointiin, jolloin oli mahdollista kerätä dataa sekä myös todentaa laitteiden käyttö. Pilotointi suoritettiin pienemmässä mittakaavassa, jonka myötä laitteiden käyttötarkoitukset sekä tulokset suhteutettiin haja-asutusalueisiin.

Mittalaitteiden testijakson aikana havaittiin laitteiden keräävän dataa laajasti, jonka pohjalta pystyttiin näyttämään visuaalisesti liikkujien määriä. Käytössä olleiden laitteiden soveltuvuutta testattiin, ja pyrittiin tutkimaan havaintojen pohjalta mahdollisia ongelmia, joita todellisessa mittaustilanteessa tulisi ottaa huomioon. Testilaitteiden osalta datan keruu oli positiivista, joskin todellinen mittaustilanne vaatii tarkkaa pohdintaa, mikä laitteisto on oikea halutulle mittaukselle.

Avainsanat Haja-asutusalue, mittalaite, sensori, konenäkö

Sivut 43 sivua

---

Author	Mikael Saarinen	Year 2020
Subject	Bicycle and pedestrian traffic counting technology and its advantages in sparsely populated areas	
Supervisors	Heikki Ruohomaa	

---

ABSTRACT

As a result of technological advances, measuring devices for measuring traffic have also evolved over the past few years. The development of measurements has changed from manual calculation to the way of modern technology where machines often perform and analyze the measurement themselves. As the role of bicycle and pedestrian traffic grows, it is important to have comprehensive data on this group of movers as well.

The purpose of this thesis project was to examine the solutions brought about by advanced technology for measuring bicycle and pedestrian traffic and to relate the results obtained to the environment of sparsely populated areas. The research part of the thesis focused on piloting measuring devices, which made it possible to collect data and also to verify the use of the devices. The piloting was carried out on a smaller scale, which resulted in the use of the equipment and the results being related to sparsely populated areas.

During the test period of the measuring devices, it was found that the devices collected data extensively, which made it possible to visually display the number of movers. In the case of test equipment, the results of data collection was positive, although the actual measurement situation requires careful consideration as to which equipment would be right for the desired measurement.

Keywords Sparsely populated area, measuring device, sensor, machine visioning

Pages 43 pages

## Sisälllys

1	Johdanto .....	1
2	Kävelyn ja pyöräilyn merkitys liikenteessä.....	1
2.1	Kävely ja pyöräily kaupunkirakenteessa .....	2
2.1.1	Nykytila.....	3
2.1.2	Suunnittelu .....	6
2.1.3	Teknologian muutokset.....	8
2.2	Pyöräily globaalissa maailmassa .....	9
3	Haja-asutusalueiden liikkuminen .....	10
3.1	Kehittyneen teknologian tuomat ratkaisut.....	10
3.1.1	Mobility as a Service.....	10
3.1.2	Kutsuliikenne.....	12
3.1.3	Sovellukset .....	12
3.1.4	Hollanti .....	13
4	Datan kerääminen .....	13
4.1	Mittaamisen vaiheet .....	14
4.2	Tavoitteet.....	14
4.3	Taustatutkimus .....	15
5	Mittalaitteet .....	15
5.1	Historia.....	16
5.2	Nykyteknologia.....	16
5.2.1	Laskentaseensorit .....	17
5.2.2	Silmukat.....	18
5.2.3	Tekoäly ja konenäkö.....	19
5.2.4	TerrainSense.....	21
5.2.5	Pilvipalvelu .....	22
5.2.6	Avoin data .....	23
5.2.7	Tulevaisuuden 5G.....	23
5.3	Analysointi.....	24
5.3.1	Kiinteät mittaukset.....	24
5.3.2	Hetkellinen mittaus.....	24
6	Selvitys Case Häme .....	25
6.1	Tutkimusasetelmat .....	25
6.2	Suunnittelu.....	27

6.3	Laitteisto ja sen käyttöönotto.....	27
6.3.1	Laitteisto.....	28
6.3.2	Käyttöönotto.....	29
6.3.3	Havainnot.....	29
6.3.4	Muut mittalaitteet.....	32
6.4	Laskentapaikat.....	33
6.5	Datan yhdistäminen.....	35
6.6	Esimerkkitapaus.....	36
7	Lopputulokset.....	37
7.1	Arviointi.....	37
7.2	Johtopäätökset.....	38
	Lähteet.....	40

## Kuvat, taulukot ja kaavat

Kuva 1 Kävelyn pyöräilyn sekä henkilöautojen matkasuoritteiden osuudet. (HLT 2016).	3
Kuva 2 Jalankulkijoiden osallisuus henkilövahinko-onnettomuudessa 2014–2016. (Liikennevirasto, 2017)	5
Kuva 3 Pyöräilijä osallisena henkilövahinko-onnettomuudessa 2014–2016. (Liikennevirasto, 2017)	5
Kuva 4 Kaakau Oy:n kaupunkipyörät Mäntsälässä	8
Kuva 5 Joukkoliikenteen matkaketjut (Väylävirasto, 2018)	11
Kuva 6 Datan siirron peruseräite. (SensMax, n.d.)	16
Kuva 7 SensMax-sensorin toimintaperiaate. (SensMax, n.d.)	17
Kuva 8 Silmukkalaskin. (EcoCounter, n.d. -a)	18
Kuva 9 Pilotointi Vantaan kaupunki 2020. (STT Viestintäpalvelut Oy, 2020)	20
Kuva 10 Yksinkertaistettu palvelurakenne. (MarshallAI, 2020)	21
Kuva 11 TerrainSense mittaus. (TerrainSense, 2020)	22
Kuva 12 Pilvipalvelun toimintamalli. (SensMax, n.d.)	23
Kuva 13 Käytössä olleet SensMax-sensorit	27
Kuva 14 SensWeb-pilvipalvelun luomaa statistiikkaa. (SensMax, 2020. -a)	29
Kuva 15. Datan visualisointi ympyräkaaviolla. (SensMax, 2020 -a)	31
Kuva 16 Liikkujamäärien visualisointi kellonajan perusteella. (SensMax, 2020 -a)	31
Kuva 17 Datan visualisointi pylväskaaviolla. (SensMax, 2020. -a)	34
Kuva 18 Eco-Visio pilvipalvelu. (EcoCounter, 2020. -b)	34
Kuva 19 Sääolojen vertailun visualisointi. (HAMK Smart, henkilökohtainen tiedonanto, 26.1.2020)	35
Kuva 20 Cycling Intelligence. (Breda University of Applied Sciences, n.d.)	36
Kuva 21 SensWeb- pilvipalvelun liikkujamäärien visualisointi. (SensMax, 2020. -a)	38
Taulukko 1 Kaarresäteiden mitoitus. (Helsingin kaupunki, n.d.)	7
Taulukko 2 Kestävien kulkumuotojen vertailu. (Väylävirasto, 2018)	25
Taulukko 3 Ladattava materiaali SensWeb-pilvipalvelusta Excel-tilukkona	32

## KÄSITTEET

<b>Algoritmi</b>	Järjestelmällisten käskyjen ja komentojen joukko tietyn tehtävän suorittamiseksi
<b>Collector</b>	Toimii laskentalaitteista saadun datan vastaanottajana, ja eteenpäin lähettäjänä toimien reitittimenä
<b>Dashboard</b>	Käyttöliittymä, joka yleisesti muokattavissa käyttäjän mukaisesti
<b>Kaupunkipyörä</b>	Kaupungin sisällä toimiva palvelu, jonka tarkoituksena tukea joukkoliikennettä. Yritysten tuottama palvelu, josta vuokrattavissa polkupyörä käyttöön halutuksi ajaksi
<b>Konenäkö</b>	Jakautuu eri aihealueisiin, työssä käsiteltynä videokuvan perusteella koneellisesti laskettua dataa
<b>Käsinlaskenta</b>	Liikennelaskentojen perusta, käsin kirjaus ohikulkevista liikkujista
<b>Last mile</b>	Viimeisen kilometrin ongelma, joka kohdentuu matkaketjuissa joukkoliikenteen palvelun sekä liikkujan lopullisen määränpään välille.
<b>Pilvipalvelu</b>	Tietojen tallennus internet-pohjaiseen palveluun, jonne pääsy eri laitteilta
<b>Sensori</b>	Laite, jolla mitataan haluttua arvoa tai suuretta.
<b>Tekoäly</b>	Artificial Intelligence, AI. Koneen tarkoitus jäljitellä inhimillistä päättelyä

## 1 JOHDANTO

Kävelyn ja pyöräilyn roolin kasvaminen on ollut merkittävää niin Suomessa kuin globaalillakin tasolla. Pyöräliikenteen rooli on kasvanut merkittävästi, ja sen roolia kasvattaa merkittävänä tekijänä toimiminen osana joukkoliikennettä, tukien näin viisaan liikkumisen tavoitteita.

Teknologian kehityksen myötä myös sen laskeminen ja mittaaminen on kehittynyt, jonka myötä nykyään saatava tieto on tarkempaa ja kattavampaa kuin vuosia sitten.

Liikennemittauksien painoarvo ajoneuvoliikenteestä kävely- ja pyöräliikenteen mittaamiseen on siirtynyt viime vuosina, ja näin kävelijöiden ja pyöräilijöiden liikkumista on mahdollista tutkia laajemmin. Kävelyn ja pyöräilyn rooli osana haja-asutuksen liikennettä on pohdintaa herättävä aihe, yksityisautoilun roolin ollessa erittäin suuri.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia kävely- ja pyöräliikenteen mittaamista, uusien mittausteknologioiden avulla. Työssä käsitellään kävely ja pyöräily, sekä niiden rooli liikenneympäristössä ja yleisesti liikkumismuotona. Tutkimuskohteena on kävelyn ja pyöräilyn mittaaminen, sekä haja-asutuksen liikkuminen ja sen tämänhetkiset liikenteelliset ongelmat. Johtopäätökset ovat luotu yhdistämällä näiden tietopohja, suoritettujen pilotointien lisäksi. Työn tutkimusosa käsittelee mittalaitteiden käyttöä, ja niiden soveltuvuutta kävelyn ja pyöräilyn mittaukseen esimerkkitapausta hyödyntäen.

Mittauksissa käytetyt laitteet olivat käytössä lokakuun ja joulukuun 2020 välisenä aikana, jolloin tavoitteena oli havainnoida liikkujamääriä. Työ toteutettiin yhdessä Hämeen ammattikorkeakoulun tutkimusyksikön (HAMK Smart) kanssa. Tutkimuskohteena toimi Hämeenlinnan kampus Visamäessä.

## 2 KÄVELYN JA PYÖRÄILYN MERKITYS LIIKENTEESSÄ

Kevyeksi liikenteeksi määritellään yleisesti jalankulku ja pyöräily, sekä nykypäivänä esimerkiksi potkulaudat ja segwayt. Termi on kuitenkin hieman vanhentunut, jonka vuoksi on hyvä erotella kävely ja pyöräily omina liikkumismuotoinaan. Näiden liikkumismuotojen rooli on kasvanut suuresti liikennekulttuurissa viime vuosina. Yksi vaikuttavimmista tekijöistä



on ajoneuvoliikenteen synnyttämät kasvihuonepäästöt, jotka ovat maailmanlaajuinen ongelma. Suomessa 90 % liikenteen aiheuttamista päästöistä on tieliikenteen synnyttämiä. Valtion tavoitteena on puolittaa liikenteen päästöt vuoteen 2030 mennessä, sekä poistamaan ne kokonaan vuonna 2045. Liikenteen ilmastopolitiikan työryhmän mukaan päästöjen vähentäminen on mahdollista kolmella tapaa

- Päästöjä tuottavan liikenteen käytön vähentäminen, eli kilometrien, vähentäminen sekä liikennejärjestelmän energiatehokkuuden parantaminen
- Vähäpäästöisiin sekä päästöttömiin liikkumismuotoihin siirtyminen
- Uusiutuvan sekä vähäpäästöisen polttoaineen käytön lisääminen

Tavoitteiden saavuttamiseksi valtion halu on kasvattaa kävely- ja pyöräliikenteen käyttöastetta, ja siihen kohdistuva rahoitus vuonna 2020 on 42,9 miljoonaa euroa. (Liikenne- ja viestintäministeriö, 2018; Väylävirasto, 2020)

Budjetin jakautuminen tapahtuu kuntien avustuksiin eli kävelyn ja pyöräilyn investointiohjelmaan 31,5 miljoonan euron osalta sekä 10 miljoonaa euroa valtion väyläverkon tukemiseen, kuten pyörien liityntäpysäköinnin kehittämiseen. Valtion tukeman edistämishojelman tavoitteena on kasvattaa 30 % kävelyn sekä pyöräilyn matkamääriä vuoteen 2030 mennessä, eli noin 450 uutta kävely- ja pyöräilymatkaa. Näiden liikkumismuotojen käyttömäärien kasvulla on suora yhteys myös kansanterveyden paranemiseen. (Ansio, 2020)

## 2.1 Kävely ja pyöräily kaupunkirakenteessa

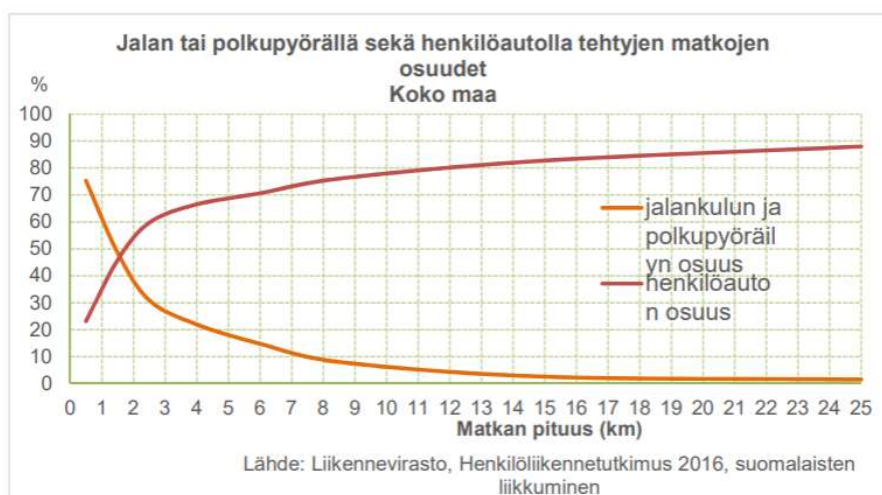
Kaupunkirakenteessa kävely ja pyöräily ovat kasvattaneet asemaansa viime vuosina kehittyvien ratkaisuiden sekä päästötavoitteiden innoittamana. Kävely ja pyöräily toimii suuressa roolissa osana joukkoliikenteen matkaketjuja, jolloin joukkoliikenteen toimivuus paranee, kun matkaketju on kokonaisuudessaan toimiva. Pyöräilyn kannalta kehitettyjä ratkaisuja on havaittavissa pyöräkatujen, kyläteiden sekä kokeilukatujen muodossa. (Liikenne- ja viestintäministeriö, 2018)

### 2.1.1 Nykytila

Liikenneviraston (nyk. Väylävirasto) vuonna 2016 tekemän henkilöliikennetutkimuksen mukaan (kuva 1) jalkaisin ja pyöräillen kuljetaan 30 % matkoista, josta 22 % tapahtui kävelen ja 8 % pyöräillen. Yli puolet matkoista suoritettiin kävelyn ja pyöräilyn avuin silloin, kun matkan pituus on 0–1 km. Pyöräilyn suosio korostuu 1–3 km matkoilla, joissa pyörämatkojen osuus oli 13–17 %. Työmatkaliikenteestä pyöräilyn osuus kasvatti suosiotaan vuosina 2010–2016 selkeästi, nousten 8 % 2000-luvun ensimmäiseen vuosikymmeneen verrattuna. Samassa ajassa autoilun osuus laski 6 %. Kävelyn osuus työmatkaliikenteestä harveni, työmatkojen pituuksien kasvaessa. Keskimittainen työmatka mittausaikana oli 14,3 km. Liityntämatkoista pyörällä suoritettuja matkoja ovat keskimäärin 3 kilometrin pituiset matkasuoritteet. Autoilun suosio lyhyillä matkoilla on kuitenkin edelleen suuri, yli 40 % alle viiden kilometrin matkoista liikutaan autolla. (Liikenne- ja viestintäministeriö, 2018; Väylävirasto, 2018)

Vantaan kaupungin vuonna 2018 teettämä tutkimus kävelystä ja pyöräilystä kertoi kävelyn kulkumuoto-osuuden olevan 20 % sekä pyöräilyn 7 %. Tavoite pyöräilyn osuudelle on kaupungin puolesta 15 %. Kävely- pyöräiliikenteen käyttöaste matkoissa on kuitenkin alhainen, suuren osan liikkumisesta tapahtuen henkilöautolla.

Kuva 1 Kävelyn pyöräilyn sekä henkilöautojen matkasuoritteiden osuudet. (HLT 2016)



Kävelyn ja pyöräilyn lisääminen on huomattava tekijä myös terveysvaikutusten osalta.

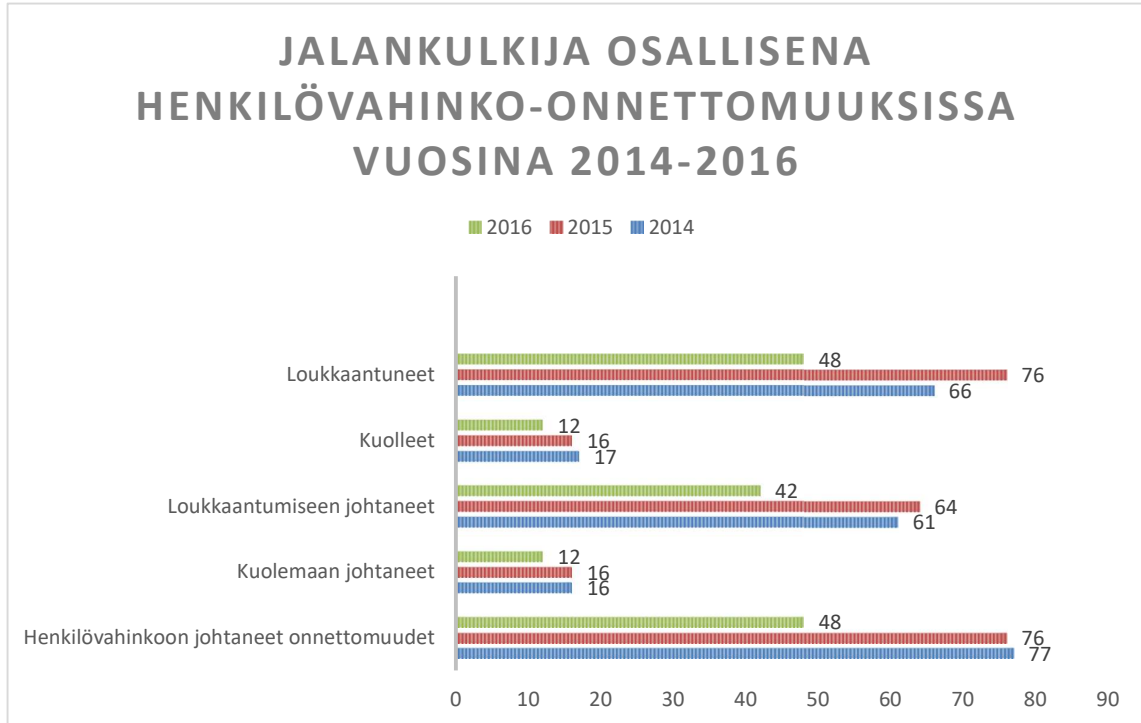
Kävelyn ja pyöräilyn lisääminen arkeen on tehokas keino lisätä fyysistä aktiivisuutta, joka on

ihmiselle välttämätöntä. Vuosittain fyysisen liikunnan puute aiheuttaa Suomessa arviolta 3,2–7,5 miljardin euron kustannukset vuosittain. Hyötyliikunnan lisääminen työ- ja koulumatkojen osalta pitää peruskuntoa yllä, kun suorite on päivässä puoli tuntia reipasta kävelyä tai pyöräilyä. Peruskunnon ylläpitäminen näkyy ihmisen vireystilassa, jonka kasvamisen avulla jaksaminen töissä ja koulussa on parempaa. Kävelyn lisääminen 20 prosentilla voisi tuottaa terveyshyötyjä noin 3,3 miljardin edestä, pyöräilyn 1,1 miljardin edestä. Liikunnan vähyydestä aiheutuvia terveysongelmia on mahdollista ehkäistä opettamalla lapsille aktiivista elämäntapaa, jolloin sen omaksuminen tuo hyötyjä eläkeikään saakka. (Liikenne- ja viestintäministeriö, 2018)

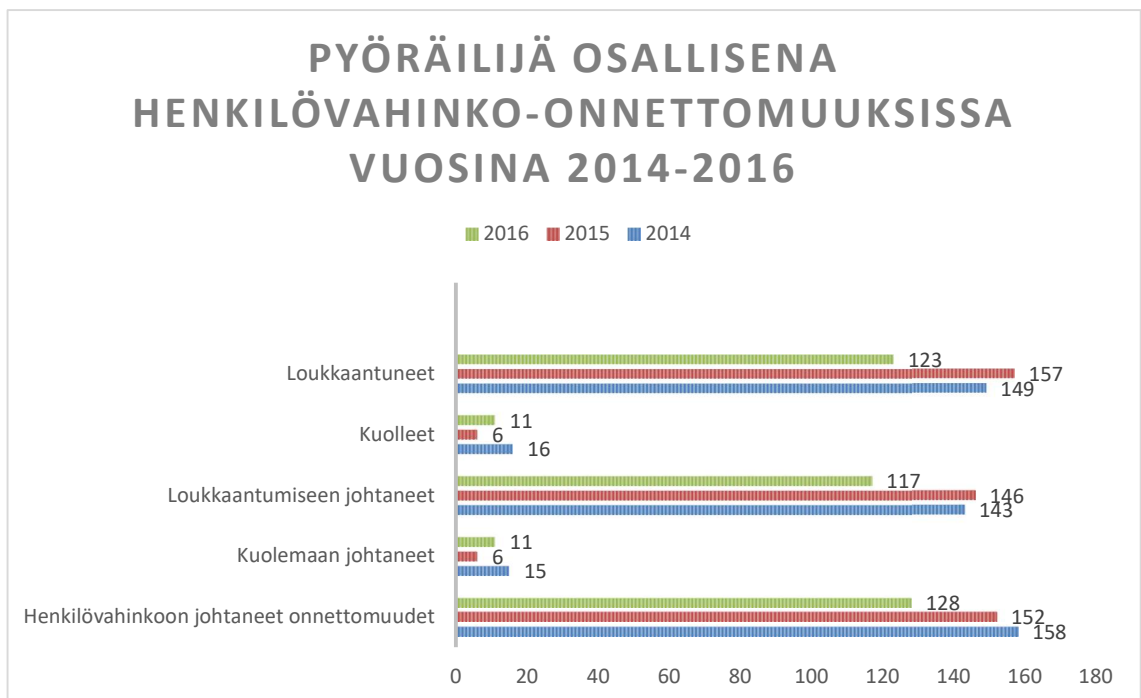
Kävely- ja pyöräiliikenteen käytön yleistyessä myös onnettomuuksien riski on otettava huomioon. Tilastollisesti yleisimmät loukkaantumiset jalankulkijoiden keskuudessa sattui risteysalueilla, suurimman riskiryhmän ollessa yli 64-vuotiaat. Vuonna 2016 liikenteessä sattuneissa henkilövahinko-onnettomuuksissa yhteensä 176 kappaleessa osallisena oli kävelijä tai pyöräilijä (kuva 2 ja 3). Pidemmällä kymmenen vuoden aikavälillä liikennekuolemien määrä on kävelijöiden keskuudessa vähentynyt 40 prosentilla, sekä loukkaantuneiden määrä neljänneksellä. Pyöräilijöiden kohdalla loukkaantumisten määrä väheni samalla aikavälillä viidenneksen. Vuosien 2014–2016 tilastoja katsoessa voidaan havaita loukkaantumisten sekä kuolemien vähentymistä suurimmaksi osin, lukuun ottamatta pyöräilijöiden kuolemia vuodelta 2016, jotka kasvoivat reilusti edellisvuodesta. (Liikennevirasto, 2017)

Kuva 2 Jalankulkijoiden osallisuus henkilövahinko-onnettomuudessa 2014–2016.

(Liikennevirasto, 2017)



Kuva 3 Pyöräilijä osallisena henkilövahinko-onnettomuudessa 2014–2016. (Liikennevirasto, 2017)



### 2.1.2 Suunnittelu

Kävelyn ja pyöräilyn rooli on suuri jo kaupunkirakenteen suunnittelussa, jossa on otettava huomioon kävelyn ja pyöräilyn tarpeet muun liikenteen seassa. Lähtökohtana toimii ajatus siitä, että polkupyörä on ajoneuvo. Tarkastelu on tehtävä jo kaavoitusvaiheessa, jolloin yleissuunnitelmassa on pohdittava jo liikennejärjestelmäsunnittelua. Tämä mahdollistaa tehokkaan kaavoituksen, jolloin voidaan havaita kaavaratkaisuiden onnistuminen katuverkolla. Palvelutaso, jonka liikennejärjestelmien käyttäjät tarvitsevat, pyritään luomaan kestävillä tuotantotavoilla. Pohjana toimii neliporrasperiaate, jolloin ensisijainen vaihtoehto ei ole uusi väyläinvestointi, vaan ratkaisu pyritään toteuttamaan muilla keinoin, joita ovat esimerkiksi liikkumistarpeisiin ja kulkutapaan vaikuttaminen sekä nykyisen infrastruktuurin tehostaminen tai parantaminen pienin toimenpitein. Maankäytöllisesti jalankulun ja pyöräilyn ehtoja noudattava yhdyskuntarakenne on kustannuksiltaan edullinen, tilantarpeen ollen pienempi kuin verrattuna autoiluun vaadittavaan tilaan. Tällöin myös kustannuksien osuus jää pienemmäksi. (Liikenne- ja viestintäministeriö, 2011)

Kävelyn osalta laadukkaan infrastruktuurin selkärankana toimii turvallisuus sekä esteettömyys, jolloin liikkuminen on turvattu erityistarpeista huolimatta. Kävelyn tehostamisen osaksi matkaketjua sujuvoittaa joukkoliikenteen kulkemista. Pyöräilylle laadukkaan infrastruktuurin pohjana toimii saumaton ja kattava verkosto, jolloin pyöräverkko on turvallinen ja sujuva, sekä vastaa alueen liikkumistarpeisiin. Kaupunkialueilla saavutettavuuden turvaamisella luodaan pyöräliikenteestä kilpailukykyinen vaihtoehto. Kävelyn sekä pyöräilyn laadukkaan infrastruktuurin takaa myös ajantasainen kunnossapito sekä talvihoito. (Helsingin kaupunki, n.d.)

Kaupunkiolosuhteissa liikenneturvallisuuden rooli korostuu, jolloin turvallisuuden pohtiminen jo asemakaavavaiheessa on olennainen osa toimivaa suunnittelua. Fyysisiä tekijöitä kävelijän turvallisuuden parantamiseksi ovat mm. valaistuksen, tilankäytön sekä viitoituksen laatu. Suunnittelussa olennaisena toimii myös pyöräilijöiden tarpeiden huomioiminen, kuten tarvittavat mitoitus, tilantarpeet sekä näkymät pyöräilijöiden tarpeiden mukaan. Suunnittelun kannalta on otettava huomioon polkupyörän nopeuden vaihtelut pituuskaltevuuden mukaan, joka muuttuu radikaalisti riippuen tien kaltevuudesta. Ylämäessä nopeus hidastuu merkittävästi, kun taas alamäessä se kasvaa. Nopeuden

huomioiminen erityisesti risteysalueilla näkemien osalta on isossa osassa liikenneturvallisuutta. (Helsingin kaupunki, n.d.)

Pyöräilijän laskennalliseksi pituudeksi on määritelty 180 cm, leveydeksi 60 cm sekä tilantarpeeksi on mitoitettu vähintään 0,75 metriä, riippuen pyöräilijästä, pyörästä ja varusteista. Pyöräilijän vaatima tilantarve korostuu hitaissa maastoissa, kuten ylämäissä, jolloin huojunta voi olla jopa 0,8 metriä. Normaalinopeuksissa huojunta on 0,25 metriä. Suunnitteluun vaikuttaa myös pyöräliikenteen nopeuden tuomat vaikutukset. Mitoitusnopeus on pääreiteillä 30 km/h, kun taas muilla reiteillä arvoksi on määritelty 20 km/h. Mitoitusnopeus (taulukko 1) on suoraan vaikuttava tekijä kaarresäteisiin, joita tieverkolle luodaan:

Taulukko 1 Kaarresäteiden mitoitus. (Helsingin kaupunki, n.d.)

<b>Kaarresäde</b>	<b>Pääreitit</b>	<b>Muut reitit</b>
Mitoitusnopeus	30 km/h	20 km/h
Minimikaarresäde linjaosuudella kaupunkiooloissa	20 m	15 m
Minimikaarresäde erillisillä pyöräreiteillä (jos mopot sallittu)	30 (40) m	20
Pysähtymisnäkemän pituus riippuu pituuskaltevuudesta	31–37 m	17–20 m

Pyöräliikenteen tehostamiseksi pääkaupunkiseudulla on rakennettu korkeatasoisia pyöräilyn reittejä, eli baanoja. Helsingin ensimmäinen baanayhteys avautui 1,3 km:n matkalla Kiasmalta Ruoholahteen vuonna 2009. Suunnittelussa on Helsingin seudulle yhteensä 130

kilometrin pituinen baanaverkko tehostamaan pyöräliikenteen käyttöä. Helsingin ohella myös Jyväskylä sekä Oulu ovat aloittaneet paikallisten pyöräbaanojen rakentamisen. Isojen kaupunkien mittakaavassa pyörä on keskusta-alueilla nopeampi kulkuväline kuin auto. (Helsingin kaupunki, n.d.; Ervasti, 2019)

### 2.1.3 Teknologian muutokset

Kehittyvien ratkaisuiden ansiosta kaupunkipyörät ovat kasvattaneet suosiotaan kaupungeissa. Kaupunkipyöräjärjestelmällä on pyrkimys luoda viimeisen kilometrin ongelmaa (last mile), joka on osana matkaketjuja. Kaupunkipyörien suurimpia onnistumisia on ollut integroituminen joukkoliikenteeseen. Helsingin ja Espoon alueella on käytettävissä 3500 kaupunkipyörää, joilla vuonna 2018 poljettiin 6 300 000 kilometriä, Vantaalla pyöriä on käytössä jo yli 1000. Myös pienempien kaupunkien sekä kuntien, kuten Kouvolan, Mäntsälän (kuva 4) sekä Hyvinkään, keskustoista on mahdollista havaita kaupunkipyöriä. (Helsingin kaupunki, 2020; HSL, 2020; Kaakau, 2020)

Kuva 4 Kaakau Oy:n kaupunkipyörät Mäntsälässä.



Teknologian kehitys on myös tukena kaupunkipyörien toiminnassa. Vantaalla sekä Tampereella toimivan CrossCycle-applikaation avulla pyöräilijän liikkumista on helpotettu kaupunkiolosuhteissa. Sovelluksen taustalla on valvontajärjestelmiä tuottava Dynniq Finland. GPS-paikannusta hyödyntävä sovellus seuraa pyöräilijän liikkumista ja lähettää 50–100

metrin etäisyyden päästä liikennevaloista pyynnön vihreästä valosta valo-ohjatulle risteykselle. Sovellus ilmoittaa käyttäjälle mobiililaitteen värähtelyn tai äänimerkin avulla pyynnön lähtemisestä, jolloin pylväässä sijaitsevan painonapin painaminen on tarpeetonta. Vihreän valon osuus ei lisääny pyöräväylille, mutta sovelluksen avulla turhien pysähdysten määrä vähenee. Sovelluksen käyttö edellyttää matkan alkaessa sen aktivoimista, sekä päättyessä sulkemista, eikä matkan aikana ole tarpeellista katsoa sovellusta. Datan keruun puolesta sovellus mittaa matkan keston, pituuden, sekä keskinopeuden. Liikennevalojen osalta mitattavaa dataa ovat punaisissa valoissa vietetty aika sekä määrä kuinka monesti vihreä pyyntö lähetetään. (Vantaan kaupunki, n.d.)

Sähköpyörien osuus on teknologian kehityksen myötä noussut kuluttajien keskuudessa. Lainsäädännön mukaan ajoneuvo luokitellaan polkupyöräksi, joka saa olla maksimissaan 250 watin sähkömoottorilla varustettu, joka kytkeytyy pois päältä nopeuden saavuttaessa 25 km/h tunnissa. Vuonna 2018 sähköpyörien myynti kaksinkertaistui edellisvuoteen verrattuna. Koko polkupyöräkannasta sähköpyörien osuus on viisi prosenttia, kun Suomen myytyjen polkupyörien määrä on noin 270 000 kappaletta. Sähköavusteisen pyörän hyödyt nousevat esiin 5–10 kilometrin pituisilla matkoilla, jolloin tavallisen pyörän osuus liikkumismuotona on vain muutaman prosentin luokkaa. Suomessa sähköpyörien kohdalla kokeiluja on suoritettu esimerkiksi Kouvolassa, jossa sähköavusteinen lastipyörä on ollut kokeiluna käytössä lastenhoitoa tukemassa. Myös Jyväskylässä sähköpyörien pilotointia on suoritettu vanhusten kotihoidossa, jossa keskusta-alueella autolla liikkumista kokeiltiin vähentää sähköpyörien avulla. (Motiva, 2020; Jokela, 2019; Keski-Suomi Ennakoi, n.d.)

## 2.2 Pyöräily globaalissa maailmassa

Pyöräilyn rooli globaalisti on noussut valtavasti havaittujen ilmasto-ongelmien myötä. Päästövaatimuksia sekä -tavoitteita on luotu maailmanlaajuisesti, ja pyöräilyn rooli on korostunut etenkin kaupungeissa liikkumismuotona. Kaupunkien ruuhkautuminen on ongelma suurissa kaupungeissa, jolloin kävely- ja pyöräliikenteen roolin kehittäminen on mahdollisuus ruuhkautumisen helpottamiseen. Pelkät tieinvestoinnit eivät kuitenkaan ole ratkaisu ruuhkien helpottamiseen, vaan kävelyä, pyöräilyä sekä joukkoliikennettä tukevan maankäyttöpoliitikan avulla ongelma on mahdollista ratkaista. Euroopassa pyöräilyn



edistämiseksi sähköpyörille on myönnetty valtion tukea, jotta kuluttaja valitsisi autoilun sijasta pyöräilyn. (Eduskunta, 2020)

### 3 HAJA-ASUTUSALUEIDEN LIIKKUMINEN

Haja-asutusalueen määritelmä on laaja, koska sen määrittelyn sisälle mielletään alueet taajaman ulkopuolella sekä toisinaan alueet, joissa joukkoliikennettä ei ole. Yleisesti näiden alueiden liikkuminen on tukeutunut viime vuosien aikana vahvasti yksityisautoiluun, heikon julkisen liikenteen tarjonnan vuoksi. Suomen päästörakenteesta 90 % kertyy tieliikenteestä, ja tuosta osuudesta 58 % henkilöliikenteestä. Julkisen liikenteen heikkeneminen näkyy linja-autovuorojen vähentämisellä, jotka ovat haja-asutusalueille sekä maaseudulle suuressa roolissa. Väyläviraston ohjeistuksen mukaan haja-asutusalueella turvalliset yhteydet tulisi taata 3–5 km:n etäisyydelle, koskien kouluja, lähikauppoja sekä muita palvelukeskuksia. (Väylävirasto, 1998; Tuomikoski, 2012)

Liikenneministeriön linjauksien mukaan liikennealaa kohdistuvat päästötavoitteet on tarkoitus toteuttaa vuoteen 2030 mennessä, jolloin päästöjen puolittuminen on tavoite. Valtion tavoitteena on ollut koko 2010-luvun luoda taajaman ulkopuoliselle liikkumiselle uusia mahdollisuuksia, kutsu- ja kimppakyytien sekä julkisen liikenteen runkoreittien kehittämisen muodossa. (Liikenne- ja viestintäministeriö, 2019)

#### 3.1 Kehittyneen teknologian tuomat ratkaisut

Teknologian kehittyessä pyritään luomaan myös ratkaisuja, joilla helpottaa haja-asutuksen liikkumista. Erilaiset sovellukset ja jakamistalouteen perustuvat ratkaisut ovat luotu helpottamaan liikkumista, sekä myös täten vähentämään oman auton tarvetta.

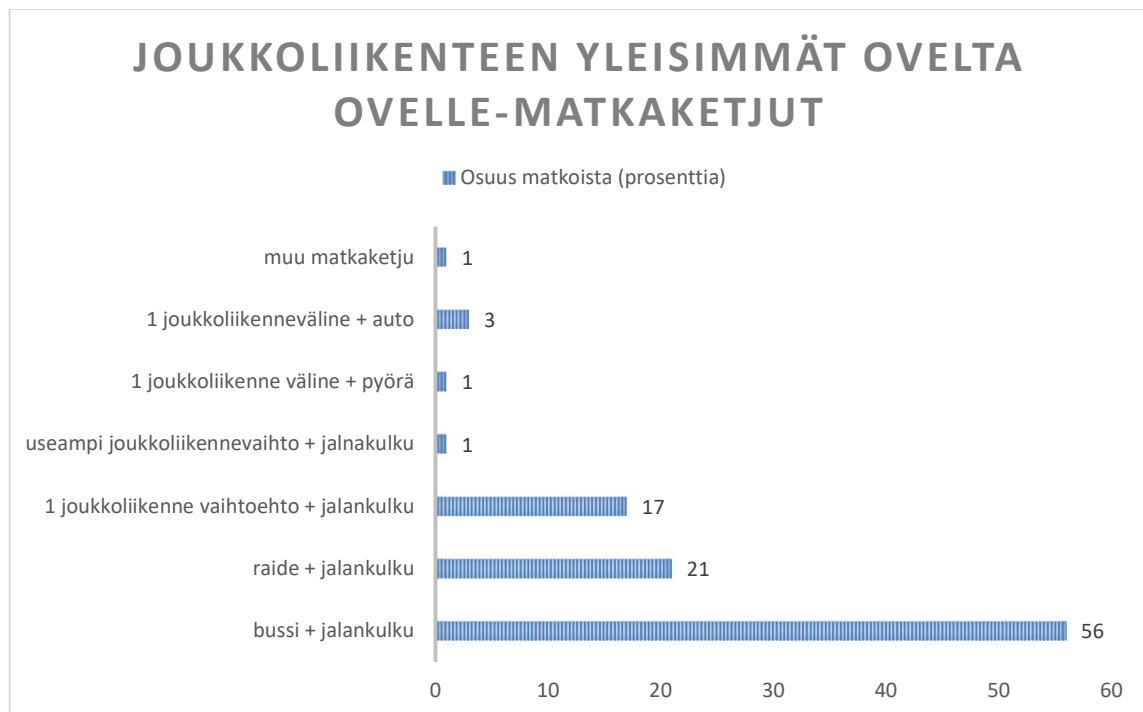
##### 3.1.1 Mobility as a Service

MaaS, eli Mobility as a Service, tarkoittaa liikkumista palveluna. Sen tarkoituksena on luoda matkaketjuista paketti, jonka käyttäjä ostaa. Tällöin käyttäjällä on mahdollisuus valita, keskittykö kulkeminen joukkoliikenteen käyttöön, vai sisältääkö matkaketju auton vuokraamisen tai muun kulkumuodon. Täten hinta muodostuu eri kulkumuotojen mukaan,

ja käyttäjä maksaa yhden kiinteän hinnan. MaaS:n pyrkimyksenä on luoda käyttäjälle mahdollisuus olla miettimättä kulkumuotoja, antamalla aikataulunsa sekä lähtöpisteen ja määränpään, sovellus pyrkii tarjoamaan sopivimman vaihtoehdon. Tavoitteena on vähentää liikenteen päästöjä, sekä luoda matkaketjuista sujuvampia, jolloin myös resurssien tehokas käyttäminen on mahdollista. (Eckhardt, 2018)

Joukkoliikenteen rooli on keskeinen MaaS-palveluiden suunnittelussa. Suurin osa joukkoliikenteen matkaketjuista ovelta ovelle (kuva 5) ovat joukkoliikenteen ja kävelyn yhdistelmiä. Jotta haja-asutukselle voidaan luoda toimiva matkaketju, on liikkumista tukemassa kävelyn ja pyöräilyn lisäksi taksit, yhteiskäyttö- sekä vuokra-autot, yhteiskäyttöpyörät ja kimppakyydit. Haja-asutuksella liikkumisen palveluttaminen kärsii joukkoliikenteen heikosta saavutettavuudesta, jonka vuoksi myös matkojen ketjuttaminen vaatii usein taksin tai yhteiskäyttöauton toimiakseen. Yhteiskäyttöautojen ja kimppakyytien suosiminen kaupunkialueilla on havaittavissa liikenneinfrastruktuurissa pysäköintipaikkojen muodossa, jotka ovat suunnattu lisäkilvellä kimppakyytiautoille. (Eckhardt, 2018)

Kuva 5 Joukkoliikenteen matkaketjut (Väylävirasto, 2018)



### 3.1.2 Kutsuliikenne

Haja-asutuksen avuksi on kehitelty kutsuliikenteeseen perustuva kuljetusmuoto, jolloin useamman kyytiä tarvitsevan tarve on pyritty ottamaan huomioon. Kutsuliikenteen pohjana toimii yhteiskunnan maksamat kuljetukset, joiden ohella on mahdollista luoda ja yhdistää kyytiratkaisuja myös muille liikkujille. Kutsuliikenteen kokeiluja suoritettiin Kuusamon seudulle syyskuussa 2020 matkahuollon toimesta. Kutsutaksien rooli on olennainen haja-asutusalueilla, joissa matkustajamäärät ovat linja-autoliikenteelle liian vähäistä. Kutsutaksien toimintaperiaate poikkeaa perinteisestä taksiliikenteestä sen joukkoliikennettä muistuttavalla toimintaperiaatteella, jolloin taksit keräävät useita asiakkaita, mutta ne tulee tilata etukäteen. Kutsutaksien mahdollisuus on myös säännöllisyys, jolloin haja-asutukselta liikkuminen keskusta-alueille on mahdollista silloinkin, kun matkustajamäärä on linja-autoliikenteelle liian pieni. (Matkahuolto, 2020)

Kaikkikyytiin.fi pyrkii luomaan kimppakyydeistä, tavara- sekä henkilökuljetuksista toimivan konseptin, jolloin kimppakyydin käyttäjä sekä tavara pystyy liikkumaan yhteistyössä, oli asiakas yhteiskunnan tukema tai itsemaksava. Nämä yhdistettynä on mahdollista pienentää päästöjä, kustannuksia sekä tehostaa ajankäyttöä. Kehityksessä mukana toimiva Kyyti Group on maan johtavia MaaS-alustojen kehittäjiä, jonka tavoitteena on tehostaa julkisen liikenteen käyttöä sekä tehostaa ovelta-ovelle liikkumisen suunnittelua. (Kaikkikyytiin, n.d.; Kyyti Group Ltd, n.d.)

### 3.1.3 Sovellukset

Helsinkiläisen yrityksen MaaS Global luoma Whim-sovellus pyrkii luomaan yhtenäisen palvelun, jonka avulla julkiset ja yksityiset liikennepalvelut on mahdollista yhdistää. Kaupunkiolosuhteissa sovelluksen toimiminen on todennettu Helsingin mittakaavassa, mutta haja-asutukselle kyseisen applikaation apu on poikkeuksetta riippuvainen taksiliikenteestä. Haja-asutuksen kohdalla julkisen liikenteen jälkeistä matkaa, tai sen puutetta, voidaan kutsua termillä last mile. (Business Finland, 2020)

Matkahuolto on pyrkinyt luomaan sekä kehittämään haja-asutuksen sekä maaseudun liikkumista tukevaa teknologiaa. Yrityksen luoma Reitit ja Liput-sovellus pyrkii luomaan matkaketjut, jossa koko Suomen joukkoliikenne on osallisena, niin paikallis- kuin

kaukoliikenteen osalta. Haja-asutuksen osalta sovelluksen tavoitteena on luoda kutsukydeistä toimivampi kokonaisuus osana matkaketjua, jolloin esimerkiksi taksien avulla pyritään luomaan kuluttajille mahdollisuus tulla osaksi matkaketjua. (Matkahuolto, 2020)

### 3.1.4 Hollanti

Globaali pyörätieverkoston edelläkävijä on Hollanti, jonka kaupunkirakenne on suunniteltu polkupyöräilyn kannalta erittäin suotuisaksi. Kaupunkien keskukset ovat autolle ahtaita, ja liityntäpysäköinnin rooli on suuri kaupungin reunoilla. Kaupunkirakenne on myös suunnittelun sekä infrastruktuurin osalta kehitetty tehokkaaksi pyöräliikenteelle. Liikenteellisesti pyöräilijöiden rooli on kaupunkiolosuhteissa vahvempi kuin autoilijoiden, pyöräilijöille kohdennetun suunnitellun saavutettavuuden vuoksi. Maan kaupungeista pyöräliikenteen edelläkävijänä toimii Utrecht, jossa päivittäin 125 000 pyöräilijää suorittaa matkansa kaupungin keskustassa. (The Guardian, 2019; Holland Cycling Routes, n.d.)

Hollannissa pyöräilystä kerätyn datan perusteella on kehitetty maan kattava järjestelmä, joka sisältää dataa kaikesta pyöräilyyn liittyvästä. Bredan ammattikorkeakoulun kehittäämä sähköinen pyöräliikenteen järjestelmä Cycling Intelligence sisältää dataa vuosilta 2017–2018, joka on kerätty Microsoft Power BI kokonaisuudeksi. Datan pohjana on toiminut paikallinen henkilöliikennetutkimus sekä liikennelaskennat eri provinseista. (Breda University of Applied Sciences, n.d.)

## 4 DATAN KERÄÄMINEN

Liikennemittauksien suorittamisen taustalla on tarve tutkia tiettyjen liikennemuotojen käyttäjien määritä valituissa kohteissa. Mittauksien tekeminen perustuu taustatutkimuksien tekemisen lisäksi itse mittaukseen, sekä lopputuloksien analysointeihin. Mittaustuloksien ongelmana on kuitenkin niiden vertailukelpoisuus, ja täten paikkansapitävyys. Mittausjakson ollessa lyhyt, vääristyy tulos helposti.

#### 4.1 Mittaamisen vaiheet

Kävely- ja pyöräliikenteen mittaaminen perustuu seuraaviin vaiheisiin:

- Tarve
- Resurssit
- Suunnittelu
- Mittaus
- Tulosten kerääminen
- Esittely

Mittaamisen lähtökohtana on hahmotella mittaamisen tarve, mitä halutaan mitata ja mitä tuloksia halutaan. Näin suunnittelu on helpompaa, kun hahmoteltuna on lähtökohdat mittaukselle. Kun tarve on selvillä, on resurssien kerääminen mahdollista. Mittaamiseen vaadittavan tietotaidon lisäksi olennainen osa on mittalaitteet (valmistajat, toimittajat) sekä yhteistyö eri toimijoiden (kuntien, kaupunkien) kanssa. Suunnitelman luominen on resurssien kasaamisen jälkeinen vaihe. On hahmoteltava yksityiskohtaisesti, mitä ja missä halutaan mitata sekä millä laitteilla. Suunnitelma toimii pohjana itse suoritettavalle mittaukselle, jonka mukaan toteutus tehdään. Suunnitelma sisältää myös tiedot budjetista sekä muista konkreettisista vaiheista, asennuksista sekä raportoinnista. (Eco Counter, 2018)

Tarkan suunnittelun myötä mittaamisen aloittaminen vaatii mittalaitteiston asentamisen, jotta datan keruu on mahdollista. Riippuen mittalaitteesta, asennus tapahtuu joko kiinteällä tai siirrettävällä kiinnityksellä. Automaattisella lähetyksellä mittalaitteet lähettävät dataa pilvipalveluun, tai vaihtoehtoisesti manuaalisesti data kerätään paikanpäältä ja lähetetään serverille. Datan keruuta dokumentoidaan sekä siitä luodaan johtopäätöksiä sekä lopputuloksia, joita on mahdollista esitellä ja jakaa mahdolliselle mittauksen tilaajalle. (Eco Counter, 2018)

#### 4.2 Tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteet määräytyvät olemassa olevien tietojen mukaan, joita ovat kaavoitus ja maankäyttö. Liikennemittaukset voidaan jaotella kahteen kategoriaan, liikennevirtojen tarkasteluihin sekä ihmisten liikkumistarpeiden tutkimiseen. Liikennevirtojen tutkimisella

keskitytään liikenteen ominaisuuksiin, kuten määriin, nopeuksiin, viiveisiin sekä matka-aikoihin. Kävely- ja pyöräliikenteen kohdalla määrällinen laskenta kohdistuu liikennemäärien tarkkailuun. Liikkumistarpeiden kohdalla tarvittavaa tietoa on kerättävä myös haastattelujen ja kyselyjen avulla, jotta on mahdollista saada tietoa liikkujien liikkumistarpeista sekä määränpäästä.

Laskentojen perusteella kerättyä tietoa on mahdollista analysoida, ja sen perusteella hyödyntää dataa eri kohteissa. Laskentojen perusteella on mahdollista kerätä tietoa liikkujien määrästä esimerkiksi sääolojen vaihtuessa, sateisina ja tuulisina päivinä yleisesti kävelyn ja pyöräilyn osuus pienenee normaalista. Kerättyä dataa on mahdollista verrata avoimen datan sisältöön, jota tarjoaa esimerkiksi Liikenteen turvallisuusvirasto Traficom sekä Ilmatieteenlaitos. Avoin data on yleisesti suuressa roolissa mittaustuloksien analysoinnissa, koska nykyteknologia mahdollistaa laajan datan keräämisen eri kohteista.

#### **4.3 Taustatutkimus**

Kohteen taustatutkimuksella pyritään selvittämään vallitseva nykytila, sekä ottamaan huomioon laskennassa olemassa olevat realiteetit. Nykytilaan vaikuttavat tekijät ovat liikkujamäärät, kulkumuotojen osuudet sekä olemassa olevan infrastruktuurin ominaisuudet, sekä sen mahdolliset tarvittavat muutokset. Taustatutkimuksen tukena toimii olemassa olevat tilastot, sekä muut tutkimukset, joiden avulla olemassa olevaa dataa on mahdollista vertailla tutkimuksesta saatuun dataan. Tutkimusta luodessa avoimen datan hyödyntäminen kerryttää myös itse mittaustuloksia.

## **5 MITTALAITTEET**

Mittalaitteiden kehitys on ollut viimeisten vuosikymmenten aikana suurta, ja täten käsinlaskennasta on siirrytty tukevasti koneelliseen laskentaan. Tulevaisuudessa kehittyneen konenäön ja -oppimisen myötä laskeminen on mahdollista suorittaa koneellisesti videokuvan perusteella, jolloin ihmisen rooli laskentoja tehdessä vähenee huomattavasti.

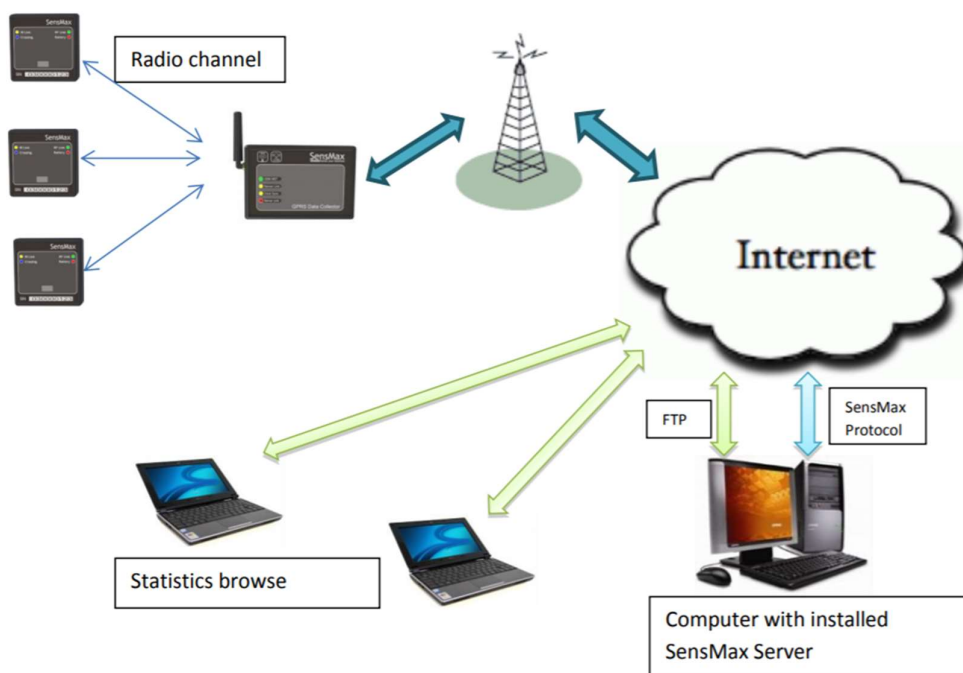
## 5.1 Historia

Tekniikan kehityksen myötä laskentatekniikka on kehittynyt viimeisen 10 vuoden aikana huomattavasti. Tämän taustalla on yhteyksien sekä sensoreiden mittatekniikan kehittyminen, sekä yhteyksien parantuminen ja vakautuminen. Käsineläskentään pohjautuvaa kävelyn ja pyöräilyn laskentaa on suoritettu kaupunkitasolla jo 1960-luvulta lähtien, josta laskentatuloksia on vielä tallella. Koneelliset laskennat kehittyivät 1990-luvulla, jolloin Helsinki ja Espoo olivat ensimmäisiä mittauksen suorittaneita kaupunkeja. 2000-luvulla koneelaskenta yleistyi, jolloin myös kävelyn ja pyöräilyn laskeminen siirtyi pääosin koneelliseksi. Kehityksen taustalla on ajoneuvoliikenteen laskureiden kehittyminen, josta kävelyn ja pyöräilyn laskemiseen soveltunut teknologia on pohjautunut.

## 5.2 Nykyteknologia

Langattomien yhteyksien kehittyessä on mahdollista kehittää laskentateknologiaa myös tehokkaammaksi, jolloin nopeiden yhteyksien avulla voidaan kerätä dataa (kuva 6) ja myös esittää sitä reaaliajassa. Tulevaisuudessa 5G-verkkojen yleistyessä on yhteydet nopeampia sekä vakaampia, jolloin liikennemittausten tehokkaampi ja laajempi suorittaminen mahdollistuu.

Kuva 6 Datan siirron peruseriaate. (SensMAX, n.d.)

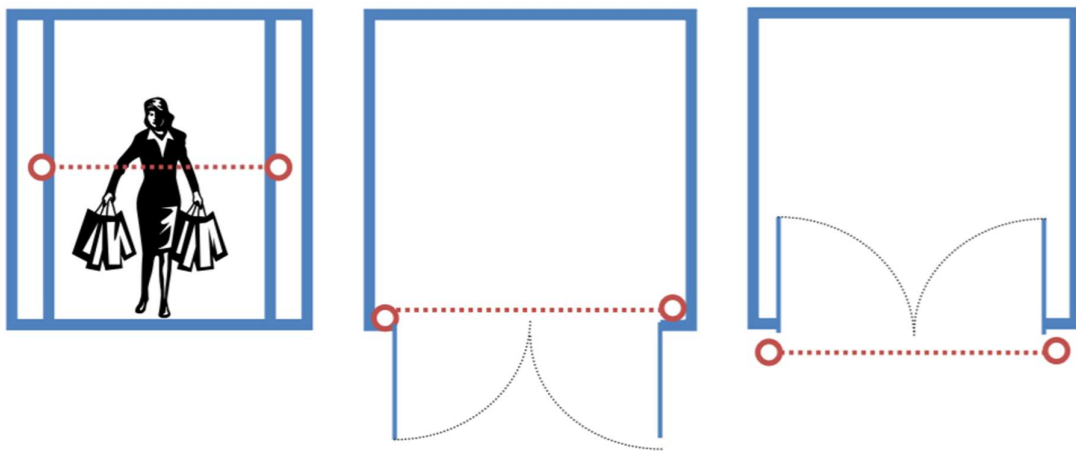


### 5.2.1 Laskentasensorit

Kävely ja pyöräliikenteen liikennelaskennan kehityksen perustana on toiminut sensorit sekä infrapunateknologia. Sensoreiden perustana toimii ruumiinlämmön tunnistus, ohi kulkevan liikkujan liike tai muu tunnistuskeino. Ruumiinlämmön tunnistuksen avulla ohitse kulkeva liikkuja on mahdollista havaita. Suurien massojen kohdalla pelkkä ruumiinlämmön tunnistava teknologia voi antaa puutteellisia mittaustuloksia, koska usean lähekkäin olevan ihmisen kohdalla sensori tunnistaa joukon vain yhdeksi liikkujaksi. Sensorilaitteisto yhdistää ruumiinlämmön tunnistuksen lisäksi tarkkuuslinssin, joka rajaa samanaikaiset liikkujat yksilöiksi. (EcoCounter, 2020)

Infrapunateknologiaa käyttävän sensorin toiminta perustuu ohikulkevan tunnistukseen, joka yhdistyy tarkkuuslinssin havaintoihin, tunnistuen liikkeen laitevalmistajasta riippuen noin 15 metrin päästä. Suunnantunnistuksen sisältävät laitteet tuplaavat kyseisen etäisyyden, mitaten näin 30 metriä. Sensorin mittaus perustuu yhden tunnistavan yksikön mittaukseen, tai vaihtoehtoisesti kahden sensorin välissä tapahtuvan liikkeen mittaukseen (kuva 7). Eri sensorit osaavat tunnistaa eri liikkujia, jolloin kävelijän ja pyöräilijän erottaminen on mahdollista. Infrapunan lisäksi mikroaaltotekniikkaa hyödynnetään ajoneuvojen mittauksessa. Mikroaaltojen negatiivinen puoli erityisesti kävelyn osalta on vaadittava 1 km/h nopeus, jonka laite vaatii tunnistusta varten. Näin hitaiden liikkujien mittaaminen tarkasti on kyseenalaista, ja mittaustulos saattaa vääristyä. (EcoCounter, n.d. -c)

Kuva 7 SensMax-sensorin toimintaperiaate. (SensMax, n.d.)



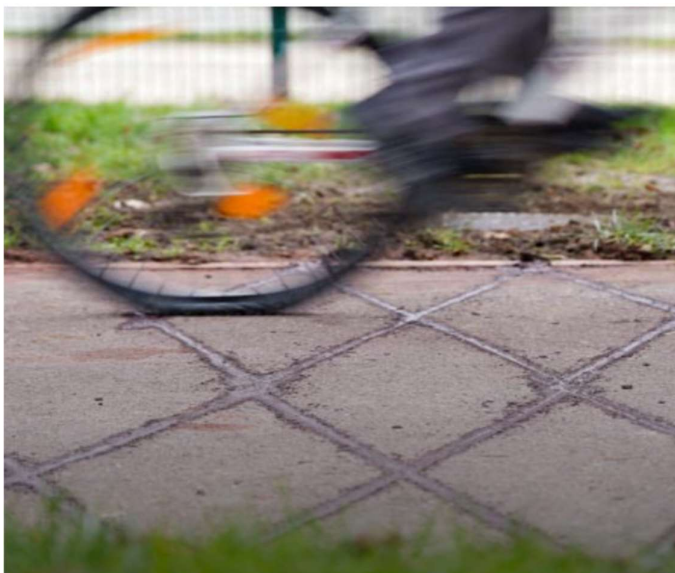


Sensorilaitteistoja on Suomen markkinoilla toimittaa Trafino, jonka mallistoon kuuluu ranskalaisen EcoCounterin laitteet, sekä SensMax-laittevalmistajan mallisto. EcoCounter on luonut pyro-nimikkeellä olevan sensorin, jonka monipuoliset kiinnitys mahdollisuudet tekevät sensorista käytettävän hetkellisissä sekä kiinteissä mittauksissa. SensMax-tuotteet soveltuvat erityisesti hetkellisiin mittauksiin. Vantaalainen Elpac Oy tuottaa liikennelaskureita ajoneuvoliikenteen puolelle, mutta kyseisten mittalaitteiden ominaisuudet soveltuvat myös kävely- ja pyöräliikenteen mittaamiseen. (EcoCounter, n.d. -c; SensMax, 2020. -b; ELPAC Oy, 2020)

### 5.2.2 Silmukat

Ajoneuvoliikenteen laskennassa käytetyt silmukkalaskimet ovat myös etenkin pyöräliikenteen laskemisen tukena. Silmukat ovat havaittavissa tieosuuksilla niiden timantinmuotoisesta kuviosta (kuva 8) tien pinnassa. Induktiivisen silmukan sensorit sahataan yleisesti noin 4–5 cm syvyyteen asfaltin pinnasta, josta se tunnistaa ylikulkevan liikkujan. Pituudeltaan silmukoiden etäisyys vaihtelee 1,1 metrin ja 9,0 metrin välillä. Silmukoiden avulla renkaan jättämä elektromagneettinen jälki tunnistetaan, ja mittaustulos havaitaan. Laskenta perustuu kahden suunnan laskemiseen, ja myös suunnan tallennukseen. (EcoCounter, n.d. -a)

Kuva 8 Silmukkalaskin. (EcoCounter, n.d. -a)



Silmukkalaskennan kehitys on tuonut polkupyöräliikenteen laskemiseen mahdollisuuksia, etenkin tilapäisiin laskentoihin. Silmukoiden liittäminen pintamateriaalin päälle luo 1–6 kk kestävästä tunnistuksesta, joka tunnistaa elektromagneettisen jäljen yli ajettaessa, kuten asfaltin alle asennuksessakin. Asfaltin päälle asennettuna silmukat ovat sääolojen kestäviä, eivätkä häiriinny vedestä. Silmukkalaskimien hankinta tapahtuu usein kuntien ja kaupunkien suunnittelun yhteydessä, joskin Laitteistoa on myös saataville kuluttajalle. Trafion markkinoima EcoCounter on kehittänyt zelt-silmukkalaskimia, joiden ominaisuudet vaihtelevat kiinteästä mittauksesta hetkelliseen mittaukseen. (EcoCounter, n.d. -a)

### 5.2.3 Tekoäly ja konenäkö

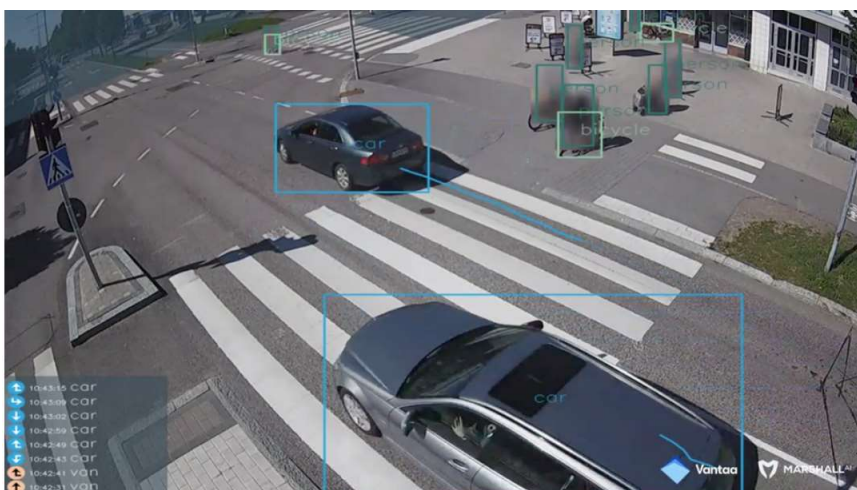
Tekoäly (artificial intelligence, AI) tarkoittaa koneen kykyä johdatella inhimillistä päättelyä. Tämä yhdistettynä konenäköön, joka perustuu kuvankäsittelypohjaiseen havainnointijärjestelmään, on mahdollista kerätä laskentadataa kuvan perusteella. Tekniikan avulla yhdellä kertaa kerätyn datan perusteella on mahdollista jakaa ja tunnistaa eri liikumismuodot, kuten pyöräilijät, jalankulkijat sekä autoilijat. Tekoälyn oppiminen mahdollistaa jatkuvan reagoinnin kuvan perusteella. Näin ihmisen merkitys mittauksissa tehdessä voidaan minimoida, kun kone osaa suoriutua tehtävästä kuvan ja haluttujen algoritmien avulla, eikä ihmisen tarvitse olla osallisena mittaustulosten keräämisessä. (CGI, n.d.)

Tekoälyn luomien mahdollisuuksien myötä videoanalytiikan ja konenäön hyödyntäminen laskennassa on yleistynyt. Prosessin pohjana toimii videokuva, josta opetetun tekoälyn on mahdollista kerätä dataa, sekä soveltaa sitä avoimen datan kanssa tehtäviin johtopäätelmiin. Tästä esimerkkinä ajoneuvoliikennettä kuvaava videokuva, josta tekoäly tunnistaa rekisteritunnuksia, joiden avulla on mahdollista määrittellä liikkujia auton tietojen perusteella avoimesta datasta saatavien tietojen perusteella. Data noudattaa yksityisyyden suojaa, jolloin data ei viittaa suoraan auton omistajaan. Videokuva toimii pohjana myös konenäön sovelluksissa, jolloin kuvasta tunnistettavat liikkujat voidaan jakaa esimerkiksi kävelijöihin, pyöräilijöihin, henkilöautoihin ja raskaaseen liikenteeseen. (CGI, n.d.)

Turkulaisen konenäköön erikoistuneen MarshallAI:n suorittamat konenäön mittaukset Vantaalla kesällä 2020 kertovat konenäön tukevan liikenteen kehitystä antamalla

ajantasaista sekä oikeaa tietoa liikenteen seuraamisesta. Konenäön myötä yhdellä mittauksella (kuva 9) on mahdollista tunnistaa kävelijä, pyöräilijä sekä autoilija, jolloin prosentuaalisesti Vantaan hankkeessa tarkkuus oli 98,2–99,8 %. Teknologian avulla liikennevalo-ohjattujen liittymien toimivuutta on mahdollista parantaa, sekä päästöjä sekä odotusaikoja pienentää. Liikennevalojen optimoinnilla tyhjäkäynnin määrä pienentyy merkittävästi, jolloin kaupunkialueilla päästöjen määrää on mahdollista vähentää. Vantaan tutkitun risteyksen Talvikki – Peltolantie odotusaikojä oli tutkimuksen mukaan konenäköä hyödyntäen mahdollista vähentää joka kymmenes sekunti, sekä vuodessa vähentää yli 30 tuhatta pysähdystä. (STT Viestintäpalvelut Oy, 2020)

Kuva 9 Pilotointi Vantaan kaupunki 2020. (STT Viestintäpalvelut Oy, 2020)



Muita käyttökohteita liikenteen osalta ovat älyliikenteen soveltaminen liikenneturvallisuuteen, jolloin rikkeiden ja vaaratilanteiden havaitseminen on mahdollista ennen loukkaantumisia. Pysäköintipaikoilla vapaiden ruutujen havainnointi konenäön avulla sujuvoittaa aluetta, ja vähentää ruuhkautumista. Myös pysäköintirikkeiden seuraamista on mahdollista tehostaa, jolloin konenäön avulla voidaan seurata kuljettajan liikkeitä pois autosta, ja täten määritellä todellisia pysäköinti aikoja. Konenäön ominaisuudet (kuva 10) luovat mahdollisuuksia lukuisiin erilaisiin liikenteellisiin mittauksiin. (STT Viestintäpalvelut Oy, 2020)

Kuva 10 Yksinkertaistettu palvelurakenne. (MarshallAI, 2020)



Koneoppimisen ratkaisuja hyödyntävä Advian pyrkii hyödyntämään dataa, sijaintia sekä kehittyntä analytiikkaa luodessaan kehittyneen teknologian ratkaisuja. Yritys on laajentanut osaamistaan myös liikenneratkaisujen kehittämiseen. Advianin käyttämä edge AI hyödyntää edistynyttä analytiikkaa ja edge-laskentatekniikoita, käyttämällä laitteistoa, joka mahdollistaa reunalaskennan. Edge AI-laitteisiin kuuluvat mm. dronet, itseajavat autot sekä kamerat, jotka hyödyntävät videoanalytiikkaa. Teknologian hyötynä on reaaliaikaisen analytiikan tapahtuminen. Esimerkkinä itseajava auto, jonka tekoälyavusteinen ajotietokone pystyy sensoreiden ja antureiden keräämän datan avulla tekemään itse päätöksiä ja ohjautumaan näin automaattisesti. (Advian Oy, n.d.)

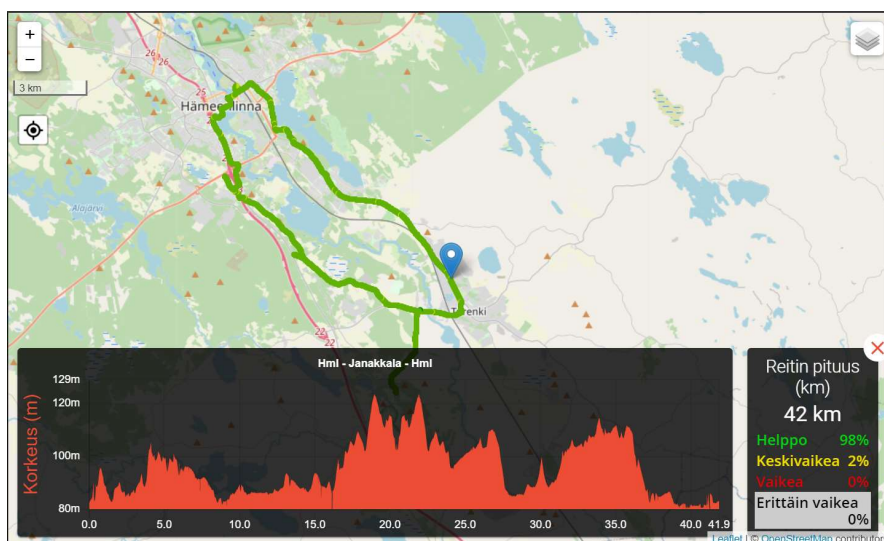
Liikennemäärien mittauksien lisäksi olennainen osa liikkumista on pintamateriaalin, yleisesti asfaltin, kunto sekä sen myötä kulkemisen helppous. Konenäköteknologiaan perehtynyt Väisälä on kehittänyt Road Ai-järjestelmän, jonka myötä konenäkö osaa analysoida tien pinnan muutokset videokuvan perusteella. Road Ai tunnistaa asfaltissa olevat halkeamat sekä muut muutokset, analysoiden sekä luokitellen ne halkeaman koon ja havaitun syvyyden perusteella. (Vaisala, 2020)

#### 5.2.4 TerrainSense

Reitiltä saatavaa dataa on mahdollista kerätä TerrainSensen sovelluksen avulla, joka mittaa tien kuntoa ja helppoutta kulkea polkupyörän taka-akseliin kiinnitettävän sensorin avulla. Sensori on Suunto Oy:n kehittämä MoveSense-sensori, jonka tarkoituksena on mitata tärinää taka-akseliin liikkeen kiihtyvyyden avulla. Mittauksen tavoitteena on saavuttaa 10–15 km/h nopeus, jotta sensorin voi havaita mahdollisimman tarkasti pinnassa tapahtuvat muutokset.

Sensorin data lähetetään Bluetooth-yhteyden avulla mobiililaitteeseen, joka lähettää kerätyn datan applikaation avulla palvelimelle. Lopputuloksena on reitiltä kerätty data, joka on nähtävissä selaimessa karttaohjelman avustamana (kuva 11). Karttapalvelu tekee yhteistyötä maanmittauslaitoksen kanssa. Hämeen ammattikorkeakoulun tutkimusyksikön HAMK Smartin sekä TerrainSensen yhdessä suorittaman Hämeen pilotin kokemuksia sekä mittaustuloksia on hyödynnetty tutkimuksessa. (TerrainSense, 2020)

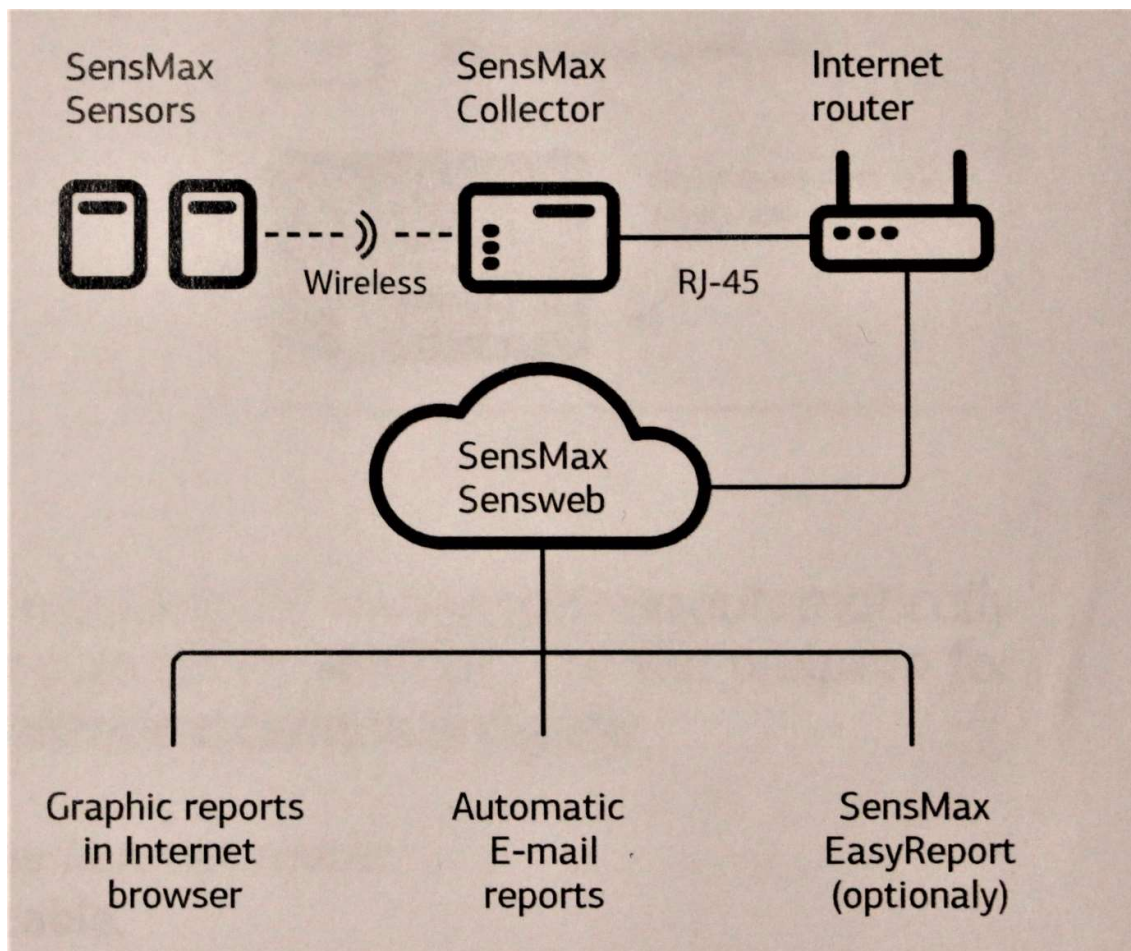
Kuva 11 TerrainSense mittaus. (TerrainSense, 2020)



### 5.2.5 Pilvipalvelu

Laitevalmistajasta riippumatta nykYTEknologian pohjana toimii pilvipalvelu, johon mittaustulokset kerääntyvät. EcoCounterin luoma EcoVisio luo käyttäjälle oman dashboard-työpöytänäkömään, jonka avulla käyttäjä voi luoda omia tilastoja, analyysejä sekä taulukoita omalle etusivulleen, josta tiedot on helppo havaita. Dashboard on täysin käyttäjän kustomoitavissa, ja käyttäjän on mahdollista luoda pienohjelmia, widgettejä, joiden avulla luodaan etusivun näkymää juuri käyttäjän näköiseksi. SensMax:n luoma SensWeb (kuva 12) toimii periaatteeltaan samalla tavalla, keräten datan sekä luoden sen avulla haluttuja malleja ja vertailuja, taulukoita sekä kuvaajia. Koneenäön tarvitseman ja synnyttämän datan määrän vuoksi pilvipalvelun tietoturva on kyseenalainen, jonka vuoksi datan prosessointi toimii yleisesti suljetussa verkossa. (EcoCounter, n.d. -c; SensMax, 2020. -b)

Kuva 12 Pilvipalvelun toimintamalli. (SensMax, n.d.)



### 5.2.6 Avoin data

Kerättyjen liikennelaskentojen lisäksi datan olennainen lähde on avoin data, jota eri toimijat julkaisevat yhteiskunnan käyttöön. Data on digitaalista informaatiota, jonka käyttö on mahdollista esimerkiksi liikennelaskentojen vertailuun. Datan käyttö perustuu alkuperäisen lähteen mainintaan, eikä se ei saa sisältää henkilötietoja tai salassa pidettävää aineistoa. Liikenteen näkökulmasta avoimen datan saatavuus on nykyaikana kattavaa, julkisten toimijoiden luovuttaessa dataa saataville monista eri lopputuloksista. (Avoindata, n.d.)

### 5.2.7 Tulevaisuuden 5G

Kattavien 5G verkkojen yleistyessä Suomessa luodaan mahdollisuudet datan entistä nopeampaan keräämiseen, siirtämiseen sekä analysoimiseen langattomasti. 5G:n tutkittuja etuja on viiveetön tiedonsiirto, jonka hyödyt ovat havaittavissa erityisesti autonomisissa

laitteissa. Liikenteen laskemisen näkökulmasta datan keruu lukuisten sensoreiden kautta, sekä tekoälyn analysoimana mahdollistaa liikenteen tehokkaamman optimionnin, jolloin voidaan kohdistaa voimavaroja kohti kahta teemaa: liikenneturvallisuus ja ympäristöystävällisyys. Uusien yhteyksien myötä esimerkiksi kuljettajien viestintäratkaisuja on mahdollista tehostaa ja parantaa, jolloin liikkumisesta kerättävän datan määrä kasvaa samalla. Käytännössä liikenteestä kerättävä data kohdistuu yksittäisten liikennemittausten suorittamisesta itse liikkujasta saatavan datan analysoimiseen, yleisen tietosuojasetuksen (General Data Protection Regulation, GDPR) rajoissa. (Ansio, 2020)

### 5.3 Analysointi

Laskennoista kerätyn datan analysointi tapahtuu pääosin pilvipalvelussa, jossa käyttäjä voi tutkia ja vertailla kerättyä dataa. Pilvipalvelu mahdollistaa myös tuloksien näyttämisen infotauluilla, jotka näyttävät liikkujat reaaliajassa. Pilvipalvelujen etuna on datan saavutettavuus, milloin ja missä tahansa, jolloin datan analysointia on mahdollista suorittaa useammassa paikassa samanaikaisesti.

#### 5.3.1 Kiinteät mittaukset

Kiinteän mittauksen perustana toimii tarve kerätä dataa pidemmältä aikaväliltä tietystä kohteesta, jolloin myös vertailu on mahdollista. Kiinteän mittauksen yleisiä mittalaitteita ovat silmukkalaskimet, joiden asennus tapahtuu asfaltin tai muun pintamateriaalin alle. Myös laskenta sensoreiden pidempiaikainen mittausta suoritetaan, jolloin käytössä on erillinen tolppa, jonka sisällä sensori sijaitsee. Näin tolpan asennus tapahtuu kiinteään esimerkiksi kaupunkiolosuhteissa katukivetykseen. Kiinteissä mittalaitteissa vaikuttavana tekijänä toimii hinta, joka usein kohoaa asennuksien myötä. (Eco Counter, 2018)

#### 5.3.2 Hetkellinen mittaus

Hetkellisen mittauksen hyötypuolia ovat mittalaitteiden helppo siirtäminen halutun ajanjakson jälkeen uuteen paikkaan, ilman kiinteitä kiinnityksiä. Hetkellisen mittauksen edut korostuvat esimerkiksi tapahtumissa, joissa liikkujien pidempi aikaiselle päivittäiselle mittaukselle ei ole tarvetta. Mittauksissa käytettäväksi laitteistoksi soveltuu sensorit, letkukset sekä silmukkalaskimet, jotka ovat laitevalmistajan toimesta tarkoitettu tilapäiseen



laskentaan. Hetkellinen mittaus kohdistuu yleisesti 6–12 kuukauden aikavälille, jota laitteiston akkuteknologia myös tukee. (Eco Counter, 2018)

## 6 SELVITYS CASE HÄME

Tutkimuskohteeksi kohdistui Kanta-Hämeen alue, jonka maakuntakeskuksena toimii Hämeenlinna. Tutkimuksen tarkoituksena on havainnoida Hämeenlinnan kaupungin liikkumista, etenkin kävely- ja pyöräliikenteen osalta. Tämän osalta suoritetaan pilotointi, jossa nykYTEknologian mittalaitteilla pyritään mittaamaan kävelyn ja pyöräilyn osuuksia kaupungissa. Osana pohdintaa kuuluu myös haja-asutusalueiden liikkumisen tehostaminen viisaan liikkumisen suuntaan, eli vähentäen yksityisautoilua.

### 6.1 Tutkimusasetelmat

Kävely ja pyöräily etenkin osana joukkoliikennettä on suuressa roolissa myös Hämeessä. Joukkoliikennevuorojen vähentyminen johtaa yksityisautoilun lisääntymiseen, joka on vastoin Suomelle laadittuja ilmastotavoitteita. Valtakunnallisen henkilöliikennetutkimuksen (2018) mukaan kestävien kulkumuotojen osuudet jakautuivat Taulukon 2 mukaisesti.

Taulukko 2 Kestävien kulkumuotojen vertailu. (Väylävirasto, 2018)

Alue	Kulkutapaosuus matkoista	Kulkutapaosuus matkasuoritteesta
Päijät-Häme	32 %	13 %
Riihimäen seutu	37 %	20 %

Riihimäen seudulla on havaittavissa, että pyöräilyn ja yleisesti ulkoliikunnan osuus on matkasuoritteessa arvioituna vähäisintä koko Suomessa. Päijät-Hämeen alueella linja-autoliikenteen käyttö on kokonaiskuvassa vähäisintä. Matkasuoritteista Riihimäen seudulla



oli tutkimuksen suurin suorite, jota selittää pääkaupunkiseudulle suuntautuvan liikenteen suuret määrät. Henkilöautolla liikkuminen mitattiin Riihimäen seudulla nopeimmaksi vaihtoehdoksi kuljettuihin kilometreihin nähden. (Väylävirasto, 2018)

Hämeenlinnan kaupungin asukkaista  $\frac{1}{4}$  asuu pitäjissä, jolloin liikkumisen vaihtoehtoista yksityisautoilu on yleisin kulkumuoto erityisesti kaupungin keskukseen saapuessa. Julkisen liikenteen avulla olisi kuitenkin mahdollisuus pienentää tätä oman auton käytön tarvetta, jolloin keskusta-alueelle saapumiseen ei tarvitsisi käyttää autoa. Ongelmana julkisen liikenteen käytössä on resurssien vähyys, sekä koronaepidemian (Covid-19) aiheuttama julkisen liikenteen käyttöasteen vähentyminen, jonka vaikutuksia on mahdotonta arvioida tulevaisuuteen. Vuoden 2020 maaliskuussa julkisen liikenteen käyttöaste tippui radikaalisti 80 % edellisvuoteen verrattaessa koronaepidemian leviämisen vuoksi. Erityissuunnittelija Ismo Hannula mukaan kävelyn ja pyöräilyn rooli ei kuitenkaan kasvanut merkittävästi etenäkään työmatkaliikenteen osalta Hämeen alueella, vaan tapahtunut kasvu keskittyi enemmän vapaa-ajan liikkumisen lisääntymiseen. Yksityisautoilu jopa kasvatti yleisesti suosiotaan, joskin etätöiden yleistymisen vaikutti myös suuresti kokonaisvaltaiseen liikkumiseen myös Hämeen alueella. (Hannula, 2020)

Kanta-Hämeen alueella pitkien välimatkojen vuoksi yksityisautoilu on monelle ainoa mahdollisuus harjoittaa ammattiaan. Myös liikenne pääkaupunkiseudulle kasvattaa henkilöautosuoritteiden määrää. Hämeenlinnan infrastruktuuri on pyöräilylle suotuisaa, ja sen kehittäminen turvallisemmaksi tukisi pyöräliikennettä. Nykyisellään keskusta-alueen ongelma on useat vilkkaiden teiden ylitykset, jotka hidastavat matkan kulkua sekä erityisesti heikentävät turvallisuutta, joka on todettu kaupungin liikennesuunnittelussa Kim Venesjärven toimesta todettu. (Venesjärvi, 2020)

Haja-asutuksen joukkoliikenteen käyttöä tukevia toimenpiteitä tulisi kehittää, jolloin linja-autolinjojen määriä tulisi suunnitella tehokkaammin. Etenkin pyöröliikenteen yhdistäminen osaksi joukkoliikennettä ja tehokkaiden matkaketjujen luominen edellyttää esimerkiksi pyöräpysäköinnin kehittämistä, jolloin pyöräilyn yhdistäminen joukkoliikenteeseen olisi saumatonta. Näin yleiseksi ongelmaksi havaittu last mile olisi toteutettavissa pyöräliikenteen voimin.

## 6.2 Suunnittelu

Tutkimuksen lähtökohtana on tutkia tämänhetkistä teknologiaa hyödyntäen liikkumista Hämeenlinnan alueella, keskittyen kävely- ja pyöräliikenteen määriin. Tutkimuksen johtopäätöksien perusteella on tavoitteena luoda havainnollistava kuva mittalaitteiden tuomista mahdollisuuksista liikenteen eri käyttäjien analysointiin, keskittyen liikennemääriin sekä väylän kuntoon. Tutkimus toteutettiin havainnollistavassa ympäristössä, eivätkä mittaustulokset ole vertailukelpoisia vähentyneen liikkumisen vuoksi. Tutkimuksen tarkoituksena on todentaa mittalaitteiden olemassaolo, sekä tutkia saadun datan hyödyllisyyttä.

## 6.3 Laitteisto ja sen käyttöönotto

Hämeen ammattikorkeakoulun alueella Hämeenlinna Visamäessä testilaitteina toimii SensMax-laitevalmistajan sensorit (kuva 13), jotka ovat kehitelty mittaamaan kävely- ja pyöräliikennettä. Kokonaisuudessaan testilaitteet olivat:

- SensMax Pro D3 LR TS Sensor
- SensMax 3G LR TS Collector
- SenssWeb Premium – pilvipalvelu

Valinta kyseisiin laitteisiin kohdistui niiden ominaisuuksien perusteella, joita oli mittausetäisyys, useiden sensorien samanaikainen laskenta, sensoreiden asentamisen helppous sekä alhainen hankintahinta. Valittujen sensoreiden myötä pystyttiin havaitsemaan useasta laitteesta samanaikaisesti saatu data sekä sen visualisoiminen.

Kuva 13 Käytössä olleet SensMax-sensorit



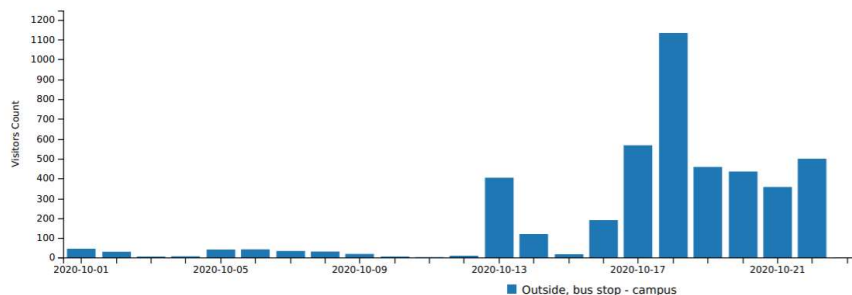
### 6.3.1 Laitteisto

Sensorien mittaustekniikka perustuu kahden sensorin välistä kulkevan liikkujan tunnistamiseen infrapunan avulla. Sensorit ovat yhdistetty keskenään Bluetooth-yhteydellä, jolloin kahden sensorin välimatka on tehokkaimmillaan alle kuudessa metrissä. Sensorit lähettävät dataa collectorille radiosignaalin avulla, jonka kantama on noin 150–250 metriä sensoreista, samanaikaisesti sallien 30:n sensorin lähettävän dataa collectorille. Itse collector lähettää dataa 3G-verkon avulla, jolloin SIM-kortin hankkiminen on kyseiselle laitteistolle ehdotonta. Ohjelmistona käytössä ollut SensWeb Premium toimi pilvipalveluna, johon collectorin keräämä data (kuva 14) siirtyy. Pilvessä kerätty data on analysoitavissa ja havainnollistettavissa haluttuun muotoon.

Kuva 14 SensWeb-pilvipalvelun luomaa статистиikkaa. (SensMax, 2020. -a)

Visitors count (barchart) for the period Last month

Period: 2020-10-01 (Thursday) - 2020-10-31 (Saturday)



### 6.3.2 Käyttöönotto

Mittalaitteistona toimineet sensorit otettiin käyttöön opinnäytetyötä tehdessä, jolloin myös asennus ja itse käyttöönotto tapahtui. Laitteiston käyttöönotto edellytti sensoriparin yhdistämistä collectoriin, sekä sen yhdistämistä pilvipalveluun. Sensorit havaitsivat toisensa paristojen asettamisen myötä automaattisesti, joka nopeutti käyttöönottoa. Olennainen osa käyttöönottoa oli sensoreiden asentaminen paikoilleen, eli oikeanlaisten kiinnikkeiden luominen. Sensoreissa mukana tulevat telineet sekä teippien liimapinnat eivät soveltuneet ulkotiloissa tapahtuvaan mittaukseen, jonka vuoksi telineiden rakentaminen oli ehdotonta. Myös sisätiloissa teippien varassa oleva kiinnitys havaittiin riskialttiiksi, jolloin telineiden kehittäminen sisämittauksillekin oli edellytys onnistuneeseen asennukseen.

Muita huomioitavia asioita käyttöönotosta oli SIM-kortin ja prepaid-liittymä ehdoton hankkiminen, jotta collector pystyy lähettämään dataa. Myös collectorin vaatima jatkuva verkkovirran tarve synnytti pohdintaa. Mittalaitteiden asentaminen vaati erityistä suunnittelua sensoreiden ominaisuuksien vuoksi, jotta vaadittu maksimaalinen yhdeksän metrin välimatka toteutui. Myös etäisyys collectorille oli harkittava tarkasti, jotta maksimi 150–250 metriä ei ylity.

### 6.3.3 Havainnot

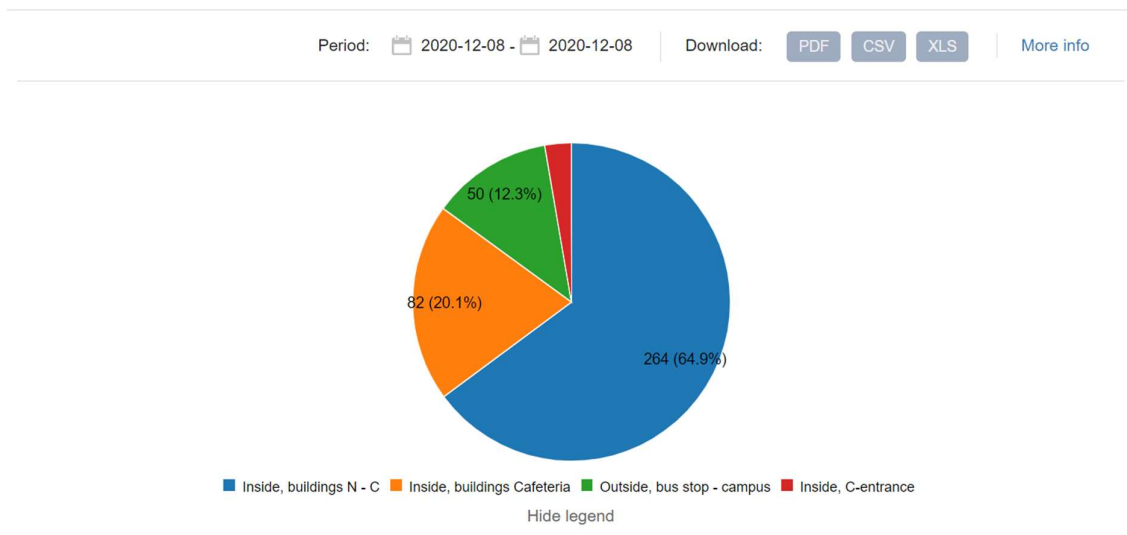
Mittalaitteiden mukana tulleet vesitiiviit kotelot havaittiin testauksen yhteydessä vettä pitämättömiksi, keräten kosteutta sisällensä. Myös mukana tulleet AA-paristot oli havaittavissa epävarmaksi vaihtoehdoksi Suomen sääolojen vuoksi. Paristojen käyttöikä voi

lyhentyä huomattavasti kylmien sääolojen takia, ja mittalaitteita tarkastellessa oli huomattavissa, että ulkotiloissa olleiden sensoreiden virran taso oli huomattavasti alhaisempi kuin sisätiloissa olleiden sensoreiden noin kahden kuukauden käytön jälkeen. Sensoreiden sääolojen kestävyys aiheutti pohdintaa, sääolojen muuttuessa kosteaksi, sensoreiden suojakotelot sekä itse sensorit olivat keränneet kosteutta sisälleen ohjeenmukaisesta kiinnityksestä ja asennuksesta huolimatta.

Datan keräämisen kannalta ongelmallista oli prepaid-kortin umpeutuminen mittauksen aikana, jonka myötä datan keruuseen syntyi katkos. Ulkotiloissa toimineiden laitteiden kanssa havaittiin ongelmia, joka ei korjaantunut paristojen vaihdon yhteydessä. Sensoreiden välinen yhteys toimi, mutta niiden välissä tapahtuvan liikkumisen mittaaminen ei toiminut. Sensoreiden kiinnitys purettiin, ja yhdistettiin uudestaan collectoriin lähietäisyydellä. Toimenpiteen myötä sensoreiden toiminta jatkui normaalisti. Pohdintaa herätti sensoreiden käytön toimivuus ulkotiloissa, sekä niiden soveltuvuus Suomen syys- ja talviolosuhteisiin, jolloin ilman kosteus, sademäärät sekä alhainen lämpötila ovat mahdollisia häiriötekijöitä. Laittevalmistajan lupaama 150–250 metrin etäisyys mitattiin kokeilun aikana, jolloin havaittiin datan keruun onnistuvan myös tätä pidemmältä etäisyydeltä, mutta datan lähettämisen edellytys oli sensoreiden palaaminen säteen sisäpuolelle. Täten sensorit varastoivat kerätyn datan laskennan ajalta.

Pilvipalvelussa visualisoidun datan saatavuus oli kattava, ja sen avulla on mahdollista havaita eri parametrien perusteella liikkujamääriä haluttuna ajanjaksona. Datasta on mahdollista luoda erilaisia kaavioita haluttuna ajanjaksona, luoden visuaalisesti laajan kattauksen erilaisia vaihtoehtoja. Kerätyn datan myötä voidaan osoittaa eri vaihtoehtojen avulla selkeästi (kuva 15 ja 16) rakennuksen eri sisäänkäyntien kävijämäärien eroja.

Kuva 15. Datan visualisointi ympyräkaaviolla. (SensMax, 2020 -a)



Kuva 16 Liikkujamäärien visualisointi kellonajan perusteella. (SensMax, 2020 -a)



Pilvipalvelussa esitettyjen visuaalisten kuvaajien lisäksi datan lataaminen onnistuu excel- taulukkona, (Taulukko 3) jonka avulla tietojen laajempi käsittely laskentataulukko- ohjelmassa on mahdollista. Senrorien keräämä data tallentuu laskentaan valittujen ehtojen mukaisesti, kirjaten sensorin nimen, sarjanumeron, päivämäärän, viikon päivän sekä - numeron. Laskentataulukoihin saadun datan myötä on mahdollista vertailla muihin arvoihin, kuten sääolosuhteisiin tai julkisen liikenteen aikatauluihin, ja seurata kyseisten arvojen vaikutusta liikkujiin. Saadun datan pohjalta voidaan tehdä uusia päätöksiä tai muutoksia

olemassa oleviin liikenne- ja ratkaisuihin. Dataa yhdistämällä laajempaan kokonaisuuteen on mahdollista kerätä laajempaa ymmärrystä ihmisten liikkumisesta sekä liikenteellisistä valinnoista. Testijakson aikana liikkujien todellista määrää ei onnistuttu selvittämään, maanlaajuisten koronarajoitteiden vuoksi.

Taulukko 3 Ladattava materiaali SensWeb-pilvipalvelusta Excel-tilukkona

Name	Serial	Date	Day of the week	Number of the week	Visitors Count
Outside, bus stop - campus	041000518	2020-12-08	Tuesday	49	51
Inside, buildings N - C	041000519	2020-12-08	Tuesday	49	264
Inside, buildings Cafeteria	040003370	2020-12-08	Tuesday	49	82
Inside, C-entrance	041000506	2020-12-08	Tuesday	49	11

#### 6.3.4 Muut mittalaitteet

Hämeenlinnan kaupungin käytössä olevat EcoCounter-laitteistot ovat olleet käytössä syksystä 2017 lähtien, jonka avulla datan keruu pitkällä aikavälillä on ollut mahdollista.

Testilaitteina ovat olleet:

- Citix-3D-laskentasensori
- Eco-Display-laskentanäyttö
- Eco-Totem-laskentasensori

- Eco-Visio-pilvipalvelu

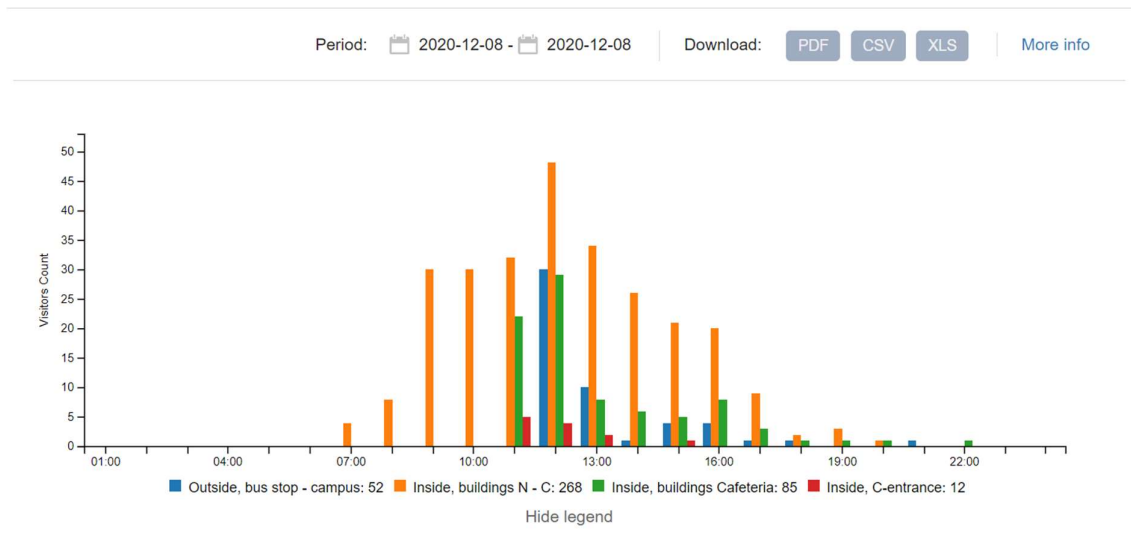
Laitteisto poikkeaa käytössä olleista SensMax-laitteistoista ominaisuuksien puolesta, EcoCounterin laskureiden voiden tunnistaa eri liikkumismuotoja. Haja-asutusalueen kannalta konenäköä hyödyntävä Citix-3D-laitteisto palvelee huomattavasti paremmin havainnointia, kuin vertailuna käytössä olleet SensMax-sensorit, joiden ongelmaksi koituu 150 metrin kantama, sekä collectorin vaatima verkkovirran tarve laskentojen ajaksi. Citix-3D laskentasensorin virta pohjautuu akkuteknologiaan, sekä datan lähetys laitteessa sisäisesti olevaan reitittimeen, joka lähettää dataa pilvipalveluun.

#### 6.4 Laskentapaikat

SensMax-mittalaitteiden pilotointi suoritettiin Hämeen ammattikorkeakoulun alueella Hämeenlinnassa. Mittalaitteiden toimivuutta testattiin sisätiloissa sekä ulkona, jolloin pystyttiin todentamaan laitteiston toimivuus sääoloista riippumatta. Suomen sääolot olivat mittaushetkellä tyypillisiä vuodenaikaan nähden. Ulkona sijainnut laskentapaikka valittiin sen oletetun tiuhan kävely- ja pyöräliikenteen käyttöasteen myötä, sen sijaitessa linja-autopysäkin läheisyydessä, jolloin linja-autolla ammattikorkeakoululle saapuvat kuuluivat laskennan piiriin. Sisätiloissa laskenta tapahtui kampuksen N- ja C-talojen välissä, C-talon sisäänkäynnillä sekä ruokalan sisäänkäynnillä (kuva 17). Tällöin tulokseen mahtuivat suurin osa kampuksen käyttäjistä. Sisätiloissa tapahtuneiden mittauksien analysoinnissa oli otettava huomioon koronaviruksen aiheuttamat muutokset liikkujamääriin. Kampuksella tapahtuva opetustoiminta on rajattu syksyllä 2020 minimiin, jolloin suurin osa luennoista ja opetustoiminnasta tapahtui etänä.

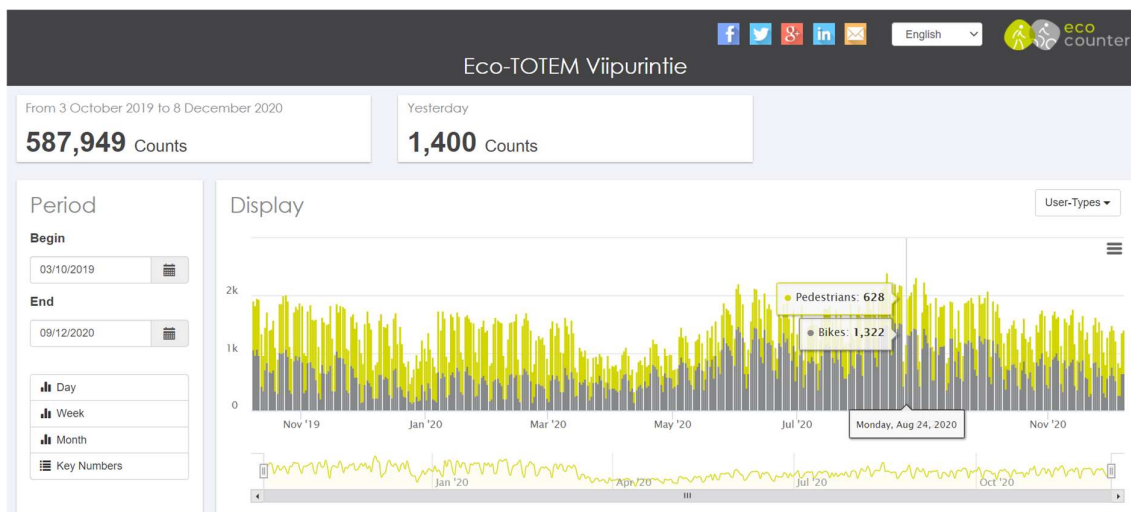


Kuva 17 Datan visualisointi pylväskaaviolla. (SensMax, 2020. -a)



SensMax-laitteiston lisäksi Hämeenlinnassa käytössä olevat EcoCounter-liikennelaskimet keräävät dataa kävelyn ja pyöräilyn liikkujamäärästä. Keskusta-alueille Turuntielle sekä Viipurintielle sijoitetut mittauslaitteet erottelevat kävelijät sekä pyöräliikenteen, jolloin saatu data on kattavampaa kuin SensMax-laitteistolla saatu data, joka erottelee vain liikkujien suunnan. Turuntielle sijaitseva mittalaite sekä Eco-Display-näyttö ovat olleet käytössä joulukuusta 2017 lähtien, jolloin kaupungin alueelta saatavaa dataa on kertynyt laajasti. Viipurintiellä sijaitseva Eco-Totem-laskuri (kuva 18) on ollut toiminnassa lokakuusta 2019 lähtien.

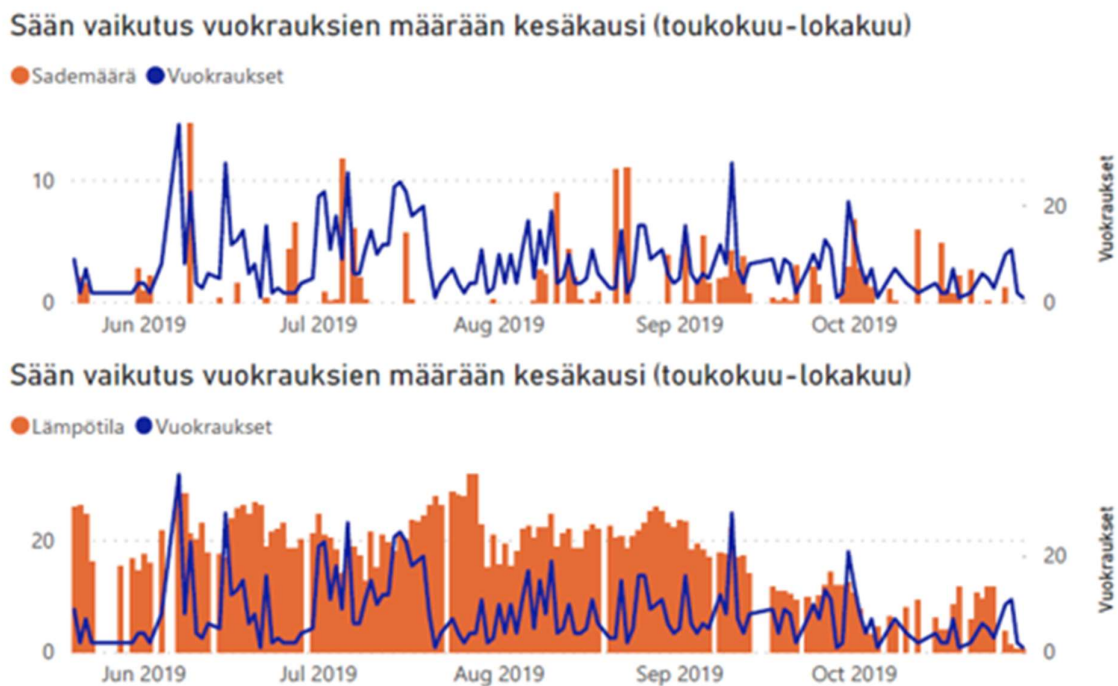
Kuva 18 Eco-Visio pilvipalvelu. (EcoCounter, 2020. -b)



## 6.5 Datan yhdistäminen

Kerättyjen mittaustulosten laajempi tarkastelu edellyttää datan yhdistämistä ja integraatiota keskenään, jolloin datasta saatavat lopputulokset ovat verrattavissa ja konkretisoituvat tuloksiksi. Eri datan lähteiden, käytännössä mittaustulosten, yhdistäminen tapahtuu yleisesti laskentataulukko-ohjelman avulla, jota käytössä ollut SensMax-laitteisto tuki myös vahvasti. Laskentataulukkojen apuna on mahdollista hyödyntää avoimen datan luomia mahdollisuuksia, jonka myötä vertailuja esimerkiksi ilmatieteenlaitoksen sääkarttoihin, liikenne- ja viestintävirasto Traficomin liikenteen tilastoihin sekä digi- ja väestöviraston avoimen datan sisältöihin on mahdollista toteuttaa. Myös Väyläviraston kehittämän henkilöliikennetutkimuksen tuloksien tutkiminen ja hyödyntäminen luo pohjaa kattavaan tutkintaan. Kuva 19 havainnollistaa sääolojen vaikutukset kaupunkipyörävuokrausten määrään Hämeenlinnassa vuonna 2019 tehdystä Liikenne 4.0:n kaupunkipyörähankeesta.

Kuva 19 Sääolojen vertailun visualisointi. (HAMK Smart, henkilökohtainen tiedonanto, 26.1.2020)



Lopputuloksen esimerkkinä voidaan tutkia Hollannin Cycling Intelligence-kokonaisuutta, johon paikallisen henkilöliikennetutkimuksen sekä provinseissa tehtyjen mittausten perusteella on kerätty dataa, ja visualisoitu se Power Bi-ohjelmistolla (kuva 20)

käyttäjäläheiseksi. Datan yhdistämällä luodaan kokonaiskuva kerättyjen mittaustulosten sekä olemassa olevan datan pohjalta kohteeseen, jota on tarkoitus havainnoida. Täten pilvipalveluista kerätyn datan myötä visuaalisten lopputulosten luominen voidaan toteuttaa kattavasti.

Kuva 20 Cycling Intelligence. (Breda University of Applied Sciences, n.d.)



## 6.6 Esimerkkitapaus

Saatujen havainnointien perusteella voidaan havaita mittalaitteiden soveltuvuutta esimerkkitapausten avulla. Tutkimuksessa mukana olevien laitteistojen perusteella mittalaitteiden sijoittaminen esimerkiksi joukkoliikenteen pysäkkien tai haja-asutuksen yhdistäviin tieosuuksien läheisyyteen todentaa käytössä olevien väylien käyttöastetta, mutta antaa myös dataa joukkoliikenteen käytöstä, tukien näin viisaan liikkumisen tavoitteita. Kävely- ja pyöräliikenteen käyttöasteesta voidaan päätellä työmatkaliikenteen osuuksia laskenta-aikojen perusteella, sekä verrata tätä huipputuntien liikennemääriin sekä muun ajan liikkumiseen. Työmatkaliikenteen olennainen osa on joukkoliikenteen palvelut, jolloin esimerkiksi liityntäpysäköintien läheisyydessä olevat laskurit mahdollistavat julkisen liikenteen käytön tutkimista.

Konenäön avulla laajemman datan kerääminen on mahdollista, lisäten tutkivan tahon kustannuksia. Videoidun kuvan perusteella saadun datan kanssa voidaan tutkia kutsuliikenteen ja joukkoliikenteen palveluiden tehokkuutta, ja kuinka joukkoliikenteen aikatauluratkaisut palvelevat käytännössä haja-asutuksen liikkujia. Liikenneturvallisuuden kannalta laskureiden sijoittaminen vaarallisiksi havaittuihin tai turvallisuutta heikentäviin paikkoihin, kuten ruuhkaisten teiden ylityskohtiin, antaa dataa liikkujamääristä, jotka ovat erityisen alttiita liikenneonnettomuuksille.

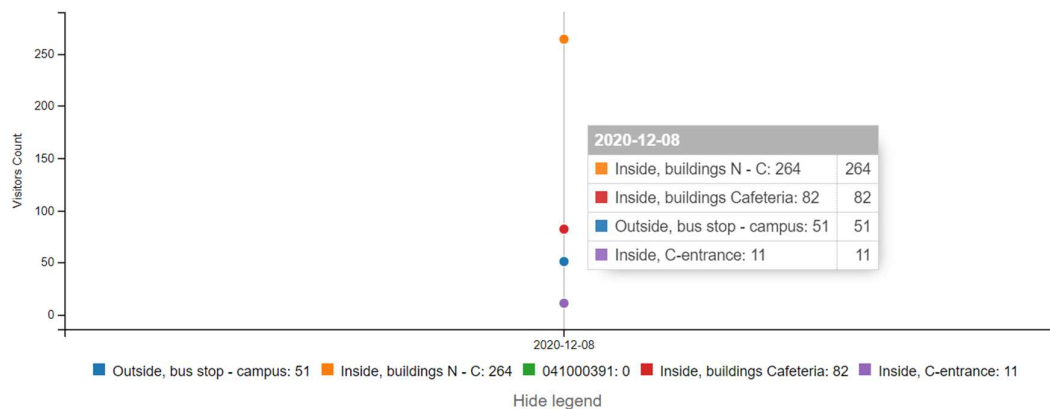
## **7 LOPPUTULOKSET**

Lopputuloksien käsittely pohjautuu mittauslaitteiden käytön todentamiseen, ja halutun mahdollisen mittaustapahtuman demonstrointiin pienemmässä ympäristössä. Laitteiston avulla on mahdollista kerätä dataa, jota voidaan analysoida sekä visuaalisesti esittää eteenpäin.

### **7.1 Arviointi**

Liikennemittauksista saatava data on olennainen osa väylien ja liikenneratkaisujen kehittämistä kohti kestäväää liikkumista. Käytössä olleiden testilaitteiden avulla saatava data antaa mahdollisuuden arvioida kävelyn ja pyöräilyn käyttöastetta (kuva 21) tietyn ajan jakson aikana, tietyssä ympäristössä. Laitteiston soveltuvuus pidempiaikaiseen ulko-olosuhteiden mittaamiseen on kuitenkin kyseenalainen, havaittujen ongelmien ja haasteiden vuoksi. Hämeenlinnassa olemassa olevien kiinteiden mittalaitteiden avulla on todennettu pyöräilyn käyttöasteen muutoksista suhteessa keliolosuhteisiin ja vuoden aikaan, jolloin voidaan havaita pyöräliikenteen laskevan vahvasti talvikuukausien aikana. Tänä aikana kävelyn rooli taas korostuu. Pyöräilyyn vaikuttavia tekijöitä sääolosuhteiden lisäksi on myös väylien talvikunnossapito, joka vaihtelee alueittain suuresti. Kesällä 2020 suoritettujen TerrainSense-tärinämittausten myötä on todennettu, että dataa on mahdollista kerätä myös asfaltin pinnan muutoksista ja väylien kunnosta, jolloin infran tutkiminen kevyen liikenteen käytöllä on myös toteutettavissa.

Kuva 21 SensWeb- pilvipalvelun liikkujamäärien visualisointi. (SensMax, 2020. -a)



## 7.2 Johtopäätökset

Mittauslaitteiden käytön perusteella voidaan todeta niiden antavan kattavaa dataa liikkujien määristä alueittain, jonka mukaan johtopäätelmien tekeminen on mahdollista. Laitteiston avulla kerätään dataa, jonka myötä syntyy faktoja mielipiteiden ja tuntemusten pohjalle. Datan hyödyntäminen kunta ja kaupunkitasolla on nykypäivänä keskeisessä roolissa alueiden kehityksen kannalta, jolloin datan avulla voidaan perustella tuntemuksia ja tarpeita uusille hankkeille. Datan keräämisen myötä sijoittajien ja rahoittajien saaminen konkretisoituu, kun olemassa olevien faktojen avulla voidaan todentaa tarve. Saadun datan myötä on mahdollista tehdä toimivuustarkasteluja sekä kohdentaa suunnittelun tarvetta mahdollisiin liikenneinfran ratkaisuihin sekä muutoksiin.

Haja-asutusalueen kannalta mittalaitteiden hyödyntäminen kohdistuu kävely- ja pyöräliikenteen käyttöasteen sekä väylän kunnon mittaamiseen, joka mahdollistaa täten väylä infrastruktuurin tarkemman tutkimisen ja mahdollisen kehittämisen. Konenäköä hyödyntävien sovellusten sekä avoimen datan avulla haja-asutusalueen liikkujista on mahdollista havaita esimerkiksi taksiliikenteen määriä, jolloin esimerkiksi kutsutaksijärjestelmän havainnointiin ja mittaamiseen luodaan mahdollisuus. Konenäön sovellusten avulla videokuvan perusteella on mahdollista kerätä laadukasta dataa, jota tukee tulevaisuuden kehitys sekä arkeen saapuvat 5G-verkot.

Mittauksien tukena olennaisessa roolissa on myös asukaskyselyt ja -tutkimus, jonka myötä on mahdollista kerätä paikallisten kävelijöiden ja pyöräilijöiden mielipiteitä datan tuoksi. Väylän kunto on suuri tekijä sen käytön taustalla, jolloin toimivan infran myötä liikkujan kynnys valita kävely tai pyöräily liikkumisvälineekseen pienenee. Infran lisäksi mukavuusasteen sekä palvelutason korottaminen esimerkiksi valaistuksella ja istutuksilla luo pohjaa kävelyn tai pyöräilyn valitsemiseen entistä herkemmin.

Teknologian kehittymisen myötä mittalaitteiden ominaisuudet ovat kehittyneet, jonka myötä myös kerätty data on laajempaa, sekä paremmin visualisoitavissa. Konenäön tuomien mahdollisuuksien myötä ihmisen rooli itse mittauksessa vähenee, jolloin myös inhimillisen virheen mahdollisuus pienenee.

## Lähteet

- Advian Oy. (n.d.). *Mitä on Edge AI?* <https://www.advian.fi/mita-on-edge-ai>
- Ansio, V. (vetäjä). (6.8.2020). *Kävely ja pyöräily nosteessa | Osa 1: Kestävä liikkuminen*  
6.8.2020. [webinaarisarja] Traficom. <https://www.kunta.tv/kavely-ja-pyoraily-nosteessa-osa-1-kestava-liikkuminen-6-8-2020/>
- Avoindata.fi. (n.d.). *Mitä on avoin data?* <https://www.avoindata.fi/fi/opas/mita-on-avoin-data>
- Breda University of Applied Sciences. (n.d.). *Cycling Intelligence* [tutkimusaineisto]  
<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoim2QzYzdIMWQtNGZjNi00YjdkLTg3MGYtMzRmZmQ0ZTAyMTg5liwidCI6IjE4MzZhODZhLTQxNTItNGJINS1hZjM1LTU1MjAyOTQzOTAwOClsmMiOjI9>
- Business Finland. (19.3.2020). *MaaS Global mullistaa liikennettä matka kerrallaan.*  
<https://www.businessfinland.fi/ajankohtaista/caset/2020/maas-global-mullistaa-liikennetta-matka-kerrallaan>
- CGI. (n.d.). *Mitä on tekoäly?* <https://www.lvm.fi/-/tieliikenteen-paastot-laskussa-2020-luvulla-uusia-toimia-tarvitaan-yha-1166678>
- Eckhardt, J. (vetäjä). (2019). *Liikenteen muutokset ja maaseutu* [webinaari]. Maaseudun kuljetusten ja liikkumisen digiboksi.  
<https://www.youtube.com/watch?v=mZpgUOigCOY>
- Eco Counter. (27.3.2018). *Planner Resources: How to build a bike count program.*  
<https://www.eco-compteur.com/en/blog/how-to-build-a-bike-count-program/>
- EcoCounter. (n.d. -a). *Easy Zelt.* <https://www.eco-compteur.com/en/produits/zelt-range/easy-zelt/>
- EcoCounter. (n.d. -b). *Eco-Totem Viipurintie.* <http://www.eco-public.com/public2/?id=100054190>
- EcoCounter (n.d. -c). *Option Comparison.* <http://mpo-gw.hcmpo.org/webfiles/BPAC/Option%20Comparison%20for%20Run,%20Ride%20%20Share.pdf>
- Eduskunta. (22.6.2020). *Kirjallinen kysymys sähköpyörän hankintatuesta.*  
[https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Kysymys/Sivut/KK\\_516+2020.aspx](https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Kysymys/Sivut/KK_516+2020.aspx)
- ELPAC Oy. (n.d.). *Tekniikka.* <https://elpac.fi/fi/tuote/liikennelaskurit-sr/>
- Ervasti, A. (2019). *Punainen pyöräbaana jatkuu Raksilasta Mäntylään – kaupunki hakee 1,8 miljoonan euron hankkeeseen valtion avustusta.* Kaleva:

<https://www.kaleva.fi/punainen-pyorabaana-jatkuu-raksilasta-mantylaan-ka/1684404>

Helsingin kaupunki. (24.8.2020). *Baanat*. <https://www.hel.fi/helsinki/fi/kartat-ja-liikenne/pyoraily-ja-kavely/pyorareitit/baanat>

Helsingin kaupunki. (27.2.2020). *Kaupunkipyörät*. <https://www.hel.fi/helsinki/fi/kartat-ja-liikenne/pyoraily-ja-kavely/kaupunkipyorat/>

Helsingin kaupunki. (n.d.). *Pyöräliikenne.fi*. Pyöräliikenteen suunnitteluohje. <http://pyoraliiikenne.fi/suunnittelun-perustiedot/>

Holland Cycling Routes. (n.d.). *Cycling in the Netherlands*. <https://www.hollandcyclingroutes.com/cycling-in-the-netherlands>

HSL. (2020). *Kaupunkipyörät*. <https://kaupunkipyorat.hsl.fi/fi>

Jokela, M. (2019). *Moottori*. Ostaisinko sähköpyörän – millaisen, milloin ja mistä? *Moottori Media*. <https://moottori.fi/liikenne/jutut/ostaisinko-sahkopyoran-millaisen-milloin-ja-mista-2/>

Kaakau. (2020). *Kaupunkipyörät*. <http://kaakau.fi/>

Kaikkikytyiin. (n.d.). *Kaikkikytyiin*. Tausta. <https://www.kaikkikytyiin.fi/tausta/>

Karoluoto, K. (2011). *Kävelyn ja pyöräilyn liikennelaskenta*. [opinnäytetyö, Oulun seudun ammattikorkeakoulu]. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201104204598>

Keski-Suomi Ennakoi. (n.d.). *Liikkuminen*. <http://keskisuomi.info/ilmasto2030/liikkuminen/>

Koskela, A. (11.5.2020). *5G muuttaa liikennettä* [audiopodcast]. Traficom. <https://open.spotify.com/episode/7dmBwUnMqzDrBDm0j2Dyvx?si=eB6cc6LsQxufWaGvIbOIUA>

Kyyti Group Ltd. (n.d.). *Kyyti MaaS Platform*. <https://www.kyyti.com/kyyti-maas-platform/>

Liikenne- ja viestintäministeriö. (2011). *Kävelyn ja pyöräilyn valtakunnallinen strategia 2020*. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/78114/Ohjelmia\\_ja\\_strategioita\\_4-2011\\_K%C3%A4velyn\\_ja\\_py%C3%B6r%C3%A4ilyn\\_strategia\\_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/78114/Ohjelmia_ja_strategioita_4-2011_K%C3%A4velyn_ja_py%C3%B6r%C3%A4ilyn_strategia_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Liikenne- ja viestintäministeriö. (2018). *Kävelyn ja pyöräilyn edistämishjelma*. <https://www.lvm.fi/documents/20181/959445/K%C3%A4velyn%20ja%20py%C3%B6r%C3%A4ilyn%20edist%C3%A4mishjelma%20LVM%202018.pdf/2ad61cbf-960c-4f27-9f3f-575bfeacfa52>



- Liikenne- ja viestintäministeriö. (1.11.2019). *Työryhmä laatimaan tiekarttaa fossiilittomaan liikenteeseen*. <https://www.lvm.fi/-/tyoryhma-laatimaan-tiekarttaa-fossiilittomaan-liikenteeseen-1022320>
- Liikenne- ja viestintäministeriö. (22.4.2020). *Tieliikenteen päästöt laskussa 2020-luvulla – uusia toimia tarvitaan yhä*. <https://www.lvm.fi/-/tieliikenteen-paastot-laskussa-2020-luvulla-uusia-toimia-tarvitaan-yha-1166678>
- Liikennevirasto. (1.10.2017). *Liikenneonnettomuudet maanteillä 2016*. [https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lti\\_2017-10\\_liikenneonnettomuudet\\_maanteilla\\_2016\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lti_2017-10_liikenneonnettomuudet_maanteilla_2016_web.pdf)
- MarshallAI. (2020). *Smart City*. Smart traffic data. <https://marshallai.com/smart-city/smart-traffic-data/>
- Matkahuolto. (1.9.2020). *Matkahuollon uusi sovellus tuo todelliset matkaketjut kansalaisten ulottuville – Tarjolla kaukoliikenteen lisäksi myös HSL:n lippuja*. <https://www.matkahuolto.fi/news/matkahuollon-uusi-sovellus-tuo-todelliset-matkaketjut-kansalaisten>
- Motiva. (22. 9.2020). *Kestävä liikenne ja liikkuminen*. Sähköpyörät. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava\\_liikenne\\_ja\\_liikkuminen/nain\\_liikut\\_viisaasti/sahkopyora](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/nain_liikut_viisaasti/sahkopyora)
- SensMax. (2020 -a). *My SensMax*. Report: <https://my.sensmax.eu/report/>
- SensMax. (2020 -b). *Solutions*. Products: <https://sensmax.eu/solutions/people-counting-system/>
- SensMax. (n.d.) *SensMax-manual*. <http://www.tempwatch.se/files/pdf/sensmax%20hardware%20manual%20eng.pdf>
- STT Viestintäpalvelut Oy. (17.6.2020). *Suora lähetys Vantaan liikenteestä*. <https://www.sttinfo.fi/tiedote/suora-lahetys-vantaan-liikenteesta?publisherId=69818093&releaseId=69883793>
- TerrainSense. (2020). *Häme*. <https://terrainsense.net/hame>
- The Guardian. (19.8.2019). *Dutch take cycling to a new level, with world's biggest multistorey bike park*. <https://www.theguardian.com/cities/2019/aug/19/dutch-take-cycling-to-a-new-level-with-worlds-biggest-bike-park>
- Trafino. (2020 -a). *Kevyen liikenteen laskenta*. <https://www.trafino.fi/tuote/kevyenliikenteenlaskenta/>

Tuomikoski, M. (2012). Haja-asutusalue – korpea vai kaupunkia? *Yle.fi*.

<https://yle.fi/uutiset/3-5319759>

Vaisala. (2020). *Road Ai*. <https://www.vaisala.com/en/products/road-ai>

Vantaan kaupunki. (n.d.). *Kävely ja pyöräily*.

[https://www.vantaa.fi/asuminen\\_ ja\\_ ymparisto/kadut\\_ ja\\_ viheralueet/liikenne/kavely\\_ ja\\_ pyoraily](https://www.vantaa.fi/asuminen_ ja_ ymparisto/kadut_ ja_ viheralueet/liikenne/kavely_ ja_ pyoraily)

Väylävirasto. (1998). *Kevyen liikenteen suunnittelu*.

<https://julkaisut.vayla.fi/thohje/kevliisu.pdf>

Väylävirasto. (1.1.2018). *Henkilöliikennetutkimus 2016*. Suomalaisten liikkuminen.

[https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lti\\_2018-01\\_henkiloliikennetutkimus\\_2016\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lti_2018-01_henkiloliikennetutkimus_2016_web.pdf)

Väylävirasto. (2020). *Ilmastonmuutos*. <https://vayla.fi/ymparisto/ilmastonmuutos>

