



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

HARRI VAARALA  
PILVIPALVELUIDEN HYÖDYNTÄMINEN LIIKENNEINFORMAATI-  
ON HALLINNASSA

Diplomityö

Tarkastaja:  
professori Jorma Mäntynen  
Tarkastaja ja aihe hyväksytty  
Talouden ja rakentamisen tiedekun-  
taneuvoston kokouksessa 12. elo-  
kuuta 2015

## TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

**VAARALA, HARRI:** Pilvipalveluiden hyödyntäminen liikenneinformaation hallinnassa

Diplomityö, 81 sivua

Kesäkuu 2015

Pääaine: Liikenne- ja kuljetusjärjestelmät

Tarkastaja: professori Jorma Mäntynen

Avainsanat: älyliikenne, liikennepalvelut, pilvipalvelut, liikenteen digitalisaatio

Työn tarkoituksena oli tutkia tulevaisuuden liikennejärjestelmän digitalisaatiota ja älyliikennettä erityisesti liikenneinformaation hyödynnettävyyden ja liikennepalveluiden edistämisen kannalta. Älyliikenteen kehitys on ollut hajanaista ja se on johtanut erillisiin järjestelmiin ja palveluihin. Älyliikenteen, liikennepalveluiden ja liikenneinformaation laajamittainen hyödyntäminen kärsii nykyisin toisistaan poikkeavista käytännöistä erityisesti avoimen datan ja rajapintamäärittelyjen suhteen. Liikenneinformaation määrän kasvaessa nämä ongelmat tulevat entisestään kasvamaan. Digitaalisen alustan avulla voitaisiin helpottaa uusien liikennepalveluiden kehittelyä tulevaisuudessa. Digitaalinen alusta yhdenmukaistaisi myös rajapintakäytäntöjä.

Tässä työssä tunnistettiin älyliikenteen tulevaisuuden haasteita erityisesti liikenneinformaation keräämisen, käsittelyn ja jakelun kautta. Liikenteen muuttuessa palveluksi liikenneinformaation määrä ja sen merkitys kasvaa. Älyliikennesovellusten määrän kasvaessa niiden yhteensovittaminen muuttuu entistä tärkeämmäksi. Uusien liikennepalveluiden syntyminen edellyttää informaation saatavuuden ja laadun parantamista. Informaation lähteiden ja käyttäjämäärän kasvaessa haasteeksi muodostuu informaatiopalveluiden skaalautuvuus ja datankäsittelyn nopeus. Helppokäyttöisyys, reaaliaikaisuus ja luotettavuus ovat liikenneinformaation hyödynnettävyyden kannalta olennaisia asioita. Luomalla yhtenäistetty ja suurien datamäärien käsittelyyn sopiva malli varmistetaan uusien liikenneinnovaatioiden synty myös tulevaisuudessa. Parhaiten tämä toteutuu hyödyntämällä nykyaikaisia pilvipalveluita. Pilvipalveluiden avulla liikenneinformaatio voidaan tarjota kolmansille osapuolille ja kuluttajille hyödynnettäväksi luotettavasti ja edullisesti. Kiinteään hintaan tehtyjen palveluntuottajasopimusten sijaan liikenneviranomaisten tulisi hyödyntää määräveloitteisia pilvipalveluita, jolloin tilaajan ei tarvitse sitoutua kiinteään hintaan vuosikausiksi. Pilvipalveluiden avulla voidaan varmistaa liikenneinformaation saatavuus ja sen saumaton kytkeytyminen uusiin liikennepalveluihin.

## ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Civil Engineering

**VAARALA, HARRI:** Benefits of using cloud technologies in traffic information management

Master of Science Thesis, 81 pages

June 2015

Major: Transport Systems

Examiner: Professor Jorma Mäntynen

Keywords: Smart traffic, Intelligent Transportation Systems (ITS), mobility services, cloud services, digitalisation of traffic

The aim of this thesis was to examine the digitalisation of the future traffic systems and smart traffic. The main focus of the study was the utilisation of traffic information in the context of mobility services. Uncoordinated development of smart traffic has led us to a situation where most of the traffic information systems and related services are fragmented. Hence, the wide utilization of smart traffic, mobility services and traffic information is difficult and suffers from the lack of common practices. These problems occur especially when the traffic authorities are opening their data and publishing programming interfaces for the developers. The inevitable growth of traffic information will only worsen the situation. With the help of a digital platform we could ease the development of new traffic information services and related mobility concepts. The digital platform would also help the standardization of programming interfaces of the traffic information systems.

Several challenges related to the future development of smart traffic and ITS were identified in this thesis. These challenges are related to collecting, storing and processing the information collected from the everyday traffic. The concept of Mobility as a Service is gaining momentum and therefore traffic related information will be even more valuable in the future. The amount of the smart traffic applications is constantly growing and it will be more painful to integrate mobility services with the different data sources. In order to ease up the development of new mobility services we need to improve the availability and quality of the traffic information services. Scalability of the services and real-time data processing abilities should be on the top priority as the amount of data sources and the amount of end users are growing fast. By developing a unified model for the future smart traffic systems we can make sure that ITS is the main source of traffic innovations in the future. Based on the research this can be achieved by utilizing modern cloud technologies. The main advantages of cloud technologies in the context of traffic are scalability, reliability and integratability. The traffic authorities should consider cloud technologies especially when planning for new traffic information services. One of the key benefits for the traffic authorities is a dynamic pricing model used by the cloud providers. By utilizing cloud technologies without prejudice the traffic authorities could not only save money but also ensure smooth availability and integratability of traffic information and modern mobility services.

## ALKUSANAT

Koko liikennetoimiala on suuren murroksen edessä. Älykäs liikkuminen, liikennepalvelut ja sähköinen liikenne ovat hyvin suuri osa tätä murrosta. On ollut sanoinkuvaamattoman hienoa päästä tutustumaan tähän edessä hämmöttävään muutokseen. Aihealueen löytymisestä ja rahoituksen järjestymisestä haluan kiittää Liikenne- ja viestintäministeriötä, erityisesti Marko Forsblomia ja Risto Murtoa. Työpaikan järjestymisestä haluan kiittää Reijo Vaaralaa ja Tuomo Pöysköä Ramboll Finland Oy:stä.

Aiemman työuran ja koulutuksen jälkeen on ollut hienoa päätyä suorittamaan toista diplomi-insinöörin tutkintoa. Uudelle alalle kouluttautuminen on ollut uskomattoman motivoivaa. Jatkuva halu oppia uutta ja löytää selityksiä ympäröivän yhteiskunnan ilmiöille motivoivat päivä toisensa jälkeen. Erityisen suuren kiitoksen motivoinnista haluan osoittaa kaikille Oulussa vierailleille Tampereen teknillisen yliopiston luennoitsijoille.

Innostavin ja innostunein luennoitsija, professori Jorma Mäntynen toimi myös tämän työn ohjaajana. Hänelle haluan osoittaa suurimmat kiitokset innostamisesta, kannustamisesta ja haastamisesta niin opintojen kuin tämän työn aikanakin.

Oulussa, 9.6.2015

Harri Vaarala

## SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO .....	1
1.1	Työn taustaa .....	1
1.2	Työn tavoite ja rajaus .....	2
1.3	Tutkimuskysymykset .....	3
1.4	Tutkimusmenetelmä ja työn rakenne .....	3
2.	ÄLYKÄS LIIKKUMINEN.....	5
2.1	Toimintaympäristön muutos .....	5
2.1.1	Liikenteen ja digitalisaation murros.....	5
2.1.2	Sukupolvien ja käyttäjäkeskeisyyden murros .....	7
2.1.3	Kaupungistuminen .....	7
2.2	Liikenteen digitalisaatio .....	8
2.2.1	Joukkoliikenteen digitalisaatio.....	9
2.2.2	Taksiliikenteen digitalisaatio .....	11
2.2.3	Henkilöautoliikenteen digitalisaatio .....	13
2.2.4	Pyöräilyn ja jalankulun digitalisaatio.....	16
2.3	Liikennepalvelut.....	18
2.3.1	Infrasta palveluihin .....	18
2.3.2	Mobility as a Service.....	19
2.3.3	Jakamistalous ja yhteiskäyttöisyys.....	22
2.4	Liikenneinformaation monipuolistuminen .....	25
2.4.1	Tavaroiden Internet .....	25
2.4.2	Käyttäjien tuottama sisältö.....	27
2.4.3	Kiinteistä havainnointipisteistä kerättävä tieto .....	28
2.4.4	Joukkoliikenteen reittioppaat .....	28
2.5	Avoin data .....	29
2.6	Rajoitettu data .....	32
2.7	Datan määrän kasvu .....	33
2.8	Liikenteestä kerättävä informaatio tulevaisuudessa .....	34
2.9	Tulevaisuuden skenaariot.....	35
2.9.1	Liikkuminen palveluna – konseptin laajentumisskenaariot.....	35
2.9.2	Liikenneinnovaatioiden vienti ja tuonti ulkomailta .....	37
3.	LIIKENNEINFORMAATION VÄLITYSRATKAISUT .....	39
3.1	Digitaaliset palveluväylät.....	39
3.1.1	Viron XROAD .....	40
3.1.2	Suomen Kansallinen Palveluväylä.....	41
3.1.3	Avoimen datan välitys palveluväylän avulla .....	43
3.1.4	Rajoitetusti saatavilla oleva datan välitys palveluväylän avulla....	43
3.2	Pilvipalvelut .....	44
3.2.1	Pilvipalveluteknologiat .....	44

3.2.2	Pilvipalveluiden kategoriat .....	47
3.2.3	Virtualisointi .....	49
3.2.4	Klusterointi.....	50
3.2.5	Private/Public Cloud .....	51
3.2.6	Big Data & Analytiikka .....	52
3.2.7	Pay-as-you-go hinnoittelu .....	53
3.2.8	Pilvipalveluista saatavat hyödyt.....	54
3.2.9	Pilvipalvelun tarjoajat .....	56
3.2.10	Palvelutasomäärittelyt.....	58
3.3	Pilvipohjaiset liikennepalvelut .....	60
3.3.1	Dynaaminen reititys .....	60
3.3.2	Kuljettajan ajokäyttäytymisen analysointi .....	61
3.3.3	Perinteiset liikenneinformaatiopalvelut .....	61
3.3.4	Lontoon joukkoliikenne .....	62
4.	SUOSITUKSET .....	64
4.1	Avoimen liikenteen portaali .....	64
4.2	Rajapintamäärittelyt .....	65
4.3	Suosittelut pilvipalveluteknologioiden käyttöön.....	65
4.4	Palvelutasomäärittelyt (Service Level Agreements).....	65
4.5	Pilvipalveluiden huomioiminen kilpailutuksissa .....	66
4.6	Jatkotutkimusehdotukset .....	67
4.6.1	Pilvipalvelustrategian luominen.....	67
4.6.2	Pilottikohteiden valinta ja pilotointi.....	68
4.6.3	Pilvipalveluiden hankintamenettelyn uudistaminen .....	68
4.6.4	Pilvipalveluiden tietoturva .....	69
4.6.5	Pilvipalvelut huomioivan palvelutasomäärittelyn luominen.....	69
5.	YHTEENVETO JA POHDINTAA .....	70
6.	LÄHTEET.....	73

## LYHENTEET JA MERKINNÄT

AWS	Amazon Web Services
DSP	Digital Signal Processing, digitaalinen signaalinkäsittely
EC2	Amazon Elastic Cloud 2
HRI	Helsinki Region Infoshare
IaaS	Infrastructure as a Service
Kutsuplus	Helsingin seudulla tarjottava kutsujoukkoliikenne-palvelu
LAM	LAM-pisteet mittaavat liikennemääriä ja ajonopeuksia ajoradan pintaan upotettujen induktiosilmukoiden avulla.
Lyft Line	Taksipalvelun ja kimppakyytipalvelun yhdistelmä
MaaS	Mobility as a Service, Liikenne palveluna
Millenials	Diginatiivit, 1980-luvulla tai myöhemmin syntyneiden sukupolvi
NFC	Near Field Communications, lyhyen kantaman tiedonsiirtoratkaisu
PaaS	Platform as a Service
RelayRides	Yksityiseltä yksityiselle (P2P) yhteiskäyttöautoja tarjoava palvelu
SaaS	Software as a Service
SideCar Deliveries	Taksipalvelun ja pakettien kuljetuspalvelun yhdistelmä
SLA	Service Level Agreement, palvelutasosopimus
Uber, Lyft	Moderneja taksipalveluita tarjoavia yrityksiä
Uber Pool	Taksipalvelun ja kimppakyytipalvelun yhdistelmä
Uber Cargo	Taksipalvelun ja pakettien kuljetuspalvelun yhdistelmä
Valopilkku	Taksiliiton oma kyydintilaussovellus
WALTTI	Joukkoliikenteen kaupunkikeskusten yhteinen matkakortti
XROAD	Viron sähköisten palveluiden toimintamalli
WiFi	Langaton lähiverkko
WISETRIP	Eurooppalainen reittiopas
4G	Neljännän sukupolven matkapuhelinverkko

## SANASTO

<i>Big Data</i>	Erittäin suurten datamassojen kerääminen, järjesteleminen ja analysointi, jonka avulla voidaan saada uusia näkökulmia päätöksentekoon.
<i>Diginatiivi</i>	1980-luvun alun jälkeen syntyneet Y-sukupolven edustajat, jotka ovat tottuneet käyttämään uusinta teknologiaa alusta alkaen.
<i>Kaupunkipyörä</i>	Lyhyeksi aikaa vuokrattava, yleensä kaupunkialueella tarjolla oleva vaihtoehtoinen liikkumismuoto.
<i>Kimppakyyti</i>	Kahden tai useamman henkilön kulkema matka samalla henkilöautolla kustannukset jakaen.
<i>Kutsujoukkoliikenne</i>	Pienoisbussin tai linja-auton kyytiin pyritään saamaan mahdollisimman paljon matkustajia yhdistelemällä ihmisten liikkumistarpeita ja keräämällä samaan suuntaan matkaavia matkustajia saman ajoneuvon kyytiin. Tyypillisesti varsin joustava, ilman kiinteitä linjastoja toimiva palvelu. Perustuu etukäteen tapahtuvaan kyydintarpeen ilmaisemiseen kartta-palvelun avulla.
<i>Urbanisaatio</i>	Kaupungistuminen, muuttoliike kaupunkeihin.
<i>Vertaisvuokraus</i>	Yksityisomisteisen auton vuokraaminen yksityiseltä yksityiselle (eng. peer-to-peer car sharing).
<i>Yhteiskäyttöauto</i>	Eryteisesti suurkaupungeissa yleistynyt, lyhytaikaisiin vuokrauksiin tarkoitettu autonvuokrauspalvelu. Tyypillisesti edellyttää kuukausimaksullista jäsenyyttä, mutta itse vuokraus on varsin edullista. Useimmiten perustuu tunti- ja kilometrihinnoitteluun.
<i>Älyliikenne</i>	Tieto- ja viestintäteknologian (ICT) hyödyntäminen liikenteen sujuvuuden ja turvallisuuden parantamisessa.



# 1. JOHDANTO

## 1.1 Työn taustaa

Viimeisten kymmenen vuoden aikana digitalisaatio on levinnyt myös liikenteeseen. Langattomien tietoliikenneyhteyksien tarjoamat mahdollisuudet tarjoavat mahdollisuuden olla yhteydessä Internetiin missä ja milloin vain. Ajoneuvojen ja anturiteknologian kehityksen ansiosta saamme entistä enemmän tietoa ajoneuvojen liikkeistä, ajokäyttämistä, tienpinnan kunnosta sekä vaikkapa talvikunnossapidon austraustilanteesta. Liikenteen käyttäjä pääsee tulevaisuudessa nauttimaan entistä monipuolisemmista liikennepalveluista ja liikenteestä tuotettavasta oheisinformaatiosta.

Myös yhteiskunta hyötyy liikenteen digitalisaatiosta monin tavoin. Entistä älykkäämmät ajotietokoneet pienentävät polttoaineen kulutusta ja ohjaavat ekologisempaan ajotapaan. Uusien liikennepalveluiden myötä erityisesti kaupungeissa asuvat voivat luopua yksityisautoilusta jopa kokonaan. Digitaaliset palvelut mahdollistavat olemassa olevien resurssien entistä tehokkaamman käytön. Digitalisaation ansiosta liikkumisesta tulee entistä vaivattomampaa ja turvallisempaa. Liikenteestä kerättävää informaatiota voidaan tulevaisuudessa hyödyntää entistä paremmin liikenteen hallintaan ja ohjaukseen sekä myös liikenteen suunnitteluun. Lisääntyvän informaation myötä ihmisten liikkumistarpeita osataan ennakoida entistä paremmin ja tehdä liikenneympäristöstä entistä ihmisystävällisempi.

Lisääntyvä digitalisaatio ja kasvava informaatiomäärä pakottaa miettimään liikennejärjestelmää uudenlaisena, digitaalisena kokonaisuutena. Kokonaisuuden ymmärtämisen kannalta on tärkeää ymmärtää liikenteen lisäksi myös digitalisaatiota ja Internet-maailmaa. Tässä työssä pyritään yhdistämään nämä aiemmin erillään olleet maailmat yhdeksi ymmärrettäväksi kokonaisuudeksi.

Liikenne- ja viestintäministeriö julkaisi vuonna 2013 toisen sukupolven älystrategian liikenteelle. (LVM 2013a). Strategia pohjautuu uuteen liikennepoliittiseen ajatteluun. Toisen sukupolven strategian pääteemoja ovat:

- Asiakaslähtöisen liikkumisen, kuljetusten ja tietopalvelujen palvelutason parantaminen
- uuden liikennepoliittikan toimeenpanojen edistäminen
- EU:n liikenteen valkoisen kirjan ja älyliikenteen direktiivin linjaamien tavoitteiden saavuttaminen

- tieto- ja viestintäteknologian nopean kehittymisen tarjoamien mahdollisuuksien hyödyntäminen

Strategian mukaan teknologiset trendit, kuten mobiilien päätelaitteiden voimakas kasvu sekä tietoliikenneyhteyksien kehittyminen avaavat uusia mahdollisuuksia myös älyliikennepalveluille ja niihin liittyvälle liiketoiminnalle. Kasvavat liikennemäärät ja kasvava kysyntä aiheuttaa tulevaisuudessa entistä enemmän haasteita. Enää pelkkä väylien lisärakentaminen ei riitä. Uuden liikennepolitiikan mukaisesti liikennejärjestelmän tuotavuuden ja tehokkuuden parantaminen tapahtuu parhaiten älyliikenteen keinoin

Liikenteen älystrategian toimeenpano-ohjelma sisältää seuraavat kärkihankkeet (LVM 2013a):

1. Älykkään liikennejärjestelmän viitearkkitehtuuri
2. Liikennejärjestelmän tilannekuva ja operointi
3. Yhtenäinen joukkoliikennejärjestelmä
4. Älykäs liikenteen valvonta
5. Reagoivat ja ennakoivat turvajärjestelmät
6. Liikenteen monipalvelumalli
7. Älykäs logistiikka
8. Ekologinen ja viisaampi liikkuminen
9. Älyliikenteen innovointi- ja pilotointiohjelmat

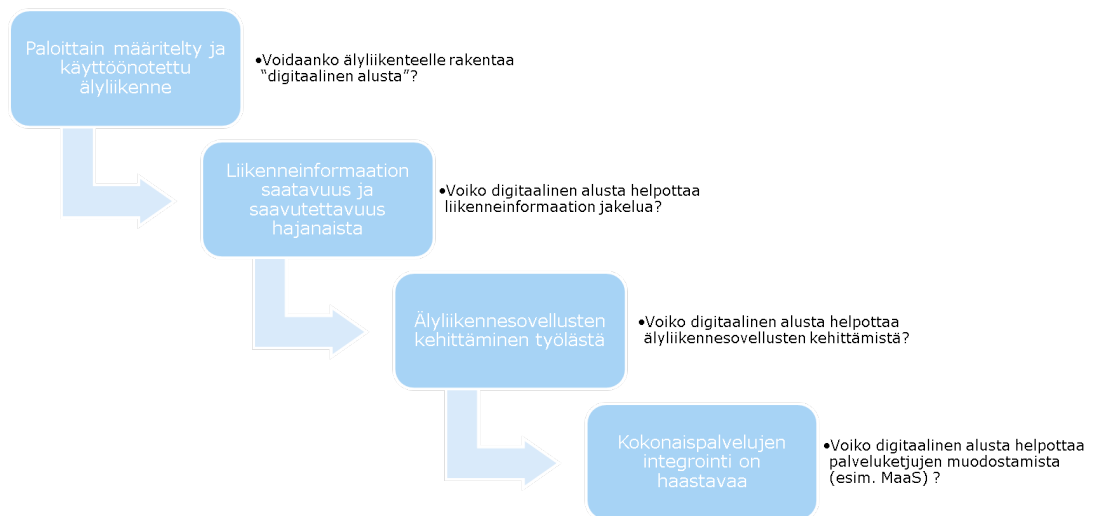
Kaikki älystrategian kärkihankkeet liittyvät liikenneinformaation entistä parempaan hyödyntämiseen. Informaation hyödyntämisen esteenä on tällä hetkellä hajanainen kokonaisarkkitehtuuri ja paloittain määritelty älykkyys liikenteessä.

## **1.2 Työn tavoite ja rajaus**

Työn tavoitteena on luoda kokonaiskuva liikenteen digitalisaatiosta ja älyliikenteen tämän hetken tilanteesta sekä tulevaisuuden haasteista. Lisäksi työssä pyritään kuvaamaan liikenneinformaation hyödyntämiseen liittyviä haasteita. Työn alustuksena luodaan yleiskuva älyliikenteen ja liikenneinformaation tämän hetken kehitystrendeistä. Niiden avulla pyritään peilaamaan tulevaisuuden haasteita erityisesti kasvavan informaatiomäärän keräämiseen, tallentamiseen ja jalostamiseen liittyen. Työssä tarkastellaan modernien pilvipalveluiden käyttöä liikenneinformaation ja älyliikenteen alustana. Erityisesti työssä keskitytään kasvavan käyttäjä- ja sovellusmäärän mukanaan tuomiin haasteisiin ja pilvipalveluiden avulla saavutettaviin hyötyihin.

### 1.3 Tutkimuskysymykset

Paloittain määritelty älyliikenne aiheuttaa haasteita kokonaisuuden hahmottamisen ja integroitavuuden kannalta. Liikenneinformaation hajanaisuus ja hyödynnettävyys on vaihtelevaa. Informaation hajanaisuuden vuoksi uusien älyliikennesovellusten kehittäminen on työlästä ja liikenneinformaatiolähteiden ja älysovellusten integrointi toimiviksi palvelukokonaisuuksiksi on haastavaa. Oleellisena tutkimuskysymyksenä oli hahmottaa ratkaisuja, joilla älykkään liikkumisen tietojärjestelmiä voitaisiin yhtenäistää, liikenneinformaation saatavuutta ja saavutettavuutta voitaisiin parantaa sekä älyliikennesovellusten kehittelyä helpottaa. Kuvassa 1 on esitetty tutkimusongelmien hierarkia ja aliongelmiä johtaminen alkuperäisestä tutkimusongelmasta.



Kuva 1. Tutkimusongelmien hierarkia.

### 1.4 Tutkimusmenetelmä ja työn rakenne

Työ on tehty kirjallisuustutkimuksena ja tulevaisuus selvityksenä. Johdannossa kuvataan työn tausta, tavoite ja rajaus sekä tutkimuskysymykset. Toisessa luvussa lukija johdatellaan aihealueeseen kuvaamalla meneillään olevaa toimintaympäristön muutosta kertomalla esimerkkejä liikenteen, digitalisaation ja sukupolvien murroksesta. Toisessa luvussa käydään lisäksi läpi älyliikenteen sovellutuksia eri liikennemuodoissa, liikennepalveluita ja liikenneinformaation keräämisen haasteita. Kolmannen luvun teemana ovat informaation jakelukanavat. Siinä käydään läpi palveluväylä-vaihtoehtojen lisäksi myös pilvipalveluiden tuomia mahdollisuuksia erityisesti liikenneinformaation välitykseen. Lisäksi siinä syvennytään pilvipalveluiden toimintalogiikkaan ja yleisesti pilvipalveluiden avulla saavutettavissa oleviin hyötyihin. Kolmannessa luvussa tarkastellaan digitaalisten palveluväylien hyödyntämistä liikennetiedon välittäjänä avoimen ja rajoitetun datan tapauksissa. Lisäksi siinä käydään läpi pilvipalveluiden hyödyntämistä liikenteen kontekstissa sekä siihen liittyviä liiketoimintamahdollisuuksia. Neljännessä luvussa kuvataan pilvipohjaisia liikennepalveluita sekä olemassa olevien esimerkkien, että pil-

vipalveluiden mahdollistamien innovaatioiden avulla. Lopuksi laaditaan suosituksia pilvipalveluiden käyttöönotolle liikenneinformaation käsittelyssä sekä esitetään työn tekemisen aikana esille tulleita jatkotutkimusehdotuksia.

## 2. ÄLYKÄS LIIKKUMINEN

### 2.1 Toimintaympäristön muutos

Tässä kappaleessa tarkastellaan toimintaympäristön muutosta erityisesti digitalisaation sekä palvelullistumisen myötä. Nuorten sukupolvien kulutustottumukset ja suhtautuminen tavaroiden omistamiseen muuttavat myös yksityisautoiluun pitkään perustunutta yhteiskuntaa. Jakamistalous ja yhteiskäyttöisyys muuttavat ihmisten liikkumistottumuksia. Yhä kiihtyvällä tahdilla etenevä kaupungistuminen johtaa vääjäämättä liikenne-ruuhkiin, ellei yksityisautoilun tilalle tule yhteiskäyttöisyyttä ja liikennepalveluita.

#### 2.1.1 Liikenteen ja digitalisaation murros

Maailmanlaajuisesti tarkasteltuna liikennemäärät kasvavat yhä kiihtyvällä tahdilla, tarkasteltiinpa henkilökilometrejä tai tonnakilometrejä. Kasvavaa liikennemäärää on tähän asti pyritty palvelemaan rakentamalla lisää infrastruktuuria eli teitä ja kaistoja. Väistämättä jossain vaiheessa vastaan tulee raja, jolloin pelkkä välityskapasiteetin kasvattaminen ei enää riitä. Osaltaan kysymys on myös päästöistä: vaikka moottoritekniologia kehittyy ja sähköautot yleistyvät, ovat päästöennusteet siitä huolimatta huolestuttavat. Ratkaisu ei ole liikenneinfran lisärakentaminen eikä lainsäädännöllinen rajoittaminen. Ratkaisu on älyliikenne ja sen mukanaan tuoma ihmisten ajatus- ja käyttäytymismallien muutos. Älyliikenteen keinoin voidaan luoda entistä ekologisempia tapoja liikkua, vähentää fyysisen liikenteen tarvetta, vähentää liikenteessä vietettyä aikaa ja parantaa ihmisten elämänlaatua. (LVM 2014a)

Yhteiskunnan toiminnan yleisiin trendeihin kuuluu toiminnan tehostaminen erikoistumisen myötä ja sama pätee myös liikenteessä. Tulevaisuudessa liikennevälinettä ei enää ohjaa yksityishenkilö, vaan se tehtävä on ulkoistettu ammattikuskille tai tietokoneelle. Näin ollen ihmisen aika vapautuu kaikkeen muuhun eikä jokaisen tarvitse enää omistaa autoa tai suorittaa ajokorttia. Liikennejärjestelmien digitalisoituessa fyysinen liikenne ja digitaaliset palvelut täydentävät ja korvaavat toisiaan. Kiinnostus auton omistamiseen vähenee ja näin luo edellytyksiä liikennepalvelujen kasvulle. Liikenteen automatisoituminen ja palveluiden käytön helpottuminen digitalisoitumisen myötä lisäävät kiinnostusta liikennepalveluita kohtaan. (LVM 2014a)

Tulevaisuudessa käyttäjät valitsevat useiden tarjolla olevien palvelupakettien kesken, samaan tapaan kuin nykyään valitaan matkapuhelinoperaattoreiden palvelupaketteja. Tarjolla tulee olemaan useita yksityisiä palveluntarjoajia ja useita eri palvelutasoja, joista kuluttajat voivat valita. Kehittyvä teknologia ja tieto mahdollistavat tämän. Langaton

laajakaista mahdollistaa nopeat yhteydet ja älypuhelimet mahdollistavat paikkatietoisten palveluiden nopean ja helpon käytön. Tämä kaikki yhdistettynä ajoneuvojen älykkyyden kehittymiseen ja liikenteestä kerättävään informaation määrän kasvamiseen mahdollistaa tulevaisuuden monipuoliset liikennepalvelut. (LVM 2014b)

Yhteiskunta digitalisoituu vauhdilla. Digitaalisuus mullistaa perinteiset liiketoimintamallit ja valta siirtyy myyjältä ostajalle, tavaran tai palvelun tuottajalta sen kuluttajalle. Lisääntyvä tieto tuo uusia valinnan mahdollisuuksia kuluttajalle. Pienellä vaivalla kuluttaja voi hakea Internetistä tietoa haluamastaan tuotteesta tai palvelusta ja näin oppia kaiken saman mitä myyjäkin myymästään tuotteesta tietää. Erityisesti palveluiden osalta Internet-aika mahdollistaa kuluttajien tekemät sosiaaliset palveluarvioinnit ja -vertailut. Myyjä ei voi enää kontrolloida ostajalle tarjottavaa tietoa, vaan usein kuluttaja tietää tuotteesta tai palvelusta enemmän kuin itse myyjä. Vanhaan maailmaan tottuneet yritykset joutuvat opettelemaan digitalisaation aikakaudella liiketoiminnan uudet pelisäännöt. Vanhaan maailmaan tehdyt liiketoimintamallit eivät välttämättä enää toimi uudessa, digitaalisessa maailmassa. (Solita 2014)

Kotitaloudet ja yritykset käyttävät liikenteeseen Suomessa lähes 30 miljardia euroa. Valtion väyläinvestoinnit ovat vain yksi prosentti koko liikennemarkkinasta. Valtaosa liikenteestä on palvelua, jota yritykset myyvät asiakkailleen. Liikenteen muuttuminen palveluksi avaa uusia mahdollisuuksia myös digitaalisten palveluiden kehittämiseksi. (LVM 2014c)

Suuret joukkoliikennetoimijat maailmalla kehittävät jatkuvasti entistä parempia digitaalisia palveluita. Viranomaisvetoisuudesta huolimatta joukkoliikenne nähdään nimenomaan palveluna ja sitä kehitetään asiakaslähtöisesti. Asiakkaat ovat oppineet vaatimaan Internet-palveluilta paljon ja vaihtavat herkästi palveluntarjoajaa, mikäli palvelu ei miellytä. Kilpailun lisääntyminen lisää myös joukkoliikennetoimijoiden panostusta digitaalisiin palveluihin.

Liikenteen muuttuminen palveluksi sekä älyliikenteen yleistyminen aiheuttaa paineita kehittää yhtenäistettyjä käytäntöjä liikenneinformaation käsittelyyn, jalostamiseen ja hyödyntämiseen. Joukkoliikenteen osalta matkaketjujen monipuolistuminen vaatii käyttäjältä entistä useamman sovelluksen ja palvelun käyttöä, mikäli matkaketjusta aikoo ottaa kaiken hyödyn irti. Eri lähteistä saatavan liikenneinformaation ja älyliikennesovellusten täysimääräinen hyödyntäminen edellyttää yhteisesti sovittuja käytäntöjä tiedon tallennukseen, jakeluun ja hyödyntämiseen. Eri tietojärjestelmien heikko yhteensopiavuus on jo nyt haasteena terveydenhuollon IT-järjestelmissä ja esimerkiksi teollisuuden toimitusketjuissa. Sama kehitys uhkaa nyt myös älyliikennettä. Tässä työssä tutkitaan tulevaisuuden liikenteen digitalisoitumista, siitä seuraavia haasteita erityisesti liikenneinformaation ja älyliikennesovellusten hyödyntämisen kannalta.

### 2.1.2 Sukupolvien ja käyttäjäkeskeisyyden murros

1980-luvun alun jälkeen syntyneet Y-sukupolven edustajat, diginatiivit (eng. millennials) ovat tottuneet käyttämään uusinta teknologiaa ja erityisesti mobiililaitteita alusta alkaen. Internet ja sosiaaliset verkostot ovat heille arkipäivää, ei pelkästään kotimaassa vaan myös globaalisti. He ajattelevat globaalisti ja adaptoivat kulttuureita sekä toimintatapoja kansainvälisestä ympäristöstä. Jos muualla maailmassa on hyvin toimivia liikennepalveluita, mitä he pääsevät käyttämään ulkomailla matkustaessaan, he alkavat vaatia niitä myös kotimaassa. Kaikki tieto on totuttu kuljettamaan mukana, kiitos nopeasti kehittyneen mobiiliteknologian. Kaikki liikennepalvelut tulee tarjota mobiilisti, jos halutaan houkuttaa diginatiivit palveluiden käyttäjiksi.

Diginatiivit ovat tottuneita joukkoliikenteen käyttäjiä. He valitsevat parhaan liikkumis-  
muodon (henkilöauto, joukkoliikenne, polkupyörä, kävely) kulloiseenkin liikkumistarpeeseensa. Nuoret suosivat urbaaneja asuinalueita, joihin on muodostunut hyvät liikenneyhteydet ja multimodaalia elämäntapaa tukevat palvelut. He myös valitsevat usein joukkoliikenteen, jotta voivat työskennellä samanaikaisesti. Diginatiivit ovat kiinnostuneita liikkumiseen käytetystä rahamäärästä, joten omistusaution hankkiminen ja ylläpitäminen nähdään huonompana vaihtoehtona kuin julkisen liikenteen käyttäminen. (TCRP 2013)

44 % diginatiiveista haluaisi nähdä tulevaisuudessa entistä käyttäjäystävällisempiä ja intuitiivisempia sovellutuksia. Uusien liikkumispalveluiden ominaisuuksista merkittävimpiä ovat teknologian hyödyntäminen, reaaliaikaisuus, integroituminen sosiaaliseen mediaan, mobiilimaksamisen mahdollisuus ja saumaton 4G/WiFi-mobiliteetti. Näiden myötä liikkumispalveluiden käyttäjät voivat olla entistä spontaanimpia ja siten vastata henkilöauton yhteen merkittävimpään kilpailutekijään. (TCRP 2013)

Asiakkaiden käyttäytymismallit poikkeavat merkittävästi toisistaan. Osa käyttää liikennepalveluita tottuneesti ja spontaanisti, osa tarvitsee pidemmän ajan suunnitellakseen reittinsä ja liikkumisvälineensä. Osa taas vaatii selkeää opastusta ja perinteisiä reitinvalintamahdollisuuksia (Hastrup 2014). Spontaania käyttäytymistä voitaisiin lisätä, mikäli kaikki liikkumispalvelut olisivat reaaliaikaisesti saavutettavissa mobiililaitteilla ja reittisuunnittelun voisi tehdä spontaanisti ja paikasta riippumatta.

### 2.1.3 Kaupungistuminen

Vuonna 2014 maapallon väestöstä 54 % asui kaupunkialueilla. Urbanisaatiokehitys on ollut nopeaa. Vuonna 1950 ainoastaan 30 % maapallon väestöstä asui kaupunkialueilla. Henkilömäärissä mitattuna vuonna 1950 kaupunkialueilla asui 746 miljoonaa ihmistä kun vuonna 2014 vastaava luku oli jo 3,9 miljardia ihmistä. Seuraavan 35 vuoden aikana kaupunkiväestön määrän on ennustettu kasvavan 2,5 miljardilla ihmisellä, ja suurin osa kasvusta on arveltu keskittyvän Aasian ja Afrikkaan. Yli 10 miljoonan asukkaan

kaupunkien lukumäärän on arveltu kasvavan nykyisestä 28 kaupungista 41 kaupunkiin jo vuoteen 2030 mennessä. (UN 2014)

Kaupungistumisen myötä liikenneruuhkat ja niiden aiheuttamat ongelmat kasvavat entisestään. Kaupungistuminen pakottaa myös miettimään uudentyyppisiä, entistä kestävämpiä ja ekologisempia liikkumISRatkaisuja kaupunkiliikenteeseen. Nykyinen, henkilöautokeskeinen liikennepolitiikka on tulossa tiensä päähän. Uusien liikkumISRpalvelujen edistämisessä liikenneinformaatiolla ja älyliikennesovelluksilla on merkittävä rooli. Hyödyntämällä digitalisaation luomia mahdollisuuksia voimme luoda entistä paremmat edellytykset kestäväälle kaupunkiliikenteelle.

## 2.2 Liikenteen digitalisaatio

Liikennejärjestelmä on elintärkeä osa yhteiskuntaa. Se liikuttaa ihmisiä ja tavaroita. Vaikka tieto on viides liikennemuoto, me emme voi lakata liikkumasta ja liikuttamasta myös fyysisesti. Ihmiset liikkuvat myös vapaa-ajallaan, joten sujuvan liikennejärjestelmän kehittäminen on olennainen osa toimivaa yhteiskuntaa. Pelkkä uusiutuvien energialähteiden käyttö ei poista tarvetta vähentää kulutusta. ICT:n ja digitalisaation hyödyntäminen nähdään tehokkaana keinona pienentää liikenteen aiheuttamaa ympäristökuormitusta (VTT 2014). Suuri osa tieverkosta ja siihen liittyvästä infrastruktuurista on rakennettu aikana, jolloin liikenteessä ei vielä juurikaan ollut älykkyyttä eikä ajoneuvo-tekniologia ollut yhtä kehittyntä kuin se on nykyään.

Joukkoliikenteessä matkustajalle liikenteen digitalisaatio näkyy erilaisina reittioppaina, bussien reaaliaikaisena sijaintitietona ja esimerkiksi mobiililaitteilla maksettavana matkalippuna. Silti joukkoliikenne Suomessa on liikkumismuodoista ehkä kehittymättömin digitalisaation hyödyntäjä.

Taksiliikenne on tähän saakka ollut keho digitalisaation hyödyntäjä, mutta onneksi markkinoille on tulossa uusia, moderneja taksipalveluita, jotka tullessaan mullistavat markkinat ja tuovat lisää käyttäjiä taksipalveluille. Ajan, paikan, matkan, maksun ja kuljettajan yhdistäminen digitalisaation keinoin yhdeksi saumattomaksi kokonaisuudeksi mullistaa asiakaskokemuksen taksimatkamisessa. (Tolvanen 2014)

Tulevaisuudessa painopiste siirtyy infrastruktuuri- ja ajoneuvokeskeisestä asiakas- ja palvelukeskeiseen liikenteeseen. Tulevaisuudessa siirrytään fossiilisista polttoaineista uusiutuviin energialähteisiin. Kaikista suurin muutos tulee silti tapahtumaan ICT:n hyödyntämisessä. (VTT 2014)

Seuraavassa käsitellään liikenteen digitalisaatiota joukkoliikenteen, taksiliikenteen ja henkilöautoliikenteen esimerkkien avulla.



## 2.2.1 Joukkoliikenteen digitalisaatio

Joukkoliikenteessä digitalisoituminen näkyy matkustajan arkea helpottavina asioina. Lippujärjestelmien yhtenäistäminen, mobiilimaksamisen mahdollistaminen sekä erilaiset reittioppaat ja karttapalvelut helpottavat joukkoliikenteen käyttöä ja parhaassa tapauksessa alentavat kynnystä käyttää joukkoliikennettä. Valtakunnallinen joukkoliikenteen lippujärjestelmä Waltti yhdenmukaistaa hinnoittelua ja helpottaa toteutuessaan joukkoliikenteen käyttäjän päivittäistä asiointia eri palveluntarjoajien joukkoliikennelinjoilla. Kaupunkiseutujen joukkoliikenteessä käyttöön otettava järjestelmä muuttaa hinnoittelun vyöhykeperusteiseksi ja yhden kortin alle. Käyttäjä voi käyttää samaa, ennakoon kortille ladattua matka- tai euromäärää missä tahansa kortin voimassaoloalueella. Myöhemmässä vaiheessa palvelua on mahdollista laajentaa kattamaan myös juna- ja lentoliikenteen. (Waltti 2014)

Waltti-lippujärjestelmää kehitetään yleiskäyttöisen sähköisen kortin suuntaan. Tulevaisuudessa samalla kortilla voi olla mahdollista käyttää myös muita julkisia palveluita, opiskelijoiden tapauksessa esimerkiksi kirjasto- ja liikuntapalveluita. Myös kolmansien osapuolien kaupallisia palveluita on mahdollista yhdistää Walttiin (Kankkunen 2014). Kuvassa 2 on esitetty Walttiin mahdollisesti liitettävä palveluita.

### Opiskelijapalvelut



Kuva 2. Opiskelijan Waltti-kortilla tulevaisuudessa käytettäviä palveluita (Lähde: Kankkunen 2014).

Matkatili-palvelualusta on jatkokehityshanke valtakunnalliselle Waltti-lippujärjestelmälle. Matkatili mahdollistaa yhteiskäyttöisyyden myös Waltti-lippujärjestelmään kuulumattomien toimijoiden kanssa. Matkatili tuo mukanaan mobiililipun sekä matkan suunnittelua helpottavan informaatiopalvelut. Matkatili ja siihen liittyvät informaatiopalvelut kattavat Waltti-järjestelmän, Helsingin Seudun Liikenteen,

junat, linja-autot sekä taksit. Matkatili hallinnoi asiakkaan tunnisteita ja niihin liitettyjä matkustusoikeuksia (Kankkunen 2014). Waltti ja Matkatili ovat esimerkkejä palveluisista, jotka tarvitsevat erillisen taustajärjestelmän, ja jotka hyötyisivät yhtenäistetystä liikenteen palvelualustasta ja liikenneinformaation yhtenäistetystä hallinnasta.

Joukkoliikenteessä digitalisaatio näkyy myös erilaisten reittioppaiden kehityksenä sekä esimerkiksi bussien reaaliaikaisten sijaintitietojen esittämisessä karttapalvelun avulla. Avoimen datan myötä yksityishenkilöt ovat kehittäneet useita erilaisia reittioppaita, jotka helpottavat joukkoliikenteen käyttäjän reittisuunnittelua. Bussien näyttäminen kartalla auttaa joukkoliikenteen käyttäjää havaitsemaan bussien sijainnin esimerkiksi poikkeustilanteissa. Viivetilanteiden hallinta ja reaaliaikaisesti tarjottava matkustajainformaatio vaikuttaa joukkoliikenteen käyttäjien asiakastyytyvyyteen kolme kertaa enemmän kuin itse täsmällisyys (Whitley 2014). Uusina asiakaspalvelun muotoina joukkoliikennetoimijat ovat ottaneet käyttöönsä sosiaalisen median hyödyntämisen asiakaspalvelussa ja erityisesti viivetilanteista tiedottamisessa. Asiakaskunnan nuorentuessa myös joukkoliikennetoimijoiden tulee omaksua nuorten käyttämät kommunikointikanavat.

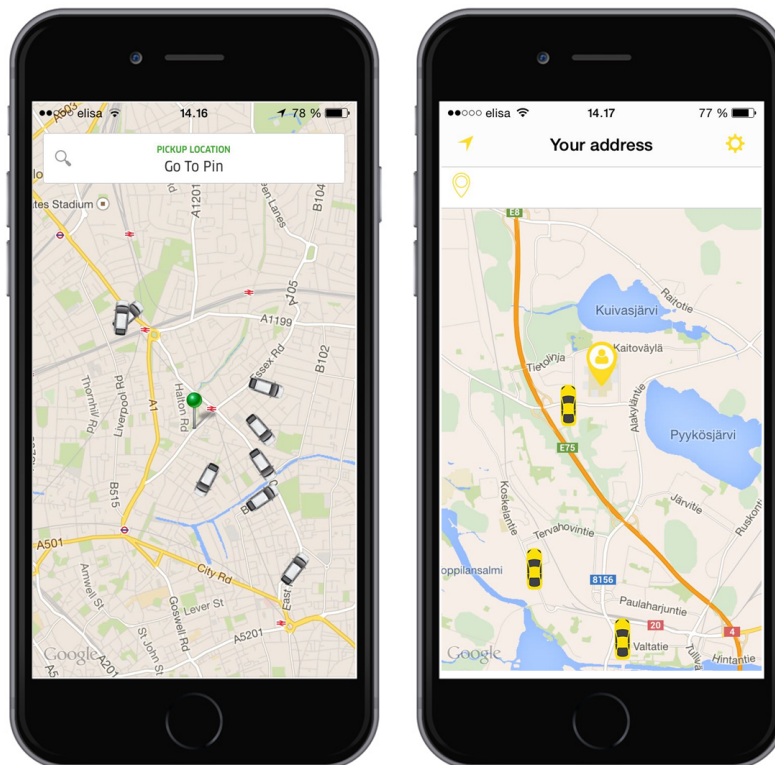
Mobiilimaksamisessa reaaliaikaisesti päivittyvät maksukorttijärjestelmät ja erilaiset matkatilijärjestelmät yleistyvät ulkomailla. NFC-etäluokuminaisuudella varustetulla puhelimella pystyy jo nyt tarkistamaan etäluettavassa matkalipussa olevan matkojen tai rahamäärän summan ja tarkistamaan viimeisimmät matkat. Lisäksi NFC-tekniologialla varustetulla puhelimella pystyy lisäämään matkoja kortille, samaan tapaan kuin tähän saakka on pystynyt tekemään bussissa olevalla lukulaitteella (Snapper 2015). Kuvassa 3 on esimerkki NFC-puhelimella tapahtuvasta matkakortin lataamisesta.



Kuva 3. Snapper Reload-palvelu matkakortin lataamiseen (Lähde: Snapper 2015).

## 2.2.2 Taksiliikenteen digitalisaatio

Perinteiset aluetaksipalvelut ovat vaikeuksissa ulkomaisten palveluntarjoajien vyöryessä Suomeen. Palveluntarjoajien paikkatietoisiin mobiilisovelluksiin perustuvat palvelut tarjoavat helppokäyttöistä, sosiaalista ja hinnoittelultaan joustavaa liikkumista perinteisen, kiinteästi hinnoitellun ja ruuhka-aikoina vaikeasti tilattavan taksiliikenteen rinnalle. Ulkomaiset palveluntarjoajat, esimerkiksi Uber ja Lyft, ovat törmänneet useissa maissa lainsäädännöllisiin ongelmiin, mutta jatkavat silti kampanjointiaan modernin taksiliikenteen puolesta (PCWorld 2014, PCWorld 2015, TechCrunch 2014). Esimerkiksi Uber-palvelussa asiakas näkee vapaat taksi kartalla, ja voi valita haluamansa taksin sen saamien arvostelujen perusteella. Sosiaalisuuteen ja käyttäjäarviointeihin perustuen taksikuljettajille kehittyi luottamus, mitä voidaan käyttää kilpailuetuna muihin takseihin nähden. Palvelua voi käyttää ainoastaan luottokortilla, joten se karsii pois epämääräisimmät asiakkaat. Samalla tavalla asiakas näkee jokaisen kuljettajan henkilöllisyyden jo kyytiä tilatessaan ja voi jättää kuljettajasta arvostelun. Tämä karsii pois epämääräiset kuljettajat. Uber myös tarjoaa dynaamista hinnoittelua (eng. surge pricing) eli ruuhka-aikana kysynnän ollessa kova, hinnoittelu nousee, kun taas hiljaisempina aikoina hinnoittelu on halvempaa. Tämän ansiosta ruuhka-aipeina palveluun liittyy enemmän kuljettajia, koska silloin kyydistä saa paremman hinnan (Uber 2014). Kuvassa 4 on esitetty kahden modernin taksipalvelun, Uberin ja Taxifyn karttapohjaiset käyttöliittymät.



Kuva 4. Uber-palvelu vasemmalla, Taxify-palvelu oikealla.

Uber-kyydin päättymisen jälkeen sovellus veloittaa kertyneen summan automaattisesti luottokortilta, jonka tiedot on syötetty käyttäjän Uber-profiiliin. Tämä helpottaa ja nopeuttaa maksamista, lisäksi jokaisesta matkasta jää talteen sähköinen kuitti esimerkiksi yritysten matkalaskuja varten.

Uber ja Lyft ovat myös monipuolistaneet palveluaan kyydinjakopalvelulla (eng. ridesharing). Uber Pool ja Lyft Line tarjoavat käyttäjälle mahdollisuuden jakaa tilaamansa kyyti samaan suuntaan matkalla olevan kanssa, ja näin jakaa kustannuksia. Kyseisissä palveluissa kyyti voidaan jakaa täysin tuntemattoman kanssa. Palvelut ovat tosin kohdanneet lainsäädännöllisiä haasteita esimerkiksi Kaliforniassa. (PCWorld 2014)

Modernit taksipalvelut ovat kokeiluluontoisesti ryhtyneet tarjoamaan myös pakettienkuljetuspalveluita. Uber Cargo ja SideCar Deliveries ovat esimerkkejä palveluista, joissa normaalisti henkilöiden kuljettamiseen käytetyt taksit kuljettavat myös paketteja ja näin ollen vähentävät tuottamatonta odottelu-aikaa. (BuzzFeedNews 2015)

Uber ja muut vastaavat modernit taksipalvelut pyrkivät tarjoamaan kuljettajille kokopäiväisen tai vähintäänkin osa-aikaisen työpaikan ja toimeentulon. Uutta tässä ajatusmallissa on se, että kuka tahansa voi toimia osa-aikaisena kuljettajana. Laajemmassa mittakaavassa tämä liittyy jakamistalouteen ja resurssien entistä tehokkaampaan hyödyntämiseen. Modernien taksipalvelujen lisäksi yksityisomisteisen henkilöauton vaihtoehtona on myös RelayRides-tyyppiset yksityiseltä yksityiselle tapahtuvat ajoneuvojen vuokraamiset (eng. peer-to-peer sharing). RelayRides palvelun ideana on mahdollistaa yksityisen omistama auton vuokraaminen silloin kuin omistaja itse ei sitä tarvitse. (Konrad 2014)

Uber poikkeaa perinteisistä taksipalveluista sen tarjoaman modernin ja helppokäyttöisen mobiilisovelluksen ansiosta. Perinteiset, kansalliset taksivälittäjät ovat vasta viimeaikoina ryhtyneet kehittämään omia mobiilisovelluksiaan, ja ovat näin ollen altavas-taajan asemassa sovellusten helppokäyttöisyydessä ja toiminnallisuudessa. Esimerkiksi Suomen Taksiliiton Valopilkku-sovellus ei tarjoa asiakkaalle mahdollisuutta nähdä vapaita takseja kartalla, tai tilatun taksin saapumista kartalla. Valopilkku näyttää ainoastaan arvioidun saapumisajan kohteeseen. (Valopilkku 2015)

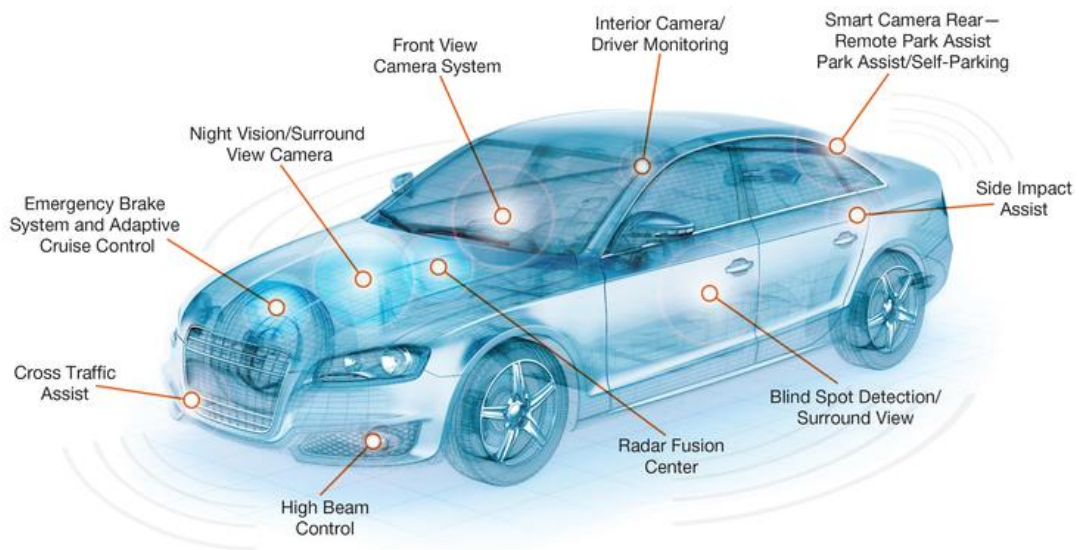
Toistaiseksi jokainen taksipalvelu tarvitsee erillisen mobiilisovelluksensa. Tulevaisuudessa modernien taksipalvelujen, erilaisten kyydinjakopalveluiden ja muun joukkoliikenteen integrointi saumattomaksi osaksi matkaketjua helpottuisi merkittävästi liikenteen palveluväylän ja yhtenäistetyn liikenneinformaation hallinnan avulla. Kaupallisten toimijoiden halukkuus avata oman järjestelmänsä rajapintoja on vielä epäselvää, mutta mikäli kysyntä on riittävän suuri, myös kaupalliset toimijat avaavat todennäköisesti rajapintansa ja antavat hallinnoimansa liikenneinformaation muiden käyttöön.

### 2.2.3 Henkilöautoliikenteen digitalisaatio

Henkilöautoliikenteessä digitalisaatio näkyy paitsi kimppakyyteinä ja kyydinjakopalveluina, mutta myös ajoneuvojen digitalisoitumisena. Autojen muuttuminen tietokonemaisiksi viihdekeskuksiksi muuttaa henkilöauton käytön houkuttelevuutta.

Autojen sisältämän tietotekniikan ja erityisesti signaalinkäsittelyjärjestelmien (DSP, digital signal processing) myötä autojen viihdejärjestelmien määrä ja laatu on kasvanut. Lisäksi autojen ajamista helpottavat laitteet (driver-assistance), kuten kaistavahdit, peruutuskamerat, törmäysvaroittimet, pimeänäkölaitteet, dynaamiset vakionopeussäätimet ovat lisääntyneet ja näin ollen monipuolistaneet myös ajoneuvojen tiedonkeruu- ja tallennuslaitteita. (Schneiderman 2013)

Itsestään ajavien autojen kehittyminen on alkanut pienistä palasista. Nyt aletaan olla tilanteessa, jossa yhdistämällä yksittäiset ajamista helpottavat laitteet keskenään kommunikoivaksi, yhtenäiseksi järjestelmäksi, saadaan jo aikaa lähes autonominen ajoneuvo. Kuvassa 5 on esitetty nykyaikaisen henkilöauton yksittäisiä, ajamista helpottavia laitteita. Auton keulassa on kaukovaloautomaatiikan (High Beam Control) vaatimia antureita, joiden perusteella vastaantulevien autojen etäisyys ja ajovalojen häikäisy tunnustetaan ja vaihdetaan tarvittaessa automaattisesti kaukovaloilta lähivaloille ja päinvastoin. Automaattisen hätäjarrujärjestelmän (Emergency Brake System) vaatima eteenpäin havainnoiva tutka havaitsee edessä olevat esteet ja aloittaa jarruttamisen tarvittaessa. Samaa havainnointijärjestelmään perustuu myös mukautuva vakionopeussäädin (Adaptive Cruise Control). Lisäksi auton keulaan voidaan sijoittaa esimerkiksi risteävän liikenteen havainnointilaitteen (Cross Traffic Assist) vaatimat anturit. Pimeänäkölaitteet (Night Vision) ja ajoneuvon etupuolella olevan liikenteen havainnointiin tarkoitettu kamera (Front View Camera System) sekä kuljettajaa tarkkaileva järjestelmä (Driver Monitoring) perustuvat kaikki kamera- ja tutkateknologiaan sekä kehittyneeseen konenäköjärjestelmään. Peruutuskamera (Rear Camera) ja siihen liittyvä pysäköintiavustin (Park Assistant) ovat myös esimerkkejä kamerateknologian hyödyntämisestä ajamista helpottavissa laitteissa. (Freescale 2015)



Kuva 5. Ajamista helpottavien järjestelmien vaatimia antureita (Lähde: Freescale 2015).

Googlen itsestään ajavat autot ovat ajaneet jo yli puoli miljoona kilometriä. Itsestään ajavien autojen ennustetaan olevan tuotantovalmiina vuoteen 2020 mennessä (Business Insider 2015a). Itsestään ajavien autojen ympäristöstään tarvitsema informaatio voidaan jakaa karkeasti kolmeen osaan: staattisesta, ajoneuvoon tallennetusta datasta (esimerkiksi navigaattorin karttadata), Internet-yhteyden yli saatavasta dynaamisesti muuttuvasta datasta (esimerkiksi liikenteen ruuhkatiedot ja kelitiedot) sekä ajoneuvon ympäristöstään havainnoimasta, reaaliaikaisesta sensoridatasta (3D-laserkeilausdata ja videokuvan hahmontunnistusdata).

Itsestään ajavat autot tarvitsevat paljon ulkopuolista informaatiota, jota ladataan Internet-yhteyden avulla, mutta ne myös itse tuottavat paljon hyödyllistä informaatiota. Tämän informaation tallentamiseen ja tehokkaaseen jakamiseen tarvitaan pilvipalvelu, jotta kerätty informaatio saadaan muiden itsestään ajavien autojen käyttöön.

Gerla (2014) jaottelee itsestään ajavien autojen hyödyntämän datan aika-avaruus-akselilla. Itsestään ajavien autojen tarvitsemalle datalle voidaan määritellä kolme attribuuttia: informaation paikallinen merkitsevyys, informaation rajallinen elinikä ja informaation paikallinen kiinnostavuus. Paikallinen merkitsevyys (eng. local validity) tarkoittaa sitä, että tietyistä sijainnista kerätty informaatio on kiinnostava vain etäisyydellä oleville ajoneuvoille. Esimerkiksi jyrkästä mutkasta varoittava tieto on kiinnostava vain tietyn matkan päässä itse mutkasta. Informaation rajallinen elinikä (explicit lifetime) tarkoittaa sitä, että ajoneuvojen keräämällä informaatiolla on tietty elinikä, tietty aika milloin informaatio on luotettavaa. Informaation elinikä vaihtelee informaatiotyypin mukaisesti. Esimerkiksi ruuhkasta kertova informaatio saattaa olla hyödyllistä ja luotettavaa vain 30 minuuttia, kun taas tietyöstä kertovan informaation pitää olla ajan tasalla

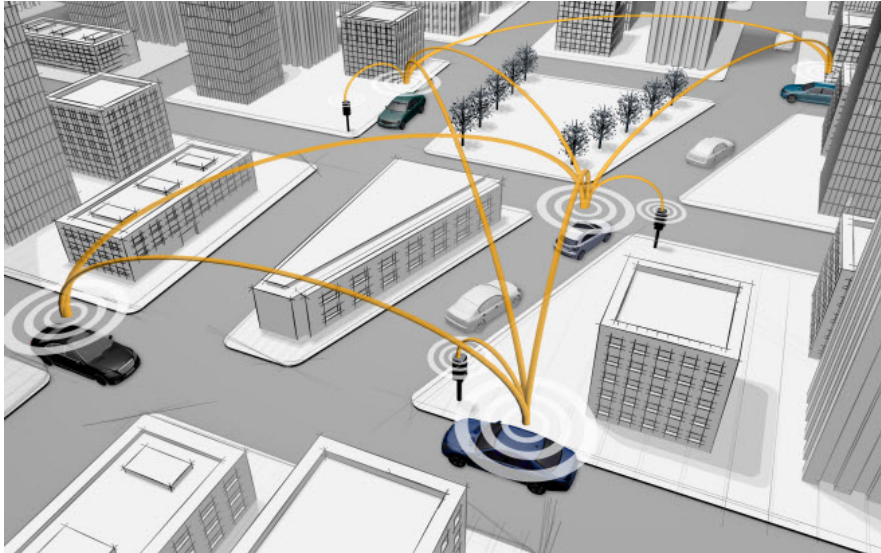
koko tietyön ajan. Informaation paikallisella kiinnostavuudella tarkoitetaan tilannetta, jossa ajoneuvon lähellä olevat toiset ajoneuvot edustavat potentiaalista informaation hyödyntäjäjoukkoa. Kaikki tämä johtaa siihen, että ajoneuvojen keräämä tieto pitää pysyä tallentamaan ja välittämään toisille ajoneuvoille riittävän nopeasti. Perinteiset palvelimallit eivät tähän kykene, ja siksi ratkaisuja täytyy hakea pilvipalveluista.

Itsestään ajavien autojen lisäksi autoteollisuuden kannalta paljon merkittävä ja aiemmin realisoituva asia on Connected Car, Internet-yhteydellä varustettu auto. Erään arvion mukaan 75 % kaikista myytävistä autoista vuonna 2020 tulee olemaan varustettu Internet-yhteydellä. Se avaa täysin uuden maailman esimerkiksi ajoneuvon diagnostiikkaan, huoltamiseen ja päivittämiseen. (Business Insider 2015b)

Ajoneuvo voidaan yhdistää Internetiin joko ajoneuvoon integroidun (tehdasasennetun) yhteyden avulla tai ulkoisen päätelaitteen, kuten matkapuhelimen avulla. Ensimmäinen on autotehtaan, maahantuojan ja huoltoliikkeen kannalta tärkeämpi, sillä sen avulla voidaan välittää diagnostiikka- ja huoltotietoja sekä lähettää päivityksiä ajoneuvon tietokoneille. Jälkimmäisen eli matkapuhelimeen perustuvan Internet-yhteyden käyttö keskittyy lähinnä ajoneuvon Infotainment-järjestelmään (esimerkiksi Internet-selain, musiikin kuuntelu, navigaattori).

Tulevaisuuden itsestään ajaviin autoihin ja Internet-yhteydellä varustettuihin autoihin voidaan varautua rakentamalla jo nyt liikenneinformaatiopalveluista luotettavia, nopeita ja korkealla saavutettavuusasteella (eng. availability) varustettuja. Ajoneuvoista kerättävän tiedon määrän kasvaessa haasteeksi muodostuu tiedon tallentaminen ja prosessointi. Ajoneuvoista kerättävän tiedon hyödyntäminen vaatii tehokkaan ja taloudellisesti järkevän taustajärjestelmän. Pilvipalveluihin perustuvat järjestelmät kykenevät skaalautumaan kulloisenkin tallennustilan ja prosessointitarpeen mukaan.

Ajoneuvot voivat olla yhteydessä toisiin ajoneuvoihin (V2V, Vehicle-to-Vehicle) sekä ajoneuvoista infrastruktuuriin (V2I, Vehicle-to-Infrastructure), esimerkiksi liikennevaloisiin. Kuvassa 6. on esitetty nämä kaksi perustapausta. Erityisesti kaupunkiympäristössä nopeilla datayhteyksillä varustetut ajoneuvot kohtaavat samanlaisia tuotekehityshaasteita kuin matkapuhelimet 2000-luvun alussa. Uusissa ajoneuvoissa on useita lähetinvastaanotin-ryhmiä eli antenneita ja kaupungissa niiden toimintaa häiritsevät toisten ajoneuvojen lisäksi myös suuret rakennukset. Uutena tutkimusongelmana lähitulevaisuudessa tulee olemaan ajoneuvoon sijoitettavien antennien toimivuus vaihtelevassa kaupunkiympäristössä, jossa langatonta tietoliikennettä häiritseviä tekijöitä on paljon.



Kuva 6. Ajoneuvot voivat olla yhteydessä toisiinsa ja infrastruktuuriin (Lähde: Wired 2012).

## 2.2.4 Pyöräilyn ja jalankulun digitalisaatio

Pyöräilyn digitalisoituminen ei välttämättä tarkoita pyörän itsensä muuttumista älykkäämmäksi. Sähköavusteiset polkupyörät yleistyvät kyllä kovaa vauhtia, mutta älykkyyttä voidaan tuoda pyöräilyyn myös älykkäämman infrastruktuurin ja älykkään kaupunkiympäristön avulla. Kööpenhaminassa ja Helsingissä on otettu käyttöön entistä älykkäämpiä pyöräilijöiden laskureita, jotka näyttävät laskurin ohi menneitä pyöräilijöiden määriä päivän, viikon, kuukauden ja vuoden tasolla (People for Bikes 2014). Myös Helsingissä on otettu käyttöön pyöräilijälaskuri Baana-pyöräväylälle. Kuvassa 7 näkyy Kööpenhaminassa pyöräväylällä sijaitseva reaaliaikaisesti päivittyvä laskuri.

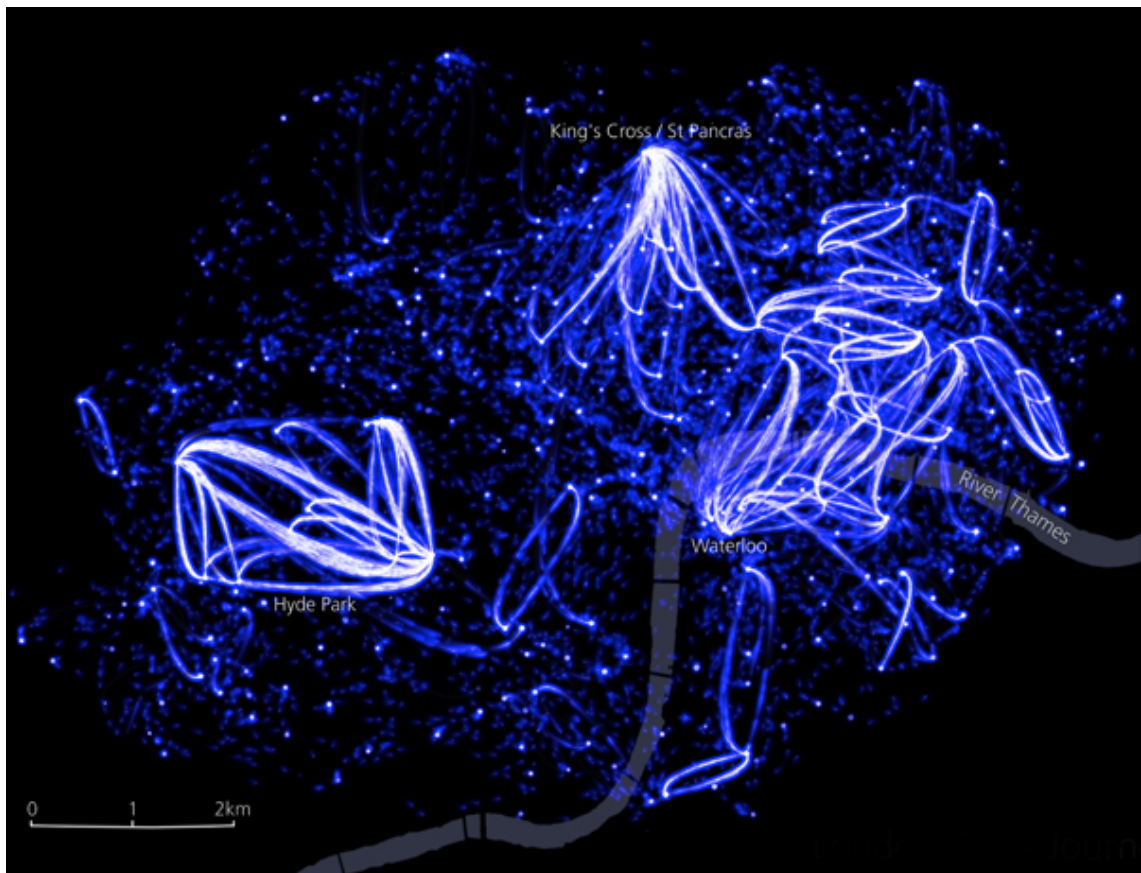


Kuva 7. Kööpenhaminassa oleva pyörälaskuri (Lähde: People for Bikes 2014).



Reaaliaikaisesti päivittyvien pyörälaskureiden avulla pyöräilijät voivat motivoida itsensä käyttämään pyörää entistä useammin. Laskurista näkee kuinka monta pyöräilijää on laskentapisteen jo ohittanut sinä päivänä. Laskurit myös osoittavat kaupunkien päättäjille pyöräväylien merkityksen ja mahdollisesti täten helpottavat uusien pyöräväyläinvestointien tekemistä.

Useissa Euroopan kaupungeissa on otettu käyttöön vuokrattavia kaupunkipyöriä. Esimerkiksi Lontoossa kaupunkipyöräjärjestelmä kattaa yli 11 000 pyörää ja lähes 800 vuokrapyörien pysäköintiin tarkoitettua pyöräparkkia (TfL 2015c). Lontoon kaupunkipyörissä itsessään ei ole älykkyyttä, mutta niiden pyöräparkeissa on. Kaupunkipyörän voi vuokrata joko luottokortilla tai jäsenille myönnettävällä avaimella. Näin ollen jokainen pyörän vuokraus ja palautus tallentuu järjestelmään. Kerätystä datasta voidaan visualisoinnin keinoin etsiä kaikkein yleisimmin käytetyt reitit, vuokrauksen kannalta ruuhkaisimmat viikonpäivät tai kuukaudet sekä seurata mistä mihin turistit ja paikalliset pyörillä yleisimmin liikkuvat (NewScientist 2012). Kuvassa 8 on esimerkki Lontoon kaupunkipyörien nouto- ja palautuspisteiden perusteella tehty visualisointi, josta hahmottuu useimmiten tehdyt matkat. Kuvasta näkee selvästi turistien aiheuttaman keskittymän Hyde Parkin ympärillä, sekä metro- ja rautateiden risteysasemana toimivan King's Crossin ympärillä tapahtuvat matkat.



Kuva 8. Lontoo kaupunkipyörien pyöräparkeista kerätystä datasta tehty visualisointi (Lähde: NewScientist 2012).

Kokonaisuutena liikenteen digitalisaatiosta on nähtävissä, että kaikki mikä voi digitalisoitua, digitalisoituu. Esimerkkinä käytetyt kaupunkipyörät eivät ehkä itsessään voi digitalisoitua, mutta ympärillä oleva infrastruktuurin digitalisoitumisen myötä myös pyöräilijät pääsevät nauttimaan digitalisaation hyödyistä.

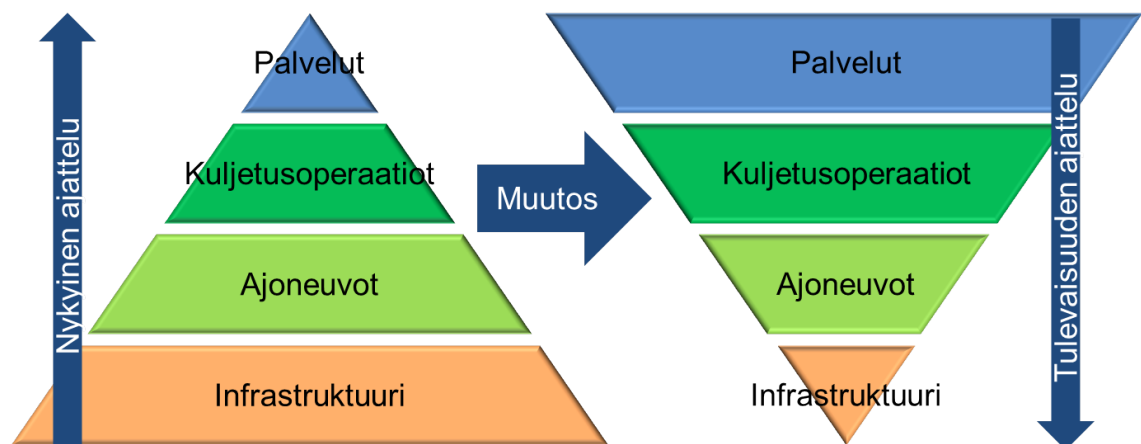
## 2.3 Liikennepalvelut

Kuten modernit taksipalvelut ovat jo osoittaneet, liikenteestä tulee tulevaisuudessa yhä enemmän palvelua. Palveluntarjoajia kilpailutetaan hinnan ja palvelutason perusteella, sosiaaliset arvostelut mahdollistavat muiden käyttäjien kokemuksen hyödyntämisen palveluntarjoajaa valittaessa.

### 2.3.1 Infrasta palveluihin

Tähän saakka liikenne on nähty väylinä ja ajoneuvoina. Tulevaisuuden liikennejärjestelmässä nämä kaksi vanhaa peruspilaria ovat vain mahdollistajia. Väylät ja ajoneuvot mahdollistavat uusien liikennepalveluiden syntymisen ja niiden tarjoamisen. Tulevaisuuden liikennejärjestelmä nojaa edelleenkin väyliin ja ajoneuvoihin, mutta liikkuminen itsessään muuttuu palveluksi.

Kuvassa 9 vasemmalla on esitetty nykyinen, infrastruktuuriin perustuva järjestelmä. Liikennettä on tähän saakka pyritty kehittämään panostamalla ja investoimalla infrastruktuuriin. Tulevaisuudessa liikenteen kehittämisen painopiste tulee olemaan yhtä enemmän palveluissa ja vähemmän infrastruktuurissa. Ajoneuvojen merkitys pienenee, mutta kuljetusoperaatioiden, joukkoliikennejärjestelyjen ja esimerkiksi kimpakkyytien merkitys kasvaa.



Kuva 9. Tulevaisuuden liikennejärjestelmää perustuu palveluihin (Lähde: Liikennelabra 2014).

Palveluistuminen avaa mahdollisuuksia uuteen liiketoimintaan. Aiempaan infrastruktuuriin keskittyneeseen liikenteen kehittämiseen verrattuna liikennepalvelut mahdollistavat myös pienten yritysten ja erityisesti start-up -yritysten markkinoille tuleminen. Infra-

struktuurihankkeisiin osallistuvat yleensä vain suuret rakennusfirmat, eikä pienillä yrityksillä ole edes mahdollisuutta osallistua niihin.

Palveluistumisen lisäksi toinen selkeä trendi on yhteiskäyttöisyyden ja jakamistalouden lisääntyminen. Liikkumispalveluiden myötä henkilöauton omistamien ei ole enää välttämätöntä ja erityisesti nuorten keskuudessa fyysisen omistamisen suosio on laskussa ja tilalle on tullut palveluiden ostaminen. Yhteiskäyttöautot ja vuokra-autot ovat etenkin kaupunkien keskustoissa helposti ja nopeasti saatavissa, joten vähäisen henkilöauton tarpeen voi korvata yhteiskäyttöautolla tai vuokra-autolla.

### 2.3.2 Mobility as a Service

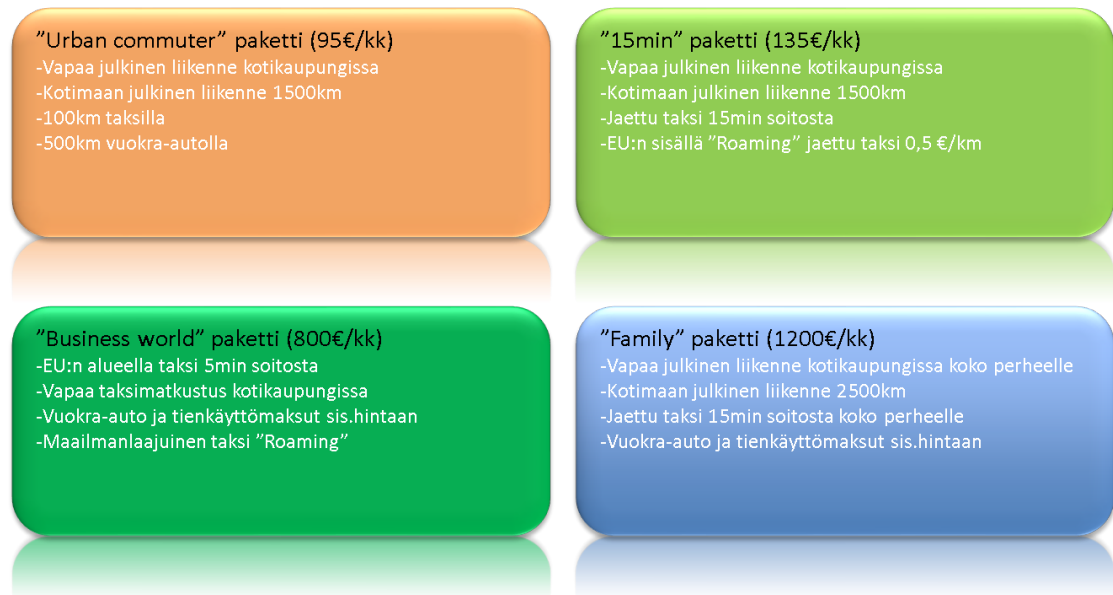
Mobility as a Service, MaaS, on konsepti, jossa julkista liikennettä ajatellaan palvelupaketina. Konseptissa hyödynnetään matkapuhelinliittymistä tuttua kiinteää kuukausihinnoittelua ja sitä vastaan tarjottavaa liikennepalvelua. Palvelupaketteja myydään palvelutasoittain (SLA, Service Level Agreement). Tietyllä kuukausimaksulla käyttäjä saa esimerkiksi kotikaupunkinsa rajoittamattoman joukkoliikenteen ja lisäksi tietyn määrän vuokra-autokilometrejä ja taksikilometrejä. Palvelupakettia korottamalla eli kuukausimaksua lisäämällä käyttöön tulee laajempi kokonaisuus palveluita sisältäen esimerkiksi tuplamäärän vuokra-autokilometrejä tai taksikilometrejä.

Suomalaisessa MaaS-konseptissa mobiliteettioperaattorit paketoivat palveluntarjoajien liikkumispalvelut palvelukokonaisuuksiksi ja tarjoavat niitä kuluttajille. Näin ollen yksittäistä matkaketjun osaa tarjoavat palveluntuottajat, esimerkiksi taksiryrittäjät tai vaikkapa polkupyörän vuokraajat, pääsevät osaksi suurempaa, sujuvaa kokonaisuutta. Kuluttaja ostaa mobiliteettioperaattorilta kokonaispalvelun, jolloin hänen ei tarvitse välittää kulloisestakin palveluntarjoajasta. (Heikkilä 2014)

Taustalla on ajatus siitä, että kiinnostus omistusautoilua kohtaan on vähenemässä ja entistä harvempi nuori haluaa ajaa ajokortin. Tukholman nuorista enää 9 % suorittaa ajokortin heti 18 vuotta täytettyään (Yle 2013). Tulevaisuudessa ihmiset ovat valmiita käyttämään entistä enemmän rahaa palveluun eikä asioiden ja esineiden omistaminen ole enää niin merkittävää. Urbanisaation myötä kaupungeista tulee entistä tiiviimmin asuttuja ja entistä ruuhkaisempia. Valtioilla tai kaupungeilla ei ole enää varaa parantaa tie- ja katuverkostoa kasvavan liikkumistarpeen mukaiseksi. Myös ympäristönäköt puoltavat yksityisautoilun vähentämistä. Näin ollen kaupunkien kannattaa panostaa MaaS-tyyppisten palveluiden kehittämiseen ja laajentamiseen.

Kuvassa 10 on esitetty liikkumispalvelupakettien esimerkkihintoja. Mitä paremman palvelun (Service Level) haluaa, sitä enemmän siitä pitää maksaa. Mullistavaa tässä ajattelutavassa on se, että liikkumisesta maksetaan liikkumisoperaattorille yksi kuukausimaksu, ja sitä vastaan saadaan sovittu palvelutaso (Service Level Agreement). Näin

ollen kuluttaja asioi ainoastaan yhden toimijan kanssa ja joukkoliikenteen käyttö helpottuu.



Kuva 10. Liikenteen palvelupakettien esimerkkihinnoittelu (Lähde: Liikennelabra 2014).

Kiinteä kuukausimaksu ja sitä kautta saatava "rajaton" liikkuminen palvelupakettina ostettuna saattaa houkuttaa liikkumaan turhaan, mikäli rajakustannus eli ylimääräisen kilometrin liikkuminen on käytännössä nolla euroa. Liikenteen palvelupaketit olisi hyvä ainakin alussa määritellä siten, että niissä on määritetty maksimimäärät pakettiin sisältyville kilometreille. Silloin paketti ei houkuttelisi liikkumaan turhaan. Pidemmällä aikavälillä kehityskulku lienee samanlainen kuin matkapuhelinoperaattoreiden kuukausipaketeissa eli hintaan sisältyy rajaton määrä kilometrejä. Ihmisten tottuessa ajatukseen rajattomasta liikkumisesta kiinteään hintaan turha liikkuminen jää pois, kun uutuuden viehäytys on menetetty. Toinen vaihtoehto olisi määritellä kilometrikohtainen hinta liikennepalvelulle, jolloin jokainen ylimääräinen kilometri aiheuttaisi liikkujalle pienen lisäkustannuksen. Digitalisaation myötä voisi olla mahdollista hyödyntää niin kutsuttua jälkimaksamista luottokortin tapaan. Jälkimaksamisessa liikkujaa veloitetaan toteutuneiden kilometrien perusteella jälkikäteen.

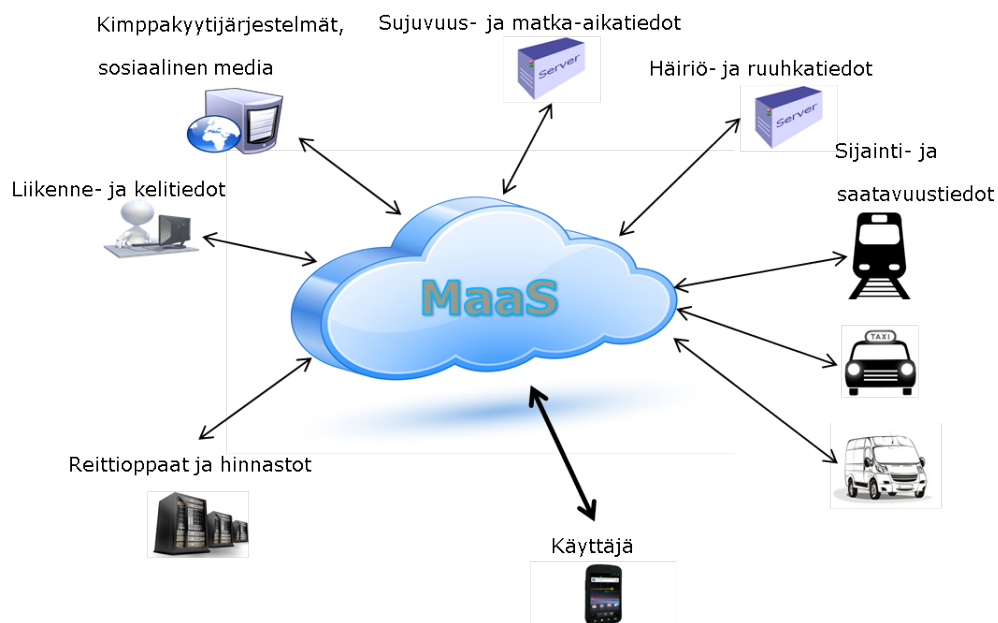
Kaupunkiliikenteen muuttuminen palvelupakettina ostettavaan kokonaispalveluun tulee toteutuessaan mullistamaan kaupunkiliikenteen ohella myös ihmisten liikkumiskäsityksiä. Liikkumispalveluiden helppokäyttöisyyden elinehto on toimiva ja helppokäyttöinen mobiilisovellus, joka vaatii taustalleen eri liikennöitsijöiden tietoja yhdistävän tietojärjestelmän.

MaaS-palvelu voisi lisätä myös sähköautojen käyttöä. Palveluntarjoaja voi tarjota sähköautoa lyhyille kaupunkimatkoille ja perinteistä, pidemmän kantaman autoa pidemmille matkoille. Nykyisessä, henkilökohtaiseen omistukseen perustuvassa mallissa ihmiset

valitsevat käyttöönsä henkilöauton, joka täyttää suurimman osan heidän tarpeistaan (mukaan luettuna lomamatkat), joten valittu auto on yleensä suurempi kuin he päivittäisessä käytössä tarvitsisivat (VTT 2014). MaaS-palvelun myötä kuluttajat voivat valita aina kulloiseenkin käyttötarpeeseen soveltuvan ajoneuvon, jolloin käytettävien ajoneuvojen keskimääräinen koko saattaa pienentyä.

MaaS-palvelu vaatii taustalleen toimivan tietojärjestelmän, jonka avulla palveluntarjoajat voivat tarjota palveluitaan asiakkaille. Liikkumisoperaattorit taas tarvitsevat taustajärjestelmän laskutukseen ja niin kutsuttuun clearingiin (kullekin palveluntarjoajalle tilitetään tietty osuus asiakkaan maksamasta kuukausimaksusta). MaaS-palvelun taustajärjestelmän pitää pystyä tarjoamaan asiakkaalle ajantasaista tietoa tarjolla olevia liikennepalveluntarjoajista sekä tarjoamaan eri reittivaihtoehtoja perustuen kunkin asiakkaan asiakasprofiiliin ja mieltymyksiin (eng. preferences). Olennaista on myös yhdistää reititystietoon viimeisimmät, mahdollisimman reaaliaikaiset ruuhkatiedot ja liikenteen sujuvuustiedot. Näin ollen myös MaaS-palvelussa tarvittavat taustajärjestelmät ja hyödynnettävä liikenneinformaatio tulisi olla luotettavasti saavutettavissa. Parhaiten tämä onnistuu varmistamalla, että tarvittava liikenneinformaatio on myös pilvessä.

Kuvassa 11 on esitetty mahdollisia MaaS-palveluun liitettäviä informaatiolähteitä. Eri-laisten järjestelmien integrointi ilman yhtenäistettyä alustaa on haastavaa. Moninaisista lähteistä kerättävä tieto on järkevintä jaella loppukäyttäjille yhdestä, keskitetystä paikasta. Pilvipalveluiden tapauksessa tiedon tallennus- ja prosessointikustannukset ovat selkeästi pienemmät kuin perinteisissä palvelinmalleissa. Käyttäjämäärän kasvaessa myös palvelinkapasiteettia pitää kasvattaa. Myös käyttäjien päätelaitteiden kirjo kasvaa ja näin ollen palvelun kehittäjien on entistä haastavampaa rakentaa kaikissa päätelaitteissa samalla tavalla toimivia palveluita.



Kuva 11. MaaS-palveluun mahdollisesti liitettäviä informaatiolähteitä.

Myös muualla maailmassa MaaS-konseptiin perustuvia palveluita on kehitetty viime vuosina voimakkaasti. Ruotsissa on toteutettu MaaS-tyyppinen UbiGo-kokeilu, jossa puolen vuoden ajan 70 taloutta pilotoi liikkumista palvelupaketina. Palvelu sisältää julkisen liikenteen, yhteiskäyttöautot, vuokra-autot, taksit ja polkupyörät. Kaikki nämä on saatavissa yhden mobiilisovelluksen kautta ja yhdellä laskulla. (UbiGo 2015)

MaaS-palveluiden esiasteeksi voitaneen laskea myös eri kulkumuotoja yhdistävät ja vertailevat sovellukset. Perinteisesti jokaisen kulkumuodon reitti- ja aikataulutiedot on pitänyt selvittää erikseen. Useasta osasta koostuvan matkan kokonaishinta jää usein hämärän peittoon. Uusia, eri kulkumuotoja vertailevia sovelluksia on kuitenkin viimeaikoina tullut tarjolle. Yhdysvalloissa isoimmista kaupungeissa käyttöön otettu RideScout-palvelu hyödyntää avoimen rajapinnan kautta haettavia eri kulkumuotojen reittioppaita ja yhdistelee niistä käyttäjän tarpeisiin sopivimmat (RideScout 2015). Reittien aikataulu- ja hintavertailu helpottuu näin ollen huomattavasti.

Saksassa toimiva Moovel-palvelu yhdistää samaan mobiilisovellukseen julkisen liikenteen, yhteiskäyttöautot, modernit ja perinteiset taksipalvelut, kaukojunat sekä polkupyörät (Moovel 2015). Käyttäjä voi valita mieltymystensä mukaiset kulkumuodot ja haku-kone hakee niihin sopivimmat reittivaihtoehdot ja hinnat. Varsinainen maksaminen tapahtuu erikseen kulkumuoto kerrallaan, joten MaaS-tyyppiseen kiinteään kuukausihintaan ei tässä palvelussa vielä päästä.

### 2.3.3 Jakamistalous ja yhteiskäyttöisyys

Eräs liikenteen merkittävä trendi on jakamistalouden yleistyminen. Nuoriso ei enää halua sitoa varallisuuttaan harvakseltaan käytettävään henkilöautoon vaan he ovat valmiita maksamaan liikkumisesta palveluna (LVM 2014c). Jakamistalous ja yhteiskäyttöisyys toisaalta vähentävän yksityisautoilua, mutta pienentävät samalla myös valtion verotuloja. Siksi verotusperusteiden muuttamista tulee harkita, sillä nykyinen, omistamiseen perustuvat verotus ei enää tulevaisuudessa takaa valtiolle riittäviä verotuloja.

Perinteisten vuokra-autojen rinnalle on tullut niin kutsuttuja yhteiskäyttöautoja. Esimerkiksi Helsingissä palveleva City Car Club tarjoaa yksityisille sekä yrityksille mahdollisuutta käyttää palvelun piirissä olevia ajoneuvoja tiettyyn kuukausihintaan. Lisäksi veloitetaan esimerkiksi tuntihinta, joka sisältää tietyn verran ajokilometrejä (CCC 2014a). City Car Clubin hinnoittelumalli on esitetty kuvassa 12.

Hankittavan palvelupaketin myötä kuukausimaksu muuttuu ja samalla auton käytöstä veloittettava tuntikorvaus muuttuu edullisemmaksi. Palvelutasosta riippuen käyttäjä saa käyttöönsä kaupunki-, perhe- tai tila-auton. Yhteiskäyttöauton suurimpana etuna on helppokäyttöisyys ja nopeus. Liittymällä kuukausimaksulliseksi käyttäjäksi auton saa

käyttöön helposti esimerkiksi Internetissä tai puhelimitse. Auton ovet voidaan avata älypuhelimella tai älykortilla ja tuntiveloitus on aina vakio, ruuhkatilanteesta riippumatta. Hintaan sisältyy myös polttoaine, joten siitäkään ei lyhyissä vuokrauksissa tarvitse huolehtia.

PAKETTI	KK-MAKSU	TUNTIMAKSU AUTON KÄYTÖSTÄ sis. 20 km ajoa per tunti		
		Kaupunkiautot	Perheautot	Hybridi- ja tila-autot
XS	0 €	15 €/h		
S	10 €	10 €/h	15 €/h	
M	30 €	10 €/h		15 €/h
L	50 €	10 €/h		

Kuva 12. City Car Clubin hinnoittelumalli (Lähde: CCC 2014b).

City Car Club tarjoaa palveluitaan myös yrityksille. Eräs kasvava trendi yritysten keskuudessa on liikkumissuunnitelmien toteuttaminen ja ympäristöystävällisen, kustannustehokkaan, terveellisen ja turvallisen liikkumisen edistämien työntekijöiden keskuudessa. Työmatkoihin työnantajat tarjoavat vähäpäästöisiä leasing-autoja ja työasiamatkoihin joko yhteiskäytössä olevia, työnantajan omistamia autoja tai joukkoliikenteen matkalippuja. Työnantajat voivat myös liittyä autojen yhteiskäyttöpalvelua tarjoavien yritysten asiakkaiksi ja tarjota palvelun käyttöä työntekijälle myös vapaa-aikana leasing-auton tapaan. (Osa 2013)

Yritysten liikkumissuunnitelmien (eng. corporate mobility strategy) hyödyiksi on identifioitu muun muassa seuraavaa (Cairns et al 2002):

- Parkkipaikkaongelmien helpottuminen
- Työpaikalle johtavien autoteiden ruuhkautumisen väheneminen
- Kustannussäästöt vähenevinä pysäköintimaksukorvauksina
- Pienentynyt tarve rakentaa lisää parkkipaikkoja
- Työnantajakuvan ja yrityksen imagon paraneminen

Jakamistalouden ja yhteiskäyttöisyys takana on ajatus henkilöautojen käyttöasteen nostamisessa. Nykyisellään yksityisomistuksessa oleva henkilöauto seisoo suurimman osan ajasta käyttämättömänä (Heck & Rogers 2014). Yhteiskäyttöautoilla henkilöauton käytöstä voidaan nostaa ja vain vähän autoa tarvitsevat voivat luopua omistusautosta kokonaan.

Eräs uusi trendi on yksityiseltä yksityiselle tapahtuva ajoneuvon vuokraaminen, vertaisvuokraus (eng. peer-to-peer car sharing). Esimerkiksi RelayRides on kasvattanut Yhdysvalloissa suosiotaan viimeisen neljän vuoden aikana. Nykyisin pelkästään pidempiin vuokrauksiin (yksi vuorokausi tai enemmän) keskittyvä yritys toimii nykyään yli 2300 kaupungissa ja yli 300 lentokentällä Yhdysvalloissa. (Konrad 2014)

RelayRides-palvelussa käyttäjä voi valita suuresta joukosta yksityisten autoja. Autojen sijainnit näkyvät kartalla ja palvelusta voi myös tarkistaa kyseisen vuokraajan aiempien asiakkaiden palautteet. Jokaisen käyttäjän odotetaan jättävän palautetta vuokraamastaan ajoneuvosta sekä vuokraajasta. Vastaavasti vuokraaja voi jättää palautetta vuokraajasta.

Jakamistalouden ja yhteiskäyttöisyyden leviämisen ovat mahdollistaneet yhteiskunnassa tapahtuneet muutokset, joista merkittävimiksi Rick (2014) listaa muun muassa seuraavat:

- Sosiaalinen muutos
- Kasvava kaupungistuminen
- Kasvava kiinnostus kestävästä kehityksestä kohtaan
- Uusien sukupolvien tarve jakaa ja tarve tehdä hyvää
- Taloudellinen muutos
- Käyttämättömän omaisuuden vuokraaminen eteenpäin
- Omistusajattelun muuttuminen (Access over ownership)
- Teknologinen muutos
- Sosiaalisen median mukanaan tuoma sosiaalinen arvostelu
- Mobiililaitteiden, mobiilin Internetin ja paikannusteknologian kehitys sekä mobiilimaksamisen kehitys.

Sosiaalisen muutoksen suurimpana ajurina on nuorempien sukupolvien ja tiiviimmän asumisen myötä lisääntynyt yhteisöllisyys. Kiinnostus kestävästä kehityksestä kohtaan saa ihmiset ajattelemaan enemmän tavaroiden ostamisen ja omistamisen mielekkyyttä. Taloudellisista muutoksista suurin on omistusajattelun muuttuminen. Erityisesti nuoremmat sukupolvet arvostavat enemmän käyttöoikeutta kuin omistamista. (Forbes 2012)

Omistusajattelun muutos heijastuu erityisesti yksityisautoilun vähenemiseen ja liikennepalveluiden suosion kasvuun. Erityisesti nuoremman sukupolven suosiman ajattelun mukaan asian tai esineen käyttöoikeus on tärkeämpää kuin sen omistaminen (eng. access over ownership). Henkilöautoa ei enää pidetä statussymbolina vaan pelkästään liikkumisvälineenä.

Sosiaalisen median mukanaan tuoma sosiaalinen arvostelu mahdollistaa palveluntarjoajien ja palveluiden käyttäjien vertaisarvioinnit. Aikana ennen sosiaalista mediaa juuri kukaan ei olisi halunnut hypätä täysin tuntemattoman henkilön kuljettaman taksi kyytiin, mutta nykyään se on helppoa ja turvallista, koska asiakas voi tarkistaa kuljettajan



aiemmat arvostelut. Sama logiikka pätee myös yksityiseltä yksityiselle tapahtuvassa vuokraamisessa. Tuntemattomillekin henkilöille uskalletaan vuokrata omia tavaroita, mikäli henkilön aiemmat vertaisarvostelut ovat kunnossa.

Jakamistalous ja yhteiskäyttöisyys monipuolistavat liikkujan käytössä olevaa palveluvalikoimaa. Erilaisten palveluiden yhdistely mielekkääksi kokonaisuudeksi vaatii toimivan taustajärjestelmän. Taustajärjestelmän pitää muun muassa pystyä laskemaan optimaalisia yhdistelmiä käyttäjän mieltymysten (eng. preferences) mukaan. Taustajärjestelmän laskentatehovaatimusten kasvaessa pilvipalveluiden hyödyntäminen tulee entistä tärkeämmäksi.

## **2.4 Liikenneinformaation monipuolistuminen**

Liikenteestä kerätään entistä enemmän informaatiota. Liikenteen kelitietoja kerätään kelikameroista ja sääasemilta. Tulevaisuudessa liikenteestä kerätään entistä enemmän anturitietoja autojen anturitekniikan kehittyessä ja esimerkiksi tieverkkoon liitettävien antureiden yleistyessä. Autojen antureilla voidaan mitata tienpinnan kitkaa ja renkaan vierintävastusta, ajoneuvon nopeutta ja kiihtyvyyttä. Liikennevaloista voidaan kerätä liikenteen sujuvuustietoja ja yhä useampiin liikennevaloihin rakennetaan nykyään valvontakameroita. Videokuvan tallentaminen vaatii runsaasti tallennuskapasiteettia ja etenkin suurissa kaupungeissa kaiken liikenteestä kerätyn videokuvan tallentaminen perinteisin keinoin on kallista ja teknisesti haastavaa. Kerättyä videokuva voidaan hyödyntää jälkikäteen esimerkiksi liikenneonnettomuuksien tutkinnassa.

### **2.4.1 Tavaroiden Internet**

Tavaroiden Internet (eng. Internet of Things) tulee vaikuttamaan myös liikenteeseen. Tavaroiden Internet tarkoittaa yksinkertaistettuna sitä, että hyvin vähäisenkin laskentatehon omaavat laitteet, vaikkapa jääkaapit, voivat jatkossa verkottua ja lähettää tietoja Internetin yli. Jääkaappeihin verrattuna autoissa on jo nyt paljon tietoa kerääviä antureita. Toistaiseksi tietoja ei vielä juurikaan lähetetä eteenpäin vaan tiedot hyödynnetään paikallisesti. Tulevaisuudessa autojen keräämää dataa hyödynnetään entistä enemmän lähettämällä ne autovalmistajalla, huoltoliikkeeseen tai vaikkapa tieverkon ylläpitäjälle. Autojen keräämää dataa voidaan hyödyntää myös viranomaiskäytössä seurattaessa esimerkiksi tiestön ruuhkautumista ja matka-aikoja. Tulevaisuudessa myös liikenteen fyysisessä infrassa tulee olemaan antureita, muun muassa liikennemerkeissä, valvontakameroissa ja vaikkapa liikennevaloissa. Ne voivat lähettää tietoja liikennetilanteesta, ajonopeuksista ja vaikkapa tiestön kunnosta. Logistiikkaan Tavaroiden Internet vaikuttaa siten, että esimerkiksi verkkokaupan kautta tilattavien tavaroiden reaaliaikainen seuranta on jatkossa mahdollista jokaiseen pakettiin liitettävän anturin myötä. Jokaiseen pakettiin voidaan liittää tiedot kuljetettavan tuotteen laadusta ja tilatun kuljetuksen laadusta. Pakkauksessa oleva anturi seuraa tavaroiden tärähtelyä, lämpötilaa ja kosteutta sekä mah-

dollisia poikkeamia suunnitellusta kuljetusreitistä (Linturi & Kuittinen 2014). Koko logistiikkaketju avautuu kuluttajalle entistä tarkempana ja seurattavampana. Tavaroiden internetin myötä tarve liikenteen digitaaliselle alustalle tulee korostumaan.

Tulevaisuudessa robottiautot mullistavat liikenteen. Useat autonvalmistajat Internet-yhtiö Googlen lisäksi ovat kovaa vauhtia kehittämässä itsestään liikkuvia autoja. Monet automaattisen ajamisen ominaisuudet sisältyvät jo uusimpiin automalleihin. Liikennejärjestelmien kannalta tämä tarkoittaa suuria muutoksia esimerkiksi ammattiliikenteeseen. Autojen liikkeessä itsestään ei kuljettajaa enää tarvita. Taksiliikenteen yksi merkittävä kulutekijä eli kuljettaja poistuu. Myös yksityisautoilu muuttuu, sillä kuljettaja voi käyttää aikansa johonkin muuhun, vaikkapa työntekoon ja sosiaaliseen mediaan. (Linturi 2013)

Ajoneuvojen lisäksi Tavaroiden Internet näkyy liikenteessä myös infrastruktuurissa: älykkäinä, sensoreihin perustuvina pysäköintiratkaisuin, anturein varustettuina liikenneväylinä, älykkäinä ja verkkoon kytkettyinä liikennevaloina sekä esimerkiksi anturein varustettuina katuvaloina. Tavaroiden Internetin myötä myös infrastruktuurin ylläpitäminen helpottuu. Tien pintaan sijoitetut anturit kertovat tarkkaa tietoa tien kuormitusasteesta ja mahdollisista muodonmuutoksista. Tulevaisuudessa tieverkon ylläpitäjällä voi olla käytössään reaaliaikaisesti päivittyvä tilannekuva tienpinnan kunnosta ja ylläpito- toimet voidaan kohdistaa tarkalleen niitä vaativille tieosuuksille ilman, että tienpintaa käydään paikanpäällä tutkimassa.

Liikenneturvallisuuden kannalta Tavaroiden Internetin yleistymisen liikenteessä voi tarkoittaa esimerkiksi entistä nopeampaa ja tarkempaa reagointia onnettomuustilanteisiin. Verkotetut ja anturein varustetut liikennevalot ja katuvalot voivat kertoa onnettomuuden tapahtumahetken ja sijainnin välittömästi onnettomuuden tapahduttua. Lediteknologian ja katuvalojen ohjauksen kehittymisen myötä onnettomuuspaikka voidaan ”eristää” esimerkiksi muuttamalla alueen katuvalojen väriä.

Tavaroiden Internet monipuolistaa myös liikennepalveluiden markkinoita esimerkiksi mahdollistamalla ajoneuvojen minuuttipohjaisen vuokrauksen tai vaikkapa vuokrattavien polkupyörien tarkan sijainnin seurannan. Näin ollen erillistä autovuokraamoja tai vuokrapolkupyörien telakointiasemaa ei enää tulevaisuudessa tarvita.

Liikenteen ja siihen liittyvän infrastruktuurin automatisoituminen edellyttää paikkatietojärjestelmien kehittymistä, liikenteestä kerättävän reaaliaikaisen informaation entistä parempaa hyödyntämistä ja avaamista. Liikenteestä kerättävän informaatio määrä tulee kasvamaan valtavasti ja sen hyödyntäminen tulee olemaan haastavaa, ellei sen varastoimiseen ja hyödyntämiseen saada sovittua yhteisiä pelisääntöjä ja yhtenäistettyä alustaa.

## 2.4.2 Käyttäjien tuottama sisältö

Liikenteen käyttäjä tuottaa arvokasta tietoa jo suunnitellessaan matkaa ja tehdessään reittitiedusteluja esimerkiksi karttapalvelun ja joukkoliikenteen aikataulupalvelun avulla. Tämä tieto voitaisiin välittää liikennöitsijöille, palveluntarjoajille ja taksiyrittäjille jo etukäteen, jolloin he voisivat tarjota liikkumispalveluita ja suunnitella ajojärjestystä jo etukäteen. Tällä tavalla voitaisiin ennustaa kuluttajien tulevia liikkumisia ja tehostaa taksikaluston toimintaa. Kuluttajan ostaessa matkalipun lippujärjestelmä tuottaa tietoa matkan ajankohdasta ja kohteesta. Tämä tieto voitaisiin valjastaa tarjouslaskennan ja matkaketjujen suunnittelun tarpeisiin. Myös tässä tapauksessa toteutuisi liikennetarpeiden ennakointi ja räätälöidyt liikennepalvelut ja liikkumistarjoukset. (Linturi & Kuittinen 2014)

Tiedustellessaan reittivaihtoehtoja ja ostaessaan lippuja lippujärjestelmästä käyttäjä tuottaa tietoa, joka voidaan valjastaa tarjouslaskennan ja matkaketjunsuunnittelun tarpeisiin eli liikennetarpeiden ennakointiin. Tulevaisuudessa anturiteknologia ja reaaliaikainen liikennetieto mahdollistaa reaaliaikainen reittisuunnittelun ja – suunnitelman muuttamisen. Liikkujat tekemät reittivalinnat, niiden toteutumistiedot, reitin nopeus, sujuvuus ja viihtyisyys voidaan jakaa kaikkien saataville. Käyttäjän luoma sisältö, jakamistalous ja yhteisöllisyys ovat tulevaisuuden liikennepalvelun kulmakiviä. (Linturi & Kuittinen 2014)

Erilaiset kimppakyytijärjestelmät tulevat yleistymään kun oman kuljetustarpeen ilmaiseminen voidaan hoitaa sosiaalisen median tai kimppakyyteihin erikoistuneiden palveluiden kautta. Kyytiä tarvitseva ilmaisee kyydin tarpeen ja ne, jotka ovat matkalla samaan suuntaan ja joilla on ajoneuvossaan tilaa, voivat tarjota kimppakyytiä sitä tarvitsevalle. Kuljetustarpeen voi ilmaista myös automaattisesti kalenteriperustaisella järjestelmällä. Sähköisen kalenterin avaamisen seurauksena paikalliset taksiyrittäjät voivat tarjota kyytiä tiettyyn hintaan ja suunnitella kuljetuksiaan etukäteen saaden näin ajoneuvonsa käyttöasteen kohoamaan ja tyhjänäolon minimiin. Palveluun voi tallentaa omat liikkumispreferenssit ja saada näin ollen kohdennettuja tarjouksia liikkumispalveluista. (Linturi & Kuittinen 2014)

Kimppakyytijärjestelmien haasteena on tiedonvälitys. Kuinka ilmoittaa kyydin tarpeesta? Kuinka ilmoittaa, mikäli tarjoaa kyytiä? Kimppakyytien markkinapaikka, informaatioväylä siis puuttuu. Liikenteen palveluväylä voisi olla ratkaisu kimppakyytijärjestelmien alustaksi.

Ajoneuvojen antureista ja muualta liikenteestä kerättyä dataa voidaan hyödyntää prosessoimalla sitä reaaliaikaisesti ja välittämällä tieto muille tienkäyttäjille. Ajoneuvojen nopeustiedot ja kitkatiedot voidaan yhdistää ruuhkatietoihin ja näin luoda kaikkia liikenteenkäyttäjiä hyödyttävää tietoa jalostamalla ajoneuvoista kerättyä dataa. Datan prosessointia ei voida tehdä ajoneuvossa itsessään vaan ajoneuvo lähettää datan pilvipalveluun

ja pilvipalvelussa yhdistetään tiedot tuhansista ajoneuvoista ja muualta liikenteestä kerätystä ruuhkainformaatiosta. Näin ollen reaaliaikaista ruuhkatietoa voidaan välittää ajoneuvoille ja älykkäät ajotietokoneet voivat hidastaa ajoneuvoa kauempana edessä olevan ruuhkan takia jo ennen kuin kuljettaja itse huomaa ruuhkaa. (Autonews 2015)

### **2.4.3 Kiinteistä havainnointipisteistä kerättävä tieto**

Suomessa Liikennevirasto vastaa liikennemäärätiedon ylläpitämisestä maantieverkolla. Liikenneviraston laskentajärjestelmä perustuu liikenteen automaattiseen mittausjärjestelmään (LAM). Liikenteen automaattinen mittausjärjestelmä on Liikenneviraston ja suomalaisten laitevalmistajien yhteistyössä kehittämä tieliikenteen automaattinen mittausjärjestelmä. LAM-pisteet ovat kiinteitä mittauspisteitä, jotka tuottavat jatkuvaa liikennetietoa. Laskentapiste tuottaa tietoa ohiajavan ajoneuvon ohitusajasta, nopeudesta, suunnasta, kaistasta, ajoneuvon pituudesta ja ajoneuvoluokasta. Lisäksi mittauksessa saadaan selville peräkkäisten ajoneuvojen aikaero. Kiinteiden mittauspisteiden lisäksi laskentaa suoritetaan yleistä liikennelaskentaa otoslaskentana. Kiinteitä LAM-pisteitä on tällä hetkellä noin 440 kappaletta ja ne perustuvat silmukatekniikkaan. Yleisen liikennelaskennan mittaukset taas perustuvat mikroaaltotekniikkaan. Tiedot siirtyvät 5-15 minuutin välein LAM-järjestelmään liittyviin tietokantoihin. Loppukäyttäjille tietoja jaellaan Liikenneviraston Digitraffic-palvelun kautta. (Liikennevirasto 2014a)

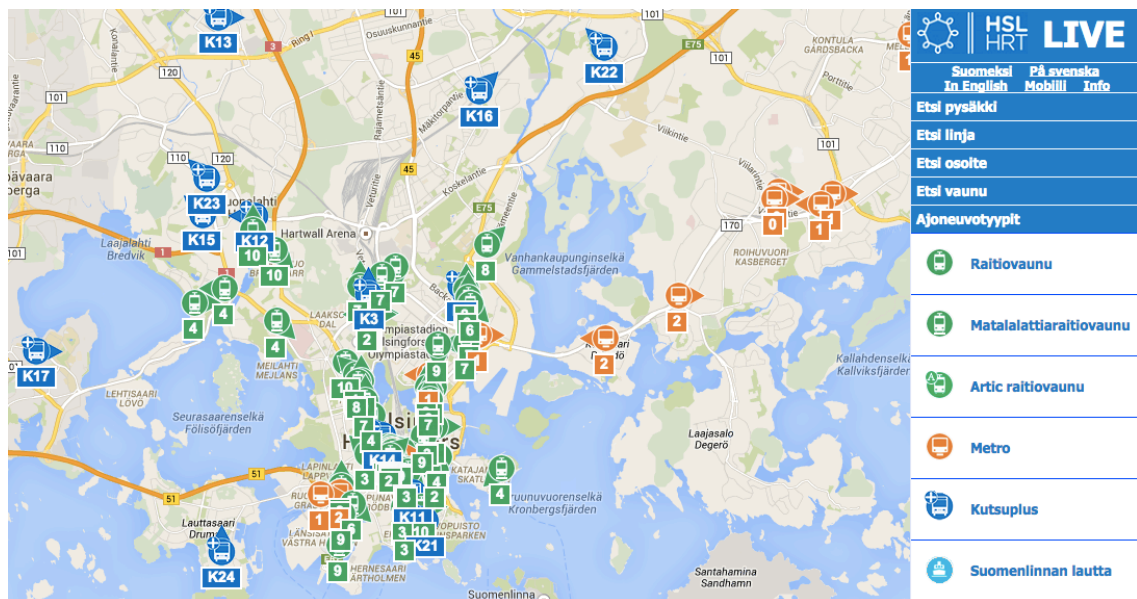
### **2.4.4 Joukkoliikenteen reittioppaat**

Joukkoliikenteen reittioppaita ja informaatiopalveluja on ollut olemassa jo pitkään. Viime vuosina mobiiliteknologian kehittyessä ja avoimen data lisääntyessä joukkoliikenteen käyttäjien avuksi on kehitetty useita matkapuhelimella käytettäviä reittioppaita. Reittioppaiden avulla joukkoliikenteen käyttäjä voi suunnitella reittiään ja käytettäviä linjoja etukäteen, mutta myös muuttaa suunnitelmiaan kesken matkan. Avoimen datan myötä kaupunkikohtaisista reittioppaista ollaan siirtymässä kohti kansallisia, useita kaupunkeja kattavia reittioppaita.

Euroopassa on käytössä myös reittioppaita, jotka tarjoavat reittivaihtoehtoja useamman kuin yhden joukkoliikennemuodon avulla. Esimerkiksi WISETRIP-palvelu tarjoaa reittivaihtoehtoja usean joukkoliikennemuodon ja usean maan välillä (Wisetrrip 2014). Toinen vastaava, monikansallinen ja multimodaalinen reittiopas on EU-Spirit. Molemmat perustuvat kansallisiin reittioppaisiin, joiden kautta haetaan kansallinen reititystieto. WISETRIP-hankkeessa palvelulle on kehitetty oma käyttöliittymä, mutta EU-Spirit hyödyntää kansallisia reittioppaita, joita käytetään rajapinnan avulla käyttöliittymänä kansainväliselle reittioppaalle. (Heljala 2014)

## 2.5 Avoin data

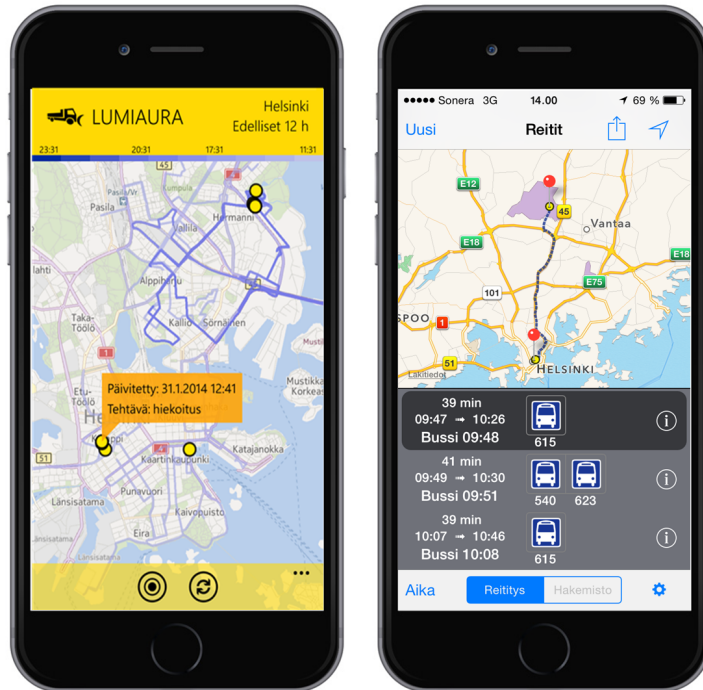
Pääkaupunkiseudun kaupungit on avannut aiemmin rajoitetussa käytössä ollutta dataansa kaikkien käytettäväksi avoimena datana. Kyseessä on Helsinki Region Infoshare-hanke, jonka tavoitteena on luoda uutta liiketoimintaa ja uusia palveluita avaamalla aiemmin pelkästään kaupungin omassa käytössä olleita tietokantoja kaikkien käytettäväksi (HRI 2014a). Hyviä esimerkkejä jo toteutuneista, avoimeen dataan perustuvista palveluista ovat joukkoliikenteen reaaliaikaiset, karttapohjaiset kulkutiedot, kuten HSL-Live (kuva 13), bussien pysäkkikohtaisiin kulkuaikatietoihin perustuva Reitit-palvelu (kuva 14) sekä esimerkiksi Helsingin talviliikenteen kunnossapidon ajantasaisesta tilanteesta kertova Lumiaura-palvelu (kuva 14). (HRI 2014b)



Kuva 13. HSL Live-palvelu (Lähde: HSL 2015).

Avoimuus ja avoin data on selkeä trendi, ja pääkaupunkiseudun esimerkki osoittaa, että sovelluskehittäjät luovat palveluita ja sovelluksia ilmaiseksi, kunhan vain saavat datan käyttöön.

Haasteena datan avaamisessa ovat tietojärjestelmien vanhat vaatimusmäärittelyt. Uusille järjestelmiä kehitettäessä voidaan helpommin ottaa huomioon avoimen datan vaatimat rajapintamallit jo vaatimusmäärittelyssä. Datan avaamisesta johtuva käyttäjämäärän lisääntyminen voidaan myös huomioida skaalautumiskykyä määritettäessä. Vanhojen, olemassa olevien tietojärjestelmien avaaminen on yleensä hieman työläämpää, sillä se vaatii muutoksia rajapintamäärittelyihin. (LVM 2013b)



Kuva 14. Lumiaura-palvelu vasemmalla, Reitit-palvelu oikealla

Esimerkiksi Liikenneviraston ylläpitämä Digiroad-palvelu tarjoaa tie- ja katuverkon sijainnit ja tärkeimmät ominaisuustiedot. Digiroad sisältää myös joukkoliikenteen pysäkkien sijainti- ja ominaisuustiedot. Liikenneviraston Digitraffic-palvelu sisältää vastaavasti Liikenneviraston koostamat matka-aikatiedot, liikenteen automaattiset LAM-mittauspisteet, tiesääasemien tiedot, kelikameratiedot ja Tieliikennekeskuksen häiriötiedot. Palvelua ollaan laajentamassa kattamaan myös kauppamerenkulun ja raideliikenteen tilannetiedot. Liikenneviraston Matka.fi-palvelu sisältää joukkoliikenteen aikataulut ja reittitiedot sekä rajapinnat niiden hyödyntämiseen. Olennaista kaikissa kolmessa on se, että ne tarjoavat hyvin dokumentoidut rajapinnat kehittäjien käytettäväksi (Liikennevirasto 2014b). Taulukossa 1 on koostettu Liikenneviraston ylläpitämät liikennetietopalvelut ja niiden kautta tarjottava informaatio.

Taulukko 1. Liikenneviraston avoimeen dataan perustuvat liikenneinformaatiopalvelut.

Palvelun nimi	Ylläpitäjä	Tarjottava informaatio
DigiRoad	Liikennevirasto	Tie- ja katuverkon sijaintitiedot sekä tärkeimmät ominaisuustiedot, joukkoliikenteen pysäkkitiedot
DigiTraffic	Liikennevirasto	Matka-aikatiedot, LAM-tiedot, tiesääasemien tiedot, kelikameratiedot, liikenteen häiriötiedot
Matka.fi	Liikennevirasto	Joukkoliikenteen aikataulu- ja reittitiedot

Liikenneviraston Digitraffic-palvelusta on saatavilla kaksi erilaista vaihtoehtoa. Open Digitraffic on kaikille avoin palvelu, Pro Digitraffic on sisällöltään laajempi, ammattimaiseen käyttöön tarkoitettu palvelu. Pro-versiota hyödyntääkseen käyttäjän tulee tehdä hyödyntäjäsopimus liikenneviraston kanssa (Liikennevirasto 2015). Taulukossa 2 on kuvattu Digitraffic-palvelun sisältö Open- ja Pro-palveluihin eroteltuna.

Taulukko 2. Liikenneviraston Digitraffic Open- ja Pro-palvelut (Lähde: Liikennevirasto 2015).

Rajapinta	Sisältö	Open	Pro
Ajantasaiset sujuvuustiedot*	Kullekin linkille viimeisin 5 minuutin mediaanimatka-aika sekunteina sekä keskinopeus, sujuvuusluokka ja tieto siitä, milloin tiedot on päivitetty	kyllä	kyllä
Ajantasaiset matka-aikatiedot*	Kullekin linkille viimeisimmän 5 minuutin mediaanimatka-aika sekunteina ja tieto siitä, milloin mediaani on päivitetty	ei	kyllä
Edellisen päivän sujuvuuden historiatiedot*	Kullekin linkille edellisen vuorokauden matka-aika, keskinopeus ja sujuvuusluokan mediaanitiedot	ei	kyllä
Edellisen päivän 12 viikon keskimääräiset päivittäiset sujuvuustiedot*	Edelliselle vuorokaudelle lasketut keskimääräiset sujuvuustiedot. Tiedot on laskettu 12 edellisen viikon tietojen perusteella	ei	kyllä
Ajantasaiset LAM-mittaustiedot	LAM-asemien mittaustiedot eli liikennemäärä ja keskinopeus molempiin suuntiin	kyllä	kyllä
Ajantasaiset vapaat nopeudet*	Tieto kulloinkin voimassa olevasta vapaasta nopeudesta sekä linkeille että LAM-asemille	kyllä	kyllä
Tiesääasemien ajantasaiset mittaustiedot	Tiesääasemien viimeisimmät mittaustiedot	kyllä	kyllä
Tieasemien tilatiedot	Kaikkien asematyyppien keruun ja anturilaskennan onnistumistieto. Aseman tila annetaan LAM-asemia lukuunottamatta kaikille asematyypeille	kyllä	kyllä
Kelikameroiden esiasetukset	Kaikkien julkisten kelikameroiden tiedot ja osoitteen, josta kelikamerakuvat löytyvät	kyllä	kyllä
Tiejaksojen keliennusteet	Tiejaksokohtaiset keliennusteet	kyllä	kyllä
Häiriötiedotteet	Viimeisimmät häiriötiedotteet datex2-formaatissa	kyllä	kyllä
Liikenneviraston FTP-palvelin		ei	kyllä

\* Liikenneviraston Matka-aikatietopalvelun uudistumisen takia tiedot puutteellisia syysyllä 2014

Kuten Liikenneviraston esimerkki osoittaa, dataa ollaan avaamassa yhä enemmän ja enemmän. Julkishallinnon tavoitteena on se, että dataa avaamalla kolmannet osapuolet kehittäisivät datan päälle uusia palveluita. Näin ollen avoimen datan trendi entisestään lisää käytettävissä olevan datan määrää ja datan prosessointi ja tallentaminen tulevat entistä tärkeämpään rooliin. Data pitää olla helposti ja milloin tahansa saatavilla ilman ylimääräisiä kirjautumisia tai tiedonhakupyynnöitä. Lisäksi liikenneinformaatio on tyyppillisesti hyvin aikasidonnaista ja reaaliaikaista, joten perusinformaatiota tarjoavan palvelun saavutettavuus tulisi olla korkealla tasolla.

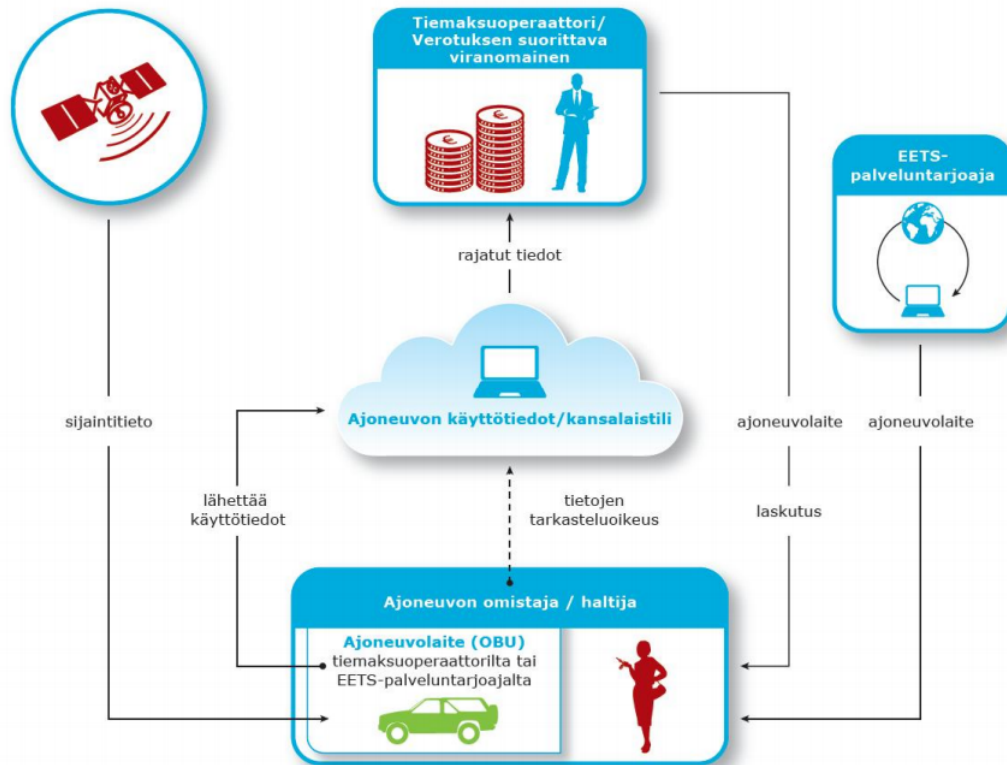
## 2.6 Rajoitettu data

Avoimen datan trendejä seurattaessa unohtuu usein se tosiasia, että viranomaiset käsittelevät edelleen myös luottamuksellista dataa. Viranomaiselta viranomaiselle ja viranomaiselta kansalaiselle välitettävä data saattaa sisältää salassa pidettävää tai henkilökohtaista tietoa ja näin ollen se vaatii osapuolten tunnistautumista ja käyttöoikeuksien varmentamista. Tunnistautumiskäytön hajanaisuus on tällä hetkellä eräs suurimmista haasteista. Tulevaisuudessa voitaneen yhdellä tunnistaumisella kirjautua useisiin eri järjestelmiin, jolloin niiden käyttö muuttuisi huomattavasti helpommaksi ja sitä kautta suosittumaksi.

Niin kutsutun Ollilan työryhmän raportissa (LVM 2013c) tietosuojakäytännöt nostetaan yhdeksi keskeisistä teemoista mietittäessä tulevaisuuden liikennejärjestelmien rahoitusta ja erityisesti kilometriveroa. Raportin mukaan olennaista on muun muassa se, mihin tiedot tallennetaan, mistä/kuka niitä voi käsitellä ja missä/milloin tietoja yhdistetään. Työryhmä näkee lähitulevaisuudessa uudentyyppisiä henkilökohtaisen liikennetiedon hallinnointitapoja muun muassa mahdollisen kansalaistilin kautta. Ajantasainen paikkatieto ja yksityiskohtainen seuranta nähdään työryhmän raportissa tarpeettomaksi ja esimerkiksi kilometriverotus voitaisiin järjestää pelkillä määräajoin verottajalle menevillä tiedoilla, jolloin kansalaisten huoli yksityisyyden suojasta hälvenisi.

Kuvassa 15 on esitetty Ollilan työryhmän kaavailema malli kilometriverojen keräämiseen. Ajoneuvoihin asennettava päätelaite tallentaa ja lähettää ajoneuvon käyttötiedot käyttäjän itsensä hallinnoiman kansalaistilin kautta tiemaksuoperaattorille. Ajoneuvon omistaja näkee itse tarkat ja reaaliaikaisesti päivittyvät tiedot ajoneuvon käytöstä. Tiemaksuoperaattorille välitetään ainoastaan verotuksen kannalta olennaiset tiedot ja nekin ainoastaan määräajoin. Tiemaksuoperaattorilla ei siis ole tarvetta saada ajoneuvon käyttötietoja reaaliaikaisesti. Ajoneuvolaitteen luotettavuus riippuu sijaintitiedon saatavuudesta. Nykyisellä satelliittiteknologialla sijainnin tarkkuus ja sijaintitiedon jatkuvuus on hyvällä tasolla. Ajoneuvon käyttötiedot voidaan lähettää kansalaistilille puskuroidusti, joten matkapuhelinverkon kautta luotavalle datayhteydelle ei ole jatkuvaa tarvetta.



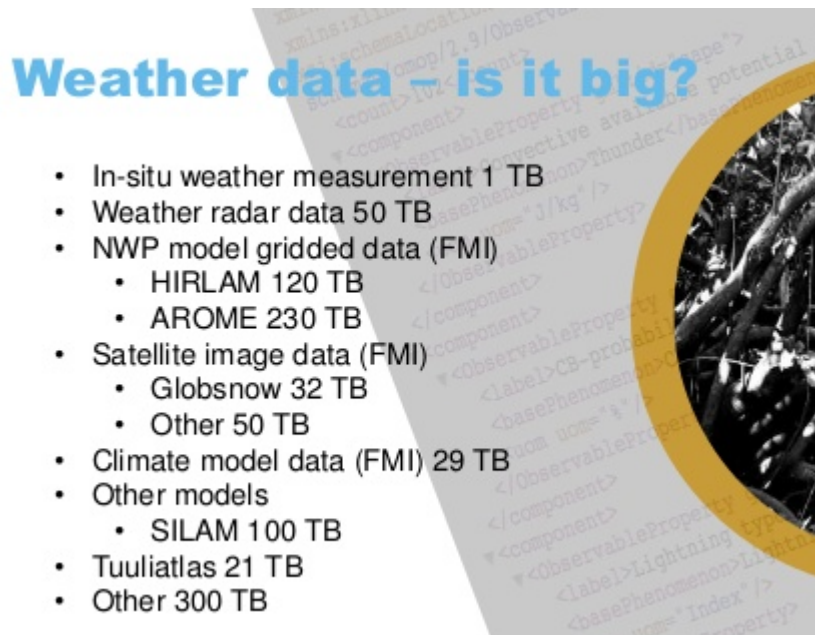


Kuva 15. Ollilan työryhmän ehdotus kilometriveron keräykseen vaadittavan tiedon hallinnoinnista (Lähde: LVM 2013c).

## 2.7 Datan määrän kasvu

Kerättävän, jalostettavan ja käyttöön jaettavan datan määrä kasvaa tulevaisuudessa väijäämättä. Eräs pitkään datan keräämistä ja jakelua harjoittanut taho on Ilmatieteenlaitos. Nykyään Ilmatieteenlaitoksen tietokannoista tehdään yli 300 000 latausta päivässä ja tietopyyntöjä eri järjestelmien kautta tulee keskimäärin 3,7 pyyntöä per sekunti. Määrä tulee kasvamaan tulevaisuudessa kun dataa avataan entistä enemmän. Se asettaa entisestään kasvavia vaatimuksia datan käsittelylle. Tiedostoformaatit ovat standardoituja ja niihin liittyvä metadata on mahdollisimman yksinkertaista. Tiedon hyödyntäminen on tehty mahdollisimman helpoksi muun muassa siten, että käyttäjän ei tarvitse enää ladata koko tietokantaa tai edes tiedostoa, vaan ainoastaan tarvitsemansa tiedot. Jatkuvasti päivittyvän sää- ja kelitiedon tapauksessa tietoon liitetty laatu- ja luotettavuusinformaatio on erityisen tärkeässä asemassa. (FMI 2015)

Erityisesti liikenne hyödyntää Ilmatieteenlaitoksen keräämää ja jalostamaa säähän ja ilmastoon liittyvää dataa. Kuvassa 16 on esimerkki Ilmatieteenlaitoksen keräämistä ja avoimena datana jakelemista säätiedoista. Jatkuvasti kasvava datan määrä tulee aiheuttamaan haasteita myös liikennesektorille. Liikennealan toimijoiden tulisi ottaa oppia Ilmatieteenlaitoksen keräämän datamäärän kehityksestä ja huomioida se tulevaisuuden kehitystyössään.



Kuva 16. Ilmatieteenlaitoksen avoimena datana jakeleman säätiedon määrä. (Lähde: FMI 2015).

## 2.8 Liikenteestä kerättävä informaatio tulevaisuudessa

Tulevaisuudessa liikenteestä kerätään entistä suurempia informaatiomääriä. Kamerateknologian kehityksen myötä liikenteen seurantaan voidaan valjastaa teiden varsille asennettavilla kameroilla. Hahmontunnistusteknologia auttaa tunnistamaan ajoneuvot ja erilaiset liikennetilanteet. Tämä mahdollistaa reaaliaikaisen liikenteen analysoinnin, hallinnan ja tilannekuvan luomisen. Liikennevirtojen ja häiriötilanteiden seuranta on jo nykypäivää, mutta tulevaisuudessa kameroiden avulla voidaan tunnistaa jarrutustilanteita, ruuhkakäyttäytymistä, toimintaa liikennevaloissa ja näin ollen ohjata ja opastaa taoudellisempaan ja sujuvampaan ajamiseen. Reaaliaikaisen tilannekuvan myötä voidaan kehittää polttoainetalouden kannalta optimoituja navigointi- ja reititystekniikoita. Reaaliaikaisen tilannetiedon yhdistäminen aiemmin kerättyyn, tilastolliseen kulkuaikatietoon mahdollistaa dynaamisen, sujuvimman reitin algoritmien käyttämisen navigaattoreissa. Kamerateknologia ja erityisesti videokuvan tallentaminen vaatii suurta tallennustilaa ja tiedonsiirtonopeutta. Hahmontunnistusteknologian hyödyntäminen vaatii videokuvan reaaliaikaista prosessointia. Suurten tietomäärien tallennus paikallisesti kamerassa tai tiedon reaaliaikainen prosessointi perinteisellä palvelimella ei ole enää järkevää, vaan tieto pitää toimittaa nykyaikaiseen pilvipalveluun, jossa tallennus- ja prosessointikapasiteetti on käytännössä rajaton. Pilvipalveluiden hyödyntäminen avaa uusia mahdollisuuksia hahmontunnistuksen käyttöön. (Hsu et al. 2014)

Taloudellisen ajamisen on perinteisesti ajateltu tarkoittavan turhien kiihdytysten ja jarrutusten välttämistä liikennetilannetta seuraamalla, mutta esimerkiksi ruuhkatilanteessa se on hyvin haastavaa. Siksi reaaliaikaisen liikenneinformaation hyödyntäminen dy-

naamisessa reitinvalinnassa saattaisi auttaa taloudellisessa ajamisessa jopa enemmän kuin perinteiset keinot.

Kuvassa 17 on esitetty eräs visio tulevaisuuden liikkumismuodoista. Tulevaisuudessa liikenteestä ja liikkujista kerättävä informaatio on entistä suuremmissa roolissa liikenteen ohjauksen ja hallinnan kautta. Tulevaisuudessa jokainen kulkuväline tarvitsee satelliittiyhteyden sekä jatkuvan informaatiovirran muista kulkuvälineistä ja niiden sijainneista.



Kuva 17. Visio tulevaisuuden liikkumismuodoista (Lähde: Arup 2014).

## 2.9 Tulevaisuuden skenaariot

### 2.9.1 Liikkuminen palveluna – konseptin laajentumisskenaariot

Liikkumispalveluiden kehittäminen Suomessa on eräs Liikenne- ja viestintäministeriön kärkiteemoista (LVM 2014a, LVM 2015). Suomeen halutaan luoda liikenneinnovaatioiden syntymistä edistävät olosuhteet. Lisäksi Liikkuminen palveluna – konsepti (MaaS) on saanut runsaasti painoarvoa Liikenne- ja viestintäministeriön viestinnässä (LVM 2014b). MaaS-konseptia pyritään saattamaan konkreettiselle tasolle Tekesin perustaman ”Liikkuminen Palveluna”-ohjelman avulla (Tekes 2015). Liikenne- ja viestintäministeriö pyrkii edistämään MaaS-konseptin kehitystä varmistamalla, että lainsäät-

däntö ei aseta esteitä uuden liikkumisoperaattorin (MaaS-operaattori) perustamiselle. Tekes pyrkii edistämään uuden operaattorin markkinoille tuloa MaaS-ohjelmansa avulla rahoittamalla olemassa olevia ja perustettavia yrityksiä, jotka kehittävät uusia liikkumispalveluita.

MaaS-konseptin muuttuminen konkretiaksi Suomessa on vielä kyseenalaista. Siksi MaaS-ajatusta olisi hyvä jalostaa erilaisten skenaarioiden kautta. Skenaariotyöskentelyssä pyritään selvittämään niitä asioita mitkä vaikuttavat tarkastelun kohteena olevaan asiaan tulevaisuudessa. Taulukossa 3 on esitetty kolme erilaista skenaariota MaaS-konseptin laajentumisesta. Muuttujiksi tarkastelussa on valittu MaaS tarjonta ja MaaS kysyntä, koska molemmat vaikuttavat konseptin laajentumiseen. Tarjonnan rajallisuus rajoittaa hintakilpailua, kun taas kysynnän rajallisuus johtaa pilottien ja kokeilujen loppumiseen. Teknologian kehitys on MaaS-konseptin laajentumisen edellytys, joten informaatiopalveluiden ja maksujärjestelmien kehittyminen vaikuttaa laajentumiseen. Myös lainsäädännön vapauttaminen vaikuttaa MaaS-operaattoreiden syntymiseen ja liikkumispalvelujen kattavuuteen.

Taulukko 3. MaaS-konseptin laajentumisskenaariot.

Muuttuja	Skenaario A	Skenaario B	Skenaario C
MaaS tarjonta	Yksi kotimainen operaattori	Useita kotimaisia operaattoreita	Useita koti- ja ulkomaisia operaattoreita
MaaS kysyntä	Kysyntä vähäistä	Kysyntää jonkin verran	Kysyntää paljon
Teknologian kehitys	Kehitys vähäistä	Informaatiopalveluita kehitetään	Yhteinen maksujärjestelmä kehittyy
Lainsäädännön vapauttaminen	Lainsäädäntöä ei muuteta	Lainsäädäntöä vapautetaan hieman	Lainsäädäntöä vapautetaan voimakkaasti

Ensimmäisessä skenaariossa MaaS tarjonta rajoittuu yhteen kotimaiseen MaaS-operaattoriin. Ensimmäinen operaattori toimii todennäköisesti pääkaupunkiseudulla, joten muualla Suomessa asuvat jäävät väistämättä sen vaikutusalueen ulkopuolelle. Yhden operaattorin tarjonta ei vielä synnytä hintakilpailua ja näin ollen kysyntä jää joko vähäiseksi tai sitä on vain jonkin verran. Perustettu operaattori joutuu toimimaan vanhan, olemassa olevan teknologian varassa eikä informaatiopalveluita tai yhteistä maksujärjestelmää saada kehitettyä. Yhden operaattorin toiminta jää kokeiluasteelle eivätkä

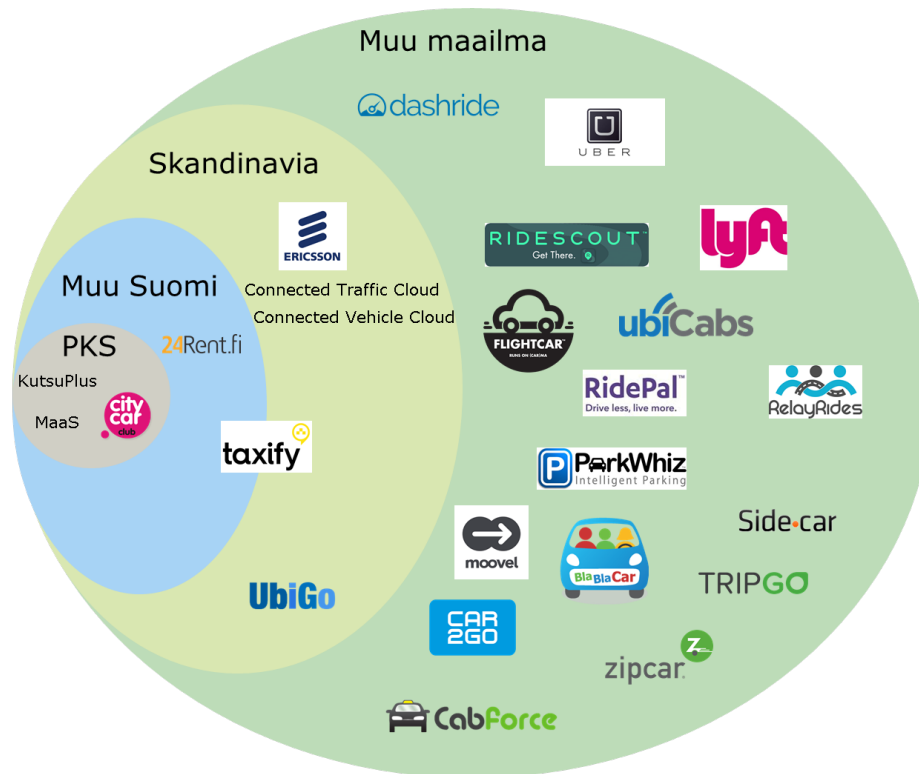
käyttäjämäärät kasva merkittävästi. Käytettävien informaatiolähteiden integroitavuus osoittautuu haastavaksi eikä maksutulojen jyvitys palveluntarjoajien kesken onnistu automaattisesti. Kuukausihintoihin on haastavaa löytää tasoa, jolla käyttäjämäärät kasvaisivat, mutta toiminta saataisiin silti kannattavaksi. Lainsäädännön muuttaminen yksittäisen operaattorin takia nähdään tarpeettomaksi. Valtion tuesta huolimatta yksittäinen operaattori vanhanaikaisella teknologialla kaatuu omaan mahdottomuuteensa.

Toisessa skenaariossa Suomeen perustetaan useita kotimaisia operaattoreita, jolloin hintakilpailua ja sitä kautta kysyntääkin syntyy jonkin verran. Informaatiopalvelut saattavat kehittyä hieman, mutta maksujärjestelmä ei vielä yhtenäisty. Hintakilpailun myötä käyttäjämäärät kasvavat jonkin verran, mutta toiminta rajoittuu edelleen pääkaupunkiseudulle. Suurista kaupunkialueista Tampere ja Turku saattavat olla joidenkin MaaS-operaattoreiden laajentumisalueita. Informaatiopalveluita kehitetään helpottamaan matkantekoa, mutta maksujärjestelmän yhtenäistäminen ja lipputulosten jakaminen ovat edelleen teknisesti vaikeita hoidettavia.

Kolmannessa skenaariossa Suomeen rantautuu kotimaisten MaaS-operaattoreiden lisäksi myös ulkomaisia operaattoreita, jolloin kysyntä ja hintakilpailu kasvavat huomattavasti. Tämän edellytyksenä on liikenneinformaation kehityksen lisäksi myös maksujärjestelmän voimakas kehittyminen. Kilpailun voimakas lisääntyminen edellyttää myös lainsäädännön vapauttamista. Sekä teknologian kehittyminen että lainsäädännön vapauttaminen ovat siis selkeitä edellytyksiä voimakkaan kasvun skenaariossa ja nämä tulisi ottaa erityisesti huomioon, mikäli MaaS-konseptista halutaan ottaa kaikki hyöty irti.

## 2.9.2 Liikenneinnovaatioiden vienti ja tuonti ulkomailta

Suomessa pyritään kehittämään uusia liikennepalveluihin liittyviä innovaatioita (MaaS, KutsuPlus) ja viemään niitä maailmalle suomalaisina innovaatioina. Samaan aikaan pitäisi huomioida ja varmistaa ulkomaisten liikenneinnovaatioiden pääsy Suomeen. Tähän asti ulkomaisten innovaatioiden rantautumista on pyritty edistämään tarkastelemalla lainsäädännöllisiä esteitä. Niiden purkamisen lisäksi olisi hyvä kiinnittää huomiota olemassa olevan liikenneinformaation saatavuuteen ja sen teknologiseen helppokäyttöisyyteen sekä houkuttelevuuteen. Pelkkä rajapintojen avaaminen ei riitä, vaan avattu data pitää olla saatavissa luotettavasti, nopeasti ja kansainvälisten standardien mukaisesti. Viranomaisten ylläpitämien liikenneinformaatiota tarjoavien tietokantojen integroitavuus globaaleihin, kaupallisten toimijoiden kehittämiin liikennepalveluihin on ensiarvoisen tärkeää. Kuvassa 18 on esitetty muutamia esimerkkejä liikenneinnovaatioiden jakautumisesta pääkaupunkiseudulle (PKS), muualle Suomeen, Skandinaviaan ja muualle maailmaan.



Kuva 18. Liikenneinnovaatiot Suomessa ja muualla maailmassa.

Suomalaisten liikenneinnovaatioiden vieminen maailmalle tuo toki paljon positiivista julkisuutta Suomelle, mutta se ei sinänsä paranna suomalaista liikennejärjestelmää. Ulkomaisten liikenneinnovaatioiden tulo Suomeen sen sijaan monipuolistaa liikkumispalveluiden tarjontaa sekä kehittää suomalaista liikennejärjestelmää entistä monipuolisemmaksi. Monipuoliset ja helposti saatavilla olevat liikennepalvelut vähentävät tarvetta yksityisautoilulle ja näin ollen helpottavat liikenteen ruuhkaisuutta.

Muulla maailmassa kehitetyt liikennepalveluihin liittyvät innovaatiot ovat huomattavasti suomalaisia liikenneinnovaatioita monipuolisempia, osin vapaamman lainsäädännön, osin suurempien ihmismäärien ansiosta. Lainsäädännöllisiä esteitä pyritään purkamaan ja näin ollen edesauttamaan uusien innovaatioiden syntymistä ja olemassa olevien liikennepalveluiden rantautumista Suomeen. Samaan aikaan liikenneviranomaisten tulisi huomioida myös Suomesta kerätyn liikenneinformaation houkuttelevuus ja helppokäyttöisyys. Avoimen datan lisäksi huomioita tulisi kiinnittää liikenteestä kerätyn tiedon tallentamiseen, prosessointiin ja jakeluun käytettyyn teknologiaan. Tehdyt teknologiavalinnat voivat pahimmassa tapauksessa estää ulkomailla kehitettyjen liikenneinnovaatioiden rantautumisen Suomeen.

## 3. LIIKENNEINFORMAATION VÄLITYSRATKAISUT

### 3.1 Digitaaliset palveluväylät

Yhteiskunnan palveluiden digitalisoituminen on edennyt eri maissa eri tahdissa. Virossa on jo vuosia kehitetty ja käytetty digitaalista palveluväylää, XROADia. Julkisten palveluiden digitalisoinnissa Viro on ollut selvästi Suomea edellä. Määrätietoinen panostaminen palveluiden digitalisoimiseen on jatkunut koko 2000-luvun (OP 2014). Viron julkisten palveluiden kehityskulku aikajärjestyksessä on ollut seuraavanlainen:

- 2000: e-Vero, veroilmoitusten digitalisointi, veronpalautukset 5 päivässä
- 2000: Pysäköintimaksujen mobiilimaksaminen
- 2001: X-Road palveluväylä
- 2001: Väestörekisteri
- 2002: Digitaalinen ID-kortti ja sähköinen allekirjoitus
- 2003: e-Laki, lainsäädäntöprosessin läpinäkyvyys kansalaisille
- 2003: Valtion e-Palveluportaali
- 2005: Digitaalinen arkisto
- 2005: Internet äänestys mahdolliseksi
- 2005: Maa- ja kiinteistörekisteri
- 2007: Mobiili ID-kortti
- 2007: Yritysrekisteri, yrityksen perustaminen, vuosi-ilmoitukset
- 2008: e-Terveys, kootut terveydenhuollon tiedot eri rekistereistä
- 2010: e-Reseptit käyttöön

Suomessa kehitys on toistaiseksi ollut hitaampaa, mutta viime aikoina on alkanut näkyä merkkejä edistyksestä. Suomen Kansallinen Palveluväylä on tarkoitus rakentaa Viron esimerkin mukaisesti (VM 2014). Kehitystyön aikataulu on vielä avoin ja palvelun kehitys on päätetty tehdä ketteriä menetelmiä käyttäen, joten palveluväylän sisältöön on mahdollista vaikuttaa myös kesken kehitystyön.

Liikenneinformaation välittämistä palveluväylän kautta ei ole vielä toteutettu sen enempää Virossa kuin Suomessakaan, vaikka se onkin yksi varteenotettava vaihtoehto. Palveluväylää ei ole suunniteltu erityisesti liikenteelle vaan yleiseksi yhteiskunnan palveluväyläksi, joten se asettaa tiettyjä rajoitteita esimerkiksi avoimen datan siirtämisessä. Toisaalta palveluväylä tarjoaa luotettavan tavan tunnistaa käyttäjä ja hallinnoida kunkin

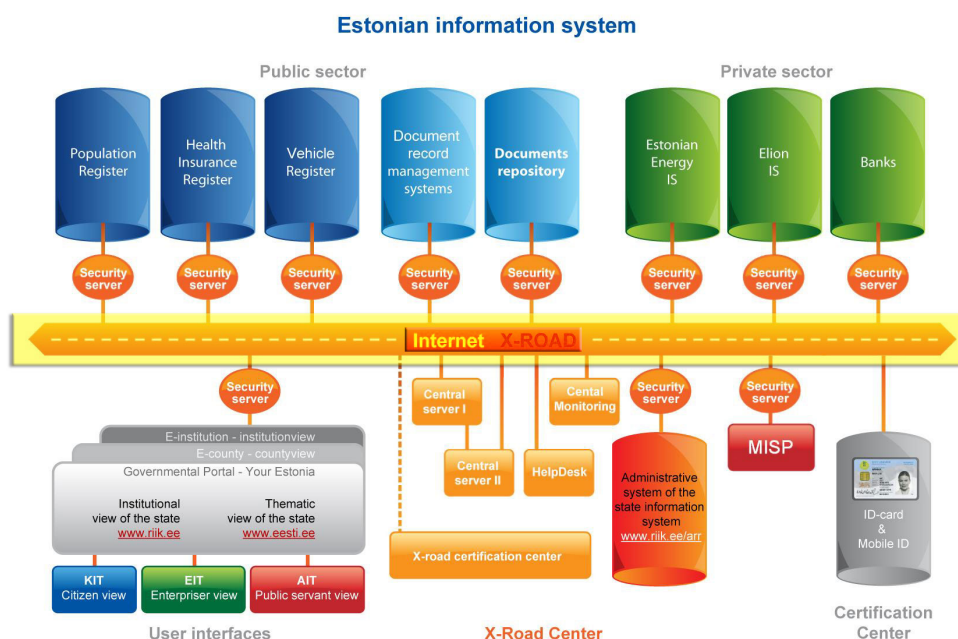
käyttäjän käyttöoikeuksia aineistokohtaisesti. Palveluväylän soveltuvuus liikenteen kontekstiin on vielä hieman kyseenalaista.

### 3.1.1 Viron XROAD

Virossa on otettu käyttöön XROAD, sähköisten palveluiden toimintamalli, jonka mukaisesti eri virastojen tietokannat voivat keskustella keskenään ja hakea tietoja hajautusti. XROADia on kehitetty vuodesta 2002 alkaen ja vuonna 2014 siihen oli liittyneenä 170 erilaista tietopalvelua. Hajautettu malli tarkoittaa tässä tapauksessa sitä, että XROAD ainoastaan määrittelee palveluväylään liittymistavat, mutta se ei sinällään toimi yhtenä suurena tietovarastona. Yhdessä sovitut tiedon haku- ja jakamistavat sekä yhtenäinen, luotettava autentikointi, tarjoavat skaalautuvan mahdollisuuden yhteiskunnan digitaalisten palveluiden toteuttamiseen. Hajautettu malli myös takaa palvelun toimivuuden, sillä yksittäisen tietokannan hetkellinen poissaolo ei vaikuta muiden tietokantojen toimintaan. Näin ollen kunkin tietokannan ylläpitäjä voi tehdä päivityksiä omaan järjestelmäänsä ilman, että se lamauttaa koko XROADia. (RIA 2014)

Kuvassa 19 on esitetty Viron XROAD-järjestelmän pääkomponentit:

- *X-ROAD Certification Center* uusien palvelujen ja tietokantojen hyväksymiseen
- *User Certification Center* käyttäjien identifiointiin ja autentikointiin sekä käyttöoikeuksien varmentamiseen
- *User Interfaces* käyttöliittymien hallintaan
- *Public sector / Private Sector* tietokannat tietojen varastointiin



Kuva 19: Viron XROAD-järjestelmän periaatepiirros (Lähde: Baltic News 2014).



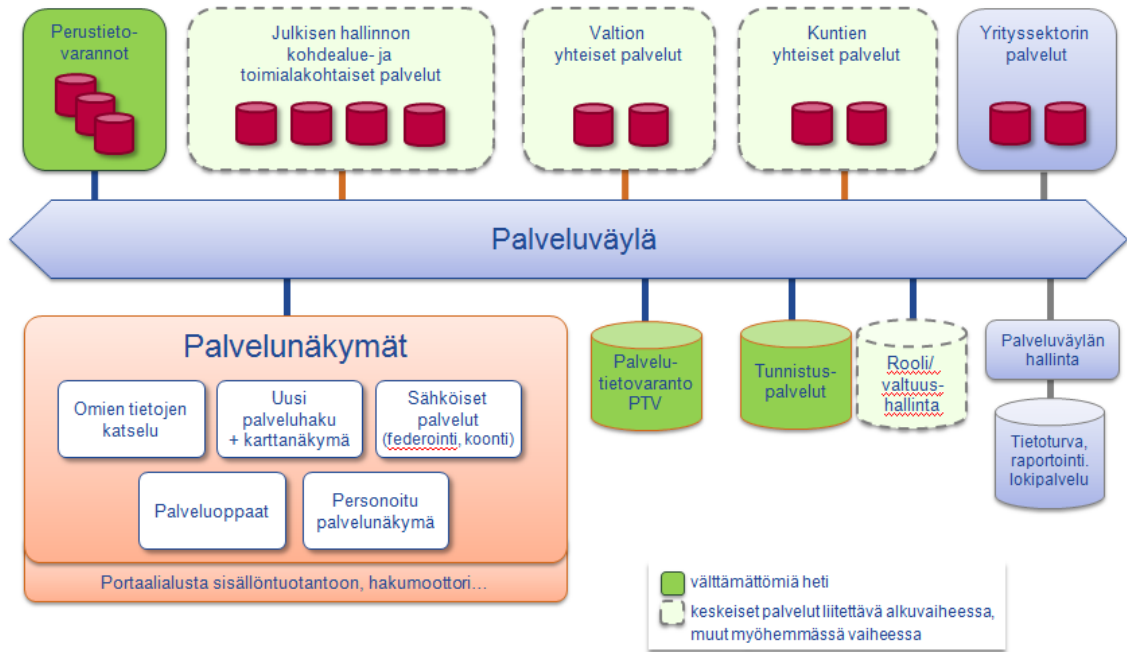
Tietokantojen tuottajina toimivat tahot jakautuvat julkiseen ja yksityiseen sektoriin. Itse tiedonvälitys tapahtuu normaalin Internetin yli, joten se on hyvin joustava eikä se ole riippuvainen yksittäisten toimijoiden järjestelmästä. XROAD on siis pelkkä rajapintamäärittely eikä näin ollen sisällä vikaantumisherkkiä tai käyttäjämäärän mukaan helposti kuormittuvia palvelinkomponentteja.

### 3.1.2 Suomen Kansallinen Palveluväylä

Suomessa on aloitettu Viron mallin innoittamina vastaava hanke, Kansallinen Palveluväylä, jonka toimintamalliksi on valittu Viron XROAD. Palveluväylän avulla julkinen hallinto, yritykset ja yksityiset kansalaiset voivat hyödyntää muita väylään liittyneitä palveluita. Sähköinen palveluväylä on vain tapa, jolla palveluiden tietokantoja pyydetään, ei varsinaisen palvelu tai tietovarasto sinänsä. (VM 2014). Näin ollen suurimmat muutokset joudutaan joka tapauksessa tekemään varsinaisten palveluiden ja tietokantojen ylläpitäjien taholla (yritykset, julkishallinnon organisaatiot). Samalla uudistuu myös tapa, jolla virastot palvelujaan (ja tietokantojaan) tuottavat. Uudet julkiset palvelut suunnitellaan alusta asti Kansallisen Palveluväylän edellyttämällä tavoilla, jotta siihen liittyminen sujuisi saumattomasti. Liikenteen kytkeytyminen Kansalliseen palveluväylään on vielä täysin auki, mutta yhteiskunnan digitaalisten palveluiden kytkeytyessä yhteiseen palveluväylään myös liikenteelle saattaa tarjoutua uusia mahdollisuuksia.

Kansallinen palveluväylä on tiedonvälityskokonaisuus, joka toimii viestinvälitysväylänä siihen liitettyjen palveluiden ja tietokantojen välillä. Palveluväylästä saatavat hyödyt tulevat väylään kytketyistä tiedoista ja palveluista, ei väylästä itsestään. Palveluväylä on standardoitu tietojen vaihdon ratkaisumalli. Palveluväylään voidaan kytkeä sekä julkisen että yksityisen sektorin palveluita, kunhan palvelut täyttävät ennalta määritellyt tekniset rajapintavaatimukset (Väestörekisterikeskus 2014). Kansallisen Palveluväylän olennaisimmat komponentit on esitetty kuvassa 20.

- *Tunnistuspalvelut* käyttäjien identifiointiin ja autentikointiin
- *Palvelutietovarasto PTV* ylläpitää listan käytössä olevista tietovarannoista ja palveluista
- *Perustietovarannot* sisältävät yleisimmät julkisen puolen tietovarannot



Kuva 20. Kansallinen Palveluväylä-periaatepiirros (Lähde: Palveluväylä 2014).

Kansallinen palveluväylä sisältää tiedon välityskerroksen (”Palveluväylä”), kansalaisten, yritysten ja viranomaisten erilliset palvelunäkymät, käyttäjien sähköinen tunnistautuminen (”Tunnistuspalvelut”) sekä käyttäjien roolien ja valtuutusten hallinta.

Mikäli kaikki nykyiset tietovarannot muutettaisiin kommunikoimaan palveluväylän kautta, palvelujen tietovirrat säilyisivät samanlaisina. Palveluväylän suurin hyöty on sen muodostamassa standardoidussa tavassa vaihtaa tietoja eri toimijoiden välillä. (HRI 2014c)

XROAD:in ja siihen perustuvan Kansallisen Palveluväylän eduksi voidaan määritellä muun muassa:

- Yhteisesti sovittu rajapintamäärittely
- Palvelun ja tietovarannon hyödyntäminen onnistuu helposti kun rajapinta on kertaalleen määritetty ja dokumentoitu
- Uusien asiakkaiden mukaantulo helppoa
- Ei vikaantumisherkkiä komponentteja
- Yksittäisen tietovarannon hetkellinen poistuminen verkosta ei lamautta muita järjestelmän osia
- Palveluväylän ylläpitäjän vastuulla ainoastaan käyttäjien autentikointi ja uusien tietovarantojen sertifiointi
- Tietovarantojen päivitettävyyys
- Jokaisen tietovarannon ylläpitäjä voi päivittää palveluaan vapaasti, kunhan rajapintamäärittelyä ei muuteta

- Palveluväylän ylläpitäjä ei vastaa tietovarantojen palvelutasolupauksista (Service Level Agreements).

### 3.1.3 Avoimen datan välitys palveluväylän avulla

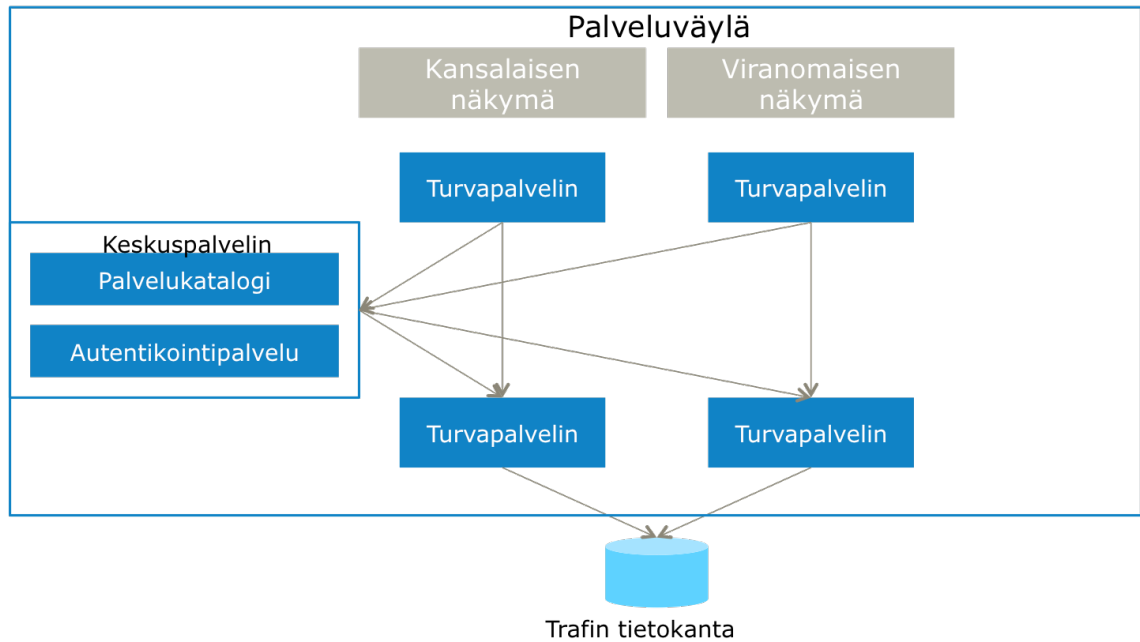
Liikenteeseen liittyy paljon avoimena jaettavaa dataa. Avoimen datan jakelu käyttäjän tunnistautumista (autentikointia) vaativan palveluväylän kautta saattaa hidastaa tiedonsiirtoa ja etenkin tietopyyntöjen vasteaikoja aivan turhaan. Siksi avoin data tulisi tarjota ilman käyttäjän tunnistautumista, kenelle tahansa. Tulevaisuuden liikennepalveluissa reaaliaikaisuus on eräs olennaisimpia ominaisuuksia, joten kaikki mikä hiemankaan heikentää reaaliaikaisuutta, tulisi karsia pois. Näin ollen avoimen datan välittämiseen tulisi käyttää jotain muuta kanavaa kuin tunnistautumista vaativaa palveluväylää.

Palveluväylä ei sinänsä ota kantaa varsinaiseen tiedon varastointi- ja prosessointiteknoologiaan, sillä palveluväylä on pelkästään rajapintamäärittely. Tiedot tallennetaan ja tiedotja prosessoidaan edelleenkin tiedon alkuperäisen omistajan omissa tietokannoissa. Palveluväylä ei myöskään paranna tiedonsiirron nopeutta ja tiedonkäsittelyn tehokkuutta. Palveluväylän käyttäjämäärien kasvaessa tietopyyntöjen määrä tulee myös kasvamaan. Aiemmin tietopyyntöjä tuli ainoastaan viranomaisilta, mutta nyt niitä tulee myös yksityisiltä kansalaisilta. Jossain vaiheessa Palveluväylään liittyneissä palveluissa saattaa tulla haasteita kasvaneiden tietopyyntöjen käsittelyssä ja tietokantojen vasteajat saattavat kasvaa.

### 3.1.4 Rajoitetusti saatavilla oleva datan välitys palveluväylän avulla

Rajoitetusti saatavilla oleva ja käyttäjän tunnistautumista vaativa data voi olla esimerkiksi viranomaiselta viranomaiselle lähetettävää dataa tai viranomaiselta yksityiselle lähetettävää dataa. Yksi esimerkki on Liikenteen Turvallisuusvirasto Trafín hallinnoima ajoneuvorekisteri. Se on osittain avointa dataa, mutta henkilökohtaista tietoa sisältävä data pitää edelleenkin olla saatavissa vain datan omistajalle (ajoneuvon omistaja) sekä tarpeen vaatiessa viranomaisille. Tähän tiedonsiirtoon soveltuisi hyvin Kansallinen Palveluväylä.

Kuvassa 21 on esimerkki Kansallisen Palveluväylän hyödyntämisestä Liikenteen turvallisuusvirasto Trafín tietokantojen tapauksessa. Avoimena datana Trafi välittää esimerkiksi anonymisoitua ajoneuvojen rekisteritietoa (Trafi 2015). Rajoitetusti saatavilla olevana datana Trafi voisi jaella kansalaisille heidän omistamiensa ajoneuvojen tarkempia tietoja, esimerkiksi ajoneuvoverotukseen liittyviä tietoja. Kansallisen Palveluväylän suurin hyöty liikenteeseen liittyvän informaation tapauksessa on nimenomaan tunnistautumista vaativan tiedon jakelukanavana.



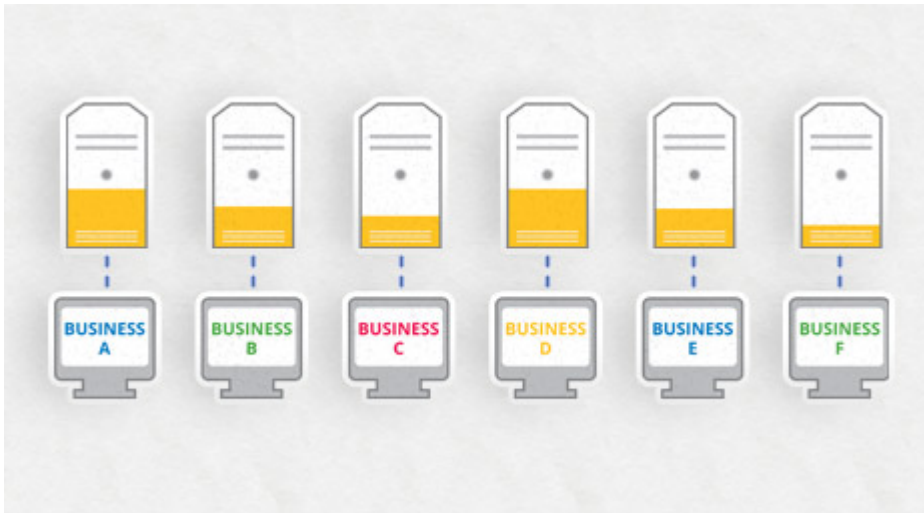
Kuva 21. Kansallisen Palveluväylän avulla voisi jakaa Trafin rajoitetusti saatavilla olevia tietoja.

Älyliikenteen sovellusten tapauksessa Kansallisen Palveluväylän hyödyntämisestä ei merkittävää hyötyä saa, sillä suurin osa älyliikennesovellusten tarvitsemasta informaatiosta jaetaan avoimen datan periaatteiden mukaan.

## 3.2 Pilvipalvelut

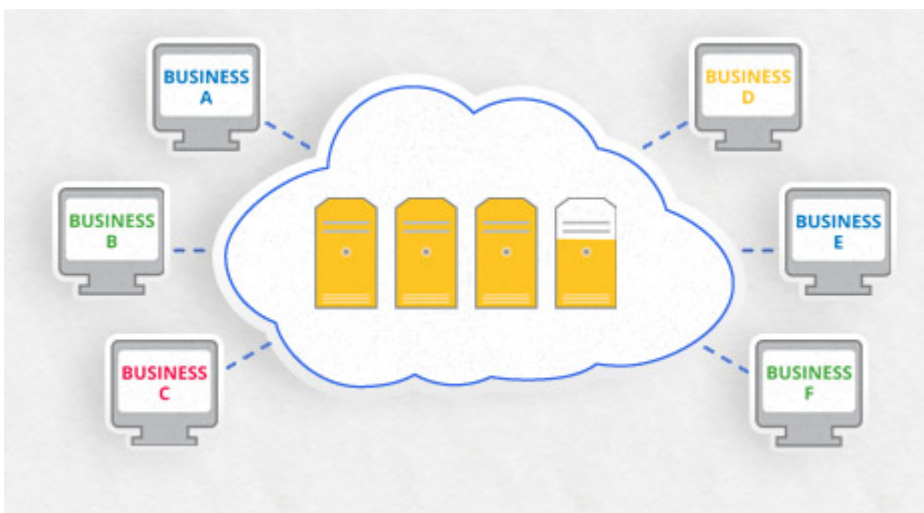
### 3.2.1 Pilvipalveluteknologiat

Perinteisessä palvelinmallissa jokaisella yrityksellä on omat palvelimensa, jotka ovat yleensä vajaakäytössä. Yrityksen täytyy mitoitaa palvelinkapasiteettinsa ruuhkahuippujen mukaan, joten suurimman osan ajasta palvelimen kuormitusaste on hyvin alhainen. Kuvassa 22 on esitetty perinteinen palvelinmalli. Jokaisella yrityksellä on omat palvelimensa tai jopa omat palvelinkeskuksensa (eng. data center). Palvelinkeskusten opeointi vaatii tilaa, henkilöresursseja, osaamista ja sähköä palvelinten pyörittämiseen. Isoissa palvelinkeskuksissa haasteena on vielä palvelinten jäähdytys.



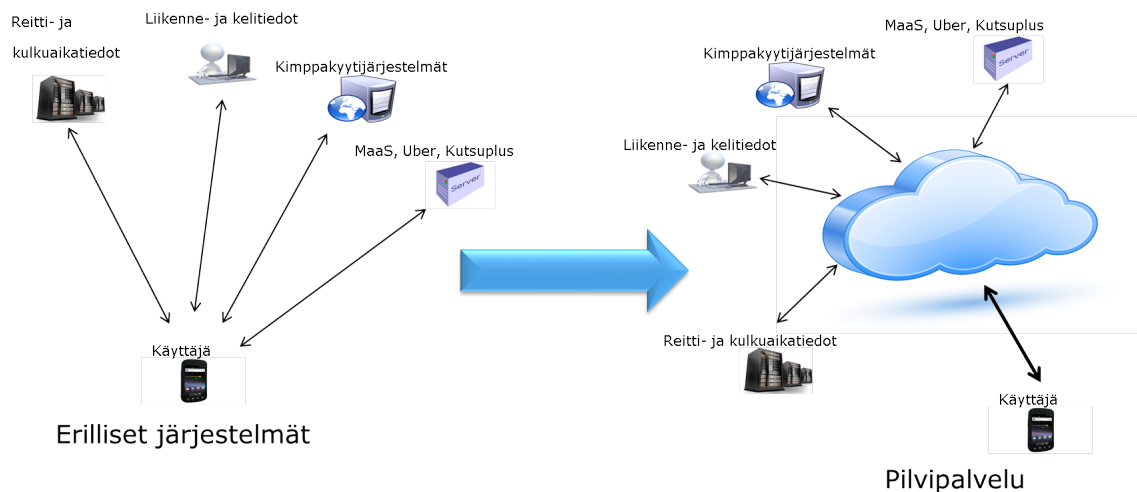
Kuva 22. Perinteinen palvelinmalli (Lähde: Google 2015a).

Pilvipalveluissa palvelinten omistus ja operointi ulkoistetaan pilvipalveluntarjoajalle (esim. Amazon, Google, Microsoft). Pilvipalveluiden merkittävin ero perinteiseen palvelinmalliin on siinä, että resurssit on jaettu useamman yrityksen kesken. Näin ollen palvelinten keskimääräinen käyttöaste saadaan korkeammaksi ja suurempaa asiakasmäärää voidaan palvella pienemmällä palvelinmäärällä. Pilvipalvelun tarjoaja voi järjestää toimintansa huomattavasti tehokkaammin kuin pieni yritys. Pilvipalvelun tarjoaja voi myös hyödyntää pientä yritystä paremmin uusinta pilviteknologiaa ja tuoda aina uudet toiminnallisuudet helposti asiakkaiden saataville. Perinteisessä palvelinmallissa yritys investoi omiin laitteisiinsa ja usein laitevalintaan sitoudutaan useiksi vuosiksi. Tämän vuoksi käytettävän teknologian vaihto tai uusimpien innovaatioiden hyödyntäminen on erittäin hankalaa. Suuret pilvipalvelun tarjoajat voivat tuoda asiakkaille myös aina uusimmat tietoturvaominaisuudet sekä järjestää tehokkaan ja luotettavan pilvipalveluiden ylläpidon. Pilvipalvelun yksinkertaistettu periaate on esitetty kuvassa 23.



Kuva 23. Pilvipalvelun yksinkertaistettu periaate (Lähde: Google 2015a).

Nykyisellään liikenteestä kerättävä informaatio on hyvin hajanaista ja jokaisella palvelulla on oma, erillinen järjestelmänsä. Tästä syystä yhtenäistetyn, loppukäyttäjille suunnatun käyttöliittymän toteutus on erityisen haastavaa. Jokaista erillistä järjestelmää päivitetään erikseen ja käyttäjä joutuu lataamaan ja päivittämään useita sovelluksia. Tulevaisuuden haasteena on käyttäjämäärän ja välitettävän informaatiomäärän sekä reaaliaikaisuus-vaatimusten kasvu. Tulevaisuudessa informaatiota pitää pystyä prosessoimaan ja jalostamaan entistä pidemmälle, joten pilvipalveluiden hyödyntäminen on järkevä vaihtoehto. Kuvassa 24 on esitetty siirtymä nykyisistä, erillisistä järjestelmistä yhtenäistettyyn, pilvipalveluihin perustuvaan järjestelmään.



Kuva 24. Erillisistä järjestelmistä yhtenäistettyyn pilvipalveluun.

Pilvipalveluiden avulla pienikin yritys voi saada suuryrityksen kaltaiset tekniset mahdollisuudet käytännössä olemattoman pienin kiintein kustannuksin. Myös muuttuvat kustannukset ovat hyvin alhaiset ja laskevat edelleen teknologian kehittyessä. Pilvipalvelut mahdollistavat yrityksille kokonaan uudet liiketoimintamallit. Uuden digitaalisen liiketoiminnan aloituskynnys laskee pilvipalveluiden avulla radikaalisti. Vakiintuneessa liiketoiminnassa pilvipalveluiden avulla voidaan säästää ohjelmisto- ja laitekustannuksissa sekä henkilökustannuksissa. (Digile 2015)

Liikenteestä kerättävän informaatiomäärän kasvaessa kerättyä dataa pitää pystyä jalostamaan ja jakelemaan lähes reaaliaikaisesti. Useista informaatiolähteistä kerättyä dataa yhdistelemällä voidaan informaation arvoa kasvattaa ja jalostettu data voi tuoda lisäarvoa liikenteen käyttäjille. Suurien datamäärien reaaliaikainen käsittely ei onnistu yksittäisissä päätelaitteissa (kuten autonavigaattorit), joten datan käsittely ja varastointi on järkevää viedä pilveen. Pilvipalveluiden laskentakapasiteettia hyödyntämällä voidaan nopeuttaa ja tehostaa liikenteestä kerättävän informaation käsittelyä. Perinteisten palvelin pohjaisten ratkaisujen sijaan pilvipalvelut tarjoavat parempaa laskentatehoa ja parempaa skaalautuvuutta muuttuville käyttäjämäärille. Mobiililaitteiden langattoman tiedonsiirtokapasiteetin kasvaessa tietovarastojen fyysisellä sijainnilla ei ole enää merki-

tystä. Tieto liikkuu ympäri maailmaa olevista palvelinkeskuksista Suomessa olevaan mobiililaitteisiin yhtä nopeasti kuin suomalaiselta palvelimeltakin.

Paremmiin jäsenelty ja jalostettu data tuo viranomaisille tarkempaa tietoa tiestön käyttäjästä ja kunnosta, eri kulkumuotojen välisistä eroista, liikenteen käyttäjien matkustustottumuksista. Viranomaisille pystyy näin ollen kohdentamaan ylläpito- ja parannustoimenpiteet oikeisiin paikkoihin.

### 3.2.2 Pilvipalveluiden kategoriat

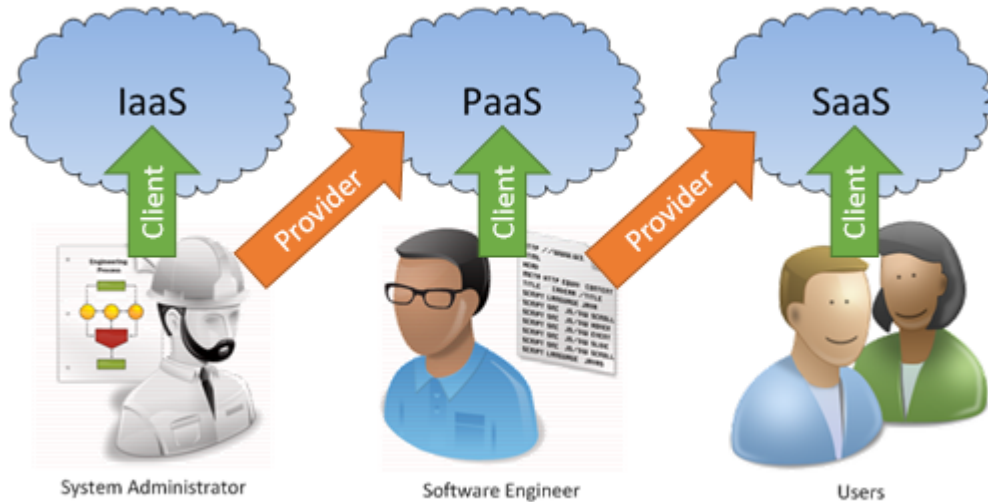
Pilvipalvelut jaetaan useimmiten kolmeen kategoriaan: Infrastructure-as-a-Service (IaaS), Platform-as-a-Service (PaaS) ja Software-as-a-Service.

**Software-as-a-Service** on kehittynein pilvipalveluiden kategoria. Asiakas käyttää SaaS-palveluita Internet-selaimella, mobiilisovelluksella tai kevyellä työpöytäsovelluksella. SaaS-palvelussa asiakkaan ei tarvitse käyttää raskaita ohjelmistoja paikallisesti vaan ohjelmistot toimivat pilvipalvelussa ja asiakas käyttää niitä ikään kuin etänä. Näin ollen raskaitakin ohjelmistoja voidaan käyttää kevyellä päätelaitteella. SaaS siirtää vastuun ohjelmistojen hallinnasta kolmannelle osapuolelle ja näin vapauttaa asiakkaat kalliiden ohjelmistolisenssien hankkimisesta ja ohjelmistojen ylläpidosta (Computernext 2015). Hyvänä esimerkkinä SaaS-palvelusta on Internet-selaimella käytettävät tekstinkäsittelyohjelmat, kuten Google Apps tai tiedostojen tallentamiseen tarkoitettu Dropbox. Tyypillisesti asiakkaat ovat loppukäyttäjiä, joten myös suosittu sosiaalisen median palvelut, kuten Facebook ja LinkedIn lasketaan yleensä SaaS-palveluiksi.

**Platform-as-a-Service** toimii hieman alhaisemmalla tasolla kuin SaaS tarjoten alustan, jonka päälle ohjelmistoja, kuten käyttöjärjestelmä tai palvelinohjelmisto, voidaan asentaa ja operoida. Asiakkaan ei tarvitse välittää infrastruktuurista eikä muuttuvan kapasiteetin vaatimasta automaattisesta skaalautumisesta. Platform as a Service-loppukäyttäjä on tyypillisesti ohjelmistoinsinööri, joka pystyy rakentamaan toimivia Internet-palveluita, hyödyntämällä olemassa olevia ohjelmistoaalustoja. Ohjelmistoinsinöörin ei tarvitse välittää varsinaisesta infrastruktuurista. Tyypillisimpiä esimerkkejä ovat Google App Engine sekä Microsoft Azuren päälle rakennetut Internet-sivut.

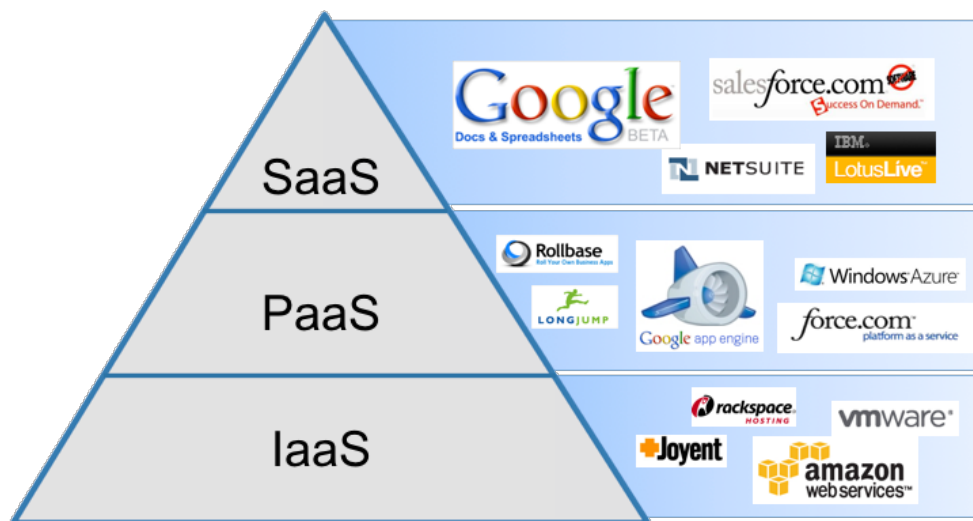
**Infrastructure-as-a-Service** on alimman tason kategoria pilvipalveluille. IaaS-palvelussa asiakas vuokraa palveluntarjoajalta prosessointiaikaa, tallennustilaa ja tiedonsiirtokapasiteettia, jonka päällä asiakas voi operoida haluamiaan ohjelmistoja ja sovelluksia. Infrastructure as a Servicen loppukäyttäjä on yleensä yrityksen System Administrator, joka ylläpitää kolmannen osapuolen pilvipalvelussa fyysisesti sijaitsevia palvelimia. Kaikki hallinnointi tapahtuu päätelaitteen ja Internet-yhteyden avulla eikä loppukäyttäjän tarvitse edes tietää fyysisen palvelininfrastruktuurin sijaintia. Tyypillisiä esimerkkejä ovat Amazon Web Services ja Rackspace.

Yhteistä näille kaikille on se, että asiakkaan ei tarvitse itse hallinnoida tai asentaa infrastruktuuria, tietoverkkoa, palvelimia tai käyttöjärjestelmiä (Peng et al 2009). Kuvassa 25 on esitetty pilvipalveluiden kolme eri kategoriaa käyttäjäryhmittäin.



Kuva 25. Pilvipalveluiden luokittelu loppukäyttäjien mukaan (Lähde: EleksLabs 2012).

Kuvassa 26 on esimerkkejä eri pilvipalvelujen kategorioista ja niitä vastaavista palveluista. Alimman tason IaaS-palveluista esimerkkejä ovat muun muassa Amazon Web Services ja hieman pienempi Rackspace. Vastaavasti PaaS-esimerkkejä ovat Microsoftin Windows Azure-pilvipalvelu sekä Google AppEngine. Kaikkein pisimmälle kehitetyt pilvipalveluita ovat loppuasiakkaille suunnattu Google Docs ja myyntityötä tekeville tarkoitettu Salesforce.com. SaaS-palveluita käyttävien ei yleensä tarvitse välittää alla olevasta pilvipalvelusta tai käytetystä teknologiasta, sillä SaaS-palvelut ovat tyypillisesti loppuun asti automatisoituja.



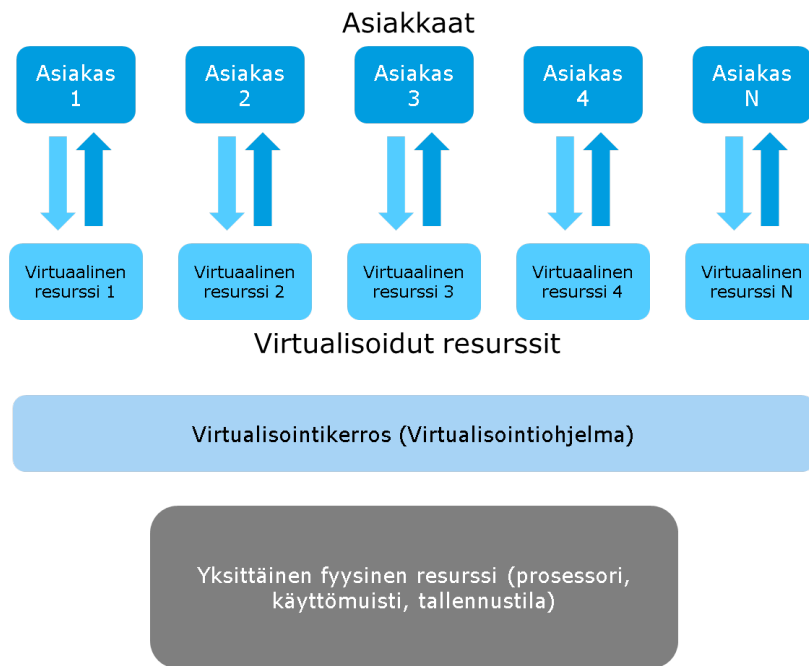
Kuva 26. Pilvipalveluiden kategoriat kehitystason mukaan jaoteltuna.



### 3.2.3 Virtualisointi

Virtualisointi on yksi pilvipalveluiden yhteydessä käytetty käsite. Virtualisoinnilla tarkoitetaan fyysisen palvelimen resurssien jakamista usean käyttäjän kesken. Perinteisessä palvelinmallissa jokaisella yrityksellä on omat palvelimet, jotka palvelevat vain yrityksen omia tarpeita. Pilvipalvelumallissa pilvipalveluita tarjoava yritys perustaa datakeskuksen ja vuokraa palvelinten laskenta- ja tallennuskapasiteettia muille yrityksille. Pilvipalveluiden tarjoajilla on datakeskuksissa tuhansia palvelimia, mutta heidän ei ole mahdollista eikä järkevää allokoida yhtä palvelinta yhtä asiakasta kohden. Pienen yrityksen ei myöskään ole kannattavaa vuokrata kokonaista palvelinta datakeskuksesta, vaan pelkästään virtualisoitu resurssi (instanssi), eli tietty kuormituksen mukaan skaalautuva osa palvelimen laskentatehosta. Koko pilvipalvelun idea perustuu kulloisenkin tarpeen mukaan skaalautuvaan laskentatehoon ja tallennustilaan. Virtualisoinnin avulla pilvipalveluita tarjoava yritys voi jakaa yhden palvelimen laskentatehon usean käyttäjän kesken ja näin ollen tehostaa palvelintensa käyttöastetta huomattavasti. Perinteisessä palvelinmallissa yritys hankkii palvelimen yrityksen tiloihin ja hoitaa itse kaiken palvelimen ylläpitoon liittyvän. Useimmiten tämä yrityksen oma palvelin on vajaakäytöllä, jolloin suurin osa palvelimen kapasiteetista jää käyttämättä. Pilvipalveluiden tapauksessa virtualisoimalla fyysiset resurssit saadaan käyttöastetta nostettua. (Microsoft Technet 2012)

Kuvassa 27 on esitetty virtualisoinnin periaate. Virtualisoinnissa asiakkaat saavat kukin käyttöönsä oman virtuaalisen palvelinresurssin, instanssin, jolle he voivat asentaa haluamansa käyttöjärjestelmän ja liiketoimintasovellukset. Asennuksen jälkeen kapasiteetin kasvattaminen onnistuu asiakkaan kannalta automaattisesti, ilman erillisiä toimenpiteitä. Pilvipalveluntarjoaja hoitaa taustalla tapahtuvan resurssien allokoinnin asiakkaan puolesta. Pilvipalveluntarjoaja taas saa nostettua palvelintensa käyttöastetta maksimoidulla yksittäisten fyysisten resurssien käyttäjämäärät.



Virtualisoinnilla saadaan yksi resurssi jaettua monen käyttäjän kesken

Kuva 27. Virtualisoinnin periaate – Yksi fyysinen resurssi jaetaan useiden käyttäjien kesken.

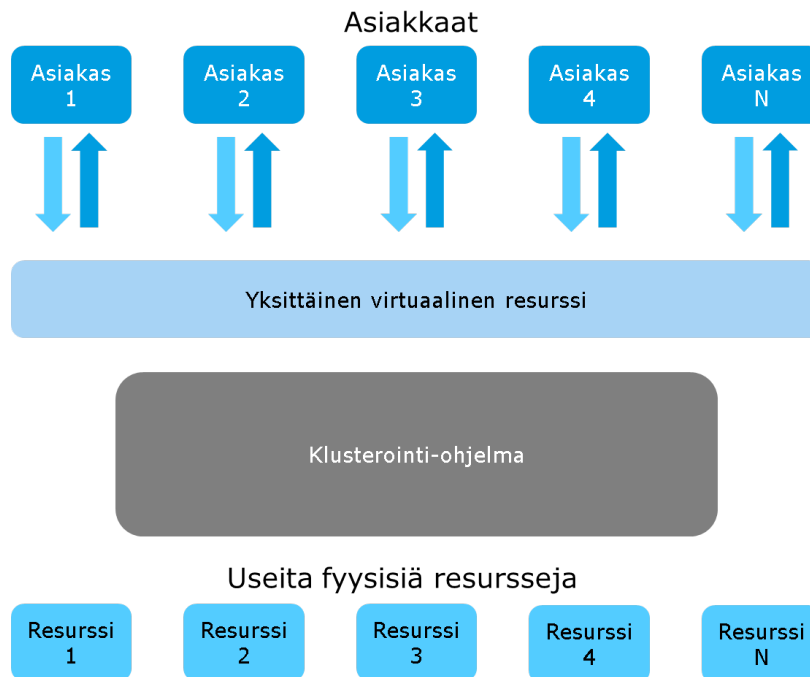
### 3.2.4 Klusterointi

Klusteroinnissa useita fyysisiä resursseja yhdistetään asiakkaan näkökulmasta yhdeksi ainoaksi resurssiksi. Käytännössä tämä helpottaa dynaamista kuormituksenhallintaa eli tilanteita, joissa asiakas ei tiedä etukäteen esimerkiksi palvelunsa käyttäjämääriä tai niiden muutoksia. Klusteroimalla useita fyysisiä resursseja yhdeksi saadaan palvelinkapasiteettia lisättyä helposti ja nopeasti kulloisenkin tarpeen mukaan. Asiakkaan ei tarvitse asentaa käyttöjärjestelmää tai applikaatiota (eli palvelimella pyöriviä ohjelmia) kuin yhden kerran ja pilvipalvelu allokoii automaattisesti riittävän määrän resursseja.

Suurten datamassojen käsittelyssä klusteroinnoilla voidaan hyödyntää useamman fyysisen resurssin rinnakkaista suorittamista (eng. parallel computing). Suurta laskentatehoa vaativat tehtävät voidaan jakaa pienempiin ja suorittaa useammalla rinnakkaisella prosessorilla. Toinen klusteroinnista saatava hyöty on vikasetoisuuden lisääntyminen. Kun kaikilla fyysisillä resursseilla on sama ohjelmisto asennettuna, yksittäisen fyysisen resurssin vioittuminen ei lamautta koko järjestelmää. (Kaur & Rai 2014)

Kuvassa 28 on esitetty klusteroinnin periaate. Asiakkaat näkevät vain yhden virtuaalisen resurssin, vaikka taustalla on useita fyysisiä resursseja. Asiakkaiden ei tarvitse itse huolehtia laskentakapasiteetin lisäämisestä eikä monimutkaisista rinnakkaisprosessoinneista, vaan pilvipalvelu hoitaa ne asiakkaan puolesta. Näin ollen asiakas pääsee hyötymään

edistyksellisistä laskentaratkaisuksista verrattain vähällä vaivalla ja ilman suuria investointikustannuksia.



Klusteroinnilla saadaan useat fyysiset resurssit näkymään yhtenä

Kuva 28. Klusteroinnin periaate – useita fyysisiä resursseja, jotka näkyvät asiakkaalle yhtenä resurssina.

Perinteisessä palvelinmallissa yrityksen itsensä vastuulla olevia, palvelimen ylläpitoon liittyviä tehtäviä siirretään pilvipalveluissa virtualisoinnin ja klusteroinnin myötä pilvipalveluntarjoajalle. Palvelinten ylläpidosta vapautuvat resurssit ja työvoima hyödyttävät yritystä enemmän kuin pilvipalveluiden vuokraamiseen

### 3.2.5 Private/Public Cloud

Yksityisellä pilvipalvelulla tarkoitetaan tilannetta, jossa yritys rakentaa omiin tiloihinsa konesalin pilvipalveluteknologioita hyödyntäen. Toinen vaihtoehto yksityiselle pilvipalvelulle on ratkaisua, jossa yksittäiselle asiakkaalle (yritys) vuokrataan koko infrastruktuuri. Näin ollen yritys voi hyödyntää tietoturvaratkaisujaan paremmin kuin julkisessa pilvipalvelussa (eng. public cloud). Julkisella pilvipalvelulla tarkoitetaan tilannetta jossa pilvipalvelun fyysinen infrastuktuuri on useiden eri asiakkaiden käytössä, jolloin palvelinten kapasiteetti saadaan täysimääräisesti hyödynnettyä virtualisoinnin avulla. (NIST 2011)

### 3.2.6 Big Data & Analytiikka

Tulevaisuudessa liikennedatan määrä kasvaa ja sen analysointi muuttuu entistä tärkeämmäksi. Suuri datamäärä tuo mukanaan myös omat haasteensa datan laadunvalvon-  
nassa. Tyypillisesti suuri osa liikenteestä kerättävän informaation hyödynnettävyys heikkenee ajan funktiona eli ainoastaan tuoreella tiedolla on merkitystä. Siirrettäessä liikenteestä kerättyä informaatiota pilvipalveluihin tulee ottaa huomioon informaation myöhempi hyödynnettävyys ja laadukkuus. Pilvipalveluiden avulla on mahdollista rakentaa erilaisia suurten datamassojen (eng. Big Data) analysointiin perustuvia työkaluja. Pilvipalveluiden tarjoaman lähes rajattoman prosessointitehon hyödyntäminen mahdollistaa jatkuvan analysoinnin ja laadunvalvonnan.

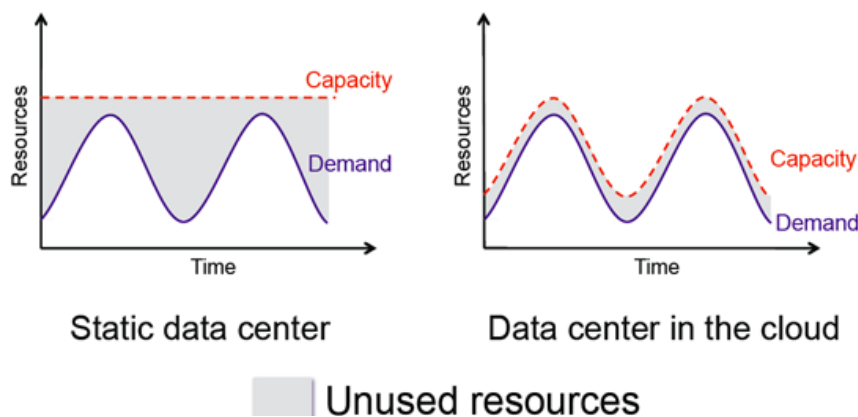
Analysointityökalut tarjoavat liikenneviranomaisille myös erinomaisia välineitä liikenteen hallintaan ja seurantaan. Liikkuvista ajoneuvoista ja kiinteästi infrastruktuuriin sijoitetuista kameroista ja antureista saadaan helposti suuria määriä informaatiota. Suuren datamäärän analysointiin tarvitaan helposti skaalautuvaa prosessointiteho ja edullista tallennustilaa.

Big Data ja siihen liittyvä analytiikka ovat tulleet entistä tärkeämpään osaan älykkäiden kaupunkialueiden kehityksessä ja hallinnassa. Esimerkiksi New Yorkissa on kaupungin toimesta perustettu yksikkö joka kerää ja analysoi kaupungista kerättävää dataa (NYT 2013a). Kerättyä dataa analysoimalla voidaan parantaa kaupunkilaisten turvallisuutta ja viihtyisyyttä merkittävästi. Rio de Janeiron kaupungin operatiivisessa keskuksessa on otettu käyttöön koko kaupungin kattava seurantajärjestelmä, jossa yhdistyvät kaupungin liikenteen ja turvallisuuden seuranta (NYT 2013b). Yli 30 virastoa toimittaa dataa, jota älykkäästi yhdistelmällä voidaan luoda kattava ja reaaliaikainen kokonaiskuva kaupungin sen hetkisestä tilanteesta. Liikennetilanne, säätilanne, esimerkiksi kaupungissa olevat tulipalot näkyvät yhdellä ja samalla karttanäkymällä. Keskuksessa työskentelevät operaattorit voivat ohjata liikennettä kulloisenkin tilanteen ja tarpeen mukaan. Kaikki tämä on mahdollista vain suurilla tietomääriä yhdistelemällä ja järkevästi prosessoimalla. Analytiikan avulla suuresta datamäärästä saadaan luotua syy-seuraus – suhteita ja näin kyetään ennustamaan esimerkiksi tulevia liikenneuhkia.

### 3.2.7 Pay-as-you-go hinnoittelu

Pilvipalveluiden myötä pienille yrityksille on tullut tarjolle mahdollisuus hankkia palvelinkapasiteetti tunti- tai päiväkohtaisella hinnoittelulla. Hinnoittelu voi perustua esimerkiksi prosessorituntiin tai tallennuspäivään. Uudentyyppisen hinnoittelun myötä yritys voi pienentää yli- tai aliprovisioinnin riskiä. Yliprovisioinnissa yritys hankkii käyttöönsä liikaa palvelinkapasiteettia, kun taas aliprovisioinnissa yrityksen hankkima palvelinkapasiteetti ei riitä palvelemaan kaikkia käyttäjiä riittävällä nopeudella. (Armbrust et al 2009) Pilvipalveluissa yhdelle yritykselle kohdennettua palvelinkapasiteettia voidaan helposti ja nopeasti mukauttaa muuttuvan tarpeen mukaan. Tätä kutsutaan pilvipalvelun elastisuudeksi. Muutaman kerran vuodessa (tai muutaman kerran kuukaudessa) tapahtuva hetkellinen resurssien tarve tai palvelun käyttäjämäärän piikkimäinen kasvu ei aiheuta ongelmia pilvipalveluiden käyttäjille. Sen sijaan jos palveluita pyöritetään perinteisellä serverimallilla paikallisesti yrityksen omissa tiloissa, yrityksen täytyy mitoitaa palvelinkapasiteettinsa hetkellisen huipun mukaan. Vaikka pay-as-you-go -tyyppinen hinnoittelu voi olla kalliimpi kuin yrityksen oman palvelimen hankintakustannus, niin hyödyt ja kustannussäästöt tulevat pilvipalveluiden joustavuudesta ja palvelinten operointiin liittyvien riskien siirtämisestä suurelle pilvipalveluidentarjoajalle. Suuri palveluntarjoaja voi tehdä pilvipalveluiden operoinnista huomattavasti edullisempaa yksikkökustannusten suhteen sekä hyödyntää helpommin uusia teknologioita skaalaedun myötä. Tämä mahdollistaa pienyrityksille tarjottavat edulliset hinnoittelumallit.

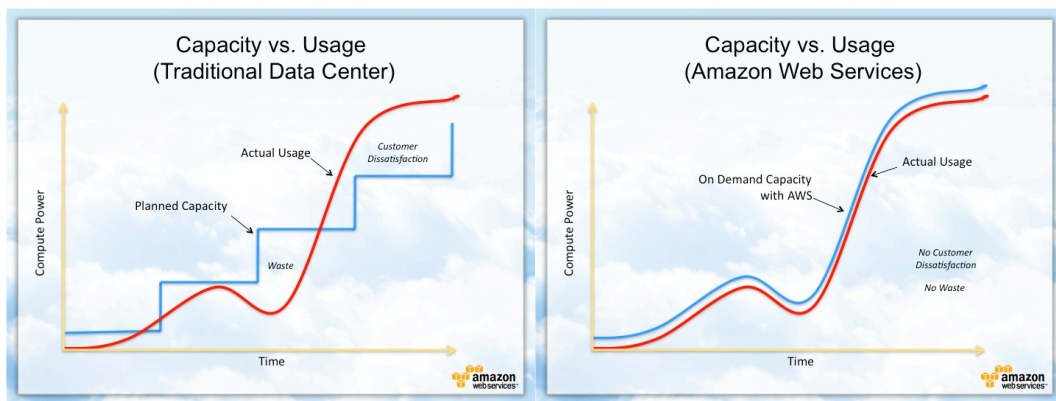
Kuvassa 29 on esitetty perinteisen, staattisen palvelinkeskuksen ylijäämäkapasiteetti sekä nykyaikaisen, dynaamisen pilvipalvelun ylijäämäkapasiteetti. Kuten kuvaajasta havaitaan, pilvipalveluun perustuva palvelinmalli säästää kustannuksissa, koska siinä pystytään automatisoimaan kulloisenkin käyttäjämäärän mukainen palvelinkapasiteetti. Yksi pilvipalveluiden eduista on mukautuminen kulloiseenkin palvelinkapasiteetin tarpeeseen. Älykkäällä ohjauksella voidaan merkittävästi vähentää ylikapasiteettitilanteita.



Kuva 29. Perinteinen palvelinkeskuksen ja pilvipalveluiden ylijäämäkapasiteetin vertailu (Lähde: Fox 2009).

Internet-palveluiden tuotekehitystä tekevä yritys tarvitsee usein testaus- ja kehitysympäristöä, joka sekin kuluttaa palvelinkapasiteettia. Useimmiten kehitysympäristöä tarvitaan kuitenkin ainoastaan arkipäivisin ja viikonloput kehitysympäristö on käyttämättömänä. Pilvipalveluiden ja älykkäiden ohjausmenetelmien avulla tarpeeton kehitysympäristö voidaan automaattisesti sulkea viikonlopuksi ja avata se taas seuraavana arkipäivänä. Pilvipalveluntarjoaja voi näin ollen ohjata kehitysympäristöltä vapautuvan kapasiteetin viikonlopuksi ajaksi muuhun käyttöön ja näin ollen entisestään parantaa palvelintensa käyttöastetta.

Kuvassa 30 on vertailtu perinteiseen palvelinmalliin perustuvaa palvelinkeskusta ja pilvipalveluihin perustuvaa palvelinkeskusta tilanteessa, jossa kapasiteetin tarve muuttuu nopeasti. Esimerkkeinä muuttuvasta kapasiteetin tarpeesta ovat tilanteet, joissa käyttäjämäärä tai palveluun tallennetta datamäärä muuttuu nopeasti. Uuden tuotteen tai palvelun julkistaminen on tyypillinen tilanne, jossa pitää varautua muuttuvaan kapasiteetin tarpeeseen. Perinteisen palvelinkeskuksen tapauksessa tämä tapahtuu asentamalla uusia palvelimia, pilvipalveluiden tapauksessa riittää, että pilvipalvelun hallinta-asetuksiin on määritetty automaattisesti lisättävä kapasiteetti. Uuden tuotteen tai palvelun julkistamisen vaikutusta kapasiteetin tarpeeseen on useimmiten hankala arvioida tarkasti, joten perinteiseen palvelinmalliin perustuvan palvelinkeskuksen tapauksessa kapasiteettia ylitettiin alimitoitetaan. Ylimitoituksesta tulee turhia kustannuksia palvelun ylläpitäjälle ja alimitoituksessa asiakkaan kokema palvelun laatu heikkenee palvelukatkosten myötä. Pilvipalveluiden tapauksessa yli- ja alimitoituksesta ei tarvitse huolehtia.



Kuva 30. Perinteisen palvelinkeskuksen ja pilvipalvelun välinen ero muuttuvan kuormituksen tilanteessa (Lähde: Green Data Center 2010).

### 3.2.8 Pilvipalveluista saatavat hyödyt

Pilvipalveluiden avulla laitteistokustannukset voidaan optimoida paremmin vastaamaan käyttäjämäärää ja kuormitusastetta. Näin voidaan alentaa kustannuksia ja parantaa laitteiston käyttöastetta sekä tehokkuutta. Tämä on mahdollista hyödyntämällä pilvitekniologioiden mahdollistamia virtuaalikoneita, virtuaalisesti allokoitua tallennustilaa ja virtuaalista alustaa. Internet-palveluita kehitettäessä ei useinkaan tiedetä palvelun suosiota

tai tulevaa käyttäjämäärää. Tämän takia palveluita ei ole järkevää ylläpitää perinteisellä palvelinmallilla, vaan tallennustila, prosessointiaika ja tiedonsiirtokapasiteetti on järkevää vuokrata isommilta pilvipalveluiden tarjoajilta. Palvelinresurssien virtualisoinnin myötä kapasiteettia on helppo kasvattaa käyttäjämäärän tai prosessointitarpeen kasvun myötä. Näin ollen palvelun tilaajan ei tarvitse tietää tai arvata palvelun kuormitusastetta tai käyttäjämäärää etukäteen. Kustannuksia säästyy myös virtualisoinnin mahdollistaman hinnoittelumallin avulla: vuokrattava pilvipalvelut voidaan hinnoitella tunti- ja päiväkohtaisesti, esimerkiksi prosessorituntia tai tallennuspäivää kohti. (Armbrust et al 2009)

Pilvipalveluiden eduiksi voidaan listata muun muassa seuraavaa:

- Teoriassa rajaton laskentakapasiteetti, joka on käytettävissä joustavasti kysynnän mukaan.
- Joustavan luonteensa vuoksi pilvipalveluiden käyttäjän ei tarvitse etukäteen tietää tarkkaa kapasiteetin tarvetta.
- Alkuvaiheen laitteistokustannukset pienentyvät, kun tarvetta omalle palvelinlaitteistolle ei ole.
- Joustavat hinnoittelumallit, jotka mahdollistavat tunti- ja päiväkohtaisen hinnoittelun vuokrattaville pilvipalveluille
- Helpompi informaation integroitavuus muihin palveluihin
- Reaaliaikainen tiedonsaanti sovelluksiin
- Helpompi ylläpidettävyyys ja päivitettävyyys
- Helpompi varmuuskopiointi ja vikatilannesietoisuus
- IT kustannusten pienentyminen
- Data-analytiikan mahdollistaminen

Palveluiden ylläpitämisen kannalta hyötyjä ovat muun muassa:

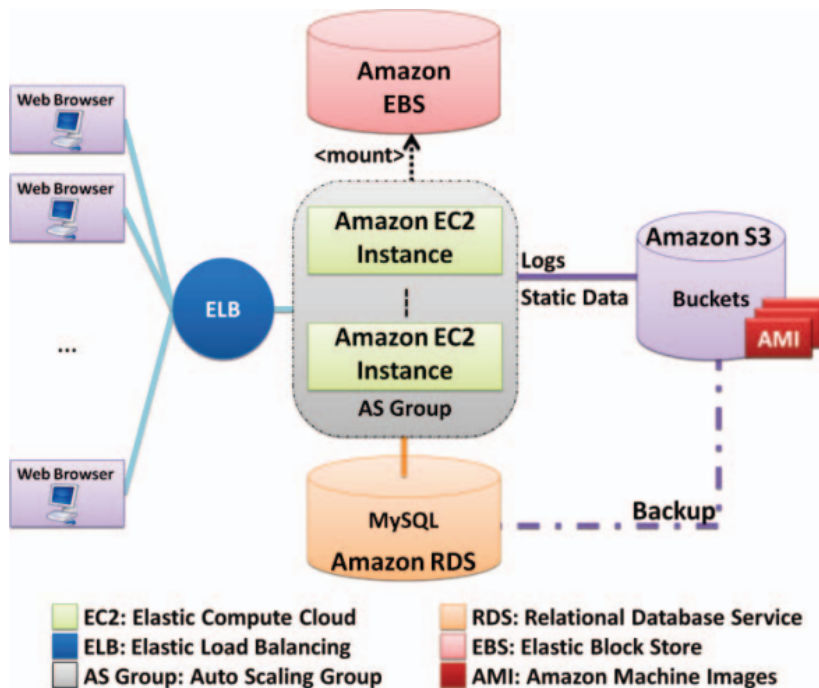
- Eri tietokantojen päivittäminen yhdellä kertaa
- Eri tietokantojen yhtenäistetty dokumentaatio
- Eri tietokantojen yhtenäinen rajapintamalli
- Automaattinen kuormituksen hallinta, tehokas varmuuskopiointi ja tietojen palautus
- Maantieteellinen hajautus

Varmuuskopiointi, tietojen palautus ja maantieteellinen hajautus ovat osa modernia risikitilanteisiin varautumista. Ne onnistuvat suhteellisen vähällä vaivalla ja pienillä investoinneilla pilvipalveluiden tapauksessa, mutta ovat erittäin haastavia ja kalliita toteuttaa perinteisellä itse operoidulla palvelinmallilla.

### 3.2.9 Pilvipalvelun tarjoajat

Amazon on eräs hyvin tunnettu pilvipalveluiden tarjoaja. Amazon Web Services on kokoelma pilvipalvelun osa-alueita, joiden avulla asiakas saa koostettua itselleen helposti kustomoitavan kokonaisuuden kulloisiinkin tarpeisiinsa.

Kuvassa 31 on esitetty Amazon Web Services yleiskuvaus. Joustava kuormanhallinta **ELB** (eng. Elastic Load Balancing) hallinnoin palveluun sisääntulevaa liikennettä ja jakaa käyttäjät eri EC2 instanssien kesken. **Auto Scaling Group** hallinnoi EC2 instansseja ja lisää niiden määrää tarvittaessa. **Amazon EC2 Instance** (Elastic Computing Cloud) on varsinainen pilvipalvelun laskentayksikkö, jonka avulla käyttäjä voi vuokrata prosessointiaikaa kulloisenkin tarpeen mukaan. **Amazon S3** (Simple Storage Service) on jatkuvaan käyttöön tarkoitettu tallennuspalvelu. **Amazon EBS** (Elastic Block Store) tallennusratkaisu, jonka avulla varmuuskopiointi suoritetaan automaattisesti useampaan eri paikkaan, jotta virhetilanteista palautuminen helpottuisi. (Amazon 2015).



Kuva 31. Amazon AWS palvelun yleiskuvaus (Lähde: Bracci et al. 2012).

Lisäksi Amazon tarjoaa valmiita ”rakennuspalikoita” AWS Marketplace-palvelun kautta. AWS Marketplace on pilvipalveluille sama kuin puhelinten käyttäjille tarkoitetut, sovellusten jakeluun ja myymiseen tarkoitetut AppStoret (Amazon 2012). AWS Marketplace on siis ikään kuin ”one-stop-shop” pilvipalveluun perustuvan Internet-palvelun rakentajalle. Valmiilla rakennuspalikoilla yksinkertaisen Internet-palvelun rakentaminen onnistuu helposti ja nopeasti. Tarjolla on myös Internet-palvelun ylläpitoa helpottavia rakennuspalikoita, esimerkiksi varmuuskopiointiin ja virhetilanteista palautumiseen tarvittavia valmiita ohjelmia.



Kuvassa 32 esitetty Googlen pilvipalvelu (Google Cloud Platform) koostuu kahdesta varsinaista laskentatyötä suorittavasta elementistä, App Enginesta ja Compute Enginesta. **Compute Engine** on Googlen Infrastructure-as-a-Service-palvelu (IaaS). Sitä voidaan käyttää suurta laskentatehoa vaativiin sovellutuksiin luotettavasti ja kustannustehokkaasti. Hinnoittelu mahdollistaa myös minuuttipohjaisen hinnoittelun.

**App Engine** on Googlen Platform-as-a-Service (PaaS). Sen päälle käyttäjä voi rakentaa helposti omia sovelluksiaan käyttäen valmiiksi rakennettuja ja testattuja rakennuspalikoita, hieman samaan tyyliin kuin Amazonin AWS Marketplace.

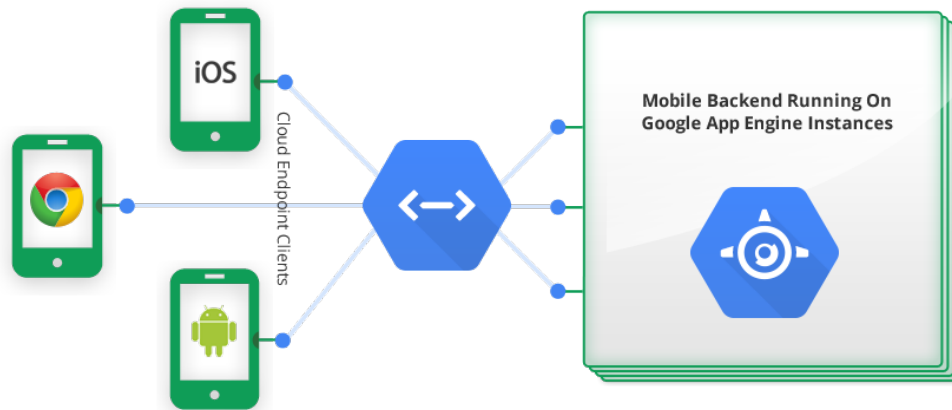
Googlen pilvipalveluun kuuluu lisäksi tiedon varastointiin tarkoitettut Cloud Storage, Cloud Datastore ja Cloud SQL. **Cloud Storage** joustava ja korkean saavutettavuusluokan tallennuspalvelu. **Cloud Datastore** tarjoaa automaattisesti skaalautuvaa tallennustilaa ei-relaatiopohjaiselle informaatiolle. **Cloud SQL** on relaatiopohjainen SQL-tietokanta. Cloud SQL hoitaa automaattisesti tiedon replikoinnin, päivitykset ja tietokannan ylläpidon. (Google 2015b)



Kuva 32. Google Cloud Platformin tärkeimmät osat (Lähde: Google 2015b).

**BigQuery** auttaa suurten datamassojen analysoinnissa. Apuna on valmiita rakennuspalikoita data-analyysien tekemiseen. **CloudEndpoints** (kuvassa 33) tarjoaa helpon mahdollisuuden luoda ja ylläpitää tarvittavia ohjelmointirajapintoja ja datakirjastoja loppukäyttäjien erilaisille päätelaitteille (tietokone, tabletti, matkapuhelin). CloudEndpoints siis helpottaa erityisesti mobiilisovellusten kehittäjiä (Google 2015c). Internet-yhteydellä varustettujen autojen tapauksessa autojen infotainment-järjestelmät muodos-

tavat yhden uuden mobiilialustan, joten eri mobiilialustojen hallinnointi ilman pilvipalvelua voi muodostua haastavaksi myös infotainment-järjestelmien tapauksessa.



Kuva 33. Google Cloud Endpoints helpottaa mobiilialustojen hallintaa sovelluskehityksessä (Lähde: Google 2015c).

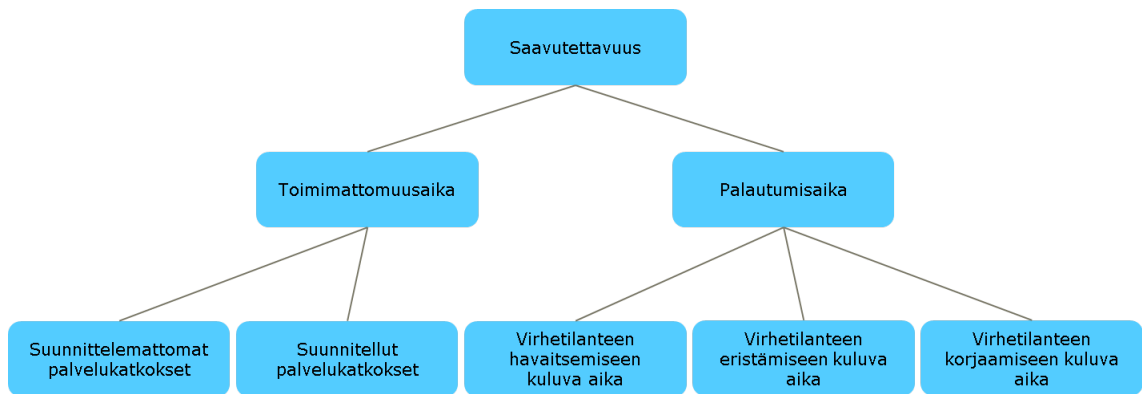
### 3.2.10 Palvelutasomäärittelyt

Palvelutasosopimuksessa (eng. Service Level Agreements, SLA) määritellään yleensä ainakin saavutettavuus (eng. availability). Saavutettavuudella tarkoitetaan sitä osaa ajasta (yleensä prosentteina tarkastelujaksolla), jolloin palvelu on normaalisti käytettävissä. Palvelu voi olla pois käytöstä joko suunnitellusti tai suunnittelematta. Hyvällä saavutettavuussuunnittelulla voidaan suunnittelemattomia palvelukatkoja vähentää merkittävästi. Yleensä saavutettavuuden tavoitearvo on välillä 99.8 % -99.999 %. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi kuukauden ajanjaksolla palvelu on poissa käytöstä korkeintaan 14,4 tuntia (0,2 % kuukaudesta) ja 43,2 minuuttia (0,001 % kuukaudesta). Taulukossa 4 on esitetty palvelun saavutettavuuden vaikutus suurimpaan sallittuun toimimattomuusaikaan verrattuna.

Taulukko 4. Palvelun saavutettavuuden vaikutus suurimpaan sallittuun toimimattomuusaikaan verrattuna.

Saavutettavuus	Per vuosi	Per kuukausi	Per viikko
95.00 %	438 h	36 h	8.4 h
99.00 %	87.6 h	7.2 h	1.7 h
99.50 %	43.92 h	3.6 h	54.4 min
99.90 %	8.76 h	43.8 min	10.1 min
99.95 %	4.38 h	21.56 min	5.04 min
99.99 %	52.56 min	4.32 min	1.01 min
99.999 %	5.26 min	25.9 s	6.05 s

Toimimattomuusaikaan ja sitä kautta saavutettavuuteen vaikuttaa lisäksi myös vikatilanteista palautumisaika (eng. recovery time), vian löytymiseen ja eristämiseen kuluva aika sekä vian korjaamiseen kuluva aika. Jokainen minuutti ja tunti palvelun toimimattomuusajassa näkyvät suoraan palvelun käytettävyytenä loppukäyttäjälle. Liikenneinformaation jakelussa sattuvat katkokset aiheuttavat palvelukatkoja myös liikenneinformaation varaan rakennettuihin palveluihin. Loppukäyttäjän kokemana palvelu on tasan niin hyvä tai huono kuin on koko informaatioketjun heikoin lenkki. Kuvassa 34 on havainnollistettu saavutettavuuteen vaikuttavia tekijöitä.



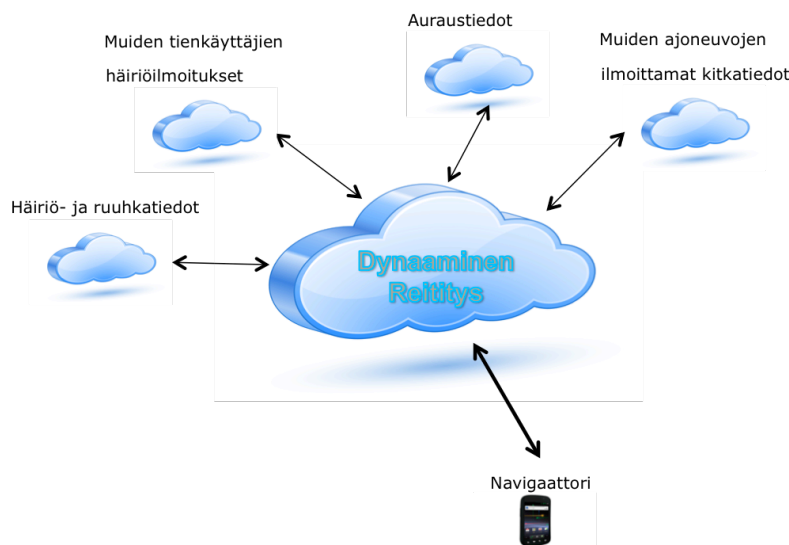
Kuva 34. Saavutettavuuden koostuminen eri osa-alueista (Lähde: mukailen Hazrati 2008).

### 3.3 Pilvipohjaiset liikennepalvelut

Pilvipalvelut mahdollistaisivat uudentyyppisiä liikenneinformaatioon perustuvia palveluita. Esimerkkejä pilvipalveluiden mahdollistamista uusista liikennepalveluista voisivat olla muun muassa dynaamiseen reititykseen perustuva navigointipalvelu, kuljettajan ajokäyttäytymisen perusteella tehtävä kuljettajaprofiili ja sen sovittaminen ympäröivään liikennetilanteeseen sekä ajoneuvon antureiden ja kameroiden keräämän datan analysointiin perustuva liikennetilanteen ennustaminen.

#### 3.3.1 Dynaaminen reititys

Dynaamisessa reitityksessä perinteinen navigaattori korvattaisiin älykkäällä, reaaliaikaiseen liikennetietoon perustuvalla navigoinnilla, jossa navigointivaihtoehtoina olisi lyhyimmän/nopeimman reitin lisäksi myös turvallisin ja polttoainetaloudellisin reitti. Navigaattorissa yhdistettäisiin staattisen reittitiedon ja nopeusrajoitustiedon lisäksi myös liikenteestä kerättävä sen hetkinen kelitieto, muista ajoneuvoista saatava liukkaustieto sekä muiden ajoneuvojen nopeustieto. Lisäksi navigaattorin tekemissä reittiehdotuksissa huomioitaisiin reitillä mahdollisesti olevat ruuhkautuneet tienkohdat, esimerkiksi liikennevalokameroista saatavalla tiedolla. Kuvassa 35 on esitetty dynaamisen reitityspalvelun esimerkkikuvaus.



Kuva 35. Dynaaminen reititys.

Tämäntyyppinen palvelu vaatii taustajärjestelmältä reaaliaikaista tiedon prosessointia eikä sitä voida tehdä pelkästään ajoneuvossa tai navigaattorissa itsessään. Samoja tietoja (häiriötiedot, muiden tienkäyttäjien häiriöilmoitukset, aurastiedot sekä muiden ajoneuvojen ilmoittamat kitkatiedot) voidaan käyttää myös muissa sovelluksissa, joten tiedon jakelua ei voida tehdä pelkästään yhden toimijan ehdoilla. Pilvipalveluiden avulla tieto voidaan jakaa kustannustehokkaasti ja reaaliaikaisesti käyttäjämäärästä riippumatta.

Pilvipalveluiden mukanaan tuoma edullinen ja skaalautuva prosessoriteho ja tallennustila ovat avainasemassa dynaamisessa reitityspalvelussa. Liikennevaloihin liitetyistä videokameroista voitaisiin lisäksi hahmontunnistuksen keinoin havaita alkava ruuhkantilanteet ja välittää tiedot dynaamisten reitityksen taustajärjestelmään.

### 3.3.2 Kuljettajan ajokäyttäytymisen analysointi

Toinen pilvipalveluun perustuva liikennepalvelu voisi olla kuljettajan ajokäyttäytymisen analysointi ja sen avulla tuotettava ajo-opastustieto, jota hyödynnettäisiin myös aiemmin mainitussa dynaamisessa navigaattorissa. Lisäksi tieto voitaisiin välittää muiden ajoneuvojen käyttöön. Ajoneuvoissa yleistyvien videokameroiden kuvaa voitaisiin hyödyntää kuljettajan ajokäyttäytymisen analysointiin. Tähän asti ajokäyttäytymistä on analysoitu lähinnä ajotietokoneen ajoneuvosta itsestään keräämän tiedon perusteella. Tulevaisuudessa ajoneuvot tarkkailevat myös ympäristöään ja ympärillä olevia muita ajoneuvoja. Ajoneuvojen videokameroiden avulla liikennetilanteesta saatava analyysi voidaan yhdistää ajotietokoneesta kerättävään informaatioon ja tuottaa entistä tarkempaa, liikennetilanteesta riippuvaista ajokäyttäytymistietoa. Näin ollen kuljettajan ajoprofiilia voitaisiin mallintaa entistä tarkemmin.

Ajoneuvojen videokameroiden tallentamaa videokuvaa voitaisiin hyödyntää lisäksi reaaliaikaisen liikennetilanteen ennustamisessa. Yhdistämällä videokuvan hahmontunnistuksesta saatava tieto ajoneuvojen nopeustietoihin ja esimerkiksi liikennevaloista saataviin tietoihin voitaisiin luoda liikennetilanteen kehittymistä ennustava, reaaliaikaisesti päivittyvä malli, jota hyödynnettäisiin sekä dynaamisessa reitityksessä että viranomaisen liikenteen hallinnassa. Näissä reaaliaikaisuutta vaativien järjestelmien yhdistämisessä pilvipalveluiden skaalautuvuus, prosessointiteho ja nopea vasteaika ovat tärkeässä roolissa.

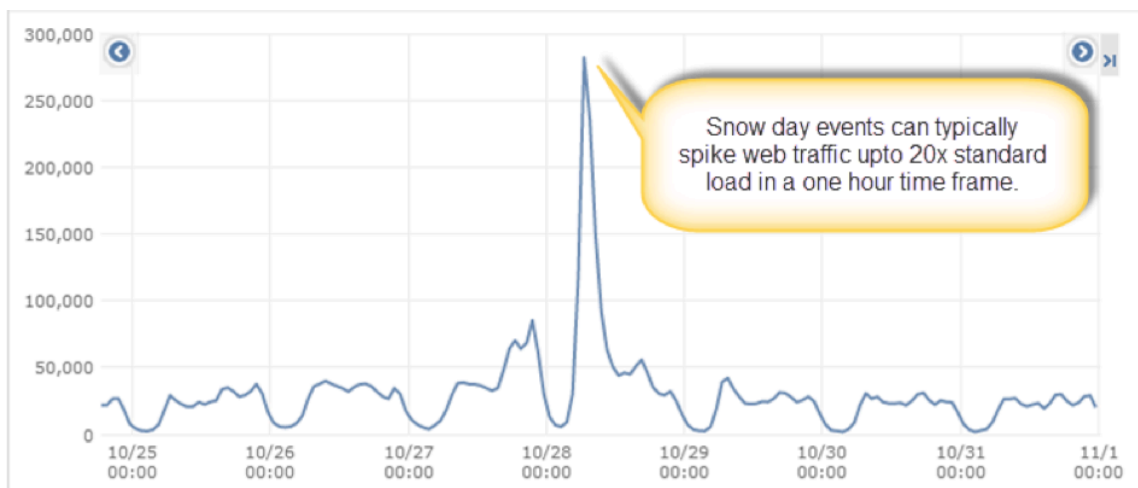
### 3.3.3 Perinteiset liikenneinformaatiopalvelut

Nykyisten, jo olemassa olevien liikenneinformaatiopalveluiden muuttaminen pilvipalveluihin pohjautuviksi on suositeltavaa tehdä vaiheittain ja palvelusopimusten ollessa katkolla. Esimerkiksi Liikenneviraston Digitraffic-palvelun muuttaminen pilvipohjaiseksi helpottaisi kasvavien käyttäjämäärien hallinnassa sekä palvelun integroitumisessa muihin palveluihin. Palvelun päivittäminen uudempaan ja palvelun skaalaaminen muuttuvan käyttäjämäärän mukaan hoituisivat pilvipalveluiden avulla automatisoidusti. Kustannussäästöjä syntyisi, kun Liikenneviraston ei tarvitsisi sitoutua maksamaan kiinteää kuukausihintaa suurimman odotettavissa olevan käyttäjämäärän mukaan. Pilvipalveluihin perustuvassa ratkaisussa Liikennevirasto maksaisi pilvipalvelusta todellisen käyttäjämäärän mukaan. Modernin pilvipalvelun hyödyntäminen helpottaisi myös sovelluskehittäjien houkuttelua, sillä kehittäjät ovat tottuneet hyödyntämään pilvipalveluiden

tarjoamia ohjelmointirajapintoja. Lisäksi sovelluskehittäjät ovat tottuneet nopeasti toimiviin ja ruuhkatilanteissa automaattisesti skaalautuviin palvelimiin.

### 3.3.4 Lontoon joukkoliikenne

Esimerkiksi Transport for London, Lontoon joukkoliikenne, on siirtynyt käyttämään Amazonin pilvipalveluita. Aiemmin TfL hyödynsi Microsoftin Azure-pilvipalveluita ja sitä ennen omia, perinteiseen palvelinmalliin perustuvia ratkaisuja (Computer World 2015). Lontoon joukkoliikenteen Internet-sivuilla on päivittäin kolme miljoonaa sivulatausta ja 600 000 vierailijaa. Häiriötilanteissa, kuten lumisadepäivinä, kyseisten Internet-sivujen kysyntä kasvaa räjähdysmäisesti. Käyttäjämäärissä ja sivulatauksissa on pahimmillaan 20-kertainen piikki, kun ihmiset tarkistavat metro- ja bussilinjojen reaaliaikaisia tilannetietoja. Kuva 36 havainnollistaa Lontoon joukkoliikenteen sivulatausten määrää poikkeustilanteissa.

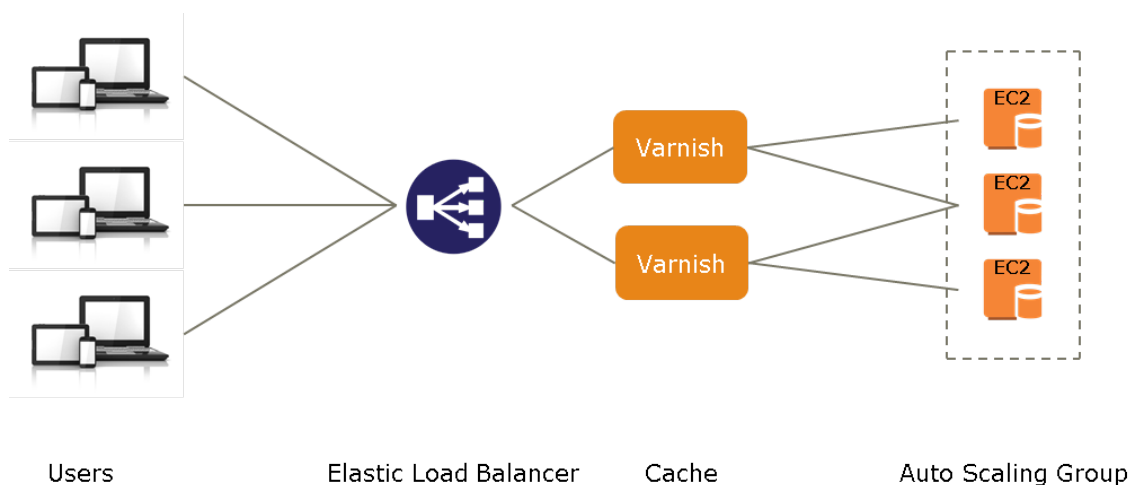


Kuva 36. Lontoon joukkoliikenteen Internet-sivun käyttäjämäärän kasvu poikkeustilanteissa (Lähde: TfL 2015b).

Lontoon joukkoliikenne hyödyntää pilviteknologioita muun muassa käyttämällä korkean saavutettavuuden välimuistia (eng. high availability cache). Välimuistiin tallennetaan Lontoon joukkoliikenteen Internet-sivuston staattista ja muuttuvaa sisältöä. Nopeaa välimuistia hyödyntämällä Internet-sivun vasteaikoja saadaan laskettua entisestään ja sivun aukeaminen saadaan varmistettua korkeankin kävijäpiikin aikana. Järjestelmä kykenee palvelemaan 2000–3000 pyyntöä sekunnissa (TfL 2015a). Välimuisti on ikään kuin lähempänä kuluttajaa, jolloin tietoa ei tarvitse joka kerta hakea kaukaa palvelimen syövereistä. Vaikka taustalla toimiva palvelin kaatuisi, välimuistista voidaan tarjota kuluttajalle viimeksi toimineen palvelimen sisältö lähes täydellisenä. Välimuistissa tallessa oleva tieto auttaa pitämään kuluttajalle näkyvää palvelua yllä vian etsimisen ja korjaamisen ajan.

Lontoon joukkoliikenteen online-palveluiden kehitystyössä ei ainoastaan ole pyritty kattamaan nykyistä kapasiteetin tarvetta vaan myös kehittämään skaalautuvia palveluita tulevaisuudessa kasvavan käyttäjämäärän vaatimalle tasolle. Nykyaikaisten Internet-palveluiden käyttäjät odottavat myös liikennepalveluita nopeita vasteaikoja ja korkeaa saavutettavuutta. Suurten käyttäjämäärien tapauksessa näitä ei ole mahdollista saavuttaa perinteisellä palvelinrakenteella.

Kuvassa 37 on esitetty yksinkertaistettu kuvaus Lontoo joukkoliikenteen Internet-sivun pilvipalvelutoteutuksesta. Lontoon joukkoliikenteen pilvipalvelut on toteutettu Amazonin AWS-tekniikalla. Elastic Load Balancer ottaa vastaan käyttäjiltä tulevat sivuston latauspyynnöt ja lähettää ne tarkistettavaksi Varnish-välimuistille. Mikäli pyydetty tieto löytyy välimuistista, se voidaan palauttaa sieltä pyytäjälle hyvin nopeasti. Mikäli tietoa ei löydy välimuistista, pyyntö jatkaa matkaa varsinaiseen EC2-instanssiin saakka. EC2-instanssi hoitaa varsinaisen laskennan. Lisäksi se voi pyytää tietoja eri tietokannoista. Elastic Load Balanceria tarvitaan, jotta järjestelmä kykenee jakamaan pyynnöt tasaisesti kaikkien instanssien kesken. Varnish-välimuistia tarvitaan, jotta useimmin pyydetty tiedot saataisiin palautettua asiakkaalle mahdollisimman nopeaan. Varnish-välimuisti tallentaa siis asiakkaiden useimmiten pyytämiä tietoja. Load Balancerin tai nopean välimuistin rakentaminen perinteiseen palvelinmalliin on hyvin haastavaa sekä kallista. Pilvipalveluissa se tulee ikään kuin kaupanpäälle, useimmiten ilman erillistä kustannusta.

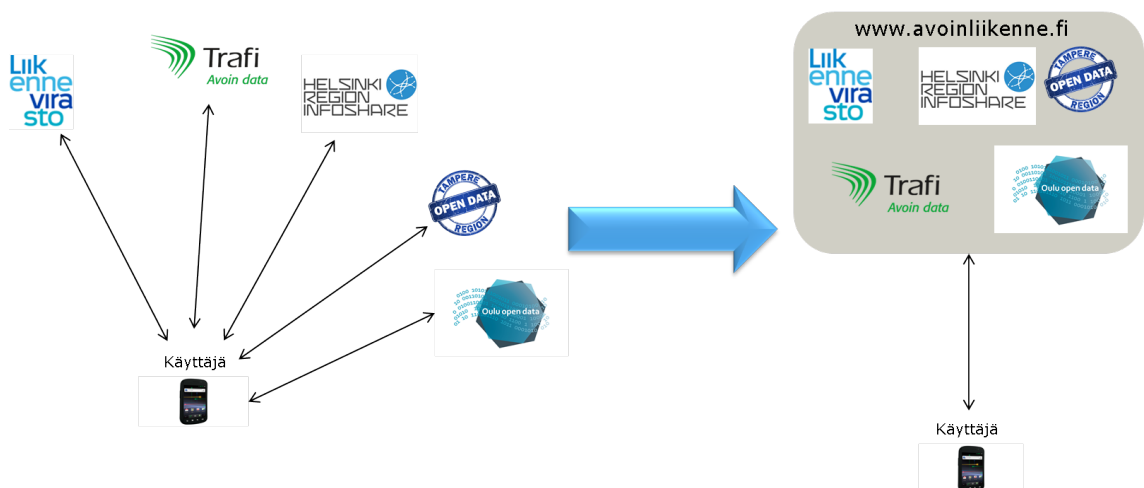


Kuva 37. Lontoon joukkoliikenteen Internet-sivun yksinkertaistettu toteutus pilvipalveluna (Lähde: mukailen TfL 2015b).

## 4. SUOSITUKSET

### 4.1 Avoimen liikenteen portaali

Liikennetoimialalle tarvitaan yhtenäistetty ja yhdessä paikassa ylläpidetty avoimen liikenneinformaation jakelukanava, jonka avulla tarjotaan liikenneinformaatiota avointen rajapintojen kautta. Tällä hetkellä liikenteeseen liittyvän informaation jakelu on hyvin kirjavaa ja vailla yhtenäistettyjä käytäntöjä. Viranomaisten hallinnoimien Digiroad- ja Digitraffic-palveluiden lisäksi samaan paikkaan voitaisiin koostaa myös joukkoliikennetoimijoiden datat yhtenäistetyn rajapintamäärittelyn kautta. Liikennedata on tärkeä osa avointa dataa. Se on pääsääntöisesti viranomaisten hallinnoimaa, joten olisi erittäin tärkeää, että sen jakelua yhtenäistetään ja keskitetään yhden portaalin alle. Itse data voi olla pilvessä, mutta rajapintamäärittelyt ja ohjelmointirajapinnat olisi hyvä koostaa yhtenäisen sivuston alle. Näin ne olisivat helposti kenen tahansa saatavilla. Myös uuden liikennedatan avaaminen olisi helppoa, kun olisi tietty rajapintamalli mistä ottaa mallia. Saman sivuston alle voisi kerätä myös avoimen liikennedatan ympärille rakennetut älykkäät sovellukset, samalla tavalla kun nyt on tehty Helsingin alueella Helsinki Region Infosharen (HRI) kautta. Kaupunkien joukkoliikenteen toimivaltaiset viranomaiset ylläpitävät omia rajapintamäärittelyitään omilla sivuillaan. Myös nämä rajapintamäärittelyt ja niihin liittyvät dokumentaatiot olisi hyvä saada samaan jakelukanavaan. Kuvassa 38 on esitetty siirtymä nykyisestä järjestelmästä yhtenäistettyyn avoimen liikenteen portaaliin.



Kuva 38. Yhteinen avoimen liikennetiedon portaali.



## 4.2 Rajapintamäärittelyt

Rajapintamäärittelyiden osalta tulisi pyrkiä yhtenäistämään avattavia rajapintoja ja tarjoamaan yhtenäistetty dokumentaatio. Rajapintamäärittelyt dokumentteineen tulisi tarjota yhdestä ja samasta paikasta, esimerkiksi edellä esitetyn avoimen liikenteen portaalien kautta. Viranomaisten tulisi koordinoita myös joukkoliikenneoperaattoreiden ylläpitämiä rajapintoja ja ohjata operaattoreita käyttämään samoja rajapintamalleja. Yhdelle sivustolle koottuna eri palveluiden rajapintamäärittelyt helpottavat sekä sovellusten kehittämistä että niiden ylläpitoa. Rajapintaportaalien ylläpito osana avoimen liikenteen portaalien mahdollistaisi yhtenäistetyn liikenneinformaation hyödyntämisen ja kehittämisen.

## 4.3 Suosittelet pilvipalveluteknologioiden käyttöön

Liikenneinformaation jakelukanavaa ja rajapintamäärittelyjä ylläpitävä taho voisi antaa suosituksia myös käytettävän pilvipalveluteknologian suhteen. Yhtenäistetty käytäntö käytettävien pilvipalveluiden suhteen helpottaa liikenneinformaation hyödyntämistä ja eri tietolähteiden integrointia. Yhtenäistetty pilvipalveluteknologia hyödyttää myös uuden liiketoiminnan kehittämistä ja liikenneinformaation lisäämistä jo olemassa oleviin palveluihin (esim. Uber). Tulevaisuudessa hämmäyttävä MaaS-operaattori hyötyisi myös helppokäyttöisestä ja suoraan pilvipalvelusta saatavasta liikenneinformaatiosta. Pilvipalveluteknologioiden hyödyntäminen mahdollistaisi myös entistä paremman palvelutason ja tiukemmat palvelutasomäärittelyt.

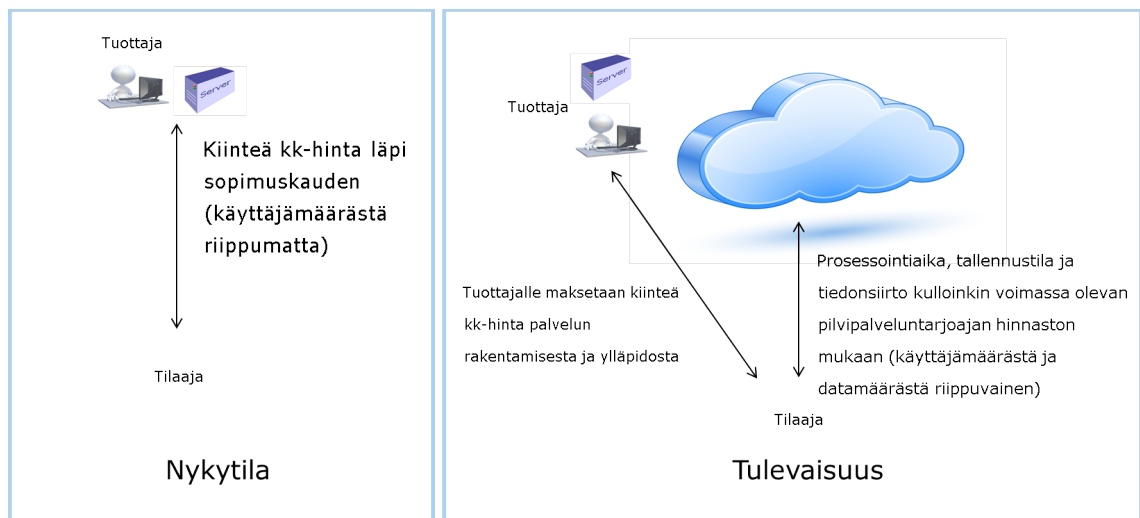
## 4.4 Palvelutasomäärittelyt (Service Level Agreements)

Uudistettuihin palvelutasomäärittelyihin pitäisi tuoda mukaan pilvipalveluiden erityispiirteet. Pilvipalveluiden avulla palvelun saavutettavuus (eng. availability), viiveet (eng. latency) ja virhetilanteista toipuminen (eng. disaster recovery) paranevat huomattavasti. Liikenneinformaatiota hyödyntävä yritys saattaa joutua sitoutumaan tiettyyn palvelutasoon omien asiakkaidensa kanssa. Siksi liikenneinformaatiota tuottavan ja ylläpitävän tahon pitäisi sitoutua tiettyyn palvelutasoon ja jatkuvaan tason parantamiseen. Pilvipalveluiden tapauksessa palvelutaso on yksi tärkeä mittari ja se on yleensä huomattavasti parempi kuin perinteisellä palvelinmallilla toteutetuissa palveluissa. Pilvipalveluntarjoajat kehittävät ja ottavat jatkuvasti käyttöönsä uutta teknologiaa, joka parantaa palvelutasoa. Perinteisessä palvelinmallissa palvelutaso riippuu yleensä valitusta teknologiasta ja teknologia säilyy pääpiirteissään samana koko laitteiston elinkaaren ajan. Valittu teknologia sitoo myös käytettäviä arkkitehtuuriratkaisuja huomattavasti enemmän kuin pilvipalveluiden tapauksessa.

## 4.5 Pilvipalveluiden huomioiminen kilpailutuksissa

Nykyisin liikenneinformaatiopalveluiden kilpailuttaminen hoidetaan useammaksi vuodeksi kerrallaan. Hinnoittelumallina on kolmannen osapuolen tarjoama kiinteä kuukausihinta. Hinta ei yleensä riipu käyttäjämäärästä, vaan pysyy koko kilpailutuskauden samana. Pilvipalveluita hyödyntämällä kilpailutuksissa voitaisiin säästää määrittelemällä hinnoittelutyyppiä yhdistelmä kiinteää ja muuttuvaa hinnoittelua. Muuttuva hinnoittelu voisi olla suoraan pilvipalveluntarjoajan (esim. Amazon) kulloinkin voimassaoleva hinnasto. Hintojen muuttuessa tilaaja hyötyisi suoraan alentuneina kustannuksina. Tässä mallissa tilaajalle tulisi käyttäjämäärän kasvusta aiheutuva kustannusriski. Pay-as-you-go – hinnoittelussa pilvipalveluntarjoaja laskuttaisi suoraan tilaajalta käyttäjämäärän, tallennetun datamäärän sekä pilvipalvelusta ulospäin siirtyvän datamäärän mukaisesti. Kiinteäksi hinnanosaksi voitaisiin määrittää palvelun toimittajan (ei pilvipalveluntarjoaja) tarjoama kuukausihinta, joka sisältää sekä palvelun rakentamisen (pilvipalveluntarjoajan valmiista rakennuspalikoista sekä mahdollisista itse tuotettavasta koodista) että sen ylläpitämisen.

Kuvassa 39 on esitetty vaihtoehtoinen kilpailutusmalli liikenneinformaatiopalvelujen operointiin. Vaihtoehtoisessa mallissa prosessointiaika, tallennustila ja tiedonsiirto ostetaan suoraan pilvipalveluntarjoajalta ja tuottajan tehtäväksi jää pilvipalvelun rakentaminen valmiista rakennuspalikoista, erilaisten varmuuskopioiden ja vikatilanteista palautumisprosessien määrittely sekä pilvipalvelun ylläpito.

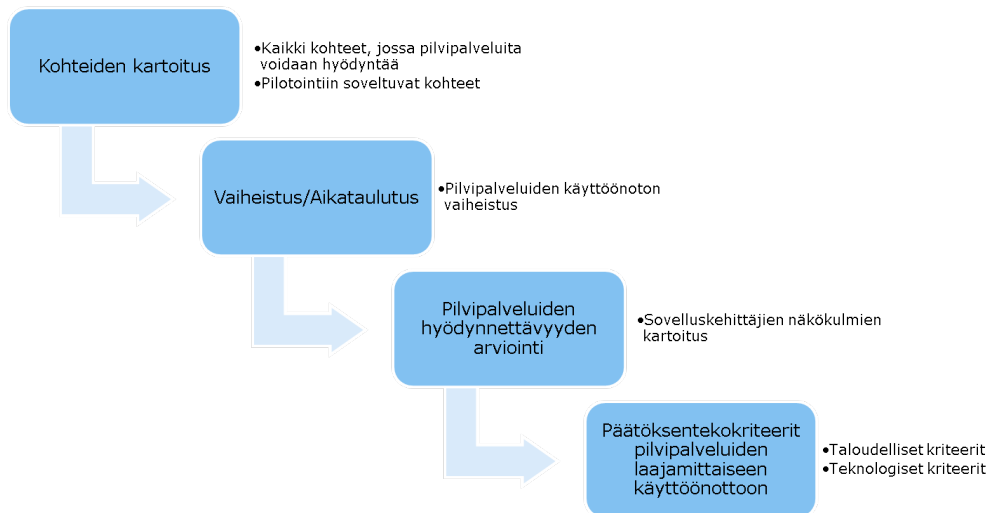


Kuva 39. Pilvipalveluiden vaikutus hankintamenettelyyn.

## 4.6 Jatkotutkimusehdotukset

### 4.6.1 Pilvipalvelustrategian luominen

Liikennealan toimijoiden (liikenneviranomaiset ja kaupalliset toimijat) tulisi luoda strategia pilvipalveluihin siirtymiseen ja käyttöönottoon liittyen. Liikenteestä kerättävän informaation määrä kasvaa väijäämättä ja vanhat tiedonhallinnan menetelmät tulevat vähitellen väistymään modernien pilvipalveluiden alta pois. Luomalla vaiheistettu strategia, pilvipalveluiden käyttöönotto voidaan hoitaa pienissä erissä ja pilotointikohteita hyödyntäen. Tätä varten tarvitaan kuitenkin tarkempaa tutkimusta, jota ei tässä työssä ehditty riittävästi suorittamaan. Kuvassa 40 on esitetty pilvipalvelustrategiaan sisältyvät työvaiheet.



Kuva 40. Pilvipalvelustrategian luominen.

Pilvipalveluihin siirtyminen vaatii ensimmäisenä soveltuvien käyttökohteiden kartoitusta. Tässä työvaiheessa olisi hyvä selvittää kaikki ne kohteet, joissa käytetään tällä hetkellä vanhoja, perinteiseen palvelinmalliin perustuvia järjestelmiä. Lisäksi olisi hyvä selvittää, mitkä näistä käyttökohteista soveltuvat pilotointiin.

Pilvipalveluiden käyttöönottoa varten tulisi luoda selkeä aikataulu ja käyttöönotto tulisi vaiheistaa. Pilvipalvelustrategian osana tulisi määritellä selkeä aikataulu, jonka mukaan olennaisimmat järjestelmät muutetaan pilvipalveluihin perustuviksi.

Pilvipalveluiden hyödynnettävyyttä tulisi arvioida erityisesti avoimen datan trendien ja sovelluskehittäjien näkökulmien kautta. Jatkossa entistä enemmän valtion hallinnoimaa dataa tullaan avaamaan ja avaamisen yhtenä motivaationa on uusien sovellusten ja uuden liiketoiminnan kehittyminen. Tätä taustaa vasten olisi hyvä pohtia, mikä merkitys sovelluskehittäjien houkutteluun on sillä, millaiseen teknologiaan avoimen datan tietokannat perustuvat. Sovelluskehittäjät ovat tottuneet hyödyntämään pilvipalveluita ja

niiden tarjoamia ohjelmointiympäristöjä. Kaupalliset toimijat ovat jo siirtyneet pilvipalveluiden hyödyntämiseen ja datan avaamiseen pilvipalveluiden kautta, joten sovelluskehittäjät olettavat myös viranomaisten avaaman datan olevan saatavissa pilvipalveluiden kautta.

Osana pilvipalvelustrategiaa ja vaiheistettua käyttöönottoa tulisi määritellä taloudellinen ja teknologinen kriteeristö pilvipalvelujen laajamittaiselle käyttöönotolle. Taloudellinen kriteeristö huomioisi pilottikohteista saatavat kustannussäästöt. Näiden säästöjen perusteella voitaisiin laskea laajamittaisesta pilvipalveluiden käyttöönotosta saavutettava arvioitu kustannussäästö. Teknologinen kriteeristö huomioisi uuden teknologian avulla saavutettavat hyödyt, esimerkiksi palveluiden toimintavarmuuden paranemisen sekä palveluiden houkuttelevuuden sovelluskehittäjien näkökulmista.

#### **4.6.2 Pilottikohteiden valinta ja pilotointi**

Osana pilvipalvelustrategiaa tulisi määrittää yhdessä liikenneviranomaisten kanssa pilotointikohteet ja pilotoinnin aikataulut. Samalla tulisi tehostaa nykyisten järjestelmien suorituskyvyn ja kustannusten seurantaa, jotta pilottikohteista saatavia tuloksia voitaisiin tarkemmin vertailla perinteisiin palvelinratkaisuihin. Pilotoinnin tavoitteena olisi kerätä aluksi kokemuksia pilvipalveluista ennen laajamittaista käyttöönottoa. Pilotoinnin avulla voitaisiin hankkia kokemuksia pilvipalveluiden käytöstä liikenneinformaation hallinnassa. Myös sovelluskehittäjät tulisi huomioida heti pilotoinnin alusta alkaen. Pilotoinnin myötä mahdollisia lainsäädännöllisiä esteitä voitaisiin myös purkaa.

#### **4.6.3 Pilvipalveluiden hankintamenettelyn uudistaminen**

Pilvipalveluiden käyttö muuttaa myös viranomaisten tietojärjestelmien hankintamenettelyä. Pilvipalveluissa tyypillinen pay-as-you-go – hinnoittelu mahdollistaa tilaajalle entistä joustavamman hankintamallin. Perinteisesti liikenteen tietojärjestelmiä on tilattu kiinteään kuukausihintaan tietyksi määräajaksi, esimerkiksi viideksi vuodeksi. Tässä mallissa haasteena on käyttäjämäärän, tallennettavan tietomäärän ja tiedonsiirtomäärän ennustaminen kauas tulevaisuuteen. Erityisesti uusien palveluiden osalta on vaikea ennustaa palvelun suosiota ennen sen käyttöönottoa. Palveluntarjoaja joutuu hankkimaan laitteisto- ja tiedonsiirtokapasiteettia suurimman arvioidun käyttäjämäärän mukaan. Näin ollen palveluntarjoaja joutuu hinnoittelemaan palvelunsa todellista suuremman käyttäjämäärän mukaan. Tilaaja vastaavasti joutuu maksamaan ylimääräisestä kapasiteetista.

Pilvipalveluiden avulla hankintaprosessia voidaan optimoida siten, että tilaaja hankkii laitteisto- ja tiedonsiirtokapasiteetin pilvipalveluntarjoajalta ja palvelun rakentamisen ja operoinnin perinteiseltä palveluntarjoajalta. Näin ollen käyttäjämäärästä aiheutuva hintariski tulee tilaajan kannettavaksi, mutta toisaalta tilaajan ei tarvitse maksaa ylimääräisestä kapasiteetista.

#### 4.6.4 Pilvipalveluiden tietoturva

Pilvipalveluiden tietoturva vaatii vielä tarkempia tutkimuksia. Erityisesti liikenneinformaation kaksijakoinen luonne avoimeen ja suljettuun dataan aiheuttaa haasteita kattavan järjestelmän rakentamiselle. Tutkittavia aiheita voisivat olla muun muassa se, voidaanko rakentaa yksittäinen pilvipalvelu, jossa yhdistyvät sekä kaikille jaettava avoin data, että rajatulle käyttäjäjoukolle tarkoitettu suljettu data. Erityisiä haasteita aiheutuu viranomaisten tietohallinto-ohjeista, joissa saatetaan jopa kieltää pilvipalveluiden käyttäminen kokonaan. Useimmat näistä ohjeista on tehty aikana, jolloin pilvipalvelut ovat olleet vasta yleistymässä, eikä niiden tietoturva ole ollut vielä nykyisellä tasollaan. Lisäksi tutkimisen arvoisia aiheita voisivat olla tiedon tallentaminen eri maantieteellisiin sijainteihin. Nykyisin pilvipalvelut ovat globaaleja, maasta tai maanosasta riippumattomia. Tieto saatetaan tallentaa toisella puolella maapalloa sijaitsevalla palvelimella ja usein jopa useammassa kuin yhdessä maanosassa. Tallennuspaikkojen maantieteellinen hajauttaminen on osa pilvipalveluiden palvelutarjontaa ja siten harkittu osa pilvipalvelustrategiaa. Sen hyödyntämättä jättäminen olisi sangen lyhytnäköistä.

#### 4.6.5 Pilvipalvelut huomioivan palvelutasomäärittelyn luominen

Pilvipalvelut muuttavat palvelutasojattelua. Perinteisen palvelinmallin huonona puolella on ollut kallis ja teknisesti haastava palvelinten ylläpito. Pilvipalveluiden avulla pienikin yritys voi hyötyä korkeasta saavutettavuustasosta ja pilvipalveluntarjoajan toteuttamasta ympärivuorokautisesta ylläpitopalvelusta. Saavutettavuustaso muuttuu entistä lähemmäksi 99,99 % tasoa, mikä vastaa kuukausitasolla ainoastaan hieman yli neljän minuutin palvelukatkosten yhteenlaskettua kestoa. Tilajatahon tulee määrittellä entistä tiukemmat, pilvipalveluiden hyödyntämiseen perustuvat palvelutasomäärittelyt. Tulevaisuudessa käyttäjät eivät enää tyydy huonosti toimiviin palveluihin, jotka ovat pitkiä aikoja pois käytöstä. Kansainväliset pilvipalveluiden tarjoajat sitoutuvat jo nyt varsin tiukkoihin palvelutasomäärityksiin. Mikäli tilaaja ei hanki pilvipalveluita suoraan globaalilta pilvipalvelutoimittajalta (Amazon, Microsoft, Google), vaan alihankkijana toimivalta paikalliselta yritykseltä, niin silloin olisi hyvä luoda kansainväliset mittapuut täyttävä palvelutasomäärittely. Kotimaista pilvipalveluntarjoajaa tulisi toki suosia, mutta ei palvelutason kustannuksella. Pilvipalvelut huomioon ottavaa palvelutasomäärittelyä ei kannata lukita kiinteäksi useiksi vuosiksi, vaan se tulee päivittää vuosittain ja huomioida kansainvälisten pilvipalveluntarjoajien tekemät palvelutasolupaukset.

## 5. YHTEENVETO JA POHDINTAA

Liikenneinformaation määrän lisääntyminen ja älyliikennesovellusten monipuolistuminen edellyttävät vanhojen teknologioiden uudistamista ja käytäntöjen yhtenäistämistä. Tässä työssä tutkittiin liikenteen digitalisoitumista ja liikenteestä kerättävän informaation entistä tehokkaampaa hyödyntämistä. Tutkimustyön aikana tuli hyvin selväksi, että liikenneinformaation kasvu erityisesti anturiteknologian sekä mobiilien tietoliikenneyhteyksien paranemisen myötä johtavat tilanteeseen, jossa liikenteestä kerätyn tiedon tallentaminen ja hyödyntäminen muuttuvat haastavaksi. Avointen rajapintojen ja avoimen datan myötä saadaan herätettyä sovelluskehittäjien kiinnostus liikenneinformaatiota kohtaan. Pelkän datan avaamisen lisäksi tulisi pohtia informaation hyödynnettävyyttä sekä teknologisia edellytyksiä suurten käyttäjämäärien hallintaan. Perinteiset palvelinmallit eivät vastaa enää nykyisten sovelluskehittäjien tarpeita, eikä valtion viranomaisten määrittelemät ohjelmointirajapinnat vastaa sitä, mitä sovelluskehittäjät ovat tottuneet käyttämään.

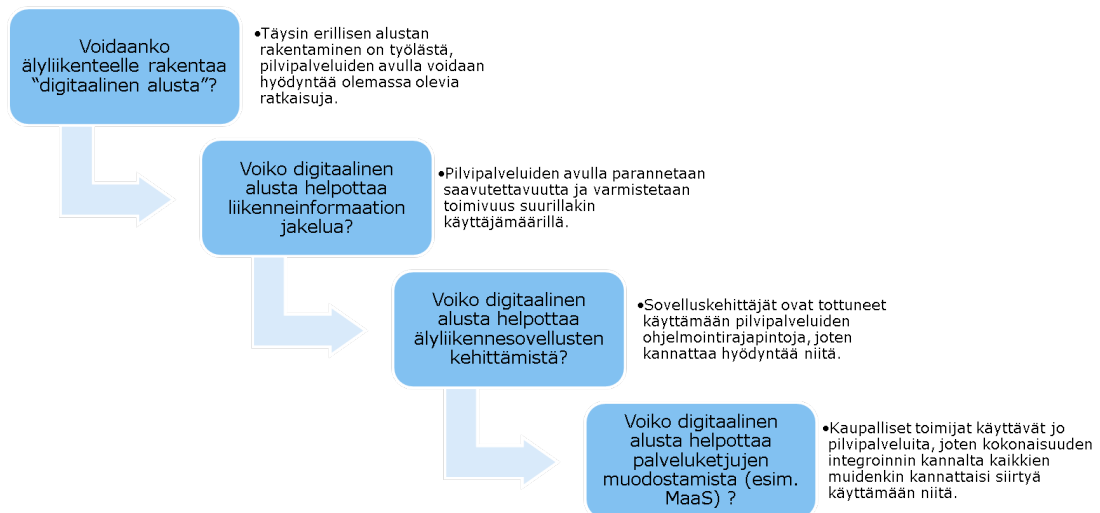
Tässä työssä ehdotetaan pilvipalveluteknologioiden huomioimista tulevissa liikenneinformaation keräämiseen, käsittelyyn ja jakeluun liittyvissä hankkeissa. Työssä kuvataan pilvipalveluista saatavia hyötyjä teknologian, toiminnallisuuden sekä taloudellisuuden kannalta. Työssä esitellään pilvipalveluissa yleisesti käytetyt teknologiat ja suurimmat pilvipalvelutoimittajat. Maailmalta haetuissa esimerkeissä kuvataan, kuinka suurten kaupunkien joukkoliikenneviranomaiset sekä liikenteen hallinnasta vastaavat viranomaiset ovat jo siirtyneet pilvipalveluiden käyttäjiksi. Esimerkkien yhteydessä kuvataan toteutuneita hyötyjä sekä pohditaan Suomessa käytössä olevien liikenneinformaatiopalveluiden nykyisiä ominaisuuksia.

Työssä ehdotetaan muutoksia myös tietopalveluiden hankintaprosessiin. Hankintakäytäntöjä voitaisiin muuttaa entistä joustavampaan ja edullisempaan suuntaan pilvipalveluja hyödyntämällä. Pilvipalveluiden pay-as-you-go – hinnoittelumalli mahdollistaa todelliseen käyttömäärään perustuvan hankinnan. Dynaamisesti käyttäjämäärän mukaan muuttuva kapasiteetti on eräs pilvipalvelun merkittävin etu perinteiseen palvelinmalliin verrattuna. Näin ollen palvelun omistajan ei tarvitse etukäteen tietää palvelun tulevaa käyttäjämäärää, vaan palvelinkapasiteetti skaalautuu pilvipalvelun myötä automaattisesti kulloisenkin käyttäjämäärän mukaan.

Pilvipalveluiden myötä myös palvelun varmuuskopiointi ja tietojen palautus vikatilanteessa automatisoituu huomattavasti. Pilvipalveluiden myötä palvelun omistajalla on aina käytössään viimeisimmät teknologiat ja vikatilanteista palautuminen on huomattavasti nopeampaa ja joustavampaa kuin perinteiseen palvelinmalliin nojautuvissa järjes-

telmissä. Pilvipalveluissa infrastruktuurin ylläpito hoidetaan automaation ja jatkuvan seurannan yhdistelmällä. Näin ollen palvelun omistajan ei tarvitse erikseen huolehtia esimerkiksi virka-ajan ulkopuolisesta palvelininfrastruktuurin ylläpidosta. Palvelun saavutettavuus paranee pilvipalveluiden myötä merkittävästi, osin automaation ja osin nopeamman vikatilanteista palautumisen johdosta.

Kuvassa 41 on esitetty alkuperäiset tutkimusongelmat ja ehdotettu vastauksia niihin. Erillisen digitaalisen alustan rakentaminen älyliikennettä varten on työlästä ja todennäköisesti kestää niin kauan, että valittu teknologia ehtii vanhentua. Järkevämpää on siis pyrkiä käyttämään olemassa olevia, alustamaisia ratkaisuja, joista pilvipalvelut ovat yksi esimerkki. Liikenteestä kerätyn informaation tehokkaaseen ja taloudelliseen jakeluun sekä hyödyntämiseen löytyy hyviä ratkaisuja pilvipalveluiden parista. Niiden avulla voidaan toimintavarmuutta parantaa sekä varmistaa käyttäjämäärän kasvun myötä tarvittava skaalautuminen. Sovelluskehittäjien houkuttelemiseksi älyliikenteen pariin vaaditaan datan avaamisen lisäksi myös tehokkaat ja kansainvälisesti vertailukelpoiset jakelukanavat avatulle datalle. Parhaiten tämä onnistuu hyödyntämällä pilvipalveluita, sillä sovelluskehittäjät ovat jo tottuneet käyttämään niitä muissa, liikenteen ulkopuolisisissa sovelluksissa. Kokonaisten palveluketjujen muodostumisen kannalta on olennaista, että niin kaupalliset kuin julkisetkin toimijat omaksuvat samoja käytäntöjä informaation jakamiseen sekä käyttävät samoja teknologioita. Kaupalliset toimijat hyödyntävät laajamittaisesti pilvipalveluita jo nyt. Myös viranomaisten tulisi omaksua pilvipalveluiden potentiaali, jotta kokonaispalvelut saataisiin integroitua saumattomaksi kokonaisuudeksi.



Kuva 41. Vastaukset alussa esitettyihin tutkimusongelmiin.

Työssä tunnistettiin myös tulevaisuuden haasteita ja jatkotutkimusaiheita. Pilvipalveluiden tietoturvaa ja soveltuvuutta valtion virastojen käyttöön pitäisi tutkia tarkemmin. Virastojen tietohallinto-ohjeet saattavat estää pilvipalveluiden käytön tai tietojen tallettamisen ulkomaisiin palvelinkeskuksiin. Tietohallinto-ohjeet pitäisi päivittää vastaa-

maan nykyaikaisia pilvipalveluita ja tiedon fyysistä tallentamista koskevia vaatimuksia pitäisi tarkastella kriittisesti.

Hyödyntämällä ennakkoluulottomasti pilvipalveluiden mukanaan tuomia mahdollisuuksia voidaan varmistaa, että liikenteeseen liittyviä innovaatioita kehitetään Suomessa jatkossakin.



## 6. LÄHTEET

Amazon. 2012. Introducing AWS Marketplace. [Online]. Saatavissa: <http://aws.amazon.com/about-aws/whats-new/2012/04/19/introducing-aws-marketplace/>

Amazon. 2015. Amazon Products Overview. [Online]. Saatavissa: <http://aws.amazon.com/products/>

Armbrust, M. & Fox, A. & Griffith, R. & Joseph, A. & Katz, R. & Konwinski, A. & Lee, G. & Patterson, D. & Rabkin, A. & Stoica, I. & Zaharia, M. 2009. Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing. Electrical Engineering and Computer Sciences, University of California at Berkeley. 23 s.

Arup. 2014. Future of Highways. Arup Report 11/2014. 57. Saatavissa: [http://www.arup.com/~media/Publications/Files/Publications/F/Interactive\\_Future\\_of\\_Highways\\_2014\\_final.ashx](http://www.arup.com/~media/Publications/Files/Publications/F/Interactive_Future_of_Highways_2014_final.ashx)

Autonews. 2015. Maps to track every bump in the road. [Online] Saatavissa: <http://www.autonews.com/article/20150126/OEM10/301269980/maps-to-track-every-bump-in-the-road>

Baltic News. 2012. e-Estonia: X-road Viron oma "tiedon valtatie" tukee myös yksityistä sektoria. Baltic News for Finns. [Online] Saatavissa: <http://www.tere-tech.eu/balticfinns/?p=26216>

Business Insider. 2015a. Google is on track to see self-driving cars on the road by 2020. [Online]. Saatavissa: <http://uk.businessinsider.com/google-self-driving-cars-arrive-chris-urmson-2020-2015-3?r=US>

Business Insider. 2015b. The 'connected car' is creating a massive new business opportunity for auto, tech, and telecom companies. [Online]. Saatavissa: <http://uk.businessinsider.com/connected-car-forecasts-top-manufacturers-2015-2?r=US>

BuzzFeed News. 2015. Sidecar Announces Nationwide Same-Day Delivery. [Online]. Saatavissa: <http://www.buzzfeed.com/brendanklinkenberg/sidecar-announces-nationwide-same-day-delivery>

Bracci, F. & Corradi, A. & Foschini, L. 2012. Database Security Management for Healthcare SaaS in the Amazon AWS Cloud. 2012 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC). ss. 812-819

- Cairns, S. & Davis, A. & Swiderska, C. 2002. Making travel plans work: Research Report. London Department for Transport. 13 s. Saatavissa: <http://abstracts.aetransport.org/paper/download/id/1480>
- CCC. 2014a. Autojen yhteiskäyttö. City Car Club Helsinki. [Online]. Saatavissa: <http://citycarclub.fi/fi/autojen-yhteisk%C3%A4ytt%C3%B6>
- CCC. 2014b. Hinnasto. City Car Club Helsinki. [Online]. Saatavissa: <http://citycarclub.fi/fi/hinnasto>
- Computer World. 2015. TfL selects AWS over Azure to handle 20x spikes in journey planner website traffic. [Online]. Saatavissa: <http://www.computerworlduk.com/news/cloud-computing/3608095/tfl-selects-aws-over-azure-to-handle-20x-spikes-in-journey-planner-website-traffic/>
- DIGILE. 2015. Suomen Digibarometri 2014. Digile Oy, Liikenne- ja viestintäministeriö, Tekes, Teknologiateollisuus ja Verkkoteollisuus. 38 s. [Online]. Saatavissa: <http://digi.fi/files/2015/03/Digibarometri-2015.pdf>
- EleksLabs. 2012. Dive into the Cloud: Brief Technology Introduction. [Online]. Saatavilla: <http://elekslabs.com/2012/12/dive-into-cloud-brief-technology.html>
- FMI. 2015. Open Weather Data as Part of Big Data. [Online]. Saatavilla: <http://www.slideshare.net/tervo/open-weather-data-as-part-of-big-data>
- Freescale. 2015. Advanced Driver Assistance Systems (ADAS). [Online]. Saatavilla: <http://www.freescale.com/webapp/sps/site/overview.jsp?code=ADAS>
- Fox, A. 2009. Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing. Reliable Adaptive Distributed Systems Lab, University of Berkeley. Saatavissa: <http://www-inst.eecs.berkeley.edu/~cs10/sp11/lec/20/2010Fa/2010-11-10-CS10-L20-AF-Cloud-Computing.pdf>
- Forbes. 2012. Welcome To The New Millennial Economy: Goodbye Ownership, Hello Access. [Online]. Saatavilla: <http://www.forbes.com/sites/jjcolao/2012/10/11/welcome-to-the-new-millennial-economy-goodbye-ownership-hello-access/>
- Gerla, M. & Lee, E-K. & Pau, G. & Lee, U. 2014. Internet of Vehicles: From Intelligent Grid to Autonomous Cars and Vehicular Clouds. IEEE World Forum on Internet of Things. ss. 241-246
- Google. 2015a. Google Green Products. [Online]. Saatavissa: <https://www.google.com/green/products/#gmail-apps>

Google. 2015b. Google Cloud Products. [Online]. Saatavissa: <https://cloud.google.com/products/>

Google. 2015c. Google Cloud Endpoints documentation. [Online]. Saatavissa: <https://cloud.google.com/appengine/docs/java/endpoints/>

Green Data Center. 2010. A Simple Definition of Cloud Computing – Pay as you go SaaS. Green Data Center Blog. [Online]. Saatavissa: <http://www.greenm3.com/gdcblog/2010/1/1/a-simple-definition-of-cloud-computing-ndash-pay-as-you-go-s.html>

Haapamäki, R. 2013. Sujuvat joukkoliikenteen matkaketjut kaupunkiliikenteessä. Kandidaatintyö. Tampereen teknillinen yliopisto. 27s.

Hastrup, T. 2014. HSL:n Reittiopas ja Matka.fi: Avoimen reittioppaan hyödyntäminen uusien palveluiden kehittämisessä. HSL. 2014. Saatavissa: <http://liikennelabra.fi/wp/wp-content/uploads/2014/10/2014-10-23-Reittiopas-Liikennelabra-Tuukka-Hastrup.pdf>

Hazrati, V. 2008. The Truth about Availability: What does 99.99% mean? Connecting Life with Technology. [Online]. Saatavissa: <https://vikashazrati.wordpress.com/2008/10/24/truth-about-availabilit/>

Heck, S. & Rogers, M. 2014. Resource Revolution: How to Capture the Biggest Business Opportunity in a Century. Melcher Media. New York. ss. 68-69

Heikkilä, S. 2014. Mobility as a service - A proposal for action for the public administration, case Helsinki. Diplomityö. Espoo. Aalto-yliopisto, yhdyskunta- ja ympäristötekniikka. s.65-66, 69-71. Saatavissa: [https://aalto.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/13133/master\\_Heikkil%C3%A4\\_Sonja\\_2014.pdf?sequence=1](https://aalto.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/13133/master_Heikkil%C3%A4_Sonja_2014.pdf?sequence=1)

Heljala, H. 2014. Tulevaisuuskuva kysyntäohjatun autonomisen tieliikenteen tilauspalvelusta. Diplomityö. Espoo. Aalto-yliopisto, yhdyskunta ja ympäristötekniikka. s.26, 47-53.

HRI. 2014a. Helsinki Region Infoshare. [Online]. Saatavissa: <http://www.hri.fi/fi/hri-projekti/>

HRI. 2014b. Helsinki Region Infoshare Sovellusgalleria. [Online]. Saatavissa: <http://www.hri.fi/fi/sovellukset/>

HRI. 2014c. Helsinki Region Inforshare. Esiselvitys HRI:n ja kansallisen palveluväylän suhteesta 15.12.2014 Loppuraportti. Saatavilla:

[http://www.hel.fi/hel2/tietokeskus/data/dokumentit/HRI\\_Palveluvayla\\_Esiselvitys\\_Lop\\_puraportti.pdf](http://www.hel.fi/hel2/tietokeskus/data/dokumentit/HRI_Palveluvayla_Esiselvitys_Lop_puraportti.pdf)

HSL. 2015. HSL Live – Helsingin Seudun liikenteen reaali-aikainen liikenteen seuranta. [Online]. Saatavissa: <http://live.mattersoft.fi/hsl/>

Hsu, C. & Yang, C. & Yu, L. & Chi-Fang, L. & Yao, H. & Chen, D. & Lai, K. & Chang, P. 2014. Development of a cloud-based service framework for energy conservation in a sustainable intelligent transportation system. International Journal of Production Economics. 8 s.

Kankkunen, I. 2014. Joukkoliikenteen kaupunkikeskusten yhteinen matkakortti Waltti. Joukkoliikenteen tietopalvelut-seminaariesitys 10/2014. Saatavilla: [http://liikennelabra.fi/wp/wp-content/uploads/2014/10/WALTTI\\_LVM\\_liikennelabra\\_23102014\\_1-2.pdf](http://liikennelabra.fi/wp/wp-content/uploads/2014/10/WALTTI_LVM_liikennelabra_23102014_1-2.pdf)

Kaur, K. & Rai A. 2014. A Comparative Analysis: Grid, Cluster and Cloud Computing. International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering. Vol. 3, Issue 3, March 2014. ss. 5730-5734

Kutsuplus. 2014. Kutsuplus – Tutustu. [Online]. Luettu 22.12.2014 Saatavissa: <https://kutsuplus.fi/tour>

Konrad, A. 2014. RelayRides' Altered Future Points To A Ride Sharing World Dominated By Lyft And Uber, Not Zipcar. Forbes. [Online]. Luettu 25.11.2014. Saatavissa: <http://www.forbes.com/sites/alexkonrad/2014/06/24/relay-rides-altered-future/>

Liikennelabra. 2014. Traffic Lab: Building blocks for Mobility as a Service. Liikennelabra. 2014. Saatavissa: <http://liikennelabra.fi/wp/wp-content/uploads/2014/09/TrafficLab.pdf>

Liikennevirasto. 2014a. Liikenneviraston liikennelaskentajärjestelmä. Järjestelmäkuvaus ja yleisen liikennelaskennan vuosiraportti. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 27/2014. Saatavissa: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts\\_2014-27\\_liikenneviraston\\_liikennelaskentajarjestelma\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts_2014-27_liikenneviraston_liikennelaskentajarjestelma_web.pdf)

Liikennevirasto. 2014b. Liikenneviraston avoin data. Saatavissa: [http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/aineistopalvelut/avoin\\_data](http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/aineistopalvelut/avoin_data)

Liikennevirasto. 2015. Selvitys Digitraffic-palvelun käyttäjätarpeista ja kehittämiskohdeista. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 6/2015. Saatavissa: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts\\_2015-06\\_selvitys\\_digitraffic-palvelun\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts_2015-06_selvitys_digitraffic-palvelun_web.pdf)

Linturi, R., 2013. Loppuraportti: Automaattisen liikenteen metropolivisio. FC Sovelto Oyj. s.6-8. Saatavissa:

[https://www.sovelto.fi/yritys/tiedotteet/Documents/Loppuraportti\\_automaattisen\\_liikenteen\\_metropolivisio.pdf](https://www.sovelto.fi/yritys/tiedotteet/Documents/Loppuraportti_automaattisen_liikenteen_metropolivisio.pdf)

Linturi, R. & Kuittinen, O. 2014. Liikennetiedon visiot. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 42/2014. s.16, 25-34, 66. Saatavissa:

[http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts\\_2014-42\\_liikennetiedon\\_visiot\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts_2014-42_liikennetiedon_visiot_web.pdf)

LVM. 2013a. Toisen sukupolven älystrategia liikenteelle. Liikenne- ja viestintäministeriön Ohjelmia ja strategioita 1/2013. Saatavissa:

<http://www.lvm.fi/julkaisu/4149622/kohti-uutta-liikennepolitiikkaa-lya-liikenteeseen-ja-viisautta-liikkujille-toisen-sukupolven-alystrategia-liikenteelle>

LVM. 2013b. Liikenteen ja viestinnän avoin tieto, työryhmän raportti. Liikenneviraston julkaisu 10/2013. Saatavissa:

[http://www.lvm.fi/c/document\\_library/get\\_file?folderId=2497123&name=DLFE-19419.pdf&title=Julkaisu%2010-2013](http://www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=2497123&name=DLFE-19419.pdf&title=Julkaisu%2010-2013)

LVM. 2013c. Oikeudenmukaista ja älykästä liikennettä. Työryhmän raportti. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 37/2013. Saatavissa:

[http://www.lvm.fi/c/document\\_library/get\\_file?folderId=2497123&name=DLFE-22565.pdf&title=Julkaisu%2037-2013](http://www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=2497123&name=DLFE-22565.pdf&title=Julkaisu%2037-2013)

LVM. 2014a. Tulevaisuuskatsaus: Digitaalisuus luo hyvinvointia ja kasvua. Liikenne- ja viestintäministeriön Tulevaisuuskatsaus 11/2014. Saatavissa:

[http://www.lvm.fi/c/document\\_library/get\\_file?folderId=3082152&name=DLFE-25127.pdf&title=LVM\\_tulevaisuuskatsaus\\_2014](http://www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=3082152&name=DLFE-25127.pdf&title=LVM_tulevaisuuskatsaus_2014)

LVM. 2014b. Tulevaisuuden liikenne on palvelu. Liikenne- ja viestintäministeriön Faktalehti 15/2014. 2014. Saatavissa:

[http://www.lvm.fi/c/document\\_library/get\\_file?folderId=3082170&name=DLFE-24226.pdf&title=Faktalehti%2015-2014%20Tulevaisuuden%20liikenne%20on%20palvelu](http://www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=3082170&name=DLFE-24226.pdf&title=Faktalehti%2015-2014%20Tulevaisuuden%20liikenne%20on%20palvelu)

LVM. 2014c. Liikenne muuttuu palveluksi. Kolumni. Saatavissa:

<http://www.lvm.fi/uutinen/4425682/kansliapaallikko-pursiaisen-kolumni-liikenne-muuttuu-palveluksi>

LVM. 2015. Ministeri Risikko: Suomesta mailman paras liikennepalveluiden kehittäjä. Liikenne- ja viestintäministeriön tiedote 04.02.2015. Saatavissa:

<http://www.lvm.fi/tiedote/4431700/ministeri-risikko-suomesta-maailman-paras-liikennepalveluiden-kehittaja>

- Microsoft Technet. 2014. Virtualization in and Beyond the Cloud. Technet Magazine 3/2012. [Online]. Saatavissa: <https://technet.microsoft.com/en-us/magazine/hh855066.aspx>
- Moovel. 2015. The moovel app. [Online]. Saatavissa: <https://www.moovel.com/en/DE/>
- NewScientist. 2012. Tron-like map of bike journeys reveals London's hubs. Short Sharp Science blog. 18.9.2012. [Online]. Saatavissa: <http://www.newscientist.com/blogs/shortsharpscience/2012/09/map-of-bicycle-journeys-reveal.html>
- NIST. 2011. The NIST Definition of Cloud Computing. Recommendations of the National Technology of Standards and Technology. Saatavissa: <http://faculty.winthrop.edu/domanm/csci411/Handouts/NIST.pdf>
- NYT. 2013a. The Mayor's Geek Squad. [Online]. Saatavissa: <http://www.nytimes.com/2013/03/24/nyregion/mayor-bloombergs-geek-squad.html>
- NYT. 2013b. Mission Control, built for cities. [Online]. Saatavissa: <http://www.nytimes.com/2012/03/04/business/ibm-takes-smarter-cities-concept-to-rio-de-janeiro.html>
- NYT. 2014. Uber Attains Eye-Popping New Levels of Funding. New York Times. 6.6.2014. Saatavissa: <http://dealbook.nytimes.com/2014/06/06/uber-raises-new-funds-at-17-billion-valuation/>
- OP. 2014. Tere tulemast – Viro digitalisoinnin aallonharjalla. Osuuspankin blogi 13.11.2014. [Online]. Saatavissa: <http://taloudessa.fi/2014/11/13/tere-tulemast-viro-digitalisoinnin-aallon-harjalla/>
- Osa, M. 2013. Liikkumisen ohjaus työpaikoilla: Työnantajan keinot vaikuttaa turvalliseen liikkumiseen. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. ss.17-18. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/files/7825/Liikkumisen\\_ohjaus\\_tyopaikoilla\\_Tyonantajan\\_keinot\\_vaikuttaa\\_turvalliseen\\_liikkumiseen.pdf](http://www.motiva.fi/files/7825/Liikkumisen_ohjaus_tyopaikoilla_Tyonantajan_keinot_vaikuttaa_turvalliseen_liikkumiseen.pdf)
- Palveluväylä 2014. Ketterä ja avoin palveluarkkitehtuuri. Kansallinen Palveluväylä-blogi. 3.10.2014. Luettu 9.12.2014. Saatavissa: <https://confluence.csc.fi/pages/viewpage.action?pageId=45394408>
- Peng, J. & Zhang, X. & Lei, Z. & Zhang, B. & Li, Q. 2009. Comparison of Several Cloud Computing Platforms. Second International Symposium on Information Science and Engineering. IEEE 2009. s.23-27.

- People for Bikes. 2014. The Magic of Bike Barometers. People for Bikes blog. 22.09.2014. [Online]. Saatavissa: <http://www.peopleforbikes.org/blog/entry/the-magic-of-bike-barometers>
- PCWorld. 2014. California regulators say Uber, Lyft and Sidecar's carpool services are illegal. PCWorld 13.9.2014. [Online]. Saatavissa: <http://www.pcworld.com/article/2682972/california-regulators-say-uber-lyft-and-sidecars-carpool-services-are-illegal.html>
- PCWorld. 2015. Uber, Lyft face licensing regulations in Massachusetts. PCWorld 5.2.2015. [Online]. Saatavissa: <http://www.pcworld.com/article/2880812/uber-lyft-face-licensing-regulations-in-massachusetts.html>
- Rantala, T. & Wallander, J. 2012. Joukkoliikenteen edistämiskeinoja – eurooppalaisia esimerkkejä. 80s. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 15/2012. Saatavissa: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts\\_2012-15\\_joukkoliikenteen\\_edistamiskeinoja\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2012-15_joukkoliikenteen_edistamiskeinoja_web.pdf)
- RIA. 2014. X-Road Factsheet. Republic of Estonia. Information System Authority. Saatavissa: [https://www.ria.ee/public/x\\_tee/X-road-factsheet-2014.pdf](https://www.ria.ee/public/x_tee/X-road-factsheet-2014.pdf)
- Rick, T. 2014. The drivers behind the rise of the collaborative economy. [Online]. Saatavissa: <http://www.torbenrick.eu/blog/strategy/the-drivers-behind-the-rise-of-the-collaborative-economy/>
- RideScout. 2015. RideScout: Search, Discover, Experience. [Online]. Saatavissa: <http://www.ridescoutapp.com/>
- Rundell, E. 2013. Matkaketjut liikennejärjestelmäsuunnittelun laadinnassa. Diplomityö. Espoo. Aalto-yliopisto. Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos. 80s. Saatavissa: [https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/11441/master\\_rundell\\_elina\\_2013.pdf?sequence=1](https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/11441/master_rundell_elina_2013.pdf?sequence=1)
- Schneiderman, R. 2013. Car Makers See Opportunities in Infortainment, Driver-Assistance Systems. IEEE Signal Processing Magazine, Vol 30, Issue 1. 2013.
- Snapper. 2015. Snapper Reload, matkalipun lataus NFC-kännykällä. [Online]. Saatavissa: <http://services.snapper.co.nz/our-solutions/snapper-reload/>
- Spitadakis, V. & Fostieri, M. 2012. WISETRIP - International multimodal journey planning and delivery of personalized trip information. Procedia – Social and Behavioral Sciences, Vol 48 (2012) s.1294-1303
- TechCrunch. 2014. Uber facing tougher action in Brussels. TechCrunch 12.12.2014. [Online]. Saatavissa: <http://techcrunch.com/2014/12/12/uber-brussels-smet/>

- TfL. 2015a. How we make our website fly –Part 1. Transport for London Digital Blog. [Online]. Saatavissa: <http://blog.tfl.gov.uk/2015/01/06/how-we-make-our-new-responsive-website-fly-part-1/>
- TfL. 2015b. How we make our website fly – Part 2. Transport for London Digital Blog. [Online]. Saatavissa: <http://blog.tfl.gov.uk/2015/01/14/how-we-make-our-website-fly-part-2/>
- TfL. 2015c. Santander Cycles – How it works. Transport for London. [Online]. Saatavissa: <http://www.tfl.gov.uk/modes/cycling/santander-cycles/how-it-works>
- Tolvanen, V. 2015. Oman elämänsä Uber. [Online]. 4.2.2015. Saatavissa: <http://villetolvanen.com/2015/02/04/oman-elamansa-uber/>
- TCRP.2013. Millennials & Mobility: Understanding the Millennial Mindset and New Opportunities for Transit Providers. Transit Cooperative Research Program. 2013. Saatavissa: [http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/tcrp/tcrp\\_w61.pdf](http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/tcrp/tcrp_w61.pdf)
- Trafi. 2015. Avoin data Trafissa. [Online]. Saatavissa: [http://www.trafi.fi/tietopalvelut/avoin\\_data](http://www.trafi.fi/tietopalvelut/avoin_data)
- Uber. 2014. Uber support pages. [Online]. Saatavissa: <https://support.uber.com/hc/en-us/articles/201836656-What-is-surge-pricing-and-how-does-it-work->
- UbiGo. 2015. Unified everyday travel service for urban households. [Online]. Saatavissa: <http://web.viktoria.se/ubigo/las-mer/about-english/>
- UN. 2014. World Urbanization Prospect – The 2014 Revision, Highlights. Department of Economic and Social Affairs. United Nations. Saatavissa: <http://esa.un.org/unpd/wup/Highlights/WUP2014-Highlights.pdf>
- Valopilkku. 2015. Taksiliiton Valopilkku-applikaatio. [Online]. Saatavissa: <http://valopilkkutaksi.fi/>
- VM. 2014. Kansallinen palveluarkkitehtuuri – Palveluväylä. Valtiovarainministeriö. 2014. Saatavissa: [https://www.vm.fi/vm/fi/05\\_hankkeet/0106\\_palveluarkkitehtuuri/007\\_palveluvayla/index.jsp](https://www.vm.fi/vm/fi/05_hankkeet/0106_palveluarkkitehtuuri/007_palveluvayla/index.jsp)
- VTT. 2014. Smart Sustainable Mobility. VTT Visions 5. Teknologian Tutkimuskeskus VTT Oy. Saatavissa: <http://www2.vtt.fi/inf/pdf/visions/2014/V5.pdf>
- Väestörekisterikeskus 2014. Infotilaisuus 1.12.2014. Kansallisen palveluväylän tekniset ratkaisut. Luettu 9.12.2014. Saatavissa: <https://confluence.csc.fi/download/attachments/39065904/2014-12-01->



[Kansallinen%20palvelu%C3%A4.pdf?version=1&modificationDate=1417430843919&api=v2](#)

Waltti. 2014. Vyöhykepohjainen matkakortti. 2014. Saatavissa: <http://waltti.fi/>

Wisetrip. 2014. Euroopanlaajuinen, multimodaalinen reittiopas. Saatavissa: <http://wisetrip.travel/enwisetrip/search-trips.html>

Whitley, D. 2014. Real-time passenger information. European Railway Review. Issue 6/2014. s.28-30.

Yle Uutiset. 2013. Tukholma-ilmiö rantautui Suomeen – yhä harvempi 18-vuotias ajaa kortin. Saatavissa: [http://yle.fi/uutiset/tukholma-ilmio\\_rantautui\\_suomeen\\_yha\\_harvempi\\_18-vuotias\\_ajaa\\_kortin/6585999](http://yle.fi/uutiset/tukholma-ilmio_rantautui_suomeen_yha_harvempi_18-vuotias_ajaa_kortin/6585999)