

**AUTOMAATION HYÖDYNTÄMISMAHDOLLISUUDET TIESTÖN
HOITOPALVELUISSA**



Ylemmän ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Visamäki, Teknologiaosaamisen johtaminen

Syksy, 2017

Anne Valkonen

Teknologiaosaamisen johtaminen
Visamäki

Tekijä	Anne Valkonen	Vuosi 2017
Työn nimi	Automaation hyödyntämismahdollisuudet tiestön hoitopalveluissa	
Työn ohjaaja/t	Vesa Salminen / HAMK, Oiva Huuskonen ja Rauno Kuusela / Destia Oy	

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää tienhoidon tehostamiseen soveltuvat automaattioratkaisut työn tilaajana toimineelle Destia Oy:lle. Tutkimuksen lähtökohtana oli tarkastella sekä kansainvälisesti että kotimaassa käytössä olevia tienhoidon automaation ja robotiikan ratkaisuja sekä maataloudessa käytössä olevien ratkaisujen soveltuvuutta tienhoidon tarpeisiin. Lisäksi tarkasteltiin liikenteen digitalisaation ja automaattiautoilun vaikutusta tienhoitoon ja tieinfraan.

Automaatiota ja robotiikkaa käsittelevä taustatutkimus kohdentui pääasiassa kansainväliseen, talvihoitoa koskevaan aineistoon. Tilaajan toiveesta keskityttiin suurelta osin suolarobottiautomaatin tutkimuksiin Yhdysvalloissa, Ruotsissa ja Tanskassa. Suomessa tutkittua tietoa löytyi muun muassa automaattiautoilun ja liikenteen digitalisaation myötä tienhoitoon kohdistuvista vaatimuksista ja mahdollisuuksista.

Tutkimuksessa käytettiin kvalitatiivisia menetelmiä. Tutkimustietoa kerättiin teemahaastattelujen avulla, joilla tutkittiin kotimaassa olemassa olevia tienhoidon ja maatalouden automaattioratkaisuja sekä uusia teknologian mahdollistamia ratkaisuja. Lisäksi tutkittiin teiden ja katujen kunnossapidon alueurakoitsijan työnjohdon ja kuljettajien näkemyksiä tienhoidon automatisoinnista. Liikenteen digitalisaatiosta ja sen mahdollisuuksista tietoa saatiin asiantuntijahaastattelun avulla.

Lopputuloksena laadittiin taustaselvitysten ja tutkimustulosten perusteella esitys automaation tehostamisesta Destia Oy:ssä. Tienhoidon automaation edistämiseksi on jo olemassa käyttöönotettavia ratkaisuja. Tärkeänä automaatiota tukevana tuloksena esille nousi reaaliaikaisen tiesäätiedon hyödyntäminen ja yhdistäminen sääennusteisiin. Jatkotutkimuskohteina esitetään automaattioratkaisujen investointikustannusten kannattavuuslaskelmien laatimista sekä lisätutkimuskohteena tiestön kesähoidon tehostamista automaattioratkaisujen avulla.

Avainsanat Talvikunnossapito, tiesuolaus, lumiaurat, automaatio, robotiikka

Sivut 122 sivua, joista liitteitä 13 sivua

Strategic Leadership of Technology-based Business
Visamäki

Author	Anne Valkonen	Year 2017
Subject	Potential Use of Automation in Road Maintenance Services	
Supervisors	Vesa Salminen / HAMK, Oiva Huuskonen and Rauno Kuusela / Destia Oy	

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to find applicable automation solutions to improve the road maintenance service efficiency of the assignor, Destia Oy, a Finnish infrastructure and construction service company. The initial premise of the study was to examine automation and robotics solutions that are used for road maintenance in Finland and abroad today, including the applicability of currently used agricultural solutions for road maintenance purposes. The effects of traffic digitalisation and automatic driving systems were also analysed with regards to road maintenance and road infrastructure.

The background study on automation and robotics was chiefly based on international material on road maintenance during the winter period. On the assignor's request, most attention was paid to the results of salt dispensing robot studies from the USA, Sweden and Denmark. In Finland, research results were found, for example, on the requirements and opportunities provided by traffic digitalisation and automated driving systems.

The study was conducted using qualitative methods. Research data was collected from thematic interviews focusing on the automation solutions that are used currently in Finland for road maintenance and agriculture, including new solutions made available by emerging technologies. An additional analysis was made from the views of regional contractors' and supervisors and drivers responsible for road and street maintenance, concerning road maintenance automation. Experts were interviewed to acquire data on traffic digitalisation and consequent opportunities.

As the end result, a proposal was made, based on the background clarifications and the research data acquired, to enhance the efficiency of Destia Oy's automation systems. Currently, a number of applicable solutions are available for the purpose of enhancing automation systems efficiency. A very significant result that emerged in support of automation was the utilisation of real-time weather data covering the existing road network, and its combination with weather reports. In terms of further research, a recommendation is made to draw up profitability calculations pertaining to the investment costs of automation system solutions, and, as an additional research project, to enhance the efficiency of road network maintenance in summer with the use of automation solutions.

Keywords Winter maintenance, use of anti-icing salt, snow ploughs, automation, robotics

Pages 122 pages including appendices 13 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	TUTKIMUSTAVOITTEEN MÄÄRITTELY	2
3	TUTKIMUKSEN TIETOPERUSTA JA TEOREETTISET LÄHTÖKOHDAT	3
3.1	Tiestön hoitopalveluiden tehostaminen	4
3.1.1	Eri valtioiden käytäntöjä ja eroavaisuuksia	5
3.1.2	Hoitourakoiden uudet hankintamallit	7
3.2	Automaatio ja robotiikka työkoneissa	8
3.2.1	Automaattinen suolalevitin teiden talvihoidossa	10
3.2.2	Aurojen lumisuihkunohjaimet	23
3.3	Liikenteen digitalisaatio ja automatisaatio	24
3.3.1	Automaattiajamisen vaatimukset tieverkolle	27
3.3.2	Digitalisaatio teiden kunnossapidossa	30
3.4	Osaamisen johtaminen	33
3.4.1	Osaamisen johtamisen keskeiset työkalut	34
3.4.2	Systeemiajattelu ja systeemiäly	37
3.5	Osaamisen johtaminen tiestön hoitopalveluiden tehostamisessa	39
4	TUTKIMUSMENETELMÄ	41
4.1	Haastattelut	41
4.2	Teemahaastattelu	43
4.3	Tutkimuksen validiteetti ja reliabiliteetti	47
5	TUTKIMUSTULOKSET	47
5.1	Tutkimusaineiston analysointi	48
5.2	Laitevalmistajien haastattelut	49
5.2.1	Arctic Machine Oy	50
5.2.2	Valtra Oy Ab ja FMG Oy	50
5.3	Teiden ja katujen kunnossapidon urakoitsijan haastattelut	57
5.3.1	Alueurakan työnjohto	57
5.3.2	Kaupunkiurakoiden työnjohto	62
5.3.3	Kuljettajat	68
5.4	Asiantuntijahaastattelu TTS Työtehoseura ry	73
5.5	Tutkimustulosten tarkastelu	85
5.5.1	Tienhoidossa käytössä olevat automaattioratkaisut	85
5.5.2	Teknologian mahdollistamat uudet ratkaisut	87
5.5.3	Automaatiota tukevat toiminnot	88
5.5.4	Automaattioratkaisujen tärkeysjärjestys	91
5.6	Tutkimuksen luotettavuuden arviointi	94
6	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	96
7	ESITYS HOITOPALVELUIDEN AUTOMAATION EDISTÄMISESTÄ	101
	LÄHTEET	103

Liitteet

- Liite 1 Haastattelusuunnitelma
- Liite 2 Haastattelun runko, Arctic Machine Oy
- Liite 3 Haastattelun lisäkysymykset, Arctic Machine Oy
- Liite 4 Haastattelun runko, Valtra Oy
- Liite 5 Haastattelun runko, TTS Työtehoseura ry
- Liite 6 Haastattelun runko, alue- ja kaupunkiurakoiden työnjohto, Destia Oy
- Liite 7 Haastattelun runko, alueurakan kuljettajat, Destia Oy
- Liite 8 Esite: Bucher municipal, Gilletta UniQa-levittimet
- Liite 9 Esite: Bucher municipal, Gilletta UniQa-levittimien lisätietoja
- Liite 10 Esite: Bucher municipal, EcoSat¹⁰
- Liite 11 Kuvia: Arctic Machinen talvihoidon laitteistoa
- Liite 12 Kuvia: Valtra SmartTouch ja FMG:n tielana

1 JOHDANTO

Pohjolan olosuhteet yhdessä vaihtelevan ilmaston ja alati lisääntyvän liikenteen kanssa luovat haastetta tiestön hoidolle ja ylläpidolle. Haasteiden voittaminen vaatii oikea-aikaisia ja tehokkaasti toteutettuja kunnossapidon toimenpiteitä. Tiestön hoitopalveluiden tehostaminen luo paitsi kustannustehokkuutta, myös parempaa laatua tiestön elinkaari huomioiden. Suurin hyötyjä menetelmien kehittämisestä tehokkaampaan suuntaan on lopulta tienkäyttäjät; ammattiliikenteestä yksityisautoilijaan.

Suomessa tiestön hoitopalveluiden koneissa ja laitteissa automaatiota hyödynnetään toistaiseksi vähän. Tutkimuksen aiheena oli tiestön hoitopalvelujen kehittäminen tehostamalla toimenpiteitä automaatioon ja digitaalisuuteen perustuvilla menetelmillä. Toimenpiteiden tehostamisen lähtökohtana oli laitteiden automatisointi, robotiikan käyttäminen sille soveltuviissa toimenpiteissä sekä digitaalisen tiedon kerääminen, analysointi ja hyödyntäminen. Tutkimuksessa pyrittiin löytämään kansainvälisesti käytössä olevat tienhoidon ratkaisut, mutta myös muilla aloilla käytössä olevat ja tienhoidossa hyödynnettäviksi soveltuvat ratkaisut.

Tutkimus tehtiin Destia Oy:lle, jossa tutkimuksen laatija toimi Länsi-Suomen yksikössä Lahden tiestön hoidon ja ylläpidon viisivuotisessa urakassa aluekonsulttina sekä työnjohtotehtävissä. Tutkimus toteutettiin Destian kehittämisyksikön ohjauksessa. Destia on johtava liikenneväylien ja -alueiden hoitaja ja kunnossapitäjä Suomessa. Suomessa tiestön ympärivuotinen hoito ja ylläpito on jaettu Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusten (ELY-keskusten) alueellisesti rajaamiin 79 alueurakkaan, joissa hoitotyöt tehdään ELY-keskusten asettamien laatuvaatimusten mukaisesti. Näistä urakoista kaikkiaan 47 eli 51 % on syksystä 2017 alkaen Destian hoidossa. (Destia 2016 ja Rakennuslehti 2017.)

Tutkimuksessa perehdyttiin työn tilaajana toimivan Destian toiveesta automaation teknisiin ratkaisuihin. Lisäksi käsiteltiin automaatioon ja tienhoidon vaatimukseen oleellisesti vaikuttavaa liikenteen digitalisaatiota. Automaation käyttöönottoon liittyvään muutokseen koottiin päätösten ja toimenpiteiden taustatueksi tietoa henkilöiden osaamisen johtamisesta.

Tutkimusraportti koostuu teoriaosasta, tutkimusosasta ja johtopäätöksistä toimenpide-esityksineen. Tutkimuksen tietopohja perustettiin eri lähteistä kerättyyn olemassa olevaan tietoon. Tutkimusvaiheessa suoritettiin laitevalmistajien sekä kunnossapitohenkilöstön ja digitalisaation asiantuntijan haastattelut. Tutkimusvaiheesta saadut tulokset yhdistettiin teoriataustasta kerättyyn tietoon ja luotiin johtopäätökset sekä esitys jatko-toimenpiteitä varten. Tutkimuksen läpi kantaneena tutkimuskysymyksenä oli: *Mitä käytössä olevia automaatiotekniikkaan perustuvia ratkaisuja voidaan kannattavasti hyödyntää tiestön hoitopalveluissa?*

2 TUTKIMUSTAVOITTEEN MÄÄRITTELY

Tiestön hoitopalveluihin liittyvät toimenpiteet perustuvat vuosikymmeniä käytössä olleisiin menetelmiin, joissa kehitys on ollut jokseenkin hidasta ja lähinnä kaluston tekniseen suorituskykyyn, rakenteeseen ja energiataloudellisuuteen keskittyvää. Maailmalla käytössä olevia automaatioon ja robotiikkaan perustuvia menetelmiä ei Suomessa juuri ole käytössä ja niitä koskeva tutkimuskin on kotimaassamme ollut vähäistä. Voimakkaasti etenevän digitalisaation mukanaan tuomat haasteet ja mahdollisuudet ovat nostaneet esiin tarpeen selvittää, miten tiestön hoitopalveluissa pystyttäisiin tehostamaan toimenpiteitä uusien menetelmien avulla.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää tiestön hoitopalveluissa kansainvälisesti sekä muilla aloilla käytössä olevan automaation ja robotiikan nykytilanne sekä menetelmien ja laitteiden soveltuvuus Suomen olosuhteisiin. Tutkimuksen tuloksena laadittiin esitys hoitopalveluiden automaation edistämisestä Destia Oy:ssä.

Tutkimuskysymys tiivistettynä oli:

Mitä käytössä olevia automaatiotekniikkaan perustuvia ratkaisuja voidaan kannattavasti hyödyntää tiestön hoitopalveluissa?

Pääasiallinen tutkimuskysymys jaettiin täydentäviin kysymyksiin:

- Mitä automaatioon ja robotiikkaan perustuvia ratkaisuja on käytössä tiestön hoitopalveluissa sekä muilla aloilla, kuten esim. maataloudessa?
- Mikä on käytössä olevien ratkaisujen investointien kannattavuus?
- Mikä on teknologian mahdollistamien uusien robotti- ja automaatiotekniikoiden käyttömahdollisuus tiestön hoitopalveluissa?

Näiden kysymysten avulla pyrittiin alkuvaiheessa selvittämään automaation käytön nykytilanne pääasiassa kansainvälisellä tasolla, painottuen erityisesti tiestön hoidon ja ylläpidon näkökulmaan. Tietoa etsittiin kirjallisuudesta, erilaisista tutkimusraporteista sekä aihetta koskevista julkaisuista ja artikkeleista. Teoreettisen pohjan vahvistuessa aihetta lähdettiin tutkimaan tarkemmin tienhoidon laitevalmistajien ja kunnossapidon parissa työskentelevien henkilöiden haastattelujen avulla. Näkökulmaa laajennettiin haastatteleamalla maatalouden konevalmistajaa. Haastattelusta saatujen tietojen perusteella arvioitiin maataloudessa käytössä olevien ratkaisujen sovellettavuutta tiestönhoidon tarpeisiin.

Tutkimuskysymykseen ja sitä täydentäviin jatkokysymyksiin vastaamalla pyrittiin selvittämään liikenteen digitalisaation ja älyliikenteen asettamat vaatimukset tiestön hoitopalveluille. Lisäksi arvioitiin teknologian mahdollistamien uusien robotti- ja automaatiotekniikoiden käyttömahdollisuuksia hoitopalveluissa. Näistä mainittakoon esim. aurojen lumisuih-

kunohjauksen automatisointi ja älyliikenteen ratkaisuja tutkivien hankkeiden mukanaan tuomat uudet innovaatiot.

Tienhoidon automatisointiin liittyvät oleellisesti myös digitaalisen tiedon tuottaminen, käsittely ja hyödyntäminen. Aihealue on hyvin laaja ja digitaalisuuteen liittyy jo useita tutkimushankkeita, joten tämän tutkimuksen yhteydessä niihin ei perehdytty kovin syvällisesti. Automaation lisääminen koskettaa henkilöitä, ihmisiä, joiden osaamisen johtamiseen liittyviä seikkoja on myös käsitelty yleisellä tasolla. Aihe on hyvin tärkeä ja oleellinen muutosten läpiviennissä, joten se nostettakoon esille oivallisena jatkotutkimuskohteena.

Tutkimustulosten analysoinnin jälkeen laadittiin johtopäätökset ja tuotiin esille pohdintaa, joka on syntynyt tutkimustyön aikana. Tutkimuksen tuloksena päädyttiin esittämään Destia Oy:lle tiestön hoitopalveluiden käyttöön ja Suomen olosuhteisiin parhaiten soveltuvat sekä mahdollisimman helpolla tavalla käyttöönotettavissa olevat ratkaisut. Lisäksi pyrittiin tunnistamaan lisätutkimuksia vaativat kohteet ja mahdolliset uudet tiestön hoitopalveluissa hyödynnettävissä olevat ideat.

Investointien kannattavuuslaskelmat päädyttiin yhdessä tilaajan kanssa jättämään pois, sillä tutkimuksen edetessä havaittiin, että automaatiotratkaisujen kaikkia investointeihin liittyviä tekijöitä ei pystytty selvittämään ja arvioimaan aihealueen laajuuden vuoksi. Osittain kustannusarvioita ei pystytty laatimaan ratkaisujen ollessa vielä kehitysasteella. Laittevalmistajilta saatiin alustavia hintoja joillekin valmiille laiteratkaisuille. Automaation lisäämisessä seuraavana vaiheena tulisikin olla jatkotutkimus, jossa valituille automaatiotratkauksille selvitetään laitteiden hankintakustannukset, ratkaisusta saadut taloudelliset hyödyt sekä johtopäätöksenä investointien kannattavuus.

3 TUTKIMUKSEN TIETOPERUSTA JA TEOREETTISET LÄHTÖKOHDAT

Suomessa tiestön hoitopalveluiden käytössä oleva automaatio- ja robottitekniikka on vielä melko vähäistä. Tästä syystä tutkimuksen teoreettinen viitekehys muodostui kansainvälisestä nykytilanteesta tienhoidossa ja ylläpidossa sekä muilla aloilla käytössä olevasta automaatio- ja robottitekniikasta. Lisäksi tutustuttiin tieinfraan ja sen kunnossapitoon liittyvään, liikenteen digitalisaatiota käsittelevään tutkimusaineistoon, josta pyrittiin löytämään yhtymäkohdat automaation ja robotiikan avulla tehostettaviin tiestön hoitopalveluihin.

Tutkimuksen teoriaperusta rakennettiin mm. aihealueita koskevan kirjallisuuden, eri valtioiden liikennevirastojen ja muiden instanssien tutkimusraporttien sekä teknisten ja tieteellisten artikkeleiden pohjalta. Lisäksi tutkimuksen yhteydessä tutustuttiin kotimaassa käynnissä olevista tutki-

mushankkeista sekä testikohteina toimivista tien hoidon ja ylläpidon alueurakoista julkaistuihin tietoihin ja tuloksiin.

Teknisestä tiedosta koostuvaa teoriapohjaa täydennettiin tutkimalla automaatiomenetelmien käyttöönottoon liittyvää muutosta osaamisen johtamisen näkökulmasta. Teoriatietoa koostettiin yksilöiden ja organisaatioiden johtamista käsittelevästä kirjallisuudesta kerätyllä aineistolla.

Koostettua tietoperustaa hyödynnettiin tutkimuksen empiirisessä vaiheessa, jossa haastatteluihin valmistauduttiin valmistelemalla tutkimuskysymyksittäin tutkittavaa aihetta koskevat teemat, joista haastatteluissa keskusteltiin, sekä teemoja tarkentavat kysymykset.

Kotimaisista kone- ja laitevalmistajista haastateltaviksi valikoituivat työ-koneiden automatisoinnin kehityksessä edelläkävijänä oleva Valtra Oy, jolla on mm. maatalouden toiminnoissa käytössä oleva automaattiajaminen ja raportointijärjestelmä. Tiestön kunnossapidon laitevalmistajista haastateltiin Arctic Machine Oy:tä, jolla on mm. käytössä suolainten lisälaiteraportointi, sekä vuosien kehitystyötä yhdessä Destian kanssa. Nämä kone- ja laitevalmistajat valikoituivat jo alkuvaiheessa haastateltaviksi. Valtran haastattelun jälkeen päästiin lisäksi tutustumaan traktoreille tienhoitokalustoa valmistavan LLP Farm Machinery Group Oy:n (FMG) laitteisiin.

Destian Lahden alueurakassa toimivilta pitkän linjan kunnossapidon ammattilaisilta pyrittiin saamaan käytännön tietoa, kokemuksia ja näkemyksiä, joita verrattiin laitevalmistajilta saatuihin tietoihin. Liikenteen digitalisaation asiantuntijan tietojen ja näkemysten avulla pyrittiin hahmottamaan digitalisaation luomat mahdollisuudet automaation lisäämiselle ja tienhoitotoimenpiteiden tehostamiselle. Lisäksi pyrittiin muodostamaan käsitys älyliikenteen vaikutuksista tiestön kunnossapidolle.

3.1 Tiestön hoitopalveluiden tehostaminen

Tienpidon painopiste on kunnossapidossa, jolla turvataan ensisijaisesti teiden päivittäinen liikennöitävyys ja luodaan edellytykset turvalliselle liikkumiselle. Suomessa tienpitoviranomaisena toimii ELY-keskus, jonka tehtävänä on huolehtia maanteiden kunnosta siten, että toimivat ja turvalliset kuljetukset ovat mahdollisia koko maassa kaikkina vuorokauden aikoina. Kaikkiaan hoidettavia maanteitä on noin 78 000 km, josta moottoriteitä on noin 700 km, kevyen liikenteen väyliä noin 5 000 km ja siltoja noin 14 800 kpl. Liikenneviraston linjaus on, että teiden kunnossapidon painopisteenä ovat päätiet. Muiden teiden osalta toimenpiteet kohdennetaan paikallisten olosuhteiden mukaan siten, että turvataan päivittäinen liikkuminen ja kuljetukset kaikilla maanteillä. (ELY-keskus 2016.)

Eduskunnan vuosittain myöntämästä perustienpidon rahoituksesta noin 90 % käytetään teiden hoitoon ja ylläpitoon. Hoitoon ja ylläpitoon kuulu-

vat mm. teiden talvihoito, päällystämiset, siltojen korjaukset, sorateiden hoito, tienvarsien niitto, tiemerkinnot sekä varusteiden ja laitteiden, kuten esimerkiksi pysäkkikatosten ja liikennemerkkien, kunnossapito. Maanteiden sekä niihin liittyvien alueiden ja varusteiden hoidon ELY-keskus tilaa urakoitsijoilta, jotka valitaan kilpailuttamalla. (ELY-keskus 2016.)

Alueurakat ovat laajoja palvelusopimuksia tietyllä maantieteellisellä alueella ja kestoaltaan yleensä viisi- tai seitsemänvuotisia. Koko maassa urakka-alueita on noin 80 kpl. Alueurakkaan kuuluvia töitä ovat mm. teiden talvihoito, sorateiden, levähdys- ja P-alueiden sekä pysäkkien ja viheralueiden hoito, päällysteiden paikkaus, liikennemerkkien pysytys ja huolto sekä pientareiden niitto ja vesakonraivaus. Urakkaan sisältyvät työt ja hoidon laatutason ELY-keskus määrittelee Liikenneviraston toimintalinjojen ja vaatimusten perusteella, joiden avulla varmistetaan samanluokkaisten teiden samantasoinen hoito maan eri osissa. Urakoitsijan tehtävänä on toteuttaa työt valitsemillaan menetelmillä, hankkia materiaalit ja koneet sekä vastata laadusta ja raportoinnista ELY-keskukselle. ELY-keskus valvoo sopimuksen toteutumista työmaakokouksissa, pistokoetarkastuksin sekä katselmuksissa. (ELY-keskus 2016.)

Tehokkaan kunnossapidon avulla parannetaan liikenneturvallisuutta. Hyviä ajo-olosuhteita ylläpidettäessä annetaan tielläliikkuajalle mahdollisuus seurata liikenneympäristöä kokonaisuutena ilman, että tarvitsee keskittyä ajoneuvon hallintaan ja tiellä pysymiseen. Kunnossapidon tarkalla ajan ja paikan valinnalla saavutetaan myös kustannussäästöjä. Kunnossapidon toimenpiteillä varmistetaan myös liikenteelle riittävät näkemät, jotka varsinkin liittymäalueilla heikkenevät lumesta talvisin ja kasvillisuuden vuoksi kesäisin. Erityisen tärkeää näkemien varmistaminen on kohteissa, joissa liikkuu lapsia. (ELY-keskus 2016.)

3.1.1 Eri valtioiden käytäntöjä ja eroavaisuuksia

Tiestön talvihoidon tutkimusten suuntautumista pohjustavassa haastattelututkimuksessa (Hinkka ym. 2016) on kerätty tietoa ja näkemyksiä Euroopassa eri valtioiden tienpidon viranomaisilta sekä yritystoiminnasta. Tiestön talvihoito on organisoitunut eri tavalla eri valtioissa, esimerkiksi vertailtaessa Euroopan tasolla Suomea, Ruotsia, Tanskaa, Venäjää ja Yhdistyneitä kuningaskuntia (UK; Iso-Britannia ja Pohjois-Irlanti). Jokaisessa edellä mainitussa valtiossa on liikenne- tai tieviranomaisorganisaatio, joka hankkii kunnossapidon sekä kunnossapitoa tarjoava tuottaja, jolla voi olla aliurakoitsijoita tekemässä ainakin osan kunnossapitotöistä. Yleensä viranomaiset määrittävät laatuvaatimukset ja kilpailuttavat kunnossapitourakat. Laatuvaatimukseen on sisällytetty palvelun päämäärät, joihin urakoitsijat sitoutuvat. (Hinkka, Pili-Sihvola, Mantsinen, Leviäkangas, Aapaoja & Hautala 2016.)

Laatuvaatimuksissa on eroa tarkastelluissa valtioissa, mutta yleisesti ottaen vaatimustasoja on kaksi: 1) hyväksyttävä määrä jäätä ja lunta eriluokkaisilla teillä sekä 2) toimenpideaika, joka urakoitsijalla on lumen ja jään poistoon hyväksyttävälle tasolle lumisateen jälkeen. Urakkahinta on esimerkiksi Suomessa kiinteä, eikä siihen vaikuta talven sääolot, mutta esimerkiksi muissa Pohjoismaissa (Tanska, Norja ja Ruotsi) erityisen lumisista talvista voidaan palvelun tuottajalle maksaa lisäkorvausta jälkepäin, tai muulla tavoin kompensoida. UK:ssa kompensointi perustuu kais-takilometreihin, ja esimerkiksi mikäli palvelun tuottaja ei pysty tuotta-maan hyväksyttävää laatua, maksetaan em. perusteella tilaajalle sakkoa. Suomessa kompensatio tapahtuu pitkien urakkasopimusten myötä, jol-loin usealle vuodelle ajoittuu erilaisia talvia. (Hinkka ym. 2016.)

Useimmissa Euroopan valtioissa teiden kunnossapito on jaettu alueisiin. Urakkakilpailutus on järjestetty EU:n palveludirektiivin mukaisesti. Palve-lun tuottajalla voi olla myös aliurakoitsijoita, joista palvelun tuottaja on vastuussa pääurakoitsijana. Valtiosta riippuen on eroja, kuinka kalustollin-en vastuunjako on järjestetty. Esimerkkivaltioista useimmissa palvelun-tuottajat tai näiden aliurakoitsijat omistavat kunnossapidon ajoneuvot, kun taas Tanskassa ne ovat valtion viranomaisten omistuksessa. Palvelun-tuottamisen vastuut jakautuvat myös hieman erilailla. Esimerkiksi Suo-messa, Ruotsissa ja Norjassa palvelun tuottaja voi järjestellä työnsä melko vapaasti, koska työn tulos ratkaisee. UK:ssa urakoitsijan on esitettävä vi-ranomaisille suunnitelma ankarien sääolojen varalta. Tanskassa kunnos-sapidon ajoneuvojen viranomaisomistus luonnollisesti rajoittaa palvelun tuottajan vapautta töiden järjestelyssä. (Hinkka ym. 2016.)

Suolaukseen liittyvät kysymykset ovat olleet lähes jokaisessa esimerkki-valtiossa kehitystyön alla. Liikenneviranomaiset ovat korostaneet haluk-kuuttaan optimoida käytetyn suolan määrää. Tanskassa liikenneviran-omaiset haluaisivat saada GPS-seurannan kunnossapidon ajoneuvoihin ja saada näistä tietoa. Norjassa liikenneviranomaiset haluaisivat ottaa käyt-töön uudet kunnossapidon sopimuslinjaukset, jotka voisivat tarkoittaa pienempiä urakoita ja antaa enemmän päätäntävaltaa viranomaisille. (Hinkka ym. 2016.)

Yritystoiminnan näkemystä on kartoitettu eri logistiikka- ja kuljetusalan yrityksiä haastatteluilla (Hinkka ym. 2016). Haastateltavissa mukana oli mm. Suomen suurimman meijerin kuljetusten ja logistiikan edustajia. Kul-jetusalan kaikki edustajat painottivat kuorma-autojen ja yhdistelmien pakkoa liikennöidä joka olosuhteessa, säästä riippumatta. Erityisen haas-teellista liikennöinti on meijerikuljetuksilla harvaanasutuilla seuduilla, alempiluokkaisilla teillä. Näillä auraukset tehdään yleensä pääteiden puhdistamisen jälkeen. Erityisesti meijeriyhtiön edustajat ehdottivat kehi-tystoimenpiteitä talvikunnossapitoon sekä säätietojen jakamiseen. Esillä on ollut myös mahdollisuus kuljettajien tienpäältä tuottamaan tietoon esim. sääolosuhteista. Kaiken kaikkiaan kuljetusyritysten edustajat eivät ole olleet tyytyväisiä aurausten nykyiseen tasoon. (Hinkka ym. 2016.)

Esimerkkivaltioissa on kahdenlaista tapaa ohjata talvikunnossapitoa: 1) menetelmäohjattu ja 2) tulospainotteinen. Menetelmäohjatussa lähestymistavassa viranomaiset määrittävät tarkasti kuinka kunnossapidon toimenpiteet suoritetaan ja urakoitsijoille maksetaan suoritettujen toimenpiteiden ja näistä ennalta määritettyjen hintojen mukaisesti. Esim. UK:ssa urakoitsijalle on ennalta määritetty tarkkaan toiminta lumisateen alettua; minkäläistä ajoneuvokalustoa käytetään, kuinka nopeasti kalusto on saatava liikkeelle, mistä toimenpiteet aloitetaan, missä kemikaaleja käytetään jne. Tanskassa kunnossapidon ajoneuvot ovat viranomaisomistuksessa, mikä antaa viranomaisille täyden määräysvallan talvikunnossapitoon varattuun kalustoon. Tässä tapauksessa viranomaisten on oltava aktiivisia kunnossapitoa koskevissa kysymyksissä, jotta saavutetaan hyvä tulos kustannustehokkaasti. Urakoitsijan roolina on olla toimintaan valmiina olevana osapuolena. Esimerkkivaltioita vertailtaessa voidaan todeta, että menetelmäohjattu tapa on käytössä maissa, joissa lumiset ja jäiset säätilat ovat satunnaisia tapahtumia, useasti vuodessa. (Hinkka ym. 2016.)

Tulospainotteisessa tavassa viranomaiset määrittävät laatuun ja liikennöitävyyteen perustuvat kriteerit kunnossapidon toimenpiteille, mutta antavat urakoitsijoille vapauden valita soveltuvat menetelmät. Suomi on esimerkki valtiosta, jossa viranomaiset yleensä valitsevat urakoitsijan hallvimman, laatukriteerit täyttävän tarjouksen perusteella. Urakoitsija on vapaa valitsemaan työmenetelmät, kaluston ja laitteet sekä toimenpiteet. Mikäli tilaaja ei ole tulokseen tyytyväinen, voi siitä seurata urakoitsijalle maksuja (sakkoja). Joissain valtioissa saatetaan vaikeita talvia kompensoida jälkepäin. Tulospainotteinen kunnossapito on huomattavan riippuvainen urakoitsijan osaamisesta ja kuormittaa viranomaisia jonkin verran vähemmän asiakkaan roolissa. Esimerkkivaltioissa tämän tyyppinen kunnossapidon hallinnointitapa näyttäisi olevan käytössä maissa, joissa lumisen ja jäinen ilmasto on tavallinen ja kuvastaa normaaleja talviolosuhteita. (Hinkka ym. 2016.)

3.1.2 Hoitourakoiden uudet hankintamallit

Eri tahojen toisistaan eroavien intressien vuoksi, on teiden talvihoidon kunnossapidon viranomaisten ja urakoitsijoiden yhteistyötä pyritty lisäämään. Yhteistyö talvikunnossapidossa tähtää sekä menetelmäohjatun että tulospainotteisen kunnossapidon hyötyjen yhdistämiseen. Tässä tavassa on kaikilla toimijoilla mahdollisuus käyttää omia vahvuuksiaan toimintojen kehittämiseksi. (Hinkka ym. 2016). Suomessa liikenteen palvelumalli ja liikenneverkon rahoitus ovat muuttumassa liikenneverkon rahoittamista koskevan selvitystyön myötä. Liikennehallinto muuttuu 1.1.2019 ELY-keskusten lakkaamisen myötä. ELYjen Liikenne- ja infrastruktuuri – vastualueiden työntekijät siirtyvät pääosien maakuntien työntekijöiksi. Valtiolla säilyy edelleen väylien omistus, rahoitus ja rahoituksen ohjaus. (Lapin ELY-keskus 2017.)

Suomessa viranomaisen ja urakoitsijan välistä yhteistyötä kehitetään hoitourakoiden uusien hankintamallien kautta. Ns. hoidonjohtourakka (HJU) on yksi malli, joka pohjautuu projektinjohtohankkeiden, allianssimallin sekä periteisen hoidon ja ylläpidon alueurakan asiakirjoihin. HJU:ssa tilaajan päätavoitteena on tienkäyttäjän edun parantaminen sekä joustava palvelu. Muita tilaajan tavoitteita ovat kustannusten jousto sopimusaikana, aliurakoitsijaketjun parempi hallinta sekä innovoinnin ja kehitystyön tukeminen. (Levola 2014.)

Yhtenä uutena hankintamallina on esimerkiksi syksyllä 2017 alkavassa Rovaniemen alueurakassa toteutettava lupauspohjainen malli. Lupauspohjaisuuden ideana on, että tuottajalle annetaan uudenlainen mahdollisuus ja liikkumavara tuottaa sovittua laatua. Mikäli laaduntuotto ei kuitenkaan onnistu, saa urakoitsija merkittävät sanktiot lupauksensa alittamisesta. Rovaniemen alueurakassa korostetaan lisäksi digitalisaatiota, pyrkien hyödyntämään erityisesti lin digi-alueurakassa saatuja kokemuksia. (Lapin ELY-keskus 2017 ja Liikennevirasto 2016c.) lin urakassa testataan sähköisten välineiden käyttöä mm. urakan hallinnassa, tiedon tuottamisessa, tiedon jakamisessa ja päivittäisessä kanssakäymisessä. (Liikennevirasto n.d. ja 2016d.)

3.2 Automaatio ja robotiikka työkoneissa

Suomen kilpailukyvyn parantamisessa on yhdeksi avaintekijäksi nostettu koko yhteiskuntaa koskehtavan digitalisaation ennakkoluuloton hyödyntäminen. Liikenteen älykkään automaation lisääntyminen on osa digitalisaation mukanaan tuomaa kehitystä tarjoten merkittäviä mahdollisuuksia liikenteen ja kuljetusten turvallisuuden, tehokkuuden ja sujuvuuden parantamiseen sekä haitallisten ympäristövaikutusten vähentämiseen. Kehityksen ja kansallisen menestyksemme elinehtona voidaan pitää mm. koikeilukulttuurin juurruttamista perinteisiin rakenteisiin. Tavoitteiden edistämiseksi on Liikenne- ja viestintäministeriö (LVM) laatinut mm. ns. tiekartan, johon on koottu kaikkia liikennemuotoja koskevat automaation ja robotiikan edistämistoimenpiteet yhteen. Tavoitteena on mahdollistaa ja edesauttaa liikenteen automaatiokehitystä liikennejärjestelmän turvallisuus huomioiden, kuitenkin liikaa sitomatta uusien teknologioiden kehityssuuntaa. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2017, 2.)

Älykäs automaatio tarkoittaa robotiikkaa, jossa laite tai järjestelmä on kykeneväinen itsenäiseen toimintaan, havainnointiin, oppimiseen sekä päätöksentekoon sen ohjelmistoihin yhdistettävien keinoälyn, sensoreiden ja esineiden internetin avulla. Käsite automatisaatio tarkoittaa älykkään automaation lisääntymistä. Liikenteessä ja myös tienhoidossa tämä tarkoittaa sitä, että toimintoja jotka ovat aikaisemmin olleet ihmisen vastuulla, automatisoidaan. Digitaalisten ratkaisujen avulla lisätään toimintojen sujuvuutta, tehokkuutta ja turvallisuutta. Lisäksi niiden avulla vapautuu resursseja tehtäviin, joihin tarvitaan ihmisen työpanosta. Toimenpiteiden

taustalla tapahtuvia tuki- ja operointitoimintoja voidaan parantaa huomattavasti taustajärjestelmien automaatiota ja yhteentoimivuutta lisäämällä. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2017, 3.)

Robottiikkaa ja sen käyttämisen lisäämistä eli robotisaatiota pidetään suomalaisessa opetuksessa automaation osa-alueena. Automaatiokin määritellään monesti yhdeksi ICT:n osa-alueeksi. Automaation alle sijoitetaan muitakin läheisiä teemoja, kuten tekoäly, neurolaskenta, konenäkö, mittaustekniikka, signaalinkäsittely, simulointi, ym. monet tekniikat. Robottiikkassakin hyödynnetään usein muita automaation teknologioita, jolloin vahvistetaan moniteknisyyttä. ICT:ssä viimeisimpinä virtauksina ja digitalisaation ilmenemistekniikoina ovat esineiden internet, teollinen internet, big data, pilvilaskenta sekä software-as-a-service. Näillä on iso merkitys myös robotisaatiolle, joka on em. tekniikoiden yksi vaativimmista sovelluskohteista. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2016, 6.)

Tarkasteltaessa robotiikan sovellusalueita EU:n ja Suomen tasolla korostuu Suomen erittäin merkittävä työkonesektori. Esimerkiksi suomalainen metsäharvesteri on yksi maailman instrumentoiduimmista ja automatisoiduimmista työkoneista, ollen todellinen huipputeknologian malliesimerkki. Metsäkoneita valmistava Ponsse Oyj on alan globaali johtaja ja toisena on John Deere Forestry Oy. Logistiikkapuolella Suomessa globaalisti erittäin vahvoja ovat Konecranes Oyj ja Garcotec Oyj. Edellä mainittujen kaikkien yritysten tuotekehitysten pääosat ovat Suomessa, millä on suuri vaikutus alan kansalliseen opetukseen, tutkimukseen ja kokemuksen karttumiseen. Kaivosteollisuuden merkityksen kasvu on myös luonut hyvät edellytykset alan koneteollisuudelle. Suomesta Sandvik Mining and Construction Finland Oy, Metso Oyj Minerals Capital ja Normet Oy ovat alan vahvoja toimittajia, enimmäkseen vientiin. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2016, 7, Ponsse Oyj n.d. ja John Deere 2016.)

Metsätalous ja kaivosteollisuus ovat globaalisti pieniä, mutta Suomelle merkittäviä aloja. Sen sijaan maatalous, rakentaminen, logistiikka ja sairaalatekniikka ovat suuria globaalialoja, joilla on sekä suuria globaaleja toimittajia että myös muutamia yksittäisiä suomalaisiakin menestyjiä. Näistä mainittakoon maataloustraktoreiden valmistuksessa Pohjoismaissa ja myös Etelä-Amerikassa menestynyt Valtra Oy. Valtra on AGCO Suomi Oy:n tuotemerkki. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2016, 7-8 ja AGCO Suomi Oy 2017.)

Suomessa on siis maailmanlaajuisestikin merkittävää automaation ja robotiikan osaamista. Eri aloista esille nousevat maa- ja metsätalous, joissa vaadittaviin tekniisiin ominaisuuksiin perustuen niistä voidaan arvioida olevan mahdollista löytää myös tienhoitoon soveltuvia automaatio- ja robotiikkaratkaisuja. Tutkimuksen empiirisessä osassa onkin perehdytty maatalouden tämän hetkisiin ja tienhoidossa hyödynnettävissä oleviin ratkaisuihin.

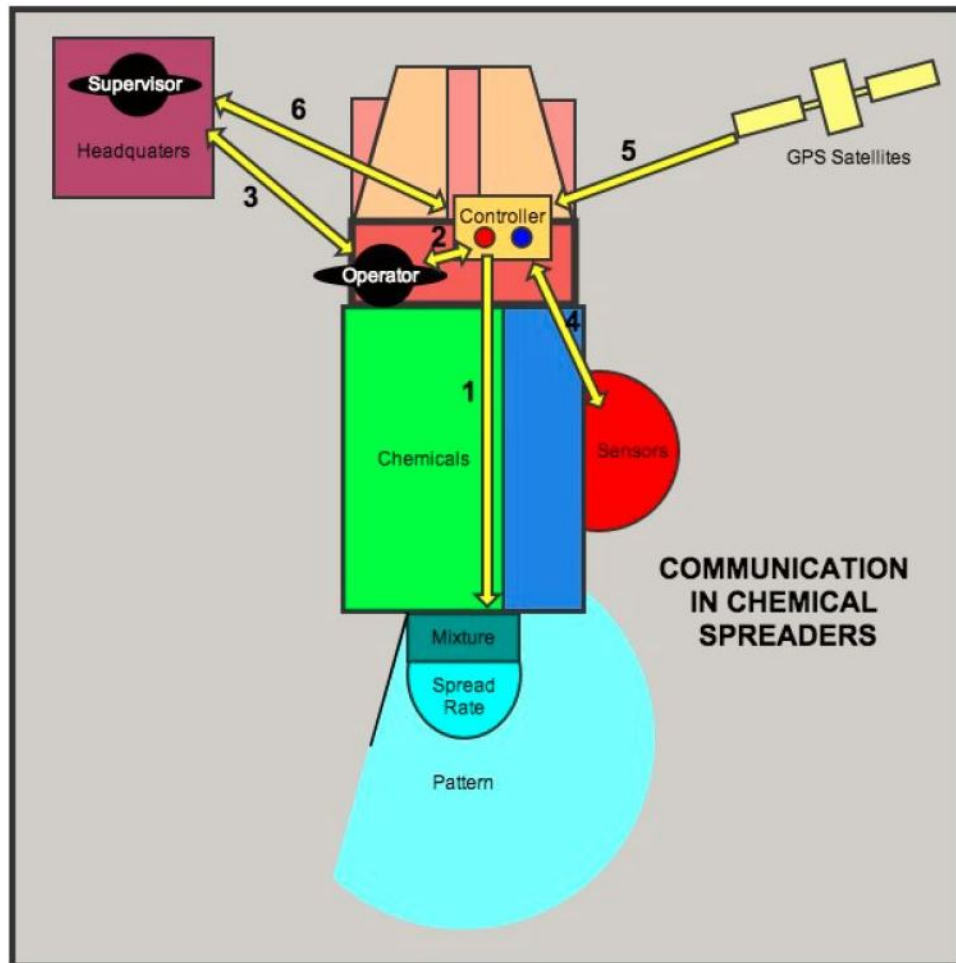
3.2.1 Automaattinen suolalevitin teiden talvihoidossa

Teille levitettävien kemikaalien, kuten suolan, tarkan kontrolloinnin tärkeys on talvihoidon asiantuntijoiden keskuudessa ymmärretty hyvin, mutta silti automaatioteknologian käyttöön on havaittu olevan vastustusta. Seuraukset vääränlaisesta tienhoidosta vaihtelevat tienkäyttäjien palvelemisen epäonnistumisesta materiaalihukkaan ja ympäristölle haitallisista vaikutuksista aina julkiseen turvallisuuteen saakka. Hoitotoimenpiteiden tehokkuuteen vaikuttaa moni tekijä. On kuitenkin havaittu, että yksittäinen suurin vaikuttava tekijä on tienhoitoajoneuvon kuljettaja. Eri vaihtoehdot ja niiden soveltaminen, kuten esimerkiksi rakeinen vai liuos-suola tai kostutettu hiutale, perustuu tällä hetkellä jo ennen toimenpiteiden alkamista tehtyyn arvioon. Tienhoitoauton kuljettaja on voinut tehdä hoitotoimenpiteisiin omia säätöjä ja muunnoksia reitin aikana. Talvihoidon suolanlevittimien automatisoinnilla pyritään parantamaan levitinjärjestelmien tehokkuutta ja hyötysuhdetta avustamalla tienhoitajaa automaattisesti esimerkiksi tilanteessa, jossa vaihdetaan tietä, tai kun liikenne- tai sääolosuhteet vaativat muutoksia. Tällä pyritään pienempiin materiaalikustannuksiin, nopeampiin ja täsmällisempiin vasteaikoihin sekä pienempiin ympäristövaikutuksiin. (Thompson Engineering Company 2014, 5 ja 9.)

Monia automaatioon liittyviä menetelmiä on jo saatavilla talvihoidon käyttöön. Täysin automaattista etäohjattavaa järjestelmää ei kuitenkaan vielä ole saatavilla. Lisäksi on havaittu, että kvantitatiivisia vertailevia tutkimuksia automaattisista levittimistä on hyvin vähän. Näistä kaksi on tehty Euroopassa vuoden 2010 jälkeen (Sommer 2011; Möller 2013). Automaattisia järjestelmiä olisi kuitenkin kannattavaa tutkia ja testata, sillä niiden avulla talvihoitoa suorittavilla tahoilla on mahdollista saada kustannus- ja tehokkuushyötyjä. Esimerkiksi automaattisten järjestelmien toimintaa päällysteen lämpötila-herätteellä ei ole tutkittu lainkaan. Monia automaattisen levitysjärjestelmän vaatimia osia on jo tälläkin hetkellä käytössä talvihoidon kalustossa, mutta kyseisen tekniikan käyttöä voitaisiin parantaa koulutuksella, suosituksilla ja kokemuksilla parhaista käytännöistä. Myös maataloudessa on todettu olevan monia talvihoidon haasteita vastaavia vaatimuksia ja ratkaisuja. (Thompson Engineering Company 2014, 5 ja 7).

Minnesotassa Yhdysvalloissa 2014 tehdyn tutkimuksen tuloksena on mm. laadittu ohjeistus, jonka avulla voidaan tutustua automaatiokonseptiin yleisesti, olemassa olevien laitteiden ja varusteiden automaatiokelpoisuuden määrittämiseen sekä tutustua saatavilla oleviin, eri valmistajien kilpailevilla ominaisuuksilla varustettuihin automaatiojärjestelmiin sekä näiden kustannuksiin. (Thompson Engineering Company 2014, 5). Tässä yhteydessä perehdytään kehittyneimpien saatavilla olevien järjestelmien esille tuontiin.

Tutkimuksessa on todettu olevan kaksi tapaa lähestyä automaatiota; autonominen ja etäohjattu. Autonomisessa tapauksessa tienhoitoauto automatisoidaan älykkääksi yksiköksi, joka vastaanottaa ja/tai mittaa saatavilla olevia tekijöitä sekä säätää tai muuttaa ohjelmoitua materiaaliannostusta käyttäen ajoneuvokohtaisesti säädettyä, täysin automaattista annostelujärjestelmää. Etäohjatussa tapauksessa tienhoitoauto automatisoidaan ja toimenpiteitä koskevat päätökset tehdään keskitetysti paikasta, josta säädellään koko kalustoa kokeneen talvihoitohenkilöstön toimesta tapahtuvalla etäohjauksella. (Thompson Engineering Company 2014, 9.)



Kuva 1. Yleiskuva automatisoidun levittimen viestiyhteisistä (Thompson Engineering Company 2014, 15).

Kuvassa 1 on havainnollistettu automatisoidun suolalevittimen tiedonsiirtoa ja viestiyhteyksiä. Kuvassa kohdassa 1 ohjain (controller) ohjaa levitysjärjestelmää. Kohdassa 2 välittäjä (operaattori) kontrolloi säädintä ja kohdassa 3 komentokeskus (headquarters) antaa tietoja välittäjälle. Kohdassa 4 anturit (sensors) välittävät tietoa ohjaimelle. Kohdassa 5 GPS ohjaa levittimen käyttämään sijainnin perusteella määritellyjä hoitotoimenpiteitä. Kohdassa 6 komentokeskus voi ohjata levitintä suoraan etäyhteydellä. (Thompson Engineering Company 2014, 15.)

Suolalevittimien automaation lisääminen voidaan tehdä joko lyhyen tai pitkän aikavälin ratkaisulla. Lyhyen aikavälin ratkaisussa voidaan esimerkiksi jo olemassa olevien automaatiokäyttöön soveltuviin varusteiden ja laitteiden lisäksi asentaa nopeuden mittauksen yhteyteen tienpinnan lämpöanturi, silmukkaohjain tielämmön mittaamiseen ja säätää levitystasoa sen mukaisesti. Pitkän aikavälin ratkaisussa hankitaan levitin tai ohjain valmistajalta, jolla on kaikki automaatio-ominaisuudet saatavilla. Vaikka kaikkia käytettävissä olevia ominaisuuksia ei aluksi hankittaisikaan, niitä voidaan lisätä tarpeen vaatiessa ja/tai rahoituksen myötä. (Thompson Engineering Company 2014, 11.)

Tutkimuksessa kemikaalilevittimien laitevalmistajat on jaettu automaation vaatiman soveltuvuuden mukaan karkeasti kolmeen ryhmään. Vähiten automaatiota on esimerkiksi valmistajilla: Force America, Dickey-john, Cimlineya ja Romaquip. Keskitason automaatiota löytyy esimerkiksi valmistajilta: Bosch Rexroth, Monroe ja Multidrive. Eniten automaatiota tarjoavat esimerkiksi valmistajat: Giletta, Küpper-Weisser, Epoke, Cirus Controls, Falköping, Nido ja AEBI Schmidt. Jaottelusta on huomattavissa, että Yhdysvaltojen ulkopuolisilla laitevalmistajilla on tarjota edistyneempiä automaattisia levitysjärjestelmiä. (Thompson Engineering Company 2014, 6). Tanskassa tehdyssä tutkimuksessa testattiin Nidon, Falköpingin, Küpper-Weissin ja Epoken levittämiä (Sommer 2011).

Saatavilla olevia automaattisen suolanlevittimen ohjausjärjestelmiä tarjoavat: AEBI Schmidt, Giletta, Monroe, Küpper-Weisser, Epoke, Multidrive, Cirus Controls, Nido, Falköping ja Bosch Rexroth. Näistä esim. AEBI Schmidtin ohjausjärjestelmä sisältää päällysteen lämpötilatarkkailun ja reitin GPS-tallennuksen. (Thompson Engineering Company 2014, 6.)

Ruotsissa järjestetyssä tutkimuksessa testattiin GPS-ohjattua suolanlevitintä testiradalla. Tutkimuksessa punnittiin levitettyä suolamäärää eri osilta ajorataa ja määriä verrattiin tavoiteltuihin määriin. Tutkimusta tehtiin eri levitysmäärillä, leveyksillä, symmetrioilla, levitysnopeuksilla ja suolatyypeillä (kostutettu suolarae ja liuos). Tutkimuksessa testattiin kuinka suolan levitykseen vaikuttaa levityspuolen vaihto kaistojen välillä tai levitys molemmille kaistoille. Tutkituilla muutoksilla pyrittiin jäljittelemään tilanteita, joissa esimerkiksi siirrytään yhdeltä kaistalta kahdelle, kahdelta yhdelle, tai ohitetaan levike tai linja-autopysäkki. Tutkimuksessa pyrittiin pääsemään mahdollisimman lähelle ihannetilannetta, jossa GPS-ohjauksella levitysleveyden ja symmetrian muuttaminen voi olla jatkuvaa ja suola levitetään säädellysti vaihteleville leveyksille. (Möller 2013, 7.)

Tutkimuksessa käytettiin vain yhden laitevalmistajan levitintä. Laitevalmistajaa ja tarkempia tietoja levittäimestä ei kerrottu. Verrattaessa testissä saatuja levitystuloksia GPS-ohjauksen kanssa ja ilman todettiin, että suolan levitys GPS-ohjauksen kanssa antoi lähestulkoon saman tuloksen, kuin että levittimelle ei tehty mitään muutoksia. Keskimäärin mitatut suolamäärät vastasivat useimmissa tapauksissa melko hyvin tavoiteltua

määrää. Liian pieniä suolamääriä levisi linja-autopysäkille, erityisesti käytettäessä kostutettua suolaa. Yhtenä syynä arvioitiin olevan suolalevittimen lautasen pyörimissuunta myötäpäivään ylhäältä katsottuna, mikä on suunniteltu vasemmalle tapahtuvaan levitykseen. Näin ollen oikealle suuntautuva levitysteho on heikompi. Suolan levitys vasemmalle on yleisin epäsymmetrinen asetus suolattaessa kahta kaistaa yhtäaikaaisesti. Toisena syynä voi olla ilmavyöryksen muodostuminen suola-auton takana, mikä johtaa suurempaan suolamäärään auton kulkemalla kaistalla ja pienempään määrään ajoradan ulommilla osilla. Tämä ilmiö tulee esiin selvemmin suuremmilla nopeuksilla ja käytettäessä kostutettua suolaa. (Möller 2013, 7-8.)

Tutkimuksessa tultiin silti johtopäätökseen, että suolaamisen laatua voidaan kehittää GPS-ohjauksen avulla, sillä laajemmassa mittakaavassa suolaa levitetään vain sinne missä sille on tarvetta. GPS-ohjauksella todettiin lisäksi olevan liikenneturvallisuutta ja kuljettajan työympäristöä parantava vaikutus, koska kuljettajan ei tarvitse muuttaa levittimen säätöjä, vaan hän voi sen sijaan keskittyä ajamiseen. (Möller 2013, 7-8.)

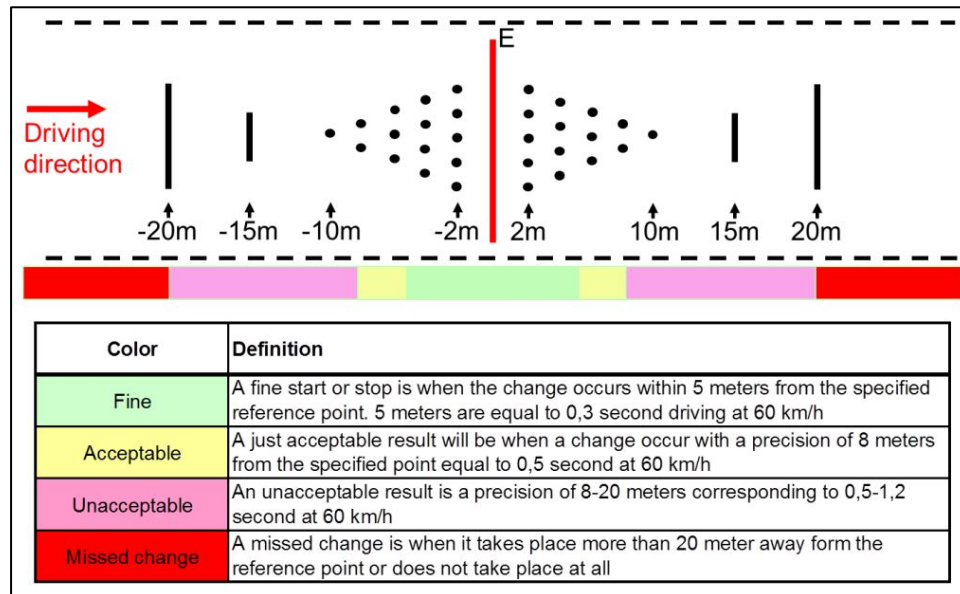
Tanskassa Bygholmissa testattiin GPS-kontrolloitua suolalevittintä ja tiedonkeruujärjestelmää vuonna 2010. Testaukseen osallistuivat laitevalmistajista Schmidt Nido, Falköping, Küpper-Weisser ja Epoke. Testauksen päätarkoituksena oli selkeyttää seuraavia seikkoja (Sommer 2011, 2):

- GPS-ohjatun levityksen tekninen toiminnallisuus; kuinka hyvin todellinen levitys vastaa tehdystä työstä tallennettua tietoa.
- Kerätyn tiedon laadunarviointi; kontrolloidaan, että kaikki toiminnassa käytetyt asetukset ovat rekisteröityneet jälkikäteen.
- Kuvataan toimintojen tallennus ja kuinka helppoa tallentaminen on.
- Kuvataan toimintojen toistaminen ja kuinka helppoa niiden toistaminen on kuljettajalle.

Testikenttänä toimi vanha lentokentän kiitorata, jolla oli suoran osuuden lisäksi molemmissa päissä liikenneympyröitä kuvaavat kääntöpaikat. Testikentälle oli määritelty suolattavat osa-alueet eri levitysleveyksillä (4-8 m) kuvaamaan eri tieleveyksiä, useampia kaistoja, linja-autopysäkkejä ym. levikkeitä. Testin aikana suolauksen toteutunutta levitysleveyttä arvioitiin visuaalisesti suolanlevitysautossa ja takana ajaneessa autossa olleiden kameroiden tallentaman videokuvan ja päällystemerkinöiden avulla. Erityisesti levitysautossa olleen kameras kuvasta voitiin havaita suolakeiden lentorataa ja verrata sitä päällystemerkinöihin.

Päällystemerkinöillä havainnollistettiin testauksen eri osa-alueille (leveyden vaihtelut) siirtymistä ja etäisyyttä osa-alueiden välisestä rajasta. Laitteiston toimintaa arvioitiin havainnoimalla suolauksen alkamista ja päättymistä verrattuna päällystemerkinöihin ja vertailupisteisiin. Testitulosten arvioinnissa käytettiin neliportaista asteikkoa: Hyvä (vihreä), hyväksyttävä (keltainen), ei-hyväksyttävä (pinkki) ja puuttuva tulos (punainen). Hyvä tulos saavutettiin suolauksen alkaessa tai päättyessä 5 metrin

sisällä vertailupisteestä. Hyväksyttävä tulos saavutettiin 8 metrin ja ei-hyväksyttävä 8-20 metrin päässä vertailupisteestä. Puuttuva tulos kirjattiin, kun suolaus alkoi tai päättyi yli 20 metrin päässä vertailupisteestä, tai tulosta ei tullut ollenkaan. (Sommer 2011, 6-7.)

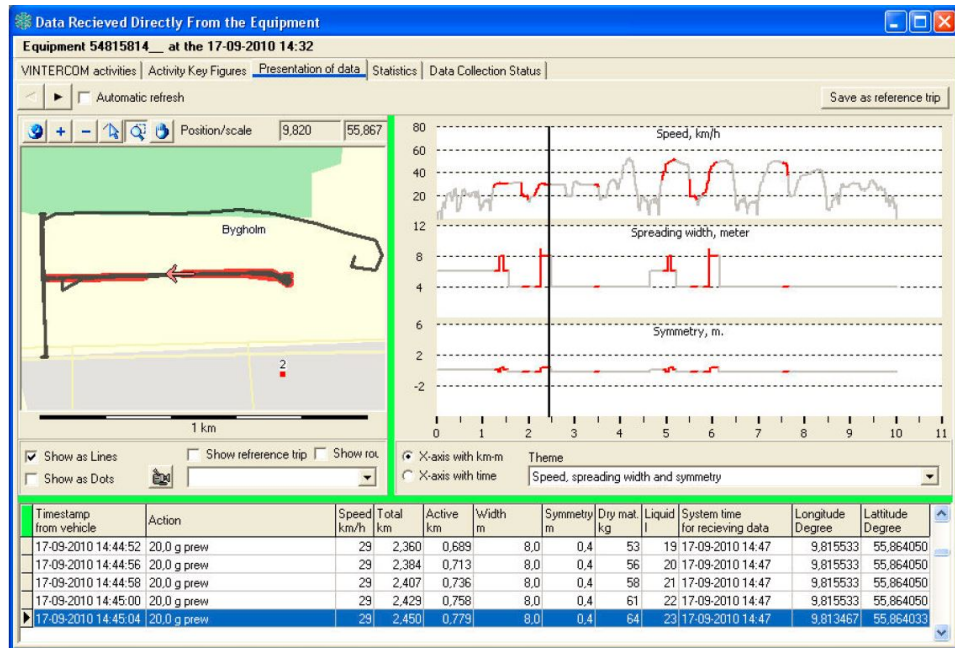


Kuva 2. Levitystarkkuuden luokittelu testiradan vertailupisteiden avulla (Sommer 2012a, 10).

Osa testissä olleista GPS-ohjauksen ohjelmistoista on rakennettu siten, että ohjelmistoalgoritmien avulla pystytään kompensoimaan toimenpiteet eri nopeuksilla tehdyn tallennuksen ja toistamisen välillä. Tämän ominaisuuden avulla pystytään tallennusvaihe monine säätötoimenpiteineen tekemään alhaisella nopeudella. (Sommer 2011, 8.) Tämä ominaisuus oli käytössä Nidolla ja Epokella, Küpper-Weisserilla ominaisuus oli vielä testausvaiheessa.

Tutkimuksessa arvioitiin jokaisen tuotteen GPS-ohjauksen soveltuvuutta etäohjaukseen ns. reittitaulukoiden avulla. Tanskassa käytössä oleva "Vinterman"-järjestelmä ohjaa toimintoja reittitaulukoiden avulla. Mikäli annostusta muutetaan alueittaisten säätietojen mukaan, tulisi Vintermanin olla mahdollista muuttaa levityksen GPS-ohjauksen reittitaulukoita toimenpiteiden alkaessa. (Sommer 2011, 8.) Testatuista järjestelmistä tämä ominaisuus ohjaavan tiedon vastaanottamiseen oli vain Küpper-Weisserilla.

Vintermaniin kerääntyy kattavasti tietoa toimenpiteistä. Tieto saapuu yrityksiltä DAU-pohjaisena (Data Acquisition Unit) sisältäen digitaalista ja analogista tietoa. Osa laitevalmistajista oli testannut tiedonsiirtoa etukäteen toimittamalla Vintermaniin tietoaineistoa muutama päivä ennen testiä. Jotkut yritykset käyttävät tiedonsiirtoon palvelimien modeemeja, mutta GPRS-tekniikkaan pohjautuva tiedonsiirto on havaittu olevan suositeltavampaa. (Sommer 2011, 9.)



Kuva 3. Vintermanin keräämää toimenpidetietoa (Sommer 2011, 9).

Testauksen aluksi suoritettiin suolanlevityksen ns. tallennuskierros. Tallennus tehtiin pääsääntöisesti kuorma-autolla, johon oli asennettu suolanlevitin. Epoken tallennus suoritettiin pakettiautolla, jossa oli suolanlevityksen simulaattori. Tämän jälkeen valmisteltiin tallennettu reitti toisto varten. Tallennetun reitin toisto suoritettiin ensimmäisellä kerralla nopeudella 30 km/h ja toisen kerran nopeudella 50 km/h.

Nidolla on mahdollisuus siirtää reittitieto tietokoneelle, jolla voi muokata reittiä tai jopa luoda reitin ilman tien päällä tehtävää tallentamista. Tämä kuitenkin vaatisi hyvin tarkkoja karttoja, joten tarkinta on normaalitilanteessa tallentaa reitti tien päällä joko levittimellä tai tavallisella autolla, jossa on levittimen ohjaimet. Falköpingillä tallennettuun reittiin on mahdollista tehdä muutoksia vain levittäjän asetuksia muuttamalla. Küpper-Weisserillä on järjestelmä, jolla pystytään tekemään pieniä muutoksia tallennettuun reittiin sekä erillinen levittimen säätöjä ohjaava järjestelmä. Epokella on oma EpoSat-ohjelma, jolla tallennetulle reitille voidaan tehdä kaikenlaisia päivityksiä, lisätä/muuttaa/poistaa reittipisteitä, säätää asetuksia jne.

Kaiken kaikkiaan eri valmistajien laitteistot selvisivät testistä vaihtelevasti (Sommer 2011, 30-31):

Nidolla (levitin B60-30 VCLN Combi) tallennus oli sujuvaa ja kaikki muutokset olivat nähtävissä molemmilla toistokierroksilla. Toiston tarkkuus oli hyvä nopeudessa 30 km/h, mutta nopeudessa 50 km/h yli puolet muutoksista jäivät ei-hyväksyttävään kategoriaan. Kaikki muutokset olivat tunnistettavissa kerätyssä tietoaaineistossa ja aineisto oli yleisluonteeltaan

hyvää. Levityspituuden tieto voisi päivittyä tiheämmin ja ohjaimen rekisteröintitietoihin olisi hyvä saada varmistettua oikea päivä/aika.

Falköpingin (levitin CLC 546) tallennus aiheutti hieman ylimääräistä työtä, mutta oli kuitenkin toimiva. Toiston aikana molemmissa nopeuksissa ohjelmiston algoritmi epäonnistui liikenneympyrässä. Ohjelmisto kuitenkin palautui ja suoriutui muusta reitistä. Suurin osa muutoksista kohdistui hyvällä tarkkuudella, mutta joissain muutoksissa tarvittaisiin parempaa tarkkuutta. Kaikki tienpäällä tehdyt muutokset olivat tunnistettavissa tietoaineistossa. GPS-sijainnin ja muun tietoaineiston välillä näyttäisi olevan pieni viive. Levittimen matkan mittauksessa näyttäisi olevan jotain ongelmia, samoin vaikuttaisi olevan suolan ja liuoksen määrien mittaustarkkuudessa. Tämä saattaa tosin johtua suhteellisen pienistä määristä.

Küpper-Weisserin (levitin IMT) tallennus toimi sujuvasti, mutta toisto epäonnistui. Liikenneympyrää ei löytynyt ja algoritmi ei saanut levittäjää takaisin radalle. Tuloksia saatiin vain ennen liikenneympyrää olevalta osuudelta, jolla yli puolet muutoksista olivat ei-hyväksyttävällä tarkkuudella. Kaikki tallennuskierroksella tehdyt muutokset olivat tunnistettavissa tietoaineistossa. Suolaliuoksen kulutusikäyrä oli melko korkea, mikä voi johtua suhteellisen pienistä määristä. Symmetria ei siirtynyt oikeanlaisesti.

Epokella (levitin 4402 Combi) tallennus oli sujuvaa, mutta vaati hieman ylimääräistä tietokonetyöskentelyä, kunnes reitti oli valmiina käyttöön. Toisto sujui hyvin ja kaikki muutokset olivat nähtävissä molemmilla testikierroksilla. Tarkkuus oli koko testin paras; 70 % rekisteröidyistä tiedoista olivat luokassa hyvä ja vain kaksi tulosta vaativat parannusta. Kaikki muutokset olivat tunnistettavissa tietoaineistossa. Symmetria ei siirtynyt oikeanlaisesti, lisäksi GPS-sijainnin ja muun tiedon välillä näyttäisi olevan pieni viive.

Nido ja Epoke suorittivat lisäksi ylimääräisen testikierroksen 50 km/h nopeudella ilman ongelmia. Tätä testiä eivät Falköping ja Küpper-Weisser suorittaneet liikenneympyrässä ilmenneiden ongelmien vuoksi.

Tanskassa on tehty lisätutkimuksia vuonna 2011-2013 edellä kerrotun useamman laitevalmistajan yhteisen tutkimuksen jälkeen. Vuoden 2010 testauksessa GPS-ohjausjärjestelmissä havaittiin huomattavia puutteita. Lisätutkimuksissa on pyritty saamaan selvyyttä kuinka hyvin GPS-ohjausjärjestelmä ja automaattinen tietoaineiston kerääminen toimivat. Raportit tutkimuksista on julkaistu laitevalmistajittain, mikäli nämä ovat antaneet siihen luvan. Tutkimukset on tehty samalla testiradalla Bygholmissa kuin v. 2010 ja lähestulkoon samoilla testausmenetelmillä. (Sommer 2012 ja 2013a.)

Testauksessa suolan GPS-ohjattua levitystä tutkittiin eri leveyksillä, sekä tutkittiin järjestelmän kykyä löytää takaisin reitille sivupoikkeaman jäl-

keen ohjelmiston algoritmien avulla. Testikierroksia tehtiin suoralla rataosuudella neljä; kaksi nopeudella 30 km/h ja kaksi nopeudella 50 km/h. Liikenneympyrät kierrettiin joka kierroksella nopeudella 20 km/h. Joidenkin laitevalmistajien osalta tutkittiin lisäksi online-tiedonsiirtoa Vinterman-järjestelmän kanssa. (Sommer 2012a, 2-7)

Testitulokset arvioitiin samalla neliportaisella asteikolla kuin aiemminkin (ks. kuva 2). Näiden tulosten lisäksi arvioitiin maksimipoikkeamaa neljän kierroksen tulosten välillä. Testitulosten kokonaistaulukosta laskettiin eri laitevalmistajille vertailupisteitys, jossa pisteisiin vaikutti mm. tuloksen painoarvo. Hyvä tulos sai painoarvokertoimen 0, hyväksyttävä 0,5, ei-hyväksyttävä tulos 2 ja puuttuva tulos 8. Painotetulla pisteityksellä on testistä mahdollista saada pisteitä 0-800 pistettä, jossa esimerkiksi 0 pistettä kuvaa täydellistä tulosta (kaikki mittaustulokset arvoluokassa hyvä), 25 pisteen saaneella on puolet hyviä ja puolet hyväksyttäviä tuloksia ja 800 pistettä saaneella kaikki mittaustulokset ovat jääneet puuttumaan. (Sommer 2012a, 10-11.)

Edellä kerrotun testauksen vertailupisteityksen tulokset löytyvät Nidolta (v. 2011), Epokelta (v. 2011) ja Küpper-Weisserilta (v. 2013). Testin vertailutulokset olivat seuraavat:

- Nido (levitin Stratos 2 combi, liuoslevitin suuttimilla): 63,3 pistettä (Sommer 2012b ja 2013a, 10.)
- Epoke (levitin Sirius 4902, liuoslevitin suuttimilla): 56,7 pistettä (Sommer 2012c ja Sommer 2013a, 10.)
- Küpper-Weisser (levitin IMS Combiwet, IMS SF E35050 HFO): 15 pistettä (Sommer 2013b ja Sommer 2013a, 10.)

Bucher municipalin Giletta UniQa-levittimen tutkimus on uusin vastaavalla tutkimusmetodilla tehty tutkimus maaliskuulta 2016. Levitin oli saanut testissä vertailupisteitä 1,7 eli lähes kaikki mittaustulokset olivat hyviä (ks. taulukko 1). Kaksi tuloksista oli hyväksyttäviä. (Sommer 2016.)

Taulukko 1. Bucherin UniQa-levittimen testitulokset (Sommer 2016).

3. March 2016: Bucher						
Ref. Point	Description	First run: 30 km/h precision, m	Second run: 30 km/h precision, m	Third run: 50 km/h precision, m	Fourth run: 50 km/h precision, m	Min-Max m
A	At start, 6 meter	-2	-2	0	0	2
B	Start at right bus stop	0	-4	3	0	7
C	Start at left bus stop	-2	-1	0	-1	2
D	Bus stop finish	-2	-2	0	0	2
I	Salting stops	-4	-2	0	-4	4
F	Start at O2, 4 meter	-1	-4	-7	-6	6
G	Salting stops after one full round in O2	0	-1	-2	-2	2
H	Start on the way out of O2, 4 meter	-3	-5	-4	-5	2
I	Change from 4 to 8 meter	0	-1	0	0	1
E	Salting stops	-2	-2	-2	-4	2
I	Start at 4 meter after long transport	-5	-4	2	1	7
F	Salting and test stops	-4	-3	-2	-2	2

Color	Definition of the accuracy evaluation at every reference point	Points
Fine	A fine start or stop is when the change occurs within 5 meters from the specified reference point. 5 meters are equal to 0,3 second driving at 60 km/h	0
Acceptable	A just acceptable result will be when a change occur with a precision of 8 meters from the specified point equal to 0,5 second at 60 km/h	0,5
Un-acceptable	An unacceptable result is a precision of 8-20 meters corresponding to 0,5-1,2 second at 60 km/h	2
Missed change	A missed change is when it takes place more than 20 meter away from the reference point or does not take place at all	8
Note: In the Min-Max column an extra 5 meter is allowed		

Test result	Green	Yellow	Pink	Red	Total
Weight for each colour in the score	0	0,5	2	8	
Number of cells with each colour	58	2	0	0	60
Relative number of cells, %	96,7	3,3	0,0	0,0	100
Test result: Score	0,0	1,7	0,0	0,0	1,7

Testitulosten ollessa huomattavasti edellä muiden valmistajien tuloksia, otetaan seuraavaksi tarkempaan tarkasteluun Bucher municipalin levittimet ja satelliittiohjausjärjestelmä.

UniQa-levittimiä on Bucher municipalin esitteiden (ks. liitteet 8-9) mukaan tarjolla keskiraskaisiin ja raskaisiin kuorma-autoihin. Säiliökokoja on 4 m³ aina 16 m³ asti. Levittimet soveltuvat suolalle, hiekalle ja sepelille. (Bucher municipal 2016).

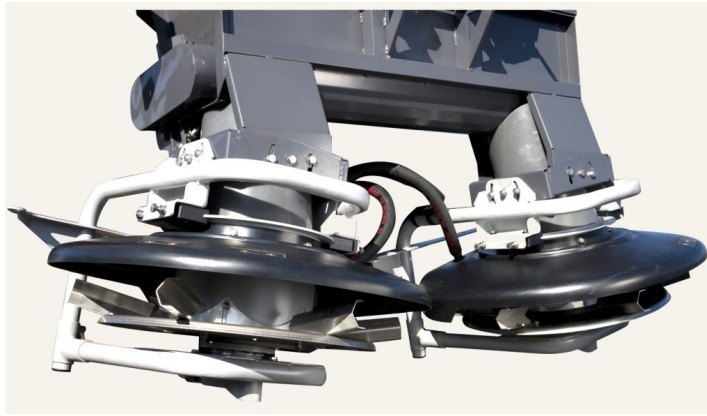


Kuva 4. Giletta UniQa –levitin (Bucher municipal 2016).

UniQa Combi-levitin (ks. kuva 5) soveltuu karkean tavaran (suolan ja hiekan) sekä liuoksen levittämiseen (Bucher municipal 2016).



Kuva 5. Giletta UniQa combi –levitin (Bucher municipal 2016).



Kuva 6. Levittimeen on mahdollista asentaa toinen lautanen, jolla suolan ja/tai liuksen levityspevyttä voidaan kasvattaa (Bucher municipal 2016).



Kuva 7. Painesuuttimilla saadaan ruiskutustehoa liuksen levittämiseen (Bucher municipal 2016).



Kuva 8. Mikroprosessorilla varustettu EcoSat¹⁰ GPS-ohjausjärjestelmä yhdistettynä EasyCom ohjaimiin (Bucher municipal 2014).

Bucher municipalin EcoSat¹⁰-ohjausjärjestelmällä (ks. liite 10) on mahdollista ohjelmoida ja visualisoida erilaisia muuttujia, kuten esim. levityspevyys, epäsymmetria ja ajoneuvon nopeuden mukaan vaihtuva annostus. EcoSat on intergoitu ohjainyksikkö, jota voi laajentaa erilaisilla toiminnoilla mahdollistaen useiden laitteiden käyttämisen asiakkaan tarpeiden mukaan. Satelliittivastaanotin pystyy hyödyntämään useita paikannusjärjestelmiä (multi-constellation GNSS), joista on mainittu GPS- tai GLONASS – paikannusjärjestelmien tuki. Tämä tekniikka lisää paikannuksen tarkkuutta, yhtäjaksoisuutta, saatavuutta ja luotettavuutta. (Bucher municipal 2014 ja Honkala 2016, 1.) Ohjausjärjestelmällä voidaan määrittää eri materiaalien mukaisesti minimi- ja maksimi-arvot sekä annosteluportaitto materiaalin lisäämiselle tai vähentämiselle toiminnan aikana. Ohjausjärjestelmään voidaan asentaa erilaisia kuljettajaa tukevia työskentelyohjelmia, joissa jokaiseen voidaan esiohjelmoida pääasetukset etukäteen. Ohjaimen avulla voidaan nopeasti säätää levityksen pääasetuksia, kuten annostus, leveys, epäsymmetria ja kosteusprosentti. Väärinkäytön estämiseksi voidaan eri tasoille pääsyyn asettaa salasana. EcoSat¹⁰ – ohjausjärjestelmän esite on liitteenä 10. (Bucher municipal 2014.)

EcoSat¹⁰-ohjausjärjestelmä tallentaa päivittäiset toimintoraportit ja kokonaislaskurien arvot, jotka voidaan joko ladata tai tulostaa sarjaliitännän välityksellä. Jokaisen kuljettajan osalta tallentuu perustietoina mm. aika, kuljettu matka, materiaalin levitys jne. Laitteessa on integroitu GSM/GPRS moduuli, joka mahdollistaa toimintaa ohjaavan tiedonsiirron. Katvealueilla tieto tallentuu lokitietoihin ja toimitetaan heti kun yhteys palautuu. (Bucher municipal 2014.)

EcoSat¹⁰ –ohjausjärjestelmää voidaan täydentää erilaisilla lisälaitteilla. EasyCom-ohjaimella pystytään tarkkaan etu- ja sivuauran sekä akselisto-

jen välisten harjojen ja muiden erikoislaitteiden ohjaamiseen. Navicon-laitteen avulla pystytään lähettämään ajoneuvon sijainti- ja levitystietoa GSM/GPRS-yhteydellä ja sitä voidaan käyttää myös sivulaitteissa. Climtronic-ohjain mahdollistaa infrapunasensorin ja EcoSat¹⁰:n välisen sarjaliitännän avulla automaattisen levitysannostuksen muuttamisen perustuen tienpinnan lämpötilaan. (Bucher municipal 2014.)

EcoSat¹⁰ –ohjausjärjestelmässä olevien toimintojen avulla voidaan materiaalin levitystä hallita eri keinoin. Epäsymmetria-toiminto mahdollistaa sähköisellä epäsymmetrian ohjauksella varustettujen levittimien täyden suuntaohjauksen. Ohjausjärjestelmän näyttökuva vaihtelee levityssuunnan mukaan, riippumatta suunnan muutoksen palautusasetuksista. Levityssuunnista voidaan valita viisi erilaista esiasetusta. Tasonäytön avulla on mahdollista nähdä eri säiliöiden materiaalitasot, rakeisen suolan määrä syöttökaukalossa ja polttoaineen määrä (apumoottorilla varustetuissa laitteissa). Nopeuden simuloinnin avulla voidaan ajoneuvon nopeus simuloida välillä 5-90 km/h viisiportaisesti. Tätä ominaisuutta voidaan käyttää esimerkiksi tilanteessa, kun kierroslukumittariin ei saada yhteyttä, kun yhteys on vioittunut tai levittimen on oltava toiminnassa ajoneuvon ollessa paikoillaan. (Bucher municipal 2014.)

Route Replay (reitit toisto) –toiminto perustuu ennalta määriteltyihin maastomukaisten levitysparametrien asetuksiin, jotka on ladattu EcoSat¹⁰-ohjausjärjestelmään ennen toimintojen aloittamista ja joita käytetään toimenpiteiden aikana automaattisesti, tehostetusta paikannuksesta riippuvaisena. Ohjelma opastaa kuljettajaa ääni- ja näyttöviestien avulla, joilla kerrotaan jo käsitelty tien osa sekä käsittelyä vaativa osa. Miltä tahansa esiasetetulta reitiltä on mahdollista poistua kesken ja palata takaisin millä tahansa kohdalla osuutta. (Bucher municipal 2014.)

Aiemmin kuvattujen laitteistojen ja ohjausjärjestelmien ohella Bucher municipal tarjoaa WebRouteinform –ohjelmiston, jonka avulla voidaan hallinnoida tietyllä alueella toimivia ajoneuvoja ja laitteita joko internet-tai sisäisen verkon sovelluksena. Palvelu tarjoaa kaluston hallinnointiin eri ominaisuuksia, kuten:

- Ajoneuvojen paikallistaminen ja reaaliaikainen hallinnoiminen (seuranta) sekä sijainnin näyttö kartalla.
- Toiminnallista tilannetta koskevat tiedustelut ja tarkkuuden analysointi yksittäisistä ajoneuvoista käyttäen hyväksi keskusohjausjärjestelmän tallentamaa ja lähettämää tietoaineistoa.
- Tunnuslukujen käsittely, kuvaajat ja työraportit ovat saatavilla toimintojen tietoaineistosta.
- Käyttäjän tarpeiden mukaisesti muokattava järjestelmä.

3.2.2 Aurojen lumisuihkunohjaimet

Liikenteenohjauslaitteiden lumeentuminen ja vaurioituminen lumen, jään ja sohjon aurauksen vuoksi on ongelma, joka lisää vuositasolla merkittävästi talvihoidon kustannuksia. Liikennemerkkien, opastetaulujen ym. tien vieressä sijaitsevien ohjauslaitteiden lumeentumisen ja vaurioitumisen tehokkaaksi estämiseksi on tutkittu erilaisia menetelmiä. Ongelma on mahdollista estää esimerkiksi sijoittamalla laitteet kauemmaksi ajoradasta, aurausnopeuden vähentämisellä, tai mekaanisesti auran lumisuihkun ohjauksella. Ongelma on suurin erityisesti vilkasliikenteisillä, useampiajorataisilla väylillä, joissa talvihoitotöissä on erityisesti huomioitava yleinen liikenne ja joissa sijaitsee määrällisesti paljon erilaisia liikenteenohjauslaitteita. Aurausnopeuden vähentämisellä on paitsi polttoaineenkulutusta lisäävä vaikutus, myös vaikutus liikenneturvallisuuteen riskien lisääntymisen myötä. (Kuoppala, Ulvila & Huuskonen 2003, 1.)

Tieliikelaitos on tutkinut ongelmaan ratkaisua tutkimus- ja kehitys (T&K) – projektissa, jonka ensisijaisina tavoitteina oli muuttaa etu- ja sivuaurojen lumisuihkua matalammaksi, vähentää liikennemerkkien puhdistus- ja korjaustarvetta talviolosuhteissa sekä mahdollistaa tasaisen nopeuden käyttäminen auraustehtävissä (polttoainesäästö). Projektin aikana etsittiin erilaisia teknisiä ratkaisuja, joista nykyisiin auramalleihin parhaiten soveltuvia lisälaitteita testattiin kenttäkokeissa. Kenttäkokeiden olosuhteissa tavoiteltiin moottoritieaurauksen tilannetta, jossa tavoitteellinen aurausnopeus oli n. 60 km/h. (Kuoppala, Ulvila & Huuskonen 2003, 1.)

Tutkimusprojektin tuloksissa todettiin, että rakennetut lisälaitteet toimivat käyttötarkoituksessaan tyydyttävästi ja niiden pohjalta on mahdollista kehittää sarjatuotantokelpoiset mallit. Kenttäkokeet osoittivat, että kyseisillä lisälaitteilla on mahdollista ohjata lumisuihku kulkemaan liikennemerkkien alta normaali aurausnopeus säilyttäen. Laitteet todettiin lisäksi käytännössä toimiviksi. Suihkunpysäytyssiiven ja –levyn on todettu mahdollistavan tasaisemman aurausnopeuden, joka johtaa alustavien mittausten perusteella jopa 30 %:n polttoainesäästöihin. (Kuoppala, Ulvila & Huuskonen 2003, 6-7.)

Tutkituista ratkaisuista toimivimmaksi todettiin suihkunpysäytyslevyn ja –siiven yhdistelmä, jolle Tieliikelaitos päätyi hakemaan Patentti- ja rekisterihallituksesta hyödyllisyysmallia v. 2003. Laitteiden suunnittelusta vastasi Jaakko Kuoppala Carectum Oy:stä. Myös suihkunkatkaisinlevyn ja -kuomun lisälaitteiden jatkotestausta oli suunniteltu talvikaudelle 2003-2004 moottoritieolosuhteisiin. Kyseisistä laitteistoista oli Carectum laatinut mitta- ja rakennepiirustukset sekä tarvittavat lujuuslaskelmat. (Kuoppala, Ulvila & Huuskonen 2003, 7.) Näistä testauksista ei löytynyt dokumentoitua tietoa.

3.3 Liikenteen digitalisaatio ja automatisaatio

Digitalisaatiolla uudistetaan toimintatapoja, digitalisoidaan sisäiset prosessit sekä sähköistetään palvelut. Digitalisaatiolla pyritään julkisen talouden tuottavuuden merkittävään parantamiseen ja Suomen kilpailukykyyn vahvistamiseen. (Valtiovarainministeriö 2015.) Kilpailukykyä vahvistetaan mm. ennakkoluulottomien kokeilujen ja digitalisaation tarjoamien mahdollisuuksien hyödyntämisellä. Liikenne- ja viestintäministeriössä haasteeseen on tartuttu liikenteen digitalisaation ja sen olennaisena osana olevan älykkään automaation edistämällä. (Pilli-Sihvola ym. 2015, 8-9.) Liikenne- ja viestintäministeriön linjaus on, että Suomen tulee olla johdettava liikenteen automaation hyödyntäjä (Lumiaho & Malin 2016, 75).

Digitalisaatiokehityksen myötä mm. robotisaatio on edennyt merkittävästi. Robotisaatio yhdistettynä pilvipalveluihin, Big Dataan ja langattomaan viestintään ovat merkittävä digitalisaation kehittymistä edistävä yhdistelmä. Keinoälyn avulla toimivan robotisaation seurauksena työn tehokkuus kasvaa, mikä johtaa tiettyjen työtehtävien katoamiseen ja toisaalta uusien ja uudenlaisten tulevaisuuden työpaikkojen syntyymiseen. Robotiikan osalta Suomi on vielä jäljessä kärkimaihin verrattuna. Työkone- ja kaivosautomaatiossa olemme toisaalta kehityksen eturintamassa. (Pilli-Sihvola ym. 2015, 8-9.)

Käsitteenä robotisaatio ja automatisaatio voivat tarkoittaa monenlaisia asioita. Liikenne- ja viestintäministeriön määritelmän mukaan älykkäällä automaatiolla ja sen lisääntymisellä eli automatisaatiolla tarkoitetaan modernia robotiikkaa. Tässä robotiikassa laite tai järjestelmä kykenee enenevässä määrin itsenäisempään toimintaan, havainnointiin sekä oppimiseen ja päätöksentekoon ohjelmistoihin yhdistettävien sensoreiden ja keinoälyn avulla, internetin välityksellä tapahtuvalla asiointilla. (Pilli-Sihvola ym. 2015, 9.)

Tieliikenteen automatisaatio etenee nopeasti hyödyntäen olemassa ja kehitteillä olevia kuljettajien yksittäisiä tukijärjestelmiä sekä autojen aatureiden toiminnallisuuksia. Automatisaatiossa edellä mainitut integroidaan yhtenäisiksi kokonaisuuksiksi. Automatisaation yhteydessä puhutaan usein automaattisista ja autonomisista ajoneuvoista. (Lumiaho & Malin 2016, 6 ja 13.) Automaattiajoneuvo tai automaattinen ajoneuvo kykenee ainakin osin suoriutumaan ajotehtävästä ilman kuljettajaa. Autoniminen ajoneuvo (itsenäinen tai omaehtoinen ajoneuvo) kykenee suoriutumaan ajotehtävästä ilman kuljettajaa sekä ilman yhteyttä muihin ajoneuvoihin tai infrastruktuuriin. (Innamaa ym. 2015, 2.) Kuljettajaa avustavia edistyneitä sähköisiä järjestelmiä on yhä lisääntyvässä määrin tieliikenteeseen hyväksytyissä ajoneuvoissa. Tieliikenteen automaation eräs vallitseva kehityssuunta onkin näiden järjestelmien kehittyminen ja lisääntyvä yhdistäminen. Yksittäisessä ajoneuvossa voi olla sekä autonomisia että verkottuneita järjestelmiä. Automaation edetessä tie- ja taustajärjestelmien infrastruktuurin vaikutus kasvaa. Ajoneuvoa, joka

pystyy tiedonvaihtoon tie- ja taustajärjestelmien kanssa, kutsutaan verkottuneeksi tai kytkeytyneeksi. (Lumiaho & Malin 2016, 13 sekä Liikenne- ja viestintäministeriö 2017, 5.)

Ns. kytkeytyvä ajaminen on automaattiajamisen rinnalla toinen kehityskokonaisuus, joka luo pohjaa digitaalisten palveluiden tuottamiselle ajoneuvoihin ja ajotilanteisiin. Keski-Euroopassa käytetään yleisesti käsitettä kytkeytyvä ja automaattinen ajaminen (Connected and Automated Driving). Termillä kuvataan automaattisen ajoneuvotoimintojen lisäksi ajoneuvojen ja väyläinfrastruktuurin välillä tapahtuvaa tiedonvaihtoa (C-ITS). Kytkeytyvä ajaminen mahdollistaa uuden palveluliiketoiminta-alueen luomisen, jonka palveluilla voidaan lisätä liikenteen turvallisuutta mm. opastamalla ja varoittamalla digitaalisin keinoin ajoneuvon päätelaitteensa. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2017, 5 ja 8.)

Lähitulevaisuudessa ajoneuvojen automaatiotason on varovaisesti arvioitu kehittyvän vuoteen 2020 mennessä siten, että aletaan saavuttaa taso, jossa kuljettaja voi tehdä muita asioita ajaessaan, mutta tarvittaessa kuljettajan on otettava ajoneuvo haltuunsa. Tämän ns. ”ehdollisen automaation” tason odotetaan auto-, laite- ja komponenttivalmistajien näkemyksen mukaan toteutuvan kuitenkin vain osittain. Kyseinen automaatiotaso pyritään saavuttamaan myös Suomessa vuoteen 2020 mennessä. Automaattiajamisen kehitymisessä turvalliselle tasolle on ratkaisevaa ajoneuvo-, liikenne- ja tieoperaattoriyhteisöjen verkottuneiden järjestelmien kehitys ja hyödyntäminen. Pelkästään ajoneuvon omilla järjestelmillä tuotetut ratkaisut eivät riitä kaikkien ajotilanteiden turvalliseen hallintaan. (Lumiaho & Malin 2016, 15-17 ja 49.)

Tieverkon rakentamisen ja kunnossapidon vaatimukset voivat muuttua automaattiajamisen seurauksena. Kaistojen lukumäärää voidaan teoriasena lisätä ja tieverkon välityskykyä parantaa automaattisten ja autonomisten ajoneuvojen pienemmän tilantarpeen johdosta kapeampien kaistojen avulla. Tämä johtanee kuitenkin päällysteen kulumiseen tietyissä kohdissa kaistaa, jolloin pinta urautuu näissä kohdissa enemmän ja päällystys on uusittava tai korjattava useammin. Urautumista voidaan ehkäistä käyttämällä paremmin kulutusta kestävästä materiaalista, joka on toisaalta normaalia kalliimpaa. Ajoneuvot voidaan myös ohjelmoida ajamaan tasaisemmin eri kohdissa kaistaa, jolloin kulumisen voi kokonaisuudessaan vähentyä. Automaattiajaminen voi johtaa myös korkeampiin hoidon ja ylläpidon laatuvaatimuksiin esimerkiksi päällysteen kunnon osalta. (Carsten & Kulmala 2015, 74-75.)

Automaattiajamisella voi olla vaikutuksia myös liittymien muotoilun ja suunnittelun vaatimuksiin. Ajoneuvojen välisellä kommunikoinnilla (V2V, *vehicle-to-vehicle*) on todettu vältettävän risteyksissä tapahtuvia törmäyksiä sekä vähennettävän merkittävästi liikennevalojen ja pakollisten pysähtymisten aiheuttamia viivästyksiä ym. häiriöitä matkanteossa. (Azimi ym. 2013, 1.) Ajoneuvojen V2V-järjestelmien hyödyntämistä tutkittaessa

on mm. todettu, että on tehokkaampaa käyttää liikenneympyrää kuin liikennevaloja automaattiajamisessa suurilla liikennemäärillä. (Azimi ym. 2013, 11-12.)

Automaattiset ajoneuvot vaativat toimivan tiedonvälityksen ajoneuvojen sekä ajoneuvon ja infrastruktuurin välillä. Tietoliikenneyhteyksiä tarvitaan esimerkiksi ajoneuvojen havaintojen ja ominaisuuksien sekä liikenne-, ruuhka-, keli- ja tietyötietojen välittämiseen ja vastaanottamiseen. Automaattiajamisen onnistumisen keskeisimmät pilarit ovat datan käsittely, tallentaminen ja tarvittavan datan saatavuus. Tietoliikenne- ja viestintäratkaisuja kehitetään koko ajan automaattiajamisen näkökulmasta. Tämä tarkoittaa mm. 5G-verkon standardoinnin valmistumista ja verkon laajentamisen automaattiajamiseen osoitettavalla tieverkolla. (Lumiaho & Malin 2016, 33-34, 54.)

Ajoneuvojen ollessa tulevaisuudessa yhä verkottuneempia sekä riippuvaisia toimintaa ohjaavista ohjelmistoista ja taustajärjestelmistä, edellytetään myös tietoturvalta ja tietosuojalta riittävän tason huomioimista kaikilla automaattisen liikenteen osa-alueilla. Tietoturva ja tietosuoja tulee olla sisäänrakennettuna kaikkiin järjestelmiin, tuotteisiin ja palveluihin. Automaattiajamisen mahdollistamiseksi tulee varmistaa tietoturva, tietosuoja ja häiriönsieto niin liikennevälineiden toimintaa ohjaavissa ohjelmistoissa sekä niiden välittämissä ja keräämissä tiedoissa kuin koko automaattisen liikenteen viestinnän infrastruktuurissa. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2017, 4.)

Useat eri autovalmistajat testaavat automaattisia ja autonomisia henkilöautoja testikäyttöön kehitetyillä alueilla, mutta myös normaaliliikenteen seassa. Myös raskaan kaluston ajoneuvoyhdistelmien automaattitekniikkaa kehitetään. Autonomia takseja ja pikkubusseja on testattu CityMobil2-projektissa Euroopassa ja myös Suomessa mm. SOHJOA-projektissa Vantaalla vuoden 2015 asuntomessujen yhteydessä sekä Helsingin Hernesaassa, Espoossa ja Tampereen Hervannassa muun liikenteen seassa vuonna 2016. Projektia on tarkoitus laajentaa edelleen ja lisätä kokeiluja keväällä 2017. (Lumiaho & Malin 2016, 20-28 ja Liikenne- ja viestintäministeriö 2017, 7-8.)

Suomessa automaattiautojen käyttöönottoa helpottavat tieliikennelaki ja maailman mittakaavassa harvinaisen kattava liikennevakuutus. Liikennevakuutus korvaa vahinkoa kärsineen osapuolen henkilövahingot rajattomasti ja materiaalivahingot viiteen miljoonaan euroon saakka. Voimassaoleva tieliikennelaki ei erikseen määrittele, että kuljettajan tulisi olla ajoneuvossa sisällä. Kuljettaja on kuitenkin aina vastuussa ajoneuvosta ja sen hallinnasta. Tieliikennelain parhaillaan valmisteilla olevassa muutoksessa automaatiokehitys on huomioitu siten, että tienkäyttäjä olisi myös ajoneuvoa muualta kuin auton sisältä ohjaava henkilö. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2017, 6.)



Kuva 9. SOHJOA-projektin robottiauto (Kärkkäinen 2017).

Liikkuminen palveluna on digitalisaation myötä kehityksessä. Uusista liikenteen palveluista mainittakoon *Mobility as a Service (MaaS)* –konsepti, jolla tarjotaan liikkumispalveluita erilaisina paketteina. Konseptissa voidaan hyödyntää automaattiajoneuvoja esimerkiksi joukkoliikenteen syöttöliikenteessä matkustajien kuljettamisessa lyhyillä matkoilla asemilta asemille. (Lumiaho & Malin 2016, 44; Gorris ym. 2012.) MaaS-konseptin tavoitteena pitkällä aikavälillä on, että MaaS:n ja automaattiautojen yleistyminen vähentäisi oman auton omistamisen tarvetta (Rantasila 2015, 35.) Suomessa automaattiajamiseen liittyviä Maas-hankkeita on viime vuosina ollut mm. Helsingissä ja Tampereella sekä Tunturi-Lapissa mm. Ylläs-tunturin matkailukeskuksessa ja sen ympäristössä YlläsMaaS-pilotti (Lumiaho & Malin 2016, 45; Trafi 2016).

3.3.1 Automaattiajamisen vaatimukset tieverkolle

Automaattiajamisen kehittyminen tavoitellulle tasolle edellyttää sille soveltuvaa tieverkkoa, joka on mahdollista varustaa tarvittavilla ominaisuuksilla sekä laitteilla ja palveluilla. Väylään, ajoneuvoon ja kuljettajaan liittyvä tekninen ja ei-tekninen kehitystilanne sekä investointien ajankoh-taisuus vaikuttavat soveltuvan tieverkon laajuuteen. Lähivuosien toimenpiteitä ylemmällä poliittis-strategisella tasolla on mm. automaattiajami-sen testi- ja kokeilualueiden perustaminen ja hallinnointi. Merkittävimpinä testialueina mainittakoon Liikenneviraston pääasiallisella operatiivisella vastuulla oleva pohjoismainen NordicWay Coop –yhteistyöprojektin Suomen osuus keskustelevien ajoneuvosovelluksien (C-ITS) testaamiseksi sekä Tunturi-Lapin Aurora-hanke (Lumiaho & Malin 2016, 49-50; Vejdirektoratet 2016, Liikennevirasto 2016a sekä Liikenne- ja viestintäministeriö 2017, 8).

Aurora-hankkeessa valtatie 21 (E8) välillä Kolari-Kilpisjärvi kunnostetaan useammassa kohtaa ja Muonion kohdalla tie varustellaan älyliikenteen kokeilutieksi. Hankkeen on tarkoitus valmistua vuoden 2018 aikana. Kolari–Muonio -välillä tien rakennetta parannetaan ja tie varustetaan erilaisin mittauspistein. Mittauspisteissä tielle asennetaan antureita ja mittauslaitteita, jotka mahdollistavat tien tilan ja mahdollisten muutosten jatkuvan seurannan sekä kustannustehokkaan tien elinkaaren hallinnan. Mittauspisteiden ansiosta tie soveltuu jatkossa liikenteen automatisaation ja automaattiajamisen testausalueeksi. Hankkeessa luodaan kansainvälisesti ainutlaatuinen älykkään automaattisen liikenteen testialue ja osaamiskeskus, jonka etuna on sijoittuminen arktisiin, haastaviin olosuhteisiin. Hanke koostuu neljästä alaprojektista, joita ovat liikenteen automaatio, digitaalinen liikenneinfrastruktuuri, älykäs väyläomaisuuden hallinta sekä liikenne palveluna (MaaS) eli jo aiemmin mainittu Ylläs-tunturin matkailukeskuksessa ja sen ympäristössä käynnissä oleva YlläsMaaS-pilotti. (Liikennevirasto 2016b; Trafi 2016.)

Lisäksi vuonna 2017 osana Aurora hanketta on käynnistymässä älykkään automaation ja infrastruktuurin Arctic Challenge –haku sekä väylän kunnossapidon ja älykkään väyläomaisuuden hallinnan Arctic Infra –haku. Hankkeissa toteutetaan Liikenteen turvallisuusvirasto Trafin ja Liikenneviraston tunnistamia erilaisia tunnistettuja tutkimuskohteita yhdessä yritysten kanssa vuosina 2017-2019.

Väylänpidolle asetettavat vaatimukset liittyvät maantieverkkoon, liikenteeseen maantieverkolla, liikenteenhallintaan ja näihin liittyviin asioihin. Näistä keskitytään tässä yhteydessä väylänpitoon, kunnossapitoon ja infraan liittyviin asioihin. Oheisessa taulukossa 2 on esitetty väylänpitoon liittyvät toimenpiteet (toimenpidekortit) jakautuneena vuosille 2016-2020 (Lumiaho & Malin 2016, 51).

Taulukko 2. Väylänpitoon liittyvät toimenpiteet. Tummallalla värillä osoitettu aktiivista tekemistä ja haalealla värillä seuranta (Lumiaho & Malin 2016, 51).

ID	Nimi	2016				2017				2018				2019				2020			
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
I.3	Tiedon saatavuus taustajärjestelmistä																				
I.4	Paikkatiedot automaatti-ajamisen tarpeisiin																				
I.5	Automatisaation vaikutukset liikenteen hallinnan strategiaan																				
I.6	Liittymät																				
I.7	Tasoristeykset																				
I.8	Liikutteltava tienvarsilaitteisto																				
I.9	Automaattisen liikenteen infrastruktuurin verifiointi																				-->
II.1	Tiemerkinnät ja liikennemerkkit																				
	Tieliikenteen ohjauksen harmonisointi																				
II.2	Automaattisen liikenteen vaikutukset päällysrakenteen ja infran kulumiseen																				
II.3	Päällysrakenteeseen sijoitettavat tunnistimet																				
II.4	Reunapaalut ja auraskepit																				
II.5	Varareitit																				
III.2	Taustajärjestelmien viestien vastaanotto																				
III.3	Liikenteen tilannekuva automatisaation näkökulmasta																				
III.4	Liikenteen valo-ohjaus																				
IV.4	Automaatio matkaketjuissa																				
IV.5	Liikenteen palveluiden laatu																				

Kuten taulukostakin on todettavissa, tavoiteltava automaatiotaso vaatii jo lähiaikoina mm. infrastruktuurin yksityiskohtien uudistamista. Automaattiautojen myötä muutostarpeita tai vähintään muutostarpeiden tarkastelua vaativat mm. liittymien muotoilut ja suunnitteluperiaatteet, liikenteen valo-ohjausmenettelyt ja tasoristeyksien turvalaitteet. (Lumiaho & Malin 2016, 52.)

Automaattiajossa merkittäviä tekijöitä ovat tiemerkintöjen ja liikenne-merkkien kunto, sijoittelu ja aktiivinen kunnossapito. Tiemerkintöjen ja liikenne-merkkien tulee olla koneluettavassa kunnossa, sillä niitä luetaan ainakin sekaliikenteen ja muiden siirtymävaiheiden aikana auton laitteilla. Myöhemmin taustajärjestelmien ja paikkatietokantojen kehittyessä tiedot ajoa ohjaavista ja rajoittavista merkeistä ja merkinnöistä saadaan näistä järjestelmistä. Ennen tätä tulee paikkatietojärjestelmien olla laadun, määrän ja ajantasaisuuden osalta luotettavalla tasolla. (Lumiaho & Malin 2016, 52.) Tieliikennelain parhaillaan käynnissä olevan muutoksen myötä mm. liikenne-merkkien, liikennevalojen ja muiden liikenteenohjauslaitteiden paikkatiedot tulee jatkossa toimittaa aiempaa kattavammin Liikenneviraston ylläpitämään tietojärjestelmään, josta tietoa pystytään hyödyntämään eri tavoin mm. liikenteen automaatiassa. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2017, 6-7.)

Suomen lumiset ja jäiset olosuhteet huomioiden tulee reunapaaluille ja aurasviitoille uusia vaatimuksia mm. muotojen ja toimintojen suhteen, lisäksi niiden käyttötarkoitus saattaa laajeta huomattavasti. Niitä tullaan mahdollisesti jatkossa käyttämään ajoneuvon tarkkaan paikantamiseen sekä oleellisten ja muuttuvien kohtien merkitsemiseen. Nämä toiminnal-

lisuudet aiheuttavat vaatimuksia mm. laitteiden sään- ja ilkvallankestolle, luotettavuudelle sekä näkyvyydelle ja luettavuudelle. (Lumiaho & Malin, 52.) Vaatimukset paitsi reunapaalujen, aurausviittojen ym. laitteiden kunnossapidolle, myös muulle tiealueen kunnossapidolle ml. tien pientareet ja vierialueet tarkentuvat. Esimerkiksi liian lähellä ajorataa ei saa olla kasvillisuutta tai muita näköesteitä (Innamaa ym. 2015, 65.).

Tien kunnossapidon toimenpiteet vaikuttavat osaltaan automaattiajamiseen. Paitsi jo aiemmin mainitun päällysteen kulumisen ja urautumisongelman lisäksi ylläpidon toimenpiteet voivat vaikuttaa tien ominaisuuksiin ja ominaisuustietoihin, kuten esimerkiksi tien geometriaan. Tien päällysteleveys, tasausviivan asema, kaista- ja reunaviivojen tarkka sijainti tulisivat pysyä oikeina ylläpitotoimenpiteiden jälkeen. Mm. näiden tietojen tarkastamiseen tulisi kehittää kokonaistaloudellisesti paras ratkaisu. (Lumiaho & Malin, 59.)

Talvihoidon kustannukset kasvavat, mikäli teitä pidetään laajasti automaattiajamiseen sopivassa kunnossa. Automaattiajamiseen vaikuttavat esimerkiksi talvella luminen tieympäristö, jossa eivät näy tiemerkinnot tai peitteiset liikennemerkkit, lumisade, pölyävä lumi, jäiset ja muutoin liukkaat tienpinnat sekä routavauriot. Esimerkiksi kaikkien päällystettyjen teiden reunaviivojen pitäminen talvella näkyvissä (tien pinnat paljaat) karkeasti arvioituna kaksinkertaistaisi talvihoitokustannukset. (Innamaa ym. 2015, 8 ja 66.)

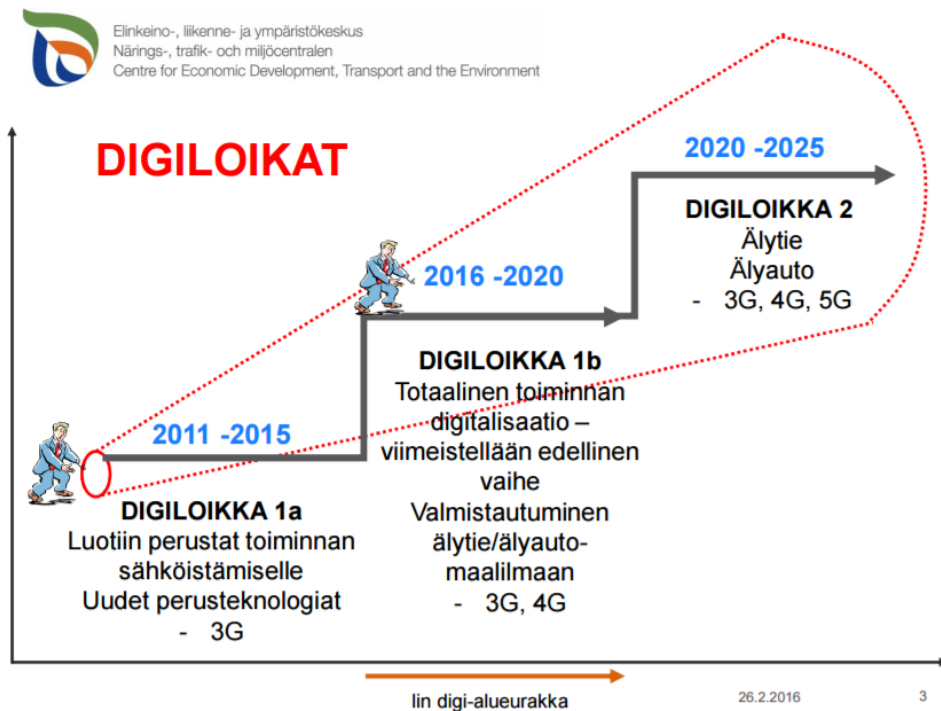
Väylänpitoon liittyvät lisäksi laadukkaan tietoaineiston tuottaminen liikennetilanteesta ja palveluista sekä liikenteen palvelujen tuottaminen ja mahdollistaminen (Lumiaho & Malin, 52).

3.3.2 Digitalisaatio teiden kunnossapidossa

Teiden talvihoidossa tavoitteena on lumen ja jään liikenteelle aiheuttamien negatiivisten vaikutusten vähentäminen. Olemassa oleva talvihoidon käytäntöjä koskeva kirjallisuus on jakautunut karkeasti kahteen osaan: säätilan ennustamisen keinoihin, jotta voidaan suunnitella asianmukaiset talvihoitotoimenpiteet sekä kunnossapidon toimintojen optimointiin. Kirjallisuudessa on melko vähän tietoa mm. reaaliaikaisen tiedon hyödyntämisen mahdollisuuksista edellä kerrotun kahden osa-alueen yhdistämisessä. Reaaliaikaisen tiedon yhdistämisellä sääennusteisiin sekä toimintojen optimointiin saataisiin soveltavaa tutkimusta ja käytäntöä hieman edistettyä. Kunnossapidon kalustolta ja muilta tielläliikkujilta kerätyn reaaliaikaisen tiedon hyödyntäminen on tutkimusten mukaan teknisesti mahdollista ja sen onkin todettu olevan yksi mahdollinen lähitulevaisuuden ratkaisu tienhoitokaluston tehokkuuden lisäämisessä. (Hinkka ym. 2016.)

ELYN alueurakoissa on pilottikohteina lin ja Rovaniemen urakat, joissa on pyrkimyksenä edistää digitalisaatiota tienhoidossa (Liikennevirasto 2016c

ja Lapin ELY-keskus 2017.) Esimerkiksi lin urakassa on tavoitteena digitalisoida koko hankintaprosessi siten, että tieto syntyy osana työprosessia ja sitä hyödynnetään kaksisuuntaisesti tarjoten tietoa myös tienkäyttäjille (Liikennevirasto 2016d.) Kuvassa 10 on esitetty lin alueurakan ”digi-loikat”.

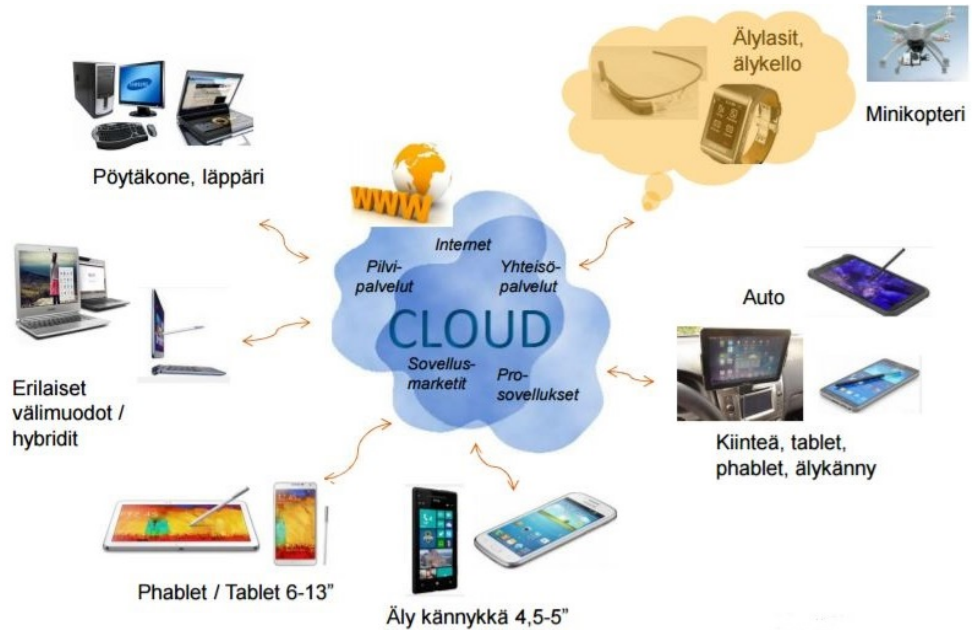


Kuva 10. lin digi-alueurakan digiloikat (Liikennevirasto 2016d).

lin digi-urakan taustalla ovat globaalin kehityksen mukanaan tuomat trendit, joita ovat mm. (Liikennevirasto 2016d):

- web-pohjaisuus; selain on tärkein työkalu
- pilvipalvelut; ilmaiset (osittain) ja lähes rajattomat tallennustilat
- päätelaite riippumattomuus; laite ei ole tärkeä, vaan toiminta
- mobiili-toiminta; älypuhelin, tablet, autojärjestelmät, kannettava tietokone
- oikeat yhteisöpalvelut; ”professional” sovellutukset
- sovellusmarketit; ilmaiset tai lähes ilmaiset sovellukset
- tiedon sidonta paikkatietoon; kaikki tieto linkittyy lähes aina kartalle
- esineiden internet; (lähes) kaikki laitteet kiinni internetissä.

Kuvassa 11 on esitetty käyttäjien ulottuvilla olevia nykyteknologian mahdollisuuksia.



Kuva 11. Pilvet ja teknologia käyttäjillä (Liikennevirasto 2016d.)

Nykyteknologian mahdollisuuksia hyväksi käyttämällä voidaan tien päällä ohjata kunnossapidon toimintoja mobiilisti 3G, 4G ja tulevaisuudessa myös 5G-yhteyden avulla. Laatuja seurataan mm. kuvatietojen ja sensoriteknologioiden avulla. Valokuvat, videot ja muu erilaisilla työkaluilla kerätty tieto tallentuvat pilvipalveluun. Reittisuunnittelu ja reittien ylläpito, samoin kuin raportointi tapahtuu sähköisesti. Tiestötiedon tuottaminen on osana työprosessia ja toimenpidetietoja jaetaan tienkäyttäjille. (Liikennevirasto 2016d.)

Uusia teknologioita sovelletaan myös Liikenneviraston, Lapin ja Keski-Suomen ELY-keskusten sekä Roadscanners Oy:n yhteisessä ”Päällysteiden ennakoivan hoidon ja kunnostuksen ohjelmointi”, PEHKO 2015 -2025 – projektissa. Kyseisen projektin tavoitteena on uusinta tekniikkaa hyödyntäen katkaista huonokuntoisten päällystettyjen teiden määrän kasvu sekä kasvattaa päällysteiden käyttöikä, jolloin päällysteiden vuosikustannukset pienensivät merkittävästi. Projektin pilottialueina on Lapissa koko päällystetty tiestö Kemi-Tornion alueella sekä valta- ja kantatiet Rovaniemen kaupungin alueella. Pilottiin kuuluu lisäksi Keski-Suomessa Karsulan alueen päällystetty tiestö. (Lapin ELY-keskus 2017.)

PEHKO-projektissa kehitetään ja testataan uusia ja innovatiivisia menetelmiä, joilla päällystettyjen teiden ylläpidon ja hoidon tuottavuutta parannetaan päällysteiden elinkaaren pidentämiseksi. Tiestön heikoimpiin jaksoihin keskitytään uusimpien diagnostiikkateknologioiden avulla, jolloin voidaan korjata ongelmien syyt eikä vain oireita. Projektissa mukana oleva tiestö on tutkittu kattavasti mm. TSD-, maatumka- ja laserskannausmenetelmillä, joilla on tutkittu teiden pohjamaan laatua, rakennekerrosten ja päällysteiden vahvuuksia, tierakenteiden kantavuuksia sekä kuivatuksen toimivuutta. (Lapin ELY-keskus 2017.)

Projektissa käytettävän uuden diagnostiikkateknologian avulla voidaan myös tiestön hoitotoimenpiteitä kohdentaa siten, että ne lisäävät päällysteen ja tierakenteen käyttöikä. Projektista saadut tulokset ovat vahvistaneet aiempia tutkimustuloksia erityisesti teiden hyvällä kuivatuksella saavutettavista säästöistä päällysteiden ylläpitokustannuksissa. Tiestöllä, jolla on runsaasti raskasta liikennettä, varaudutaan raskaiden rekkojen aiheuttamaan rasituksen kasvuun kasvattamalla nykyisten päällysteiden vahvuutta. Projektissa testataan lisäksi päällysteiden proaktiivista eli ennakkoivaa ylläpitoa, jossa päällyste pyritään korjaamaan ja vahvistamaan ennen siihen syntyviä, jäykkyyttä selvästi heikentäviä halkeamia. (Lapin ELY-keskus 2017 ja ELY-keskus 2015.)

3.4 Osaamisen johtaminen

Destia Oy:ssä on tiestön hoitopalveluissa tunnistettu tarve muutokselle, jolla tähdätään hoitopalvelujen tehostamiseen. Tehostamista lähdettiin viemään eteenpäin tutkimalla automaation ja siihen liittyvän robotiikan ja digitaalisen tiedon hyödyntämisen mahdollisuuksia. Maailmalla käytössä olevista ratkaisuista ja laitteistoista löydettiin tietoa erilaisista teknisistä tutkimus- ja kehittämishankkeista, käyttökokemuksista, laitevalmistajilta ym. sekä digitalisaation asiantuntijalta.

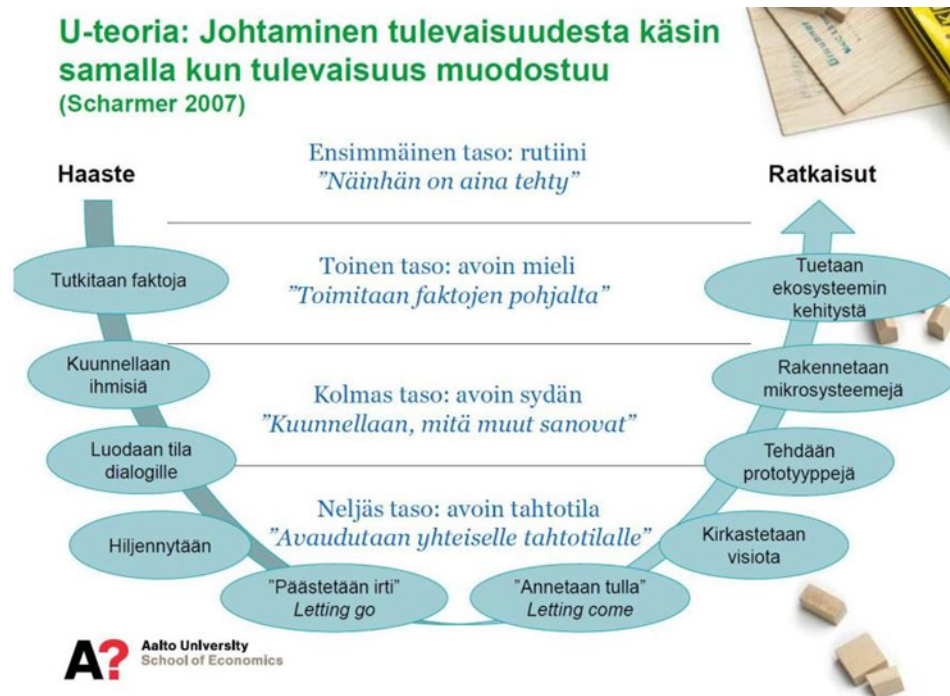
Tutkimuksen tarkoituksena oli löytää Suomen oloihin parhaiten soveltuvat ratkaisut, joilla voidaan saavuttaa kustannussäästöjä sekä pitkällä että lyhyellä aikavälillä. Teknisten ratkaisujen pelkkä käyttöönotto ei kuitenkaan takaa hyvää menestystä. Tutkimuksessa löydetyt toteuttamiskelpoiset ratkaisut vaativat tuekseen osaamisen johtamista. Ratkaisujen kehittäminen ja käyttöönotto, sekä käytönaikainen ohjaus ja tuki vaativat suunnitelmallista ja tiedostettua johtamistapaa, jolla varmistetaan ratkaisujen tuoma tehokkuuden kasvu, myös jatkossa. Osaamisen taitava johtaminen ja organisaation kyky oppia johtavat poikkeuksetta hyvään menestykseen.

Osaamisen johtamisella pyritään parantamaan paitsi kilpailukykyä, myös vahvistamaan yrityksen ja sen henkilöstön uudistumis- ja sopeutumiskykyä muuttuviin tilanteisiin ja olosuhteisiin. Jotta henkilöstö pystyisi nopeasti omaksumaan uusia tehtäviä ja säilyttämään työnteon perusvalmiudet, vaaditaan siltä elinikäistä oppimista. (Savolainen 2004.) Kustannustehokkuuden ja toiminnan laadun kannalta merkittävää on, että ymmärretään osaamisen strateginen merkitys, jatkuva osaamisen kehittäminen ja monipuolinen osaaminen sekä tehostetaan henkilöstön osaamisen arviointia ja ennakoivaa kehittämistä. (ELY-keskus, Rovaniemen koulutuskuntayhtymä ja EU:n Euroopan sosiaalirahasto 2015, 3.)

Organisaation mahdollisuuksia selvittää kiristyvässä kilpailutilanteessa ja työmaailmassa, jossa on osin kaoottisiakin piirteitä, on mahdollista parantaa systemaattisen ja strategiaorientoituneen henkilöstöjohtamisen

avulla. Osaavalla henkilöstöjohtamisella voidaan vahvistaa työntekijöiden yksilöllistä ja yhteisöllistä hyvinvointia ja työhön sitoutumista, sekä vähentää ei-toivottua henkilöstön vaihtuvuutta. Osaavan henkilöstöjohtamisen avulla pystytään myös parantamaan uuden osaavan ja ammattitaitoisen henkilöstön hankintaa silloinkin, kun siitä on yleisesti pulaa. (ELY-keskus ym. 2015, 4.)

Oheisessa kuvassa 12 on hyvin havainnollistettu johtamista tulevaisuudesta käsin, tulevaisuuden samalla muodostuessa.



Kuva 12. U-teoria: Johtaminen tulevaisuudesta käsin samalla kun tulevaisuus muodostuu (ELY-keskus ym. 2015, 1).

"Osaamisen johtaminen on ensisijassa ihmisten johtamista organisaation tavoitteiden saavuttamiseksi" (Suomen Ekonomiliitto 2014, 7). Toisin, ja ehkäpä paremmin sanottuna: "Osaamisen johtaminen on tulevaisuus-orientoitunutta johtamista, jossa henkilöstön osaaminen nähdään organisaation tärkeimpänä resurssina ja kilpailukeinona" (ELY-keskus ym. 2015, 16).

3.4.1 Osaamisen johtamisen keskeiset työkalut

Organisaation strategiat saadaan vietyä käytäntöön oikealla, tavoitteellisella tavalla toteutetulla osaamisen johtamisella. Tarkasti tiedostetut kehittämistarpeet ja ydin-osaaminen ovat avain kehittämisen kohdentamisessa oikeisiin ja keskeisiin pätevyyksiin. Kehittäminen tulisi toteuttaa mahdollisimman tehokkaasti. Osaamisen kehittämiseen asetetut panos-

tukset tulisivat konkreettisesti näkyä organisaation tuloksen, toiminnan vaikuttavuuden sekä asiakastyytyväisyyden parantumisena. Organisaation ydinosaaminen toimii osaamisalueiden määrittelyn pohjana. (ELY-keskus ym. 2015, 3-4.)

Osaamisen johtamisen työkalut ovat Suomen Ekonomiliiton (2014, 3) tutkimuksen mukaan osa organisaation yleisiä johtamisen työkaluja. Työvälineistä yleisin on ollut kehityskeskustelu. Myös henkilöstön tyytyväisyyskyselyitä ja sisäisiä koulutusikäytäntöjä on käytetty osaamisen johtamisen työkaluina. (SEFE 2014, 3.)

Ydinosaaminen ja oppiva organisaatio

Toimintaympäristöt muuttuvat mm. teknologian nopean kehityksen ja uusien innovaatioiden vuoksi. Kehittyvä teknologia mahdollistaa uudenlaisia työnteon tapoja ja menetelmiä, mutta muutosten myötä osaamisvaatimukset kasvavat ja monipuolistuvat haastaen sekä johdon että työntekijät. Organisaation menestykseen vaikuttaa sen kyky kehittää uusia innovatiivisia tuotteita ja palveluita, joilla vastata asiakkaan tarpeisiin entistä paremmin, ennen kuin asiakas on itse välttämättä tarvetta havainnutkaan. Näissä tavoitteissa keskeisessä roolissa on henkilöstön osaaminen. (ELY-keskus ym. 2015, 3.)

Osaamisen kehittäminen tulee perustua organisaation visioon ja strategioihin sekä näiden pohjalta määriteltyihin pitkän ja lyhyen tähtäimen tavoitteisiin. Osaamisen nykytilan ja tulevaisuuden tarpeiden selvittäminen on tärkeää asetettujen tavoitteiden saavuttamisessa. Osaamisen kartoittamisella selvitetään organisaation ydinosaaminen eli osaaminen, joka on toiminnan kannalta ensiarvoisen tärkeää ja jota kilpailijoiden on vaikea kopioida. (ELY-keskus ym. 2015, 3.)

Ydinosaaminen, ydinkyvykyys → organisaatiolle strategisesti tärkeä osaaminen, tiedot ja taidot

Organisaation *inhimillinen pääoma* on ihmisillä olevat tiedot, taidot ja tahto → ydinosaamisen mahdollistava resurssi

Osaamisen johtaminen → strategisesti tärkeää osaamista halutaan luoda, vaalia ja kehittää organisaation kaikilla tasoilla

Organisaation oppiminen → kun organisaation osaaminen kehittyy tavoitteiden suunnassa sen kaikilla tasoilla - yksilöiden, tiimien, yksiköiden ja organisaation järjestelmien ja toimintamallien tasoilla

Oppiva organisaatio → kun johtamisella on saatu aikaan sellainen kulttuuri, järjestelmät ja toimintamallit, joiden avulla organisaatio oppii tehokkaasti

muk. Viitala 2008

Kuva 13. Ydinosaamisesta oppivaan organisaatioon (ELY-keskus ym. 2015, 15).

Valtaosa organisaatioiden osaamisesta on kokemusperäistä osaamista, ns. hiljaista tietoa. Hiljaisen tiedon kehittämiseen ja jakamiseen tarvitaan yhteisöllistä ja vuorovaikuttavaa kulttuuria. Sen lisäksi, että hallitaan tekninen osaaminen, tarvitaan yhteisöllisiä työssä ja kokemuksista oppimisen muotoja. Lisäksi tarvitaan sellaisia vuorovaikutuksen käytäntöjä, joiden avulla organisaatiossa voidaan kehittää ja jakaa osaamista yksilöllisen ja yhteisöllisen oppimisen tukemiseksi. (ELY-keskus ym. 2015, 4.)

Vuorovaikutus

Käsiteltäessä osaamisen johtamista pinnalle nousee käsite vuorovaikutus. Vuorovaikutusta ovat esim. työpaikoilla käytävät kehityskeskustelut, palaverit, työpajat ym., mutta esimiehen tärkeimmäksi työvälineeksi nousi Savolaisen tutkielmassa (Savolainen 2004) vuoropuhelu alaisen kanssa. Erityisesti ihmisten välisellä vuorovaikutuksella on tärkeä osa työyhteisön toimivuudessa ja sen myötä hyvän työsuorituksen edellytyksissä. (ELY-keskus ym. 2015, 3.)

Myös viestintä on osa vuorovaikutusta ja sen kehittämiseen tulisikin panostaa entistä enemmän. Esimerkiksi Markkinointi-instituutin tekemässä tutkimuksessa (Mäenpää 2015) organisaatioiden tärkeimmistä kehitystarpeista nousi vuorovaikutus ja viestintä tärkeimmäksi kehitettäväksi osa-alueeksi. Seuraavaksi tärkein oli henkilöstön osaaminen ja tuottavuus. Vuorovaikutusosaaminen nousee keskeiseen asemaan johtajan esimiestehtävien menestyksellisessä hoitamisessa Rouhiainen-Neunhäuserer in väitöskirjassa (2009, 175). Tutkimuksen tulokset tähdentävät johtajan vuorovaikutusosaamisen perustumista nimenomaan johtajan ja johdettavan väliselle vuorovaikutussuhteelle. Viestintä- ja vuorovaikutustaitoja on mahdollista kehittää koulutuksen avulla, jonka vaikutukset voivat johtaa organisaation johtamisviestinnän ja vuorovaikutuskäytäntöjen kehittämiseen ja uudistumiseen. (Rouhiainen-Neunhäuserer 2009, 175-179.) Esim. yrityksen strategian toimeenpanemisessa on viestintä keskeinen, toimeenpanoa merkittävästi varmistava työkalu. (ELY-keskus ym. 2015, 11.)

Osaamisen tukeminen

Monipuolisesti tulkitseva, soveltava, luova, tilanneherkkä ja ihmisläheinen sekä jatkuvasti kehittyvä osaaminen toimii niin yksilöiden kuin organisaatioidenkin menestyksen perustana ja tulevaisuuden turvana. Johtamisessa ja esimiestyössä ihmisten osaamisen johtamisen ja tahtotilan luomisen lisäksi saatetaan aikaan erilaisiin osaamisiin ja tilanteisiin sopivat rakenteet, prosessit ja tukijärjestelmät. Osaaminen tulee sisäistää organisaation menestymisen perustekijäksi yhdessä esim. talouden ja laadun kanssa. Henkilöstöammattilaisten tehtävänä on esimiesten valmennus ja tukeminen, jotta osaamista ja jatkuvaa oppimista voidaan johtaa. Organisaatorakenteiden ja järjestelmien tulee osaltaan tukea osaamisen kehittymistä. Myös palkitsemisjärjestelmissä on huomioitava osaaminen ja sen edistäminen. (ELY-keskus ym. 2015, 14.)

Tunnusomaista nykypäivän korkeatasoiselle osaamiselle on, että sen avulla kyetään jatkuvasti uudistamaan valmiuksia, joilla kohdata muuttuvan työn ja työympäristön haasteita. Osaaminen on paitsi kirjaviisautta, myös käytännön kokemusta, tiedon löytämisen kyky, kyky solmia kumppanuussuhteita ja verkostoitua. Osaaminen on nähtävissä toiminnassa ja käyttäytymisessä selviytymisenä, onnistumisena ja kehittymisenä. Osaamattaitoa on omasta osaamisesta ja osaamisen kautta kokonaisvaltaisesta työhyvinvoinnista huolehtiminen. Omaa asiantuntijuutta ja osaamista kehittämällä luodaan turvallisuutta jatkuvasti muuttuvassa työelämässä. Asiantuntijuus kehittyy kouluttautumisen, kokemuksen ja moninaisten oivallusten myötä osajalle, joka pystyy soveltamaan osaamistaan erilaisissa tilanteissa uudella tavalla. (ELY-keskus ym. 2015, 14.)

Organisaation menestyminen edellyttää toiminnan kannalta keskeisen osaamisen, tiedon ja taidon omaavien yksilöiden onnistunutta yhdistämistä. Menestymisen edellytyksenä on myös ihmisten yhteistyötä tukevien prosessien ja toimintatapojen aikaan saaminen. Menestymiseen oleellisesti vaikuttaa myös oikeanlaisen ilmapiirin ja kulttuurin saavuttaminen, jossa ollaan valmiita jakamaan osaamista ja jossa uskalletaan kyseenalaistaa nykyiset tavat toimia ja kokeilla uutta. (ELY-keskus ym. 2015, 16.) Näiden kaikkien tekijöiden yhteen saattaminen ja tukeminen johtaa organisaation menestykseen.

3.4.2 Systeemiajattelu ja systeemiäly

Organisaatiota voidaan tarkastella kokonaisuutena käyttäen ajattelussa systeemistä lähestymistapaa. Systeemillä tarkoitetaan tiettyjen yhteisen tavoitteen omaavien tekijöiden muodostamaa, toistensa kanssa vuorovaikutuksessa olevaa joukkoa. Systeemiajattelua ja siihen läheisesti liittyvää systeemiälyä käytetään apuna organisaatiossa esiintyvien ilmiöiden ja niiden välisten vuorovaikutussuhteiden tarkasteluun. Systeemiajattelun ja systeemiällyn avulla on mahdollista rakentaa organisaatioita, jotka menestyvät nopeasti muuttuvassa ympäristössä. (Handolin 2005, 32.)

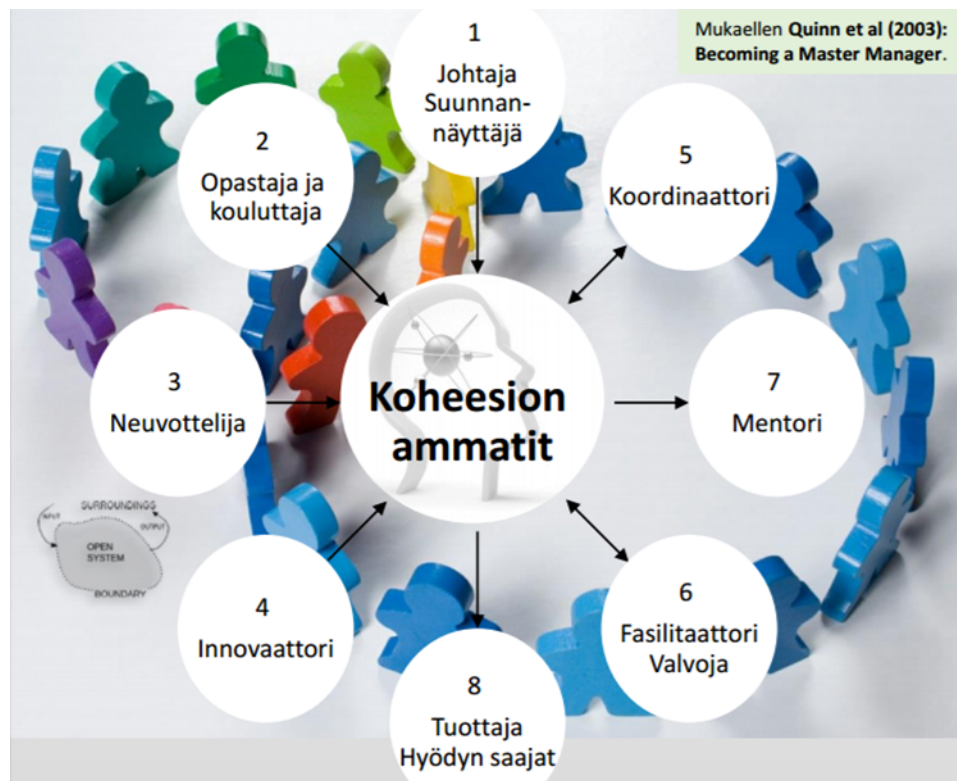
Systeemiäly-käsitteen ovat kehittäneet Teknillisen korkeakoulun Systemianalyysin laboratorion professorit Raimo P. Hämäläinen ja Esa Saari-nen: ”Systeemiälyllä tarkoitetaan älykästä toimintaa, joka hahmottaa vuorovaikutuksellisia takaisinkytkentöjä sisältäviä kokonaisuuksia.” Systeemiajattelussa luodaan käsitys systeemin rakenteesta, siinä vallitsevista vuorovaikutussuhteista sekä muutoksen mahdollisuudesta ja synnyttämisestä. Systeemiäly nojautuu em. systeemiajattelun käsitykseen. Näiden kahden erona on, että systeemiajattelu kuvaa ilmiöitä ja muutoksia, kun systeemiäly korostaa toiminnan soveltamista meneillään oleviin tilanteisiin. Organisaation näkyvän systeemin rinnalla on inhimillinen systeemi, jossa keskeisessä asemassa ovat tunteet ja subjektiiviset muuttujat. Tämän kokonaisuuden ja erityisesti näkymättömien systeemien ymmärtäminen edellyttää systeemiälyä. Organisaatiossa voidaan päästä ns. super-tuottavuuteen, kun osataan vaikuttaa systeemiälykkäästi sekä näkyvään

että näkymättömään systeemiin. Handolinin (2005) kiteyttämänä: ”Systeemiälykäs toiminta näkyy ulospäin asioiden sujuvuutena, toiminnan tehokkuutena, hyvänä työilmapiirinä ja työnilona.” (Handolin 2005, 34-35.)

Työyhteisön hyvinvointia edistää mm. henkilöiden kokema ”työn imu”. Tyypillisiä piirteitä työn imulle ovat mm. kokemus tarmokkuudesta ja energisyydestä, halu omistautua työlle myös tunteiden tasolla sekä halu uppoutua ja paneutua työhön. Handolinin (2005) mukaan työn imun yhteydessä voidaan kokea lyhytkestoinen kokemushuippu, jotka Handolinin artikkelissaan esittämä Csikszentmihalyi (1997) ja Martela (2005) määrittelevät virtaukseksi, jossa ihminen kokee syvää keskittyneisyyttä ja innostusta käsillä olevaan tehtävään. Tässä hetkellisessä tilassa ihminen on innovatiivisimmillaan ja luovimmillaan. Työn imu ja virtaavuus ovat ihmisen henkilökohtaisina, subjektiivisina kokemuksina johdettavissa työhyvinvoinnin kautta edelleen Handolinin (2005) artikkelissaan tarkastelemaan Saarisen (2005) käyttämään käsitteeseen ”värähtelytaso”. Värähtelytasolla tarkoitetaan tietyssä tilanteessa läsnä olevan ryhmän yhteisöllisesti kokemaa elävyyttä. Korkeana tilanteen värähtelytaso koetaan silloin, kun kaikki tilanteessa läsnä olevat ihmiset kokevat tilanteen voimaa antavana, virkistävänä, innostavana ja palkitsevana. (Handolin 2005, 37-38.)

Systeeminen ajattelu liittyy keskeisellä tavalla ryhmän värähtelytasoon. Tietyn ryhmän henkilöt nähdään systeemiksi, jonka nykytilaan ja tulevaisuuteen ryhmän jokaisella jäsenellä on ratkaiseva merkitys. Värähtelytason kehittymistä voidaan yrittää kuvata ja sen myötä edistää, vaikka ryhmän värähtelytason syntyminen ei olekaan prosessimainen ilmiö. Työssä ja työyhteisössä voi olla tekijöitä ja tilanteita, jossa ryhmän positiivinen värähtelytaso energisoi, innostaa ja palkitsee ihmistä. (Handolin 2005, 38.)

Organisaatiot ja sen sisäiset ryhmät koostuvat ihmisistä, joilla on omat persoonallisuutensa, elämäkokemuksensa, yhteiskunnallisen asemansa sekä ammatillisen kokemuksensa kautta muodostuneet yksilölliset ominaisuudet ja elämäkatsomus. Näitä monipuolisia ominaisuuksia on mahdollista hyödyntää entistä tehokkaammin yhdistämällä soveltuvat ominaisuudet ja osaamisen omaavat ihmiset käyttämään systeemiajattelua. Systeemin luomiseksi soveltuvat yhteiset tekijät löydetään esim. ns. ”koheesion” avulla. (Laitila 2016b.) Systeemissä toisiaan täydentävinä rooleina ovat johtaja/suunnan näyttäjä, opastaja ja kouluttaja, neuvottelija, innovaattori, tuottaja/hyödyn saajat, fasilitaattori/valvoja, mentori ja koordinaattori. Oheisessa kuvassa 14 on esitetty koheesion syntyminen yhteiskuntamallin skaalautuessa henkilötasolle koheesion kautta. (Laitila 2016a.)



Kuva 14. Yhteiskuntamallin skaalautuminen henkilötasolle koheesion kautta (Laitila 2016a).

Systeemiajatteluun liittyvä vuorovaikutus on olennaisena osana myös osaamisen johtamisessa. Systeemiajattelun ja systeemiällyn avulla voidaan organisaatiossa saavuttaa ns. supertuottavuus kuitenkin laiminlyömättä työhyvinvointia. Hyvin voivassa työyhteisössä on tuottavuuskin parhaimmillaan.

3.5 Osaamisen johtaminen tiestön hoitopalveluiden tehostamisessa

Tiestön hoitopalveluiden kehittäminen vaatii paitsi soveltuvien ja kustannustehokkaiden ratkaisujen ja uusien innovaatioiden tunnistamista, mahdollista lisätutkimista, kehitystyötä ja käyttöönottoon liittyviä teknisiä prosesseja, myös osaamisen johtamista. Hoitopalveluiden organisaatiossa tulee tiedostaa olemassa oleva ydiosaaminen, selvittää tulevaisuuden osaamistarpeet ja pyrkiä systemaattiseen ja strategiaorientoituneeseen henkilöstöjohtamiseen. Systeemiajattelua ja systeemiälyä pyritään käyttämään apuna muutostilanteessa menestyvän organisaation luomisessa.

Ydiosaamista ovat mm. hoitopalveluiden nykyratkaisujen, kaluston ja laitteiston tuntemus, tiestön alueellinen tuntemus ja tieto olosuhteiden vaikutuksesta toimenpiteisiin. Nykyisen organisaation ulkopuolella on työkoneautomaation ja mallipohjaisen tiedon tuntemus, jotka tulisi sisällyttää myös hoitopalveluiden organisaatioon. Soveltuvien roolien mietinnässä ja yhteisten tekijöiden löytämisessä voidaan apuna käyttää ns. ko-

heesiota. Koheesioilla avulla pyritään löytämään ryhmään tai työyhteisöön soveltuvat, yhteiskuntamallista tulevat roolit, jotka täydentävät toisiaan systeemiajattelun kautta.

Osaamisen johtamisen työkaluina on mahdollista käyttää osaamiskartoitusta ja avainhenkilöiden muodostamien työryhmäkeskustelujen tuloksia. Tulosten perusteella on mahdollista koota kuva nykyosaamisesta, jota voidaan verrata tulevaisuuden osaamistarpeisiin sekä organisaation visioon ja strategiaan. Muodostunutta osaamiskuvaajaa voidaan täydentää soveltuvilta osin kehityskeskustelujen ja henkilöstön tyytyväisyyskyselyjen tuloksilla. Osaamista on mahdollista lähteä kehittämään kartoituksen avulla tiedostettujen kehittämistarpeiden ja havaittujen ydinosaamisten perusteella, organisaation visioon ja strategiaan perustuen keskeisiin pätevyksiin kohdentamalla.

Ns. hiljaista tietoa tulee pyrkiä kehittämään ja jakamaan yhteisöllisyyden ja vuorovaikutuksen kehittämisen ja tukemisen avulla. Työryhmien sisäistä sekä esimiehen ja alaisen välistä vuoropuhelua tulee pyrkiä lisäämään. Vuorovaikutuksen ja viestinnän tulee olla avointa, perustua tietoon ja luotettavaksi todettuun aineistoon sekä olla oikea-aikaista suhteessa kehityshankkeen etenemiseen. Tarkoituksenmukaisella ja avoimella viestinnällä ja vuorovaikutuksella ehkäistään kehityshankkeeseen kohdistuvia epäilyjä ja muutosvastarintaa.

Organisaatiossa olevien ammattilaisten asiantuntijuuden kehittymistä ja jalostumista uusien ratkaisujen mukanaan tuomiin haasteisiin tulee pyrkiä tukemaan taitavalla osaamisen johtamisella. Osaamisen ja jatkuvan oppimisen johtamisen tukena toimivat asiaan perehtyneet henkilöstöammattilaiset. Uusista ratkaisuista, tekniikoista ja laitteistoista robottitekniikoineen ja tiedon digitalisoitumisineen tulee etsiä kattavasti tietoa. Talon sisällä olevaa tietoa, kokemusta ja osaamista työkoneautomaatioista ja mallipohjaisesta tiedosta tulee pyrkiä hyödyntämään mahdollisimman tehokkaasti. Tunnistetun, kehittämisen kannalta keskeisen osaamisen yhdistämiseen ja yhteistyötä tukevien prosessien ja toimintatapojen aikaan saamiseen tulee tietoisesti keskittyä.

Kehittämishankkeen myötä muodostettavalle organisaatiolle tulee luoda ilmapiiri ja kulttuuri, missä ollaan valmiita jakamaan osaamista ja hiljaista tietoa, ja jossa uskalletaan kyseenalaistaa nykyiset toimintatavat ja ollaan valmiita kokeilemaan uutta. Keskeisten ryhmien värähtelytasoon tulee kiinnittää huomiota ja pyrkiä kehittämään sitä energisoivaan, innostavaan ja palkitsevaan suuntaan.

4 TUTKIMUSMENETELMÄ

Työ toteutettiin tutkimuksellisenä opinnäytetyönä. Työssä käytettiin pääasiassa kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä, jotka oli valittu tutkimuskohteen esitietämyksen vähyyden vuoksi. Tieteellisenä tutkimusotteena oli objektiivisuuteen painottuva, käytäntöhakuinen kriittis-realistinen paradigma. Metodina käytettiin yksittäisten asiantuntijoiden ja kohderyhmien puolijäsenneltyjä teemahaastatteluja. Haastatteluja täydennettiin osin jatko haastattelujen avulla.

Haastattelut nauhoitettiin ja saadut tulokset litteroitiin sanallisesti kokonaisuudessaan ja tallennettiin tekstimuodossa sekä nauhoitteena haastattelukohteittain jaoteltuna tutkimusaineistoon. Jokainen haastateltava sai litteroidun haastattelun tarkasteltavaksi ja kommentoitavaksi. Haastatteluista saadut tulokset analysoitiin ja tulokset kirjattiin haastattelukohteittain tutkimustuloksiin. Myös analysoidut tulokset toimitettiin haastatelluille kommentoitavaksi.

Tuloksista koottiin tiivistetysti tutkimuskysymyksittäin tarkasteltu aineisto. Tuloksista nostettiin esille automaattioratkaisujen pääasialliset kohteet, jotka asetettiin tärkeysjärjestykseen. Tärkeysjärjestys perustui tutkimustuloksissa esiintyneisiin yhteneväisyyksiin automaattioratkaisun tärkeydestä ja hyödyllisyydestä sekä ratkaisujen käyttöönoton toteuttamisen helppouteen. Tuloksia verrattiin teoretietoon, jonka perusteella laadittiin johtopäätökset ja jatkotoimenpide-esitys tiestön hoitopalveluiden automaation tehostamisesta. Pohdinnassa tuotiin esille tutkimuksen aikana esille nousseita tutkijan omia ajatuksia sekä mahdollisia jatkotutkimusten tai lisäselvitysten kohteita.

Tutkimustyö aloitettiin loppuvuodesta 2016. Destialle luovutettu tutkimusraportti saatettiin valmiiksi ja esiteltiin tilaajan edustajille kesäkuun 2017 lopussa.

4.1 Haastattelut

Laadullisessa tutkimuksessa haastattelut ovat hyvä tutkimusmetodi tutkittaessa ilmiöitä, joista ei tiedetä vielä paljoa. Tehtäessä syvälinen haastattelu etuna on mahdollisuus saada tutkittavasta aiheesta enemmän yksityiskohtaista tietoa kuin esimerkiksi kyselytutkimuksilla. Lisäksi haastattelutilanteet tarjoavat rennomman ilmapiirin, jossa osallistujat tuntevat olonsa mukavammaksi keskusteltaessa heitä koskevasta aiheesta, kuin että täytettäisiin kyselylomakkeita. (Boyce & Neale 2006, 3.) Haastattelu on tutkimusmenetelmänä joustava, silloin kun se on tiedonkeruuseen soveltuvin tapa. Haastattelutilanteessa voi tarvittaessa selittää kysymyksen sisältöä, opastaa vastaajaa (kuitenkaan johdattelematta tätä) ja tarvittaessa tehdä uusia kysymyksiä. (Kananen 2015, 143.)

Haastattelut voidaan tehdä joko strukturoituina (jäsenneilyinä), puoli-strukturoituna (puolijäsenneilyinä) tai strukturoimattomina (jäsenneilymättöminä). Teemahaastattelu lukeutuu jäsenneilymättömään eli strukturoimattomaan haastatteluun. Strukturoidussa haastattelussa tutkijan etukäteen miettimät kysymykset esitetään haastateltaville samassa järjestyksessä. Kyseinen haastattelumenetelmä onkin ennemmin kvantitatiivisen tutkimuksen kuin laadullisen tutkimuksen menetelmä. Strukturoimattomassa haastattelussa esiintyy eriaistaisia haastattelumuotoja. Avoin haastattelu on keskustelua aiheesta, kun taas teemahaastattelussa on tutkija suunnitellut ennakkoon teemat joista keskustellaan. Teemahaastatteluissa keskustelun kulku on vapaa, mutta tutkija pyrkii varmistamaan ennakkoteemoilla aihekokonaisuudet joista keskustellaan. (Kananen 2015, 144-145.)

Haastateltavat valitaan huomioiden tutkittavan ilmiön liittyminen heihin. Ilmiön piirissä olevat henkilöt sekä henkilöt, joita ilmiö koskettaa voi olla hankala määrittellä. Myöskään haastateltavien määrää ei laadullisessa tutkimuksessa usein voida etukäteen määrittellä. Ilmiön kanssa tekemisissä olevien määrä on eräissä tapauksissa niin pieni, että heidät kaikki voidaan valita mukaan tutkimukseen. Ilmiön sisältäessä paljon havaintoyksiköitä, haastateltavia otetaan mukaan niin paljon, että vastaukset alkavat toistaa itseään eli satureoituvat, tai kuten Boyce & Neale esittävät; ”otanta” on riittävä, kun haastateltavilla nousevat esiin samat kertomukset, teemat, ydinasiat ja puheenaiheet. (Kananen 2015, 145-146 ja Boyce & Neale 2006, 3-4.)

Tutkimusongelma ja aineisto ratkaisevat havaintoyksiköiden määrän. Riittäväksi määräksi on eräissä laadullisen tutkimuksen kirjoissa esitetty 12-15 haastateltavaa. Satureoitumisen saavuttamiseksi on jatkuvasti analysoitava kerättyä aineistoa ja tietoa, jotta voidaan päättää, milloin aineistonkeruu on riittävää. Tilanteissa, joissa havaintoyksiköitä on vain yksi tai muutama, satureoitumista ei voida luonnollisestikaan käyttää. (Kananen 2015, 146.)

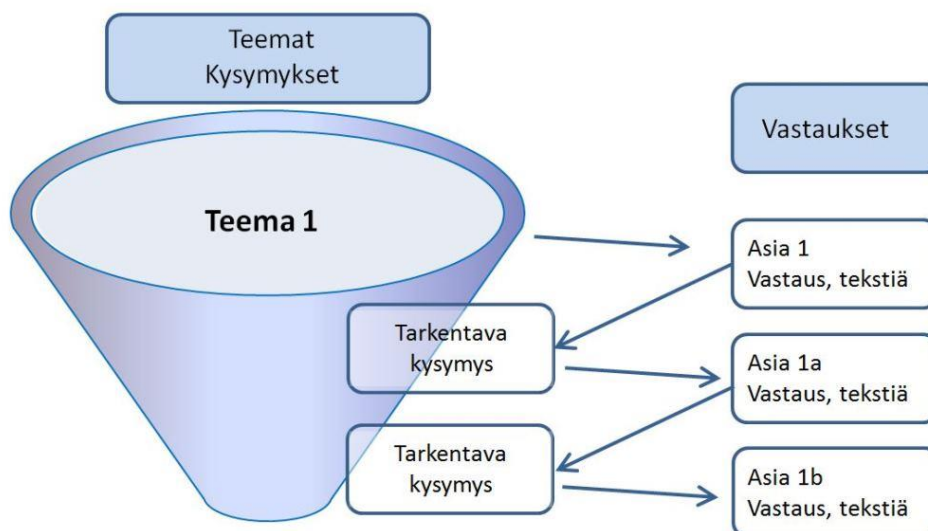
Haastattelussa tutkimusmenetelmänä on myös kompastuskiviä, jotka tulee huomioida. Haastatteluissa tulisi pyrkiä havainnoimaan haastateltavien mahdollinen puolueellisuus esimerkiksi omaa tuotettaan ja tutkimustaan kohtaan. Haastattelut ovat myös aikaa vieviä huomioiden haastattelun suorittamiseen, puhtaaksikirjoittamiseen ja tulosten analysointiin kuuluva aika. Haastattelijan on myös asianmukaisesti harjoitettava haastattelutekniikkaa. Saadakseen parhaiten yksityiskohtaista ja arvokasta tietoa haastateltavalta, tulee haastattelijan luoda miellyttävä ilmapiiri ja näyttää haastateltavalle olevansa kiinnostunut tämän kertomasta. Myös tehokkaiden haastattelutekniikoiden käyttöä on harjoitettava ja vältettävä kylä-ei-vastauksiin johtavia sekä johdattelevia kysymyksiä. Näiden välttämiseksi auttaa mm. asiaankuuluvan kehonkielen tulkinta sekä henkilökohtaisten mielipiteiden hillitseminen. (Boyce & Neale 2006, 3-4.)

Haastattelijan tulee myös välttää keskustelun aiheiden valintaa ja erityisesti subjektiivista valintaa (Kananen 2015, 143). Käytettäessä syvällistä haastattelua tutkimusmetodina, eivät tulokset ole yleensä yleistettävissä. Tämä johtuu tutkimuksessa käytetystä pienestä otannasta sekä siitä, ettei ole käytetty satunnaisen otannan menetelmiä. Syvälliset haastattelut tarjoavat kuitenkin arvokasta tietoa erityisesti muiden tiedonkeruumenetelmien kanssa täydennettynä. On huomioitava yleinen haastattelujen otannan laajuuteen vaikuttava sääntö, jonka mukaisesti riittävä otanta on saavutettu, kun haastateltavilla nousevat esiin samat kertomukset, teemat, ydinasiat ja puheenaiheet. (Boyce & Neale 2006, 3-4.) Tilastotieteellisestä havaintoyksiköiden otannasta ei voida puhua laadullisessa tutkimuksessa. Otanta, otos ja populaatio ovat kvantitatiivisen tutkimuksen käsitteitä, jolloin laadullisessa tutkimuksessa tietolähteiden valinnassa tai raportoinnissa ei saa käyttää näitä käsitteitä, muutoin alennetaan tutkimuksen luotettavuutta. (Kananen 2015, 146.)

4.2 Teemahaastattelu

Teemahaastattelu on kvalitatiivisessa tutkimuksessa käytetyin haastattelun muoto. Haastateltavaa keskusteluttamalla aiheista teemojen avulla, saadaan tutkittavasta ilmiöstä syvällistä tietoa. Silloin, kun ilmiötä ei tunneta, on tarkkojen kysymysten laatiminen mahdotonta. Strukturoidut ja fokusoidut, ilmiön ohittavat kysymykset eivät anna oikeaa kuvaa ilmiöstä ja tutkimus fokusoituu väärin. Haastatteluissa pyritään käsittelemään aihetta teemojen avulla, jolloin haastateltava valottaa keskusteluissa ilmiötä monipuolisesti. (Kananen 2015, 144-145.)

Haastattelu edellyttää vuorovaikutustilannetta haastattelijan ja haastateltavan välillä. Perinteisesti tämä tapahtuu kasvotusten, mutta myös puhelimitse sekä nykytekniikan avulla internetin välityksellä haastattelu on mahdollista. Teemahaastattelu on suositeltava tehdä kasvotusten, jolloin mahdollistetaan laaja-alaisten, teemaa koskevien keskustelujen ja näistä kumpuavien lisäkysymysten syntyminen (ks. kuva 15). Haastattelulla pyritään onkimaan esiin tutkimusongelmaan liittyviä asioita tutkijan ilmiön ymmärryksen kasvattamiseksi. Haastatteluun valmistauduttaessa pyritään välttämään liian tarkkaan määriteltyjä ja lukkoon lyötyjä teemoja ja kysymyksiä. (Kananen 2015, 145 ja 148.)



Kuva 15. Teemahaastattelun logiikka (teema ja tarkentavat kysymykset), haastateltavaa keskustelutettaessa saaduista vastauksista polveilee tarkentavia kysymyksiä (mukaillen Kananen 2015, 149.)

Teemahaastattelu voidaan toteuttaa joko yksilö- tai ryhmähaastatteluna. Yksilöhaastattelut ovat työläämpiä, mutta niissä on mahdollisuus saada tarkemmin esille yksilön mielipide, ajatukset ja tietämys ilmiöstä. Ryhmähaastattelussa tulosten käsittely- ja analysointiainaa tarvitaan vähemmän, jolloin saadaan lyhyessä ajassa tiivistettyä tietoa. Toisaalta ryhmällä voi olla vaikutusta haastattelutilanteeseen. Ryhmähaastattelussa on kyettävä huomioimaan kaikkien mielipiteet ja ajatukset tasapuolisesti sekä annettava kaikille yhtäläiset mahdollisuudet osallistua aineiston tuottamiseen. (Kananen 2015, 148-149.)

Teemojen valinta edellyttää tutkijalta näkemystä tai ennakkotietoa tutkitavasta kohteesta. Teemat tulisi valita siten, että niillä saataisiin koko ilmiö "vangittua" mahdollisimman hyvin ja kaikkien ilmiön osa-alueiden mukaantulo saadaan varmistettua. Haastattelun tekniikka etenee yleisestä yksityiseen, ikään kuin suppilotekniikalla (ks. kuva 15). Teemojen sisällä täsmennetään ymmärrystä ilmiöstä, jolloin voidaan käsitellä yksityiskohdaisiakin kysymyksiä ja lisäkysymyksiä nousee esille saaduista vastauksista. Etenemisen tulisi olla riittävän maltillista, jotta haastateltavan ajatuksissa muhivaa arvokasta tietoa ei menetettäisi liian nopealla tahdilla. Yhden teeman käsittelyn jälkeen siirrytään seuraavaan teemaan. (Kananen 2015, 149-151.)

Laadukkaassa teemahaastattelussa on useita haastattelukierroksia, jolloin etsitään vastaukset haastatteluaineiston analysoinnissa esiin nouseisiin uusiin kysymyksiin ja lisätietojen tarpeeseen. Haastattelussa tulee myös uskaltaa lähteä ennalta arvaamattomillekin poluille, mikäli sellaisia paljastuu. Haastattelukysymykset voivat olla joko avoimia tai suljettuja. (Kananen 2015, 151.)

Suljettuihin kysymyksiin voidaan vastata yleensä hyvin lyhyesti. Laadullisessa tutkimuksessa tulisi välttää strukturoituja kysymyksiä, joiden esittäminen edellyttää vankkaa ennakkonäkemyistä ja teoriapohjaa ilmiöstä. Laadullista tutkimusta voidaanakin päätellä palvelevan parhaiten avoimet kysymykset, joissa käytetään kysymyssanoja: mitä, miksi ja kuinka. Näihin kysymyksiin vastaaminen edellyttää selittämistä. Kysyttäessä väärentyyppisiä kysymyksiä, esimerkiksi suljettuja kysymyksiä aineistonkeruun liian aikaisessa vaiheessa, voi tuloksena haastattelussa olla pahimmillaan koko keskustelun päätyminen. Myös johdattelevien kysymysten käyttöä tulee välttää niiden epäeettisyyden vuoksi. Johdattelulla voidaan vaikuttaa haastattelun kulkuun ja saadaan tulokseksi haluttu vastaus, johon teemahaastateltava luulee tehneensä valinnan itse. Johdattelevien kysymysten käyttö saattaa asettaa työn luotettavuuden kyseenalaiseksi, mikäli vastauksia käytetään tulkinnassa hyväksi. Kysymysten valikointi sekä ilmiön osaa koskevien kysymysten tai jatkokysymysten esittämättä jättäminen tulkitaan epäeettiseksi toiminnaksi. Mikäli tiettyjä rajoituksia ilmiön käsittelyssä tehdään, tulisi siitä kertoa tutkimusongelman määrittelyn yhteydessä. (Kananen 2015, 150-152.)

Teemahaastattelun tallentamisessa tulisi käyttää digitaalista nauhuria, jolloin haastattelija vapautuu mekaanisesta kirjaamisesta ja voi keskittyä itse haastatteluun saattaakseen tilanteesta mahdollisimman luonnollisen. Haastattelun litteroinnissa eli aukikirjoittamisessa kirjataan haastattelijan sanomiset siten, että saadaan poimittua tämän kertoma asia. Digitaalisessa tallenteessa on etunsa sen autenttisuuden vuoksi. Lisäksi talteen saadaan kaikki haastateltavan kertoma, myös äänenpainot, tauot ym. seikat, jotka voivat olla ilmiön ymmärtämisen kannalta tärkeitä. (Kananen 2015, 152.)

Teemahaastattelu on myös mahdollista tehdä internetin vuorovaikutteisia sovelluksia käyttäen, esimerkiksi videoneuvottelulla. Myös pelkkää ääntä käyttäen puhelimitse tai esimerkiksi Skypellä tms. on mahdollista haastatella huomioiden haastattelutekniikan rajoittuneisuus. Sähköpostihaastattelu on mahdollista, kun aihetta käsitellään teemoittain, yleisestä yksityiskohtaiseen etenevällä kaavalla ja useiden viestien välityksellä. Sähköpostihaastattelulla pyritään jäljittelemään perinteistä teemahaastattelun logiikkaa ilman kasvokkain tapahtuvaa kontaktia. Aineistonkeruu voi muodostua pitkäksi, mutta etuna on tekstimuotoinen tuotos sekä joustavuus haastateltavan kannalta. Kysymyksiin ja niitä seuraaviin jatkokysymyksiin voi vastata omaan tahtiin. Sen sijaan nettikyselyn avulla tapahtuva tiedonkeruu ei ole teemahaastattelu, eikä sitä voida pitää muunakaan hyväksyttynä tieteellisen tiedon luotettavana keruumenetelmänä. Tällainen varsin yleistynyt tapa on lähettää muutama avoin kysymys sähköpostin liitteenä ja pyytää vastaanottajilta näihin vastaukset paluupostina. (Kananen 2015, 153 ja 186.)

Haastattelutilanne on usein ainutlaatuinen tapahtuma ja haastattelu kannattaakin suunnitella etukäteen mahdollisimman hyvin. Haastattelua

varten kannattaa laatia suunnitelma, jossa huomioidaan tilanteen vaatima hienovaraisuus sekä teemojen sisällön ja aiheiden yksityiskohtainen käsittely. (Kananen 2015, 153.) Haastattelusuunnitelman laatimista on kuvattu taulukossa 3.

Taulukko 3. Haastattelusuunnitelman laatiminen (mukaillen Boyce & Neale 2006, 4-7 ja Kananen 2015, 154.)

Haastattelusuunnitelma	
Suunnitelma	
Tutkimuskysymys-kysymykset	
Mitä aineistotietoa tarvitaan tutkimuskysymyksen ratkaisemiseksi?	
Teemahaastattelurunko (ks. erilliset taulukot)	
Ketä haastatellaan?	
Perehdy haastattelun eettisiin kysymyksiin.	
Protokollan suunnitelma	
Mitä kerrotaan haastattelun alussa?	
Mitä kerrotaan tutkimuksen tarkoituksesta ja luottamuksellisuudesta?	
Mitä aineistonkeruuvälineitä käytetään (nauhuri, muistiinpanot; niiden tarkkuustaso)?	
Tutkimuksen toteutus	
Yhteydenotto	Ota yhteyttä tutkittaviin, kerro työn tavoitteet ja sovi tutkimusajankohta.
Varmista teknisten välineiden toimivuus ja käyttöosaaminen.	Harjoittele välineiden käyttöä.
Haastattelutilanne	Mene ajoissa haastatteluun, esittele itsesi ja kertaa tutkimuksen tavoitteet, luottamuksellisuus, kesto ja yhteystiedot. Pyydä haastateltavalta myös lupa tutkimukseen.
Haastattelu	Aloita teemahaastattelu pitäen silmällä teemahaastattelurungon kohtien toteutumista.
Tilaisuuden lopettaminen	Kiitä tutkimuksesta
Jälkihoito	Toimita litteroitu haastattelu ja johtopäätökset tutkittavalle.
Tulosten hyväksyttäminen	Tutkittavan tulosten hyväksyttämistä voit hyödyntää opinnäytetyösi luotettavuustarkastelussa.

Teemahaastattelu pitämiseksi ytimekkäänä ja kaikkien ilmiöön liittyvien osa-alueiden kattavan käsittelyn varmistamiseksi haastattelua varten laaditaan runko. Teemahaastattelun runkoon kirjataan etukäteen keskustel-

tavat aiheet. Aihealueiden tulisi kattaa tutkittava ilmiö. Haastattelua ei ole tarkoitus toteuttaa orjallisesti suunnitelman mukaan, vaan rungon avulla varmistetaan, että kaikista osa-alueista keskustellaan. Keskustelun aikana aineistosta esiin nousevia uusia kysymyksiä ja sivujuonteita käsitellään yhdessä haastateltavan kanssa. (Kananen 2015, 154-155.)

4.3 Tutkimuksen validiteetti ja reliabiliteetti

Tutkimustulosten sisältöä analysoitaessa pyritään sisältövaliditeetin arviointiin, jossa tutkimukseen valittujen haastattelujen ja havainnointien edustavuutta arvioidaan verrattuna tutkimuskysymykseen sekä tutkimusta varten tehtyyn otantaan. Sisältövaliditeetti kuvastaa sitä, kuinka hyvin aineiston analysointimenetelmä vastaa tutkimusaineistoa ja koottu aineisto ulkopuolisia kriteereitä. Jotta ulkopuolinen pystyisi arvioimaan tutkimusprosessia, on prosessin oltava arvioitavissa ja arvioijan kyettävä seuraamaan tutkijan päättelyä. Tutkijan tulee mahdollisimman selvästi kuvata aineistonsa, tekemänsä tulkinnat sekä ratkaisu- ja tulkintatavat pystyäkseen osoittamaan, etteivät tulokset perustu pelkästään tutkijan henkilökohtaiseen intuitioon. (Hiltunen 2009.)

Tutkimusmenetelmän reliabiliteettia arvioidaan mittaamalla haastattelussa toistuvan ilmiön tarkkuutta, jolloin samanlaisen useasti toistuvan ilmiön rekisteröinnissä havaitaan jokin yhtäläisyysaste. Esimerkiksi haastattelututkimuksessa menetelmän tarkkuutta voidaan arvioida kysymällä samaa asiaa eri muodoissa samassa haastattelutilanteessa. Mahdollisessa uusintahaastattelussa voidaan kerrata samoja asioita ja näin saatuja tuloksia verrata keskenään. Tutkimustulosten toistettavuus pyritään pitämään mahdollisimman hyvänä mm. tutkimuksen suorittamisen (mm. haastateltavat ja haastatteluolosuhteet ym.) tarkalla dokumentoinnilla. (Hiltunen 2009.)

5 TUTKIMUSTULOKSET

Pääasiallisena tutkimusmetodina käytettiin puolijäsenneltyjä eli puoli-strukturoituja teemahaastatteluja, joissa käsiteltävät teemat ja osittain myös teemojen mukaiset kysymykset olivat etukäteen mietittyjä. Pääteemojen valinnan sekä kysymysrunгон oli tutkija laatinut teoriasta luodun tietopohjan sekä työn tilaajan ohjaajilta saadun opastuksen perusteella.

Haastattelut toteutettiin syvällisinä haastatteluina, jotka soveltuvat hyvin kvalitatiiviseen tutkimukseen. Tässä tutkimuksessa haastattelut päädyttiin suorittamaan kasvotusten, jolloin haastattelusta oli mahdollista saada kaikki hyöty ml. haastateltavien kehonkielen kautta. Haastateltavat valittiin huomioiden tutkittavan ilmiön liittyminen heihin. Ilmiön piirissä ole-

vat henkilöt sekä henkilöt, joita ilmiö koskettaa valikoituivat tutkijan intuition sekä opinnäytetyön ohjaajien myötävaikutuksen perusteella. Osa haastatteluista (laitevalmistajat ja työnjohto) suoritettiin yksilöhaastatteluina. Työn suorittajat eli tienhoitoajoneuvojen kuljettajat haastateltiin ryhmänä. Osa haastatteluista täydennettiin jatkohaastatteluilla joko kasvotusten tai puhelimen välityksellä.

Teemoista keskusteltiin haastattelun aikana melko vapaasti ja kysymysrungon avulla pyrittiin saamaan esille oleelliset asiat. Kysymyksiin kirjattiin suorat vastaukset, mikäli niitä saatiin ja saaduista vastauksista polveutuneiden tarkentavien kysymysten sekä syntyneen keskustelun avulla ilmiötä pyrittiin tarkentamaan.

Haastattelusuunnitelma laadittiin taulukossa 3 esitetyllä periaatteella. Haastattelusuunnitelma on opinnäytetyön liitteenä 1. Teemahaastattelujen rungot ovat liitteinä 2-7.

5.1 Tutkimusaineiston analysointi

Automaation nykytilanteesta kansainvälisellä tasolla löydettiin kohtuullisen hyvin kirjallisuutta, tutkimusraportteja ym. aineistoa, jonka perusteella saatiin luotua tilannekatsaus. Lisäksi löydettiin aineistoa kotimaasta robotisaatioon ja liikenteen digitalisaatioon liittyen. Kirjallisuudesta kootun tietoperustan avulla pystyttiin tutkimuksen empiirisessä osassa keskittymään oleellisiin teemoihin.

Haastateltaviksi valittiin esitietojen perusteella tienhoidon sekä maatalouden laitevalmistajien edustajia, digitalisaation asiantuntija sekä hoidon ja ylläpidon avainosaajia niin työnjohdosta kuin työntekijäpuolelta. Haastattelut suoritettiin teemahaastatteluina, joko yksittäisinä tai ryhmähaastatteluina kevään ja alkukesän 2017 aikana.

Teemahaastattelujen runko oli jaoteltu tutkimuskysymyksittäin jaettuuihin aihealueisiin, teemoihin. Teemoja täydennettiin tarvittaessa lisäkysymyksillä, jotka oli saatu osittain aihetta koskevasta taustatiedosta. Teemoja täydentävien kysymysten avulla pystyttiin luomaan haastattelutilanteista hyvin laaja-alaisia. Haastattelujen alussa esiteltiin mm. teoriaosuudessa esiin tulleita tietoja, tutkimustuloksia ja –raportteja, joiden avulla saatiin aikaiseksi aihetta syventäviä keskusteluja. Lisäksi käsiteltiin muista haastatteluista saatuja tietoja, joiden avulla ilmiötä pyrittiin tutkailemaan monipuolisemmin. Keskustelujen annettiin rönsyillä, mutta lähtökohtaisesti pyrittiin pysymään aiheita koskevien teemojen rajoissa. Haastatteluista saatujen tietojen avulla luotiin hyvä kokonaiskuva Suomessa laitevalmistajien kehittämistä ratkaisuista ja tulevaisuuden näkymistä niin tienhoidossa kuin maataloudessakin. Lisäksi saatiin syventävää tietoa liikenteen digitalisaatiosta ja siitä seuraavista vaatimuksista, mutta myös mahdollisuuksista tienhoidolle.

Tilaaajan pyynnöstä tutkimustulokset asetettiin tärkeysjärjestykseen automaattioratkaisun merkityksellisyyden ja toteuttamiskelpoisuuden mukaan. Tärkeysjärjestyksen perusteella laadittiin esitys tienhoidon automaation edistämisestä.

Tutkimuksesta tuotettu kirjallinen raportti luovutettiin Destia Oy:lle kesäkuun 2017 lopussa hoitopalveluiden automaation edistämistoimenpiteiden jatkotutkimuksia ja toiminnan kehittämisen suunnittelua varten. Julkisenä opinnäytetyönä tutkimustulokset ovat kaikkien alalla toimijoiden hyödynnettävissä.

5.2 Laitevalmistajien haastattelut

Laitevalmistajista haastateltaviksi valikoitui Arctic Machine Oy (AM), joka on Suomessa lähestulkoon ainoa tienhoitoautoja ja -laitteita valmistava yritys. Arctic Machinella on kattavasti tuotekehitystä, mekaanista ja sähkösuunnittelua, ohjelmointia ym. Suomessa, joten tietotaito on hallussa. Arctic Machine on lisäksi tehnyt Destian kanssa yhteistyötä useissa tuotekehityshankkeissa. Arctic Machinella työskentelee n. 70 henkeä, päätoimipaikka on Jyväskylässä ja toinen toimipaikka Suonenjoen lisvedellä. Venäjällä on lisäksi tytäryhtiö, jonka pääkonttori on Moskovassa ja Pietarissa on asennuspiste. Venäjällä ei valmisteta laitteita, vaan siellä keskitytään Pietarissa asennustoimintaan. (Arctic Machine Oy ja Mäkipää 2017.)

Maatalouden koneiden ja laitteiden valmistajista haastateltavaksi valikoitui Valtra Oy, joka on Pohjoismaissa ja Etelä-Amerikassa johtava maataloustraktoreiden valmistaja ja palveluiden tarjoaja. Tienhoidossa alempi-luokkaisilla teillä käytetään runsaasti myös maataloustraktoreita. Kiinnostuksen kohteena haastattelussa olikin maatalouden koneautomaation kehitysnäkymät tienhoidon tarpeita silmällä pitäen. Lisäksi keskusteltiin maatalouden käyttöön kehitetyn Valtra Smart –raportointijärjestelmän hyödyntämismahdollisuuksista tienhoidossa. AGCO Suomi Oy kuuluu Valtra Oy:öön, jonka päätoimipaikka on Äänekoskella Suolahdessa. AGCO Suomella on monipuolisista myynnin ja huollon osaamista työllistään Suomessa kaikkiaan 210 henkilöä. AGCO Suomella on toimipisteitä ympäri Suomen. Kotimaan traktoreiden ja näiden lisälaitteiden, samoin kuin Sampo puimureiden myynti hoituu 50 myyntimiehen voimin. Valtran traktoritehtaat sijaitsevat Suolahdessa ja Brasiliassa. Suolahdella työskentelee 800 henkilöä. (Valtra 2017 ja Päivikkö 2017.)

Valtran kanssa tiiviistä yhteistyötä tekevän LLP Farm Machinery Group Oy:n (FMG) laitteisiin päästiin tutustumaan ja laitteista hieman keskustelemaan Valtran ja FMG:n yhteisessä laite-esittelyssä. FMG kehittää, valmistaa ja toimittaa traktoreihin tie- ja kiinteistöhoitotyökaluita. Markkina-alueina ovat Pohjoismaat, Baltia, Venäjä ja Eurooppa. (LLP Farm Machinery Group Oy 2017 ja Päivikkö 2017.)

5.2.1 Arctic Machine Oy

Arctic Machine Oy:ltä haastateltavana oli 28.4.2017 viennin myyntijohtaja Janne Mäkipää. Teemahaastattelussa käytettiin liitteessä 2 esitettyä runkoa, jota täydennettiin liitteessä 3 esitetyillä lisäkysymyksillä. Haastattelun aikana keskusteltiin automaatiosta ja robotiikasta sekä yleisellä tasolla digitalisaatiosta ja älyautoilusta. Keskustelussa tarkennettiin käsiteltävää aihetta riippuen siitä, kuinka hyvin aihe liittyi tutkimuskysymyksiin ja tutkittavaan aihealueeseen. Keskustelua käytiin osittain ClearRoadsin loppuraportissa esitetyistä aiheista (Thompson Engineering Company 2014). Keskustelu oli hyvin laaja-alaista ja tietoa kertyi runsaasti.

Teemahaastattelussa käytiin keskustelua Yhdysvalloissa ja Euroopassa tutkituista ja käytössä olevista suolainrobotiautomaateista ja niihin liittyvistä ratkaisuista sekä teknisistä ongelmista. Arctic Machinen suolainten ym. lisälaitteiden ohjaimista ja niiden edistyneistä ominaisuuksista sekä suolan levityksestä esimerkiksi painesuuttimien avulla ja yleisesti ottaen liuossuolauksesta, lämpötila- ym. antureiden käytöstä suolan annostelussa ym. keskusteltiin monipuolisesti. Keskusteluissa tuli esille myös Arctic Machinella tehty kehitystyö liittyen sivuauran ja suolainautomaatin yhteistoimivuuteen sekä kaksoisterän automatisointiin. Alusteräautomatiikasta keskusteltiin sekä sivuauran anturoinnista ja proportionaalisesta ohjauksesta. Myös aurojen lumisuihkunohjausta ja siihen liittyen jo tuotannossakin olleista ratkaisuista keskusteltiin. Lyhyesti keskusteltiin infrapunakameroiden käyttömahdollisuuksista sekä tällä hetkellä kehitystyön alla olevasta laitteiden itsekalibroinnista. Sääolosuhteiden ja -ennusteiden vaikutuksesta sekä tienpinnan lämpötilan, kitkan ym. mittaamisen vaikutuksista toimenpiteisiin keskusteltiin melko syvällisesti. Tiedonsiirto-standardeista sekä käytössä olevista eri standardeista ja näiden ominaisuuksista keskusteltiin yleisellä tasolla. Loppupäätöksenä mietittiin automaation kehitystyötä ja siihen liittyviä riskejä yleisellä tasolla, automaation tulevaisuudennäkymiä sekä liikenteen digitalisaation vaikutuksia tienhoidolle ja kunnossapidolle.

Arctic Machinen toivomuksesta haastattelusta saadut yksityiskohtaiset ja käynnissä olevaa kehitystyötä käsittelevät tutkimustulokset jäävät Destian ja Arctic Machinen väliseen käyttöön mahdollisen kehitysyhteistyön pohjaksi.

5.2.2 Valtra Oy Ab ja FMG Oy

Valtra Oy:ltä haastateltavana oli 29.5.2017 tuotepäällikkö Pekka Päivikkö. Haastattelu suoritettiin Äänekoskella Suolahden tehtaalla. Ennen haastattelua käytiin tehtaalla tutustumiskierroksella. Teemahaastattelussa käytettiin liitteessä 4 esitettyä runkoa. Haastattelun aikana keskusteltiin maatalouden automaatiosta ja robotiikasta sekä yleisellä tasolla digitalisaatiosta ja älyautoilusta. Haastattelussa tuotiin esille mm. tienhoidossa kehitetyistä laitteista ja menetelmistä löydettyjä tietoja sekä tienhoidon

laitevalmistajalta saatuja tietoja ja peilattiin tuloksia tutkimuskysymysten valossa maataloudessa käytössä oleviin ratkaisuihin. Haastattelua täydennettiin vierailulla 30.5.2017 Valtran ja LLP Farm Machinery Group Oy:n (FMG) yhteisessä laite-esittelyssä Vermon raviradan pysäköintialueella Espoossa, jossa laitteistoa esitteli Jarkko Hyyrönmäki FMG:ltä. Haastattelu ja keskustelut laite-esittelyineen olivat antoisia ja aiheita käsiteltiin hyvin monipuolisesti.

Automaation ja digitalisaation hyödyntäminen Valtran laitteissa

Tällä hetkellä Valtran laitteissa hyödynnetään automaatiota ja robotiikkaa automaattiohjauksessa, jonka sijainnin tarkkuus on 1,5 cm. Automaattiohjauksessa toistetaan aiemmin tallennettua toimintoa. Sijainnin määrittäminen perustuu GPS-paikannukseen, jonka tarkkuutta parannetaan korjaussignaaleilla eli RTK-signaaleilla. RTK-signaalin lähettää Geotrim Oy ja se vastaanotetaan automaattiohjauksen antenniyksikköön integroidulla modeemilla. Ilman korjaussignaalia paikannuksen tarkkuus olisi n. 20...50 cm. Myös 5G-verkon tuomia mahdollisuuksia tutkitaan ja sen käytössä halutaan olla eturintamassa, sillä 5G-verkolla on suoria vaikutuksia automaattiohjaukseen. 5G-verkossa tarkkuus olisi niin hyvä, että erillistä korjaussignaalia ei tarvittaisi. Verkon toiminta tosin arveluttaa, mikäli automaattisia autoja alkaa olla paljon käytössä.

Automaattiohjauksessa laitteisto ohjaa traktoria ja kuljettaja tarkkailee traktorin kulkua ja laitteiden toimintaa. Automaattiohjaus toteuttaa aiemmin tallennettua toimintaa, joka voi olla esimerkiksi edellisenä vuonna tehdyt toiminnot kyseisellä alueella. Työlaitteeseen on määritettävissä työleveys, jonka perusteella automaattiohjaus siirtää kuljettavaa reittiä aina asetetun leveyden verran sivulle. Valtralla on vakiona kaikissa toiminnoissa myös "Section Control", jonka avulla voidaan esimerkiksi pellon eri lohkot ruiskuttaa siten, että niille tulee saman määrä ainetta, vaikka peltolohkot olisivat erimuotoisia. Tallennettua maanpintatietoa voidaan käyttää hyväksi myös määritettäessä työkoneelle enimmäistyösyvyyksiä, jolloin työlaite osaa laskea työstettävän enimmäistyösyvyyden esimerkiksi salaojitetulla pellolla. Lisäksi olemassa olevien salaojien ja maanpinnan korkeustietojen avulla on mahdollista muokata pellon pinnan kaltevuudet kohti salaojia pellon tasoitustyön yhteydessä.

GPS-paikannukseen perustuvan ohjauksen lisäksi on olemassa kompassiohjaus, jossa määritellään pellon päässä lähtöpiste ja toisessa päässä päätepiste. Näiden pisteiden välille automaattiohjaus osaa laskea esimerkiksi 5 metriä leveälle työkoneelle sivuttaissiirtymän kääntyessä pellon toisessa päässä, jotta koko pelto tulee aukottomasti käsiteltyä. Työkoneella voidaan siirtyä vaikka pellon toiseen laitaan ja järjestelmä osaa silti laskea ajolinjat siten, että koko pelto tulee käsiteltyä. Kompassin avulla suunnan voi kääntää esimerkiksi 45 asteen kulmaan, jolloin järjestelmä osaa laskea pisteet vastaavassa kulmassa. Eri variaatiot ovat joissain tapauksissa tarpeen. Järjestelmä löytää myös automaattisesti takaisin kesken jääneeseen kohtaan, mikäli pellolta välillä poistutaan.

Suonentieto Oy kehittää ohjelmistoja Valtra Smartiin perustuen. Viljelyssä käytettävään AgriSmart-ohjelmistoon (Suonentieto Oy n.d.) voidaan syöttää tietoa esimerkiksi silmämääräiseen havaintoon perustuen jollekin alueelle tarvittavasta lisälannoituksesta, jolloin ohjelmisto syöttää tiedon suoraan työkoneelle. Tiedon syöttäminen on mahdollista tehdä ohjelmistoon myös etäkäytöllä. Yleensä tiedon syöttäminen perustuu kokemukseen, havaintoihin tai mitattuihin tietoihin. Pellolle voidaan myös määrittellä eri alueilla käytettävät aineet ja näiden määrät. Kylvölannoittimessa voi olla esimerkiksi neljää eri ainetta, joiden levitystä; mitä laitetaan ja minne, pystytään ohjaamaan etäkäytöllä. Valtra käyttää ohjausjärjestelmässään termiä ”maalaukset”. Järjestelmä värjää käsitellyn alueen kartalla, jonka pystyy tallentamaan ja lähettämään eteenpäin.

Maataloudessa traktoreissa voi olla käytössä myös optisiin sensoreihin perustuva laite, jolla tutkitaan kasvien lehtivihreää. Laitteella havaitaan kasvien puutostilat, jolloin voidaan työn aikana säätää esimerkiksi lannoiteainetta ja sen määrä. Peltojen kuvaukseen käytetään myös lennokkeja, ”droneja”, joiden avulla lehtivihreän vaihtelut voidaan kuvata ylhäältä päin. Ilmasta käsin saadaan kattava kuva pellon tilanteesta ja voidaan täsmäohjata lannoituksia.

Tietojen kerääminen ja raportointi

Traktori on datan tuottaja ja käytettävissä olevan tiedon määrä on lähes rajatonta. Traktorista saadaan kaikki mahdolliset tekniset tiedot ja mahdollisuuksien mukaan myös työlaitteesta tarvittavat tiedot sidottuna paikkatietoon. Isobus-tiedonsiirtojärjestelmän avulla traktori ja työkone keskustelevat keskenään. Tiedot kerätään Valtra Smart -järjestelmään, josta ne voidaan kerätä edelleen Valtra Smartin pohjalle kehitettyihin järjestelmiin, kuten AgriSmart ja Nosteco Oy:n kehittämä InfraSmart (Nosteco n.d.). InfraSmart on kehitetty erityisesti tienhoitourakoitsijoiden tarpeisiin. Kuljettaja ei pysty manipuloimaan traktorin ja laitteiden tuottamaa dataa, mikä varmistaa tiedon luotettavuuden. Tietoa voitaisiin hyödyntää useisiin eri tarkoituksiin, mikäli luotaisiin tiedonkäsittelyyn järjestelmä ja tarvittavat ohjelmat. Monella traktoriurakoitsijalla olisi erilaisia käyttökohteita, joissa saatavaa tietoa pystyttäisiin hyödyntämään. Tienhoidossa tietoa pystytään hyödyntämään toimenpiteiden, esimerkiksi hiekoitusten raportoinnissa.

Valtra Smartissa on esimerkiksi käyttökustannukset saatavissa reaaliaikaisesti. Vertailuun voidaan ottaa vaikka tietty tieosuus, jolla tehtävälle työlle rekisteröityy käytetty työaika, polttoaineen kulutus, tarvittaessa järjestelmän kautta kuljettajan palkka ym. tiedot, jolloin nähdään työkustannukset hyvinkin tarkasti. Lisäksi yhtenä esimerkkinä jousituksen liikkeitä ja kallistuksia mittaamalla, kiihtyvyyssanturitietoja hyväksikäyttämällä, sekä näiden kaikkien tietojen paikkatietoon sitomisella, voitaisiin tehdä päätelmiä tien kunnosta ja rekisteröidä tarvittavaa tietoa.

Maatalouden EU-raportointiin tarvittavat tiedot saadaan suoraan Valtra Smartin ja tarvittaessa lisäohjelman, esimerkiksi AgriSmartin avulla. AgriSmartissa toimenpiteen yhteydessä on valittava, mikä toimenpide on kyseessä, mutta alue tallentuu automaattisesti. Mikäli työkoneessa olisi toiminnon tunnistus, niin sekin tieto tallentuisi automaattisesti. Määrä, esimerkiksi apulannan levitysmäärä tallentuu automaattisesti. Säätietojen tallentuminen olisi hyödyllinen tieto ja sen ominaisuuden kehittämistä on ollut puhetta. Traktorissa voisi olla oma sääasema, joka tallentaa vallitsevia säätietoja. Esimerkiksi ruiskutuksissa on määräyksensä, kuinka ruiskutusta saa vesistöjen ym. vieressä suorittaa, jolloin tuulensuunta vaikuttaa ruiskutusten suojarajoihin. Mikäli ruiskutuksen aikana tuuli kävisikin toisesta suunnasta, vesistöä päin, työ voitaisiin tehdä lähempänä vesistöä ja järjestelmään jäisi talteen tiedot sen hetkisestä tuulen suunnasta ja voimakkuudesta. Tuuli vaikuttaa myös turvesoilla turpeen nostamiseen.

Tietoturva

Ohjainnäytöt näyttävät traktorin ja siihen kytkettyjen laitteiden tietoja. Tietoturvan vuoksi traktorista ainoastaan lähetetään tietoa, eikä vastaanoteta mitään ulkopuolista tietoa. Mikäli jotain tietoja on tarve vastaanottaa, se tapahtuu erillisellä näyttölaitteella, esimerkiksi tablet-tietokoneella. Vastaanottavassa näyttölaitteessa, esimerkiksi tabletissa, toimii taustalla sovellus, joka käy noutamassa tarvittavat tiedot Valtran tietokannasta. Näin saadaan itse työkone pidettyä erillään internetistä ja sen aiheuttamasta tietoturvariskistä.

Maatalouden järjestelmien hyödyntäminen tienhoidossa

Maataloudessa puhutaan ns. täsmäviljelystä, jossa käytetään automaattiajamista yhdessä eri säätö- ja raportointijärjestelmien kanssa hyväksi. Osa toiminnoista voisi hyvin olla suoraan hyödynnettävissä tienhoidon tarpeisiin. Esimerkiksi peltoviljelyssä käytettävä, edelliseen tallennettuun toimintoon perustuva työn toistaminen voisi olla sovellettavissa pellon sijaan myös 100 km pitkällä tieosuudella. Tallennetun reitin ja paikkatietoon sidotun toiminnan avulla olisivat parhaimmillaan esimerkiksi tien aurausviitat tulevaisuudessa tarpeettomia. Traktoriin kytketyn tienhoidon työkoneen ja Isobus-tiedonsiirtojärjestelmän toimintaa olisi hyvä testata käytännössä. Yhteistyönä tehtävät tutkimukset esimerkiksi Destian, Valttran sekä työlaitteiden valmistajan kanssa olisivat mahdollisia.

Maataloudessa pystytään esimerkiksi päättelemään kuinka kuohkeaa käsiteltävä maa on, kun seurataan traktorin tehoja ja kuinka paljon traktoriin kiinnitetty työlaite ottaa tehoa. Vastaavaa sovellusta voitaisiin käyttää esimerkiksi tielanaa vedettäessä, jolloin pääteltäisiin kuinka paljon siinä on vastusta. Lisäksi kiihtyvyyssantureiden lähettämästä värinä tiedosta voitaisiin tehdä päätelmiä tien tasaisuudesta ja tasauserroksen paksuudesta. Kiihtyvyyssanturit ovat lanassa itsessään kiinni ja etäseurantajärjestelmällä tieto pystytään toimittamaan traktorin kautta eteenpäin.

Valtra Smart –järjestelmän hankintahinta on verottomana 300 euroa ja halvimmillaan RTK-signaalin saa noin kymmenellä eurolla kuussa. Mikäli halutaan täydellinen paketti, johon tulee myös huollon etäyhteydet ja muut huollon seurantapalvelut, maksaa järjestelmä jonkun verran enemmän. Peruspaketti on kuitenkin riittävä tienhoitotöitä ajatellen.

FMG:n tielana

Valtra on ollut mukana Liikenneviraston ja FMG:n tekemässä tutkimuksessa, jossa tutkittiin tielanaan yhdistettyjen kiihtyvyyssantureiden tuottamaa tietoa tien tasaisuudesta ja tiedon hyödyntämistä lanaustyön ohjaamisessa. Tutkimuksen yhteydessä puhetta oli ollut mm. lin alueurakasta ja siellä käytössä olevista matkapuhelinten kiihtyvyyssantureihin perustuvasta tienpinnan tasaisuuden mittaamisesta. Testauksessa käytössä oli lanoista suurin malli, TLN570. Ajatuksena oli selvittää kuinka kokematonkin kuljettaja pystyisi saamaan tiestä tasaisen mm. tärinämittaukseen perustuvan tasaisuustiedon avulla.

FMG valmistaa kolmen kokoisia tielanoja; TLN370, TLN430 ja TLN570, joiden paino on 3700-5700 kg. Suurimman lanan työleveys on 3,7 m, joten leveämpikin tie tulee valmiiksi edestakaisella ajolla. Lanassa on kolme tai neljä ottavaa terää ja terät voidaan varustaa tasa- tai tappiterillä. Lanan kallistuksella ja erikseen säädettävällä etuterällä voidaan muotoilla tie haluttuun muotoon. Tulevaisuudessa terille on mahdollista syöttää ohjaavaa tietoa eli esimerkiksi tarvittavat kallistuskulmat. Tämä ominaisuus on vielä kehitystyön alla. Lanan takaosassa olevaan rengaspakkeriin on saatavissa valmiin pinnan rekisteröivä kallistusautomaatiikka.

Lanan päälle on lisäksi asennettavissa liuossäiliöitä, joita voi olla neljää erilaista liuosta varten. Liuos levitetään tienpinnan pölynsidontaan lanan takaosassa, ennen tiivistävää rengaspakkeria. Kuva FMG:n tielanasta löytyy liitteestä 12.

Traktoriin kytkettynä lanaan on saatavissa satelliittipaikannukseen perustuva raportointi. Valtraan yhdistettynä käytössä on Valtra Smart ja lisäksi esimerkiksi InfraSmart-ohjelmisto. Tiedonsiirto tapahtuu Isobus-järjestelmällä CAN-väylää pitkin. Laiteohjaus tapahtuu yhdellä ”joystickillä” ja lanan toiminnoille on olemassa oma näyttö, jossa toiminnot näkyvät. Mahdollisen kallistusautomaatiikan tiedot on saatavissa samaan näyttöön.

Alaterä traktoriin

FMG valmistaa myös alateriä traktoreihin. Alateriin on saatavissa kallistusautomaatiikka, jolla painatusta voidaan ohjata puolelta toiselle. Lisäksi terään on saatavissa kaltevuusanturit, jotka näyttävät kallistuskulman asteina ohjaimen näytöllä. Kallistuskulman näyttävän automaatiikan hinta on verollisena noin 1 430 euroa. Tarvittaessa toiminnot tallentuvat muiden tietojen ohella traktorin ajantasaiseen raportointijärjestelmään.

Ajatuksia suolauksesta traktorilla

Keskustelussa todettiin, että traktoreita voisi periaatteessa käyttää suolauksessa samoin, kuin tienhoitoautojakin. Liikennetraktoreiden nopeus on uusissa malleissa 60 km/h, mikä riittäisi myös päätieluokan hoitotoimenpiteissä. Tienhoitoautojenkaan nopeus ei voi juuri vastaavaa suurempi olla. Traktoreiden käyttämisellä pääteiden hoidossa saataisiin niiden monikäyttöisyyttä lisättyä. Esteenä on tähän asti ollut ELYn kanta, joka kieltää I-luokan teillä traktoreiden käytön tienhoidossa.

Traktoreissa on valmiiksi runsaasti automatiikkaa ja valmiuksia eri toimintoihin. Traktori on ikään kuin energian ja informaation lähde ja työlaite tekee työn. Esimerkiksi traktoriin kiinnittävässä noukinvaunussa on kaikki tarvittava äly. Työlaite keskustelee traktorin kanssa Isobus-tiedonsiirtojärjestelmällä ja kytkettäessä eri työlaite traktorin ohjain muuttuu vastaavasti. Vielä ei ole kokeiltu, että siirrettäisiin toimintoja suoraan viljelytekniikasta tienhoitoon, mutta laitteiston ja Isobus-järjestelmän soveltuvuutta esimerkiksi tien suolaukseen olisi mahdollista testata. Esimerkiksi FMG:n valmistama vaihtolava-alustainen peräkärri soveltuisi testaukseen. Peräkärriin kyytiin otettaisiin suolainautomaatti, josta kiinnitettäisiin hydraulikan ja tiedonsiirron johdot kiinni traktoriin. Suolauksessa voitaisiin mahdollisesti hyödyntää toiminnon tallennusta. Lisäksi järjestelmään voitaisiin periaatteessa määritellä esimerkiksi tietosia, joille suolaa levitettäisiin enemmän ja toisille vastaavasti vähemmän. Tiedon syöttäminen ohjaimen onnistuu esimerkiksi Excel-muodossa, jonka jälkeen ohjain välittää tiedon työkoneelle.

Kuormien punnitus ja itsekaliibrointi

Kuorman paino saadaan paineenmittauksella ilma- tai hydraulisesta jousituksesta. Mikäli halutaan tarkempaa mittaustietoa, käytetään venymäliuskoja. Vakiona painemittaus ei Valtralla ole, mutta laitteet tulee varustella siten, että tiedon saa mitattua. Valtran etukuormaimille on mahdollisuus saada eri toimittajien valmistamia vaakoja. Esimerkiksi osa tienhoitourakoitsijoista punnitsee itse kuormansa lastauksen yhteydessä.

FMG:n vaihtolava-alustaisessa peräkärriyssä on jokaisella neljällä pyörällä oma jousitus sylinteri, joiden avulla saadaan jousituksen paineantureilta tieto kuorman painosta. Kuorman painoon ja raportointijärjestelmän antamaan levityksen materiaalmäärätietoon perustuva laitteiston itsekaliibrointi olisi siis todennäköisesti tarvittaessa ohjelmoitavissa myös traktorin peräkärriin kanssa.

Automaation ja digitalisaation tulevaisuudennäkymät

Valtralla on tulevaisuuden visiona yhteen kytketyt ANTS-traktorit (Valtra 2011). Traktorit keskustelevat keskenään, jolloin erikseen toimiessaan toinen voi tehdä esimerkiksi alustavaa työtä edellä ja toinen tulee perässä tehden seuraavaa työtä. Yhteen kytkettyinä traktoreista saadaan voimaa tuplasti. Valtralla on testattu myös traktorin ohjaamista matkapuhelimel-

la. Traktoreiden etäohjauksessa olisi paljonkin kehitettävää, mutta kehitystä rajoittavat tiukat määräykset.



Kuva 16. Valtran modulaarinen ANTS-traktori (Valtra 2011).

Viimeisimpänä käytettävyyteen liittyvänä uudistuksena on kesäkuussa 2017 julkaistuissa uusissa traktorimalleissa automaattiohjaus- ja Isobus-näyttö integroitu traktorin omaan 9” kosketusnäyttöön (SmartTouch, ks. kuva liitteessä 12). Etuna tästä on, että automaattiohjauksen tai työlaitteen erillisiä näyttöjä ei enää tarvita, mikäli työlaitteen ohjaus noudattaa Isobus-standardia. Uudistusten myötä näkyvyys ohjaamosta ulos paranee. (Päivikkö ja Valtra 2017.)

Keskusteluissa sivuttiin hieman myös metsäteollisuutta, jossa digitalisointia on käytetty hyväksi esimerkiksi kehitettäessä tukkiuorman lastaamista. Kuormaus voi tapahtua etäkäytöllä lähes mistä vaan, mikäli tiedonsiirtoyhteys toimii. Nosturin päässä on kamera, joka toimii 3D-virtuaalilasien kautta kuormaa tekevän henkilön silminä. Ohjaimet ovat vastaavat kuin nosturissa paikan päällä.

Johtopäätökset

Ajateltaessa maanviljelyn ja tienhoidon toimenpiteitä voidaan huomata, että toimenpiteitä tehdään osin hyvin samalla tavalla, eroavaisuutta on lähinnä käytettävissä aineissa. Osa maatalouden toimenpiteistä olisi mahdollista soveltaa suoraan tienhoitoonkin ja näiden käyttökohteiden löytämiseksi olisi Valtra valmis yhteisiin tutkimushankkeisiin. Valtra Smart-järjestelmä yhdessä Isobus-tiedonsiirtojärjestelmän kanssa olisi esimerkiksi suolauksessa raportointineen, toiminnon tallennuksen ja erilaisten säätömahdollisuuksien kera mielenkiintoinen tutkimuskohde.

Valtralla ollaan kiinnostuneita traktoreiden monikäyttöisyyden lisäämisestä ja valmiuksia siihen löytyy runsaasti. Traktoriin liitettäviä työkoneita on mahdollista anturoida tarpeen mukaan ja traktoriin on liitettävissä monia työlaitteita, jotka keskustelevat Isobus-järjestelmällä traktorin kanssa. Tehokas tienhoitoyksikkö saataisiin muodostettua esimerkiksi traktorista varustettuna alaterällä, vaihtolava-alustaisella peräkärillä, jo-

ka soveltuu myös suolaimen käyttöön sekä punnitsevalla etukuormaajalla. Reaaliaikaisen, paikkatietoon sidotun ja työlaitteiden tietoihin perustuvan raportoinnin ansiosta toiminnot materiaalimäärineen kirjautuisivat tarkasti ja luotettavasti.

5.3 Teiden ja katujen kunnossapidon urakoitsijan haastattelut

Haastateltaviksi valikoituivat Destia Oy:n Lahden tiestön hoidon ja ylläpidon alueurakan sekä Lahden Eteläisen ja Kaakkoisen kaupunkiurakan pitkän linjan ammattilaiset, joilla on jokaisella useiden vuosikymmenien työkokemus teiden ja katujen kunnossapidosta. Työnjohdon edustajista Olli Lemettinen toimii Lahden alueurakassa työmaapäällikkönä ja hänellä on n. 25 vuoden kokemus tiestön kunnossapitourakoista. Minna Yliniemi toimii Lahden Eteläisen ja Kaakkoisen kaupunkiurakan työmaapäällikkönä ja hänellä on 25 vuoden työkokemus katujen ja tiestön kunnossapitourakoista. Kuljettajista haastateltavina olivat koko Lahden tukikohdan tiimissä mukana olevat Keijo Järvinen, Erkki Nykänen, Petri Nokkonen ja Heikki Saastamoinen. Mukana oli myös Tommi Latvanen Heinolan tiestön hoidon ja ylläpidon alueurakasta. Kaikkiaan kuljettajien yhteenlaskettu työkokemus teiden ja katujen kunnossapidossa on n. 130 vuotta.

Teemahaastatteluissa käytettiin liitteissä 6-7 esitettyjä haastattelujen runkoja. Haastattelujen aikana keskusteltiin tutkimuskysymysten pohjalta tienhoidon automaatiosta ja robotiikasta sekä yleisellä tasolla digitalisatiosta ja älyautoilusta. Haastatteluissa tuotiin esille mm. tienhoidon laitevalmistajalta saatuja tietoja, joita osittain peilattiin työnsuorittamisen näkökulmasta esille nouseviin tarpeisiin ja näkemyksiin.

5.3.1 Alueurakan työnjohto

Haastateltavana oli Olli Lemettinen, joka toimii Lahden tiestön hoidon ja ylläpidon alueurakan työmaapäällikkönä. Haastattelu käytiin 5.5.2017 ja täydentävä haastattelu 31.5.2017. Molemmat haastattelut käytiin Lahden tukikohdassa Ollin työhuoneessa ilman, että ulkopuoliset osallistuivat keskusteluun. Ensimmäinen haastattelu oli yleisluontoisempi ja perustui opinnäytetyön tutkimuskysymysten teemoihin. Täydentävässä haastattelussa käytettiin pohjana Arctic Machinen haastattelusta saatuja tietoja. Lisäksi keskusteltiin Valtran haastattelun ja FMG:n laite-esittelyn sekä kuljettajien haastattelun pohjalta heränneistä ajatuksista.

Ajatuksia suolauksesta ja suolainrobotiautomaatista

Automaation lisäämisellä tai muilla keinoilla toteutetulla suolauksen optimoinnilla olisi mahdollisuus saavuttaa taloudellisesti suuri hyöty. Etelä-Suomessa, esimerkiksi Lahden urakassa on useampana vuotena todettu, että suurin osa talvihoitotoimenpiteistä, n. 75 % on suolausta. Suolankäytössä olisi mahdollista toimenpiteiden optimoinnilla säästää puolet nykyisestä materiaalmäärästä. Suolan käytössä on tällä hetkellä liikaa kuljetta-

jan omista tuntemuksista johtuvaa määrämeneikkiä. Monesti saatetaan levittää varmistukseksi suurempi määrä, jotta välttyttäisiin uusintasuolauksilta. Lisäksi suolaa levitetään kustutettuna hiutaleena, vaikka kelin salliessa olisi mahdollisuus ollut myös liuossuolaukseen. Liuossuolauksen lisäämisellä, liika-annostuksen välttämällä ym. toimenpiteillä saavutetaan isot kustannussäästöt suolameneikin pienenemisenä, varsinkin kun puhutaan maanlaajuisesti useastakin urakasta. Liuoksen käytöstä ja sen hyödyistä on käyty yllättävän vähän keskustelua.

Toimintojen automatisoinnissa yhtenä mahdollisuutena voisi olla suolamäärän ohjaaminen etäkäytöllä esimerkiksi kelipäivystäjän toimesta, jolloin päätökset suolamäärästä eivät olisi kuljettajan käsissä. Suolamäärään olisi mahdollista vaikuttaa myös ohjaamalla määrää kelitiedon tai tienpinnan lämpötilan perusteella. Kaikki ohjaavat toimenpiteet olisivat hyviä, sillä jollain keinoilla tulisi maksimäärää pyrkiä vähentämään. Aliurakoitsijoissa ja omissakin kuljettajissa on isoja eroavuuksia suolan käyttömäärässä. Tienpinnan kunto ja uraisuus täytyisi kuitenkin pystyä jollain lailla huomioimaan, sillä esimerkiksi uraisuudella on iso merkitys suolan käyttömäärään.

Tallennettuun reittiin ja GPS-paikannukseen perustuva levitys voisi olla hyvä ratkaisu. Reitillä olisi huomioitu eri leveydet, symmetriat ja esimerkiksi erikoiskohteet, joilla liukkaudentorjunta poikkeaa normaalitoimenpiteistä. Tiestöllä esimerkiksi on pohjavesialueilla rajoitettu suolankäyttöä, tai joillain alueilla on suolan sijaan käytettävää kaliumformiaattiliuosta. Joissakin kohteissa on liukkaudentorjunta oltava tehostettua. Erityiskohteissa voisi toiminta olla täysin automaattista, että ei levitetä esimerkiksi suolaa formiaattisuudelle, tai suolamäärä on säädetty hyvin pieneksi suolarajoitusalueella. Näin estettäisiin erehdykset, joiden seurauksena aiheutuu urakoitsijalle sanktioita. Uusissa hoidon alueurakoissa liukkaudentorjunnassa käytettävä materiaali määrineen kirjautuu seuranta-järjestelmään reaaliaikaisena tietona automaattisesti.

Liuoksen painesuutinlevitys

Liuoksen levittämistä painesuutinjärjestelmällä pidettiin hyvin käyttökelpoisena ratkaisuna. Toimenpiteistä pääosa on suolausta ja suolamäärän vähentämiseksi tulisi liuossuolausta lisätä. Liuossuolausta pystyy tekemään lumettomalla kelillä, paljaalle tienpinnalle. Esimerkiksi Lahden urakassa pärjäisi suolauksella, josta suurimmaksi osaksi liuossuolauksella, periaatteessa jouluun asti ja viimeiset kevätkuukaudet. Levityksessä nykyisin käytetty lautaslevitin soveltuu liuoksen levittämiseen, mutta sillä levitystulos ei ole yhtä hyvä. Liikenne levittää suolaa, mutta ei silti painesuutinlevitystä vastaavasti.

Sivuauraa seuraava suolainautomaatti

Sivuauran automatisoinnin todettiin olevan vaarallista, ainakin auran levityksessä sivulle päin. Takaisin päin liikkumisessa automaatiosta voisi olla hyötyäkin, mikäli laitteisto pystyisi tunnustelemaan edessä olevia esteitä

ym. ja ohjaisi sivuauran mahdollisimman nopeasti takaisin. Sivuauralla tehtävät kolhaisut ovat yleisiä.

Arctic Machinella kehitetystä sivuauraa seuraavasta suolainautomaatista saatavan hyödyn todettiin olevan melko vähäinen. Suolauksen lisäveveys kohdistuisi pientareille, jonka suolausta ei pidetä oleellisena. Kuten kuljettajienkin haastattelussa tuli esiin, niin liikenne levittää suolan tien reunaan. Leveäkaistateilla ja useampien kaistojen ym. kohdalla siitä voisi olla hyötyä ja on varmasti säätökysymys, kuinka levitysveveys muuttuu. Suurin osa talvihoitotoimenpiteistä on suolausta, jolloin sivuauraa käytetään pääasiassa ns. "lumilähdöissä". Pienemmällä teillä tie aurataan kerralla puhtaaksi, mutta suolaa ei kuitenkaan ole tarve koko leveydelle levittää. Sivuauraa seuraavasta automaatista saatavia hyötyjä ei suoraan osattu arvioida, koska tärkeämpänä kehityskohteena nähtäisiin suolakäytön vähentämiseen tarkoitettut laitteet.

Sääolosuhteiden ja -ennusteiden vaikutus sekä kitkanmittaus

Tienpinnan lämpötilan, kitkan ja kelin mittaamisesta olisi hyötyä toimenpideajan sisällä tehtävän liukkaudentorjunnan ohjaamisessa. Suurimmalla osalla urakan teistä liukkaudentorjunta on periaatteessa jäässä olevien teiden suolausta. Kaikki jäätämistilanteet torjutaan ennakoiden niillä lskluokan vilkkailla teillä, joilla KVL (keskimääräinen vuorokausiliikenne) on yli 15 000 ajoneuvoa vuorokaudessa. Muilla suolattavilla teillä on urakan laatuvaatimuksissa annettu toimenpideaika tien luokituksista riippuen kahdesta kolmeen tuntia. Poikkeuksena on syksyn ja kevään mustan jään syntyminen, joka on myös torjuttava ennakoiden niin, että liukkaus vältetään. Joka tapauksessa suolankäyttö vähenisi hyvin paljon, mikäli hyödynnettäisiin toimenpideaika niillä teillä, joilla siihen on mahdollisuus.

Vaikka suurin osa suolauksesta on ennakkosuolausta, ei siinä läheskään aina täydellisesti onnistuta. Tienpinnan lämpötilalla, mm. kuinka kylmä tienpinta on ja mihin suuntaan lämpötila on kehittymässä, on suuri merkitys suolauksen ajoituksessa ja suolamäärässä. On tilanteita, jolloin on suolattu, vaikka tienpinnat eivät olisi edes jäätyneet. Kuten edellä todettiin, suolauksissa olisi mahdollista hyödyntää toimenpideaikoja, jolloin tiet saattavat olla osan aikaa jäässäkin. Liian aikaisin ennakoitu suolaus saattaa aiheuttaa mm. suolamäärän liiallisen vähenemisen, jolloin varsinaisen tarpeen tullessa ei suola enää tehoakaan. Tienpinnan lämpötilan mittaamisesta olisi hyötyä, kun tie on jäässä tai jäätymässä. Suolauksia tehdään pakkasillakin, ja liukkautta syntyy muulloinkin kuin ainoastaan nollasta asteesta alkavassa jäätymisessä. Suolaustarpeessa ei aina ole välttämättä kyse lämpötilan muutostilanteen johdosta syntyneestä liukkaudesta. Esimerkiksi viikon jatkuneella kahden asteen pakkasella, tai viikon jatkuneella neljän asteen pakkasella on eroa.

Tienpinnan lämpötilan mittaamisesta ja tietojen tallentumisesta olisi hyötyä myös myöhemmin tehtävien kelitilannetta koskevien selvitysten yhteydessä. Laatuvaatimuksissa on esimerkiksi erilaiset vaatimukset tien-

pinnan kitkalle riippuen tienpinnan lämpötilasta. Tienpäältä olisi jatkuva-toimisella mittauksella mahdollista saada ajantasaista tietoa. Tiestö on vaihtelevaa ja pistekohtaisia sekä alueellisia eroja löytyy, eikä näistä eroista saada luotettavaa tietoa pysyvien tiesääsemien ollessa kohtalaisen harvassa. Tieto säilyy tallessa ohjelmiston tarjoajan palvelimella, josta sitä on tarvittaessa mahdollista hakea.

Säätietojen ja esimerkiksi säätietoihin perustuvan toimenpideehdotuksen toimittaminen kuljettajalle olisi hyödyllistä. Monesti kuljettajilla ja aliurakoitsijoilla on epätietoisuutta, miksi ko. toimenpiteille on tarvetta. Tiesääsemia kaivattaisiin lisää ennakkoinnissa ja toimenpiteiden käynnistämisessä, mutta kaikki informaatio, joka kuljettajille tien päälle tulee olisi myös hyödyllistä. Tienpinnan kelitiedosta (lumisuus, vetisyys, kitka, lämpötila ym.) olisi hyötyä myös liuossuolauksen käytön lisäämisessä. Esimerkiksi lumisuuden mittaava laite voisi antaa herätteen ohjaavalle järjestelmälle liuksen käytöstä, jolloin ohjelmisto joko itse ohjaa liuksen käyttöön, tai ainakin suosittelee kuljettajalle sen käyttöä.

Ajatus tienkäyttäjien keräämästä tiedosta olisi hyvä. Digihankkeissa, kuten esimerkiksi lin alueurakassa on käytössä postiautoissa matkapuhelimien kiihtyvyyssantureihin perustuva tien tasaisuuden mittaaminen, jota täydennetään tienpinnan kamerakuvilla epätasaisilla kohdilla. Samoin tiesääsemilta tms. on saatavissa tuuliherätetieto, jonka perusteella voidaan arvioida kinostusten syntymistä niille herkillä alueilla. Nämä muiden ohessa olisivat hyvää faktatietoa, jolla tien kuntoa ja kelitilannetta voi arvioida.

Sivuauran anturointi

Sivuauran levitysleveys on mahdollista saada ohjaimen näytölle, mikäli auran on asennettu anturointi. Anturointi toimii myös sivuauraa seuraavan suolainautomaatin ohjauksessa. Destian Lahden urakan sivuauroissa ei leveysnäyttöä ole ja kuljettajien kanssa käydyissä keskusteluissa sitä pidettiin työtä vaikeuttavana asiana. Tämän ominaisuuden todettiin työnjohdonkin kanssa olevan tärkeä.

Alusteräautomatiikka

Alusterän kallistusautomatiikasta ei todettu olevan juurikaan hyötyä. Talvitöissä kallistuskulmatiedolla ei ole käyttöä ja alusterän kanssa ei yleensä muotoa teille tehdä, vaan pääasiassa muokkaukset ja pinnanmuotoilu tehdään tiehöylällä. Alusterän painatusvoimasta kertova tekniikka olisi hyvä ja siitä on tehty tutkimuksia Destiallakin. Alusterän käytön tehokkuutta on pyritty selvittämään, jotta nähtäisiin urakoitsijoiden käyttämä painatusvoima ja saataisiin karsittua turhaa työtä ja ylimääräisiä kustannuksia. Painatusvoimatieto olisi hyödyllistä myös valvottaessa tiettyjen teiden tasauksia, jotta vältyttäisiin mahdollisilta kulutuspinnoilta vaurioitavilta toimenpiteiltä. Tiestön nykykunto aiheuttaa osaltaan haasteita alusterän käytössä mm. polanteen tasauksessa. Toisinaan on vaikea erottaa

mikä on polannetta ja mikä tienpintaa, lisäksi on kohoutumia ym. Tien muodotkaan eivät aina sovellu alusterälle, sillä terä ei taivu joka kohtaan.

Kaksoisteräauran automatisointi ja harjaus

Mekaanisen lumenpoiston tehostamista on tutkittu Destiallakin. Jäänösveden määrän vähentämisellä pyritään vähentämään liukkaudentorjunnassa tarvittavaa kemikaalimäärää. Lumenpoistossa tutkittiin mm. harjojen käyttöä, mutta ongelmana oli se, että harjat menivät tukkoon eikä työnopeus ole kovin suuri. Ehkä harjojen kehittämisen avulla voitaisiin saavuttaa jotain hyötyä. Kaksoisterä on käytössä Lahden urakassa kaikissa päätieauroissa. Jälki on puhtaampaa, eivätkä terä kovin paljoa kulu. Kumiterä on hyödyllinen uraisemman tien puhdistamisessa. Kaksoisterän liikkeen automatisoinnista, jota Arctic Machinella on kehitetty, ei pystytty tunnistamaan sen hyötyjä.

Aurojen lumisuihkunohjaimet

Lumisuihkunohjaus olisi erittäin hyödyllinen automaattioratkaisu. Aura muuttaisi automaattisesti suihkua edessä olevien liikennemerkkien ym. varottavien esteiden mukaan. Merkkien sijaintien ei tarvitsisi olla GPS-paikannukseen sidottuja, mikäli järjestelmässä käytettäisiin hyväksi konenäköä. Nykyiset henkilöautotkin havaitsevat konenäöllä esimerkiksi nopeusrajoitusmerkit. Näin toiminta ei perustuisi vanhaan ja vanhenevaan tietoon, vaan tienpäällä ajan tasalla olevaan tietoon. Merkkien lumeentuminen on rahallisesti merkittävä asia. Tällä hetkellä ainoa keino olisi vähentää merkkien kohdalla aurasnopeutta, jotta vältettäisiin merkkien turha lumeentuminen. Näin ei kuitenkaan juuri tehdä ja sitä perustellaan polttoainekulutuksen kasvamisella.

Laitteiden itsekalibrointi

Autojen ilmajousituksesta saatavan kuorman painon ja suolaimen automaatin ilmoittaman määrän vertaamiseen perustuvasta laitteiston itsekalibroinnista keskusteltiin. Arctic Machinen kehittämän järjestelmän tarkkuus on kymmenien prosenttien luokkaa, joka on vielä melko karkea tarkkuus. Lisäksi tarkkuutta heikentää auton alustaan kertyvän lumen paino. Itsekalibroinnin hyödyllisyyttä ei osattu vielä arvioida.

Automaation kehitystyö

Tienhoitotoimenpiteiden kehittämisessä tulisi olla vara puhua isoistakin kustannuksista, ainakin alussa. Mikäli kehitettäisiin toimivia ratkaisuja, joilla saataisiin säästettyä ympäristöä, urakoitsijalle aiheutuvia sakkoja ja muita suoria kustannuksia, puhuttaisiin jo isoistakin säästöistä.

Uusien toimintatapojen ja teknisten ratkaisujen käyttöönotossa hidasteena voi olla vuosien aikana opitut tavat, joita ei hetkessä saa muutettua. Toimintaa ohjaavat järjestelmät, joissa olisi mahdollisuus kuitenkin kuljettajan itse tekemille muutoksille, edesauttavat järjestelmien käyttöönottoa ja toiminnan tehostamista.

Traktorien käyttö pääteiden hoidossa

Traktoreita oltiin ottamassa pääteidenkin hoitoon n. 15 vuotta sitten, mutta tienpitoviranomaiset eivät niitä sallineet. Osittain syynä oli traktoreiden alhainen nopeus, jolloin ne aiheuttaisivat ruuhkautumista. Valtran haastattelusta saadun tiedon mukaan lähiaikoina on tulossa 60 km/h kulkevia traktoreita. Nopeus ei kovin suuri voi olla hoitotöissä kuorma-autoillakaan. Urakoitsijan näkökulmasta päätietkin olisi mahdollista hoitaa traktoreilla, siihen ei nähdä olevan mitään estettä. Traktoreille olisi monipuolisesti töitä ympäri vuoden. Kiinnostusta herättää myös suolauksen sujuminen traktoriin kytketyllä laitteistolla.

Johtopäätökset

Suolauksen optimointiin tähtäävät automaatiota lisäävät toimenpiteet toisivat rahallisia säästöjä mm. sakkujen välttämisen ja materiaalikulutuksen vähenemisen myötä. Eri kemikaalien käyttö sekä käyttömäärä tulisi tehdä mahdollisimman automaattiseksi ja ihmisestä riippumattomaksi. Optimoinnissa tulisi pyrkiä liuossuolan käytön lisäämiseen siten, että aina kun keli on soveltuva käytettäisiin liuosta. Liuoksen käyttöä voitaisiin tehostaa painesuutinlevityksellä. Lisäksi suolamäärän optimoinnissa hyödyllistä olisi tietää tienpinnan lämpötila ja lumisuus, jäisyys, veden määrä ym. kelitilanne.

Aurojen lumisuihkunohjaimia pidettiin suorina, urakoitsijalle aiheutuvia kustannuksia säästävinä ratkaisuin. Lisäksi kiinnostusta herätti mahdollisuus traktoreiden käytön lisäämiseen niiden monikäyttöisyyden vuoksi.

Kehitystyö voisi alkuunsa maksaa paljonkin, mikäli sillä saataisiin kehitettyä toimivat järjestelmät. Ensisijaisesti kehitystyön tulisi kohdistua suolan käyttömäärän vähentämiseen tähtääviin ratkaisuihin. Lumenpoistossa automaatiota olisi mahdollista kehittää lähinnä sivuauran automaattisen takaisinvedon aikaansaamiseksi tielle osuvan esteen väistämiseksi. Kehitystyössä tulisi pyrkiä ihmisten tavoista ja tottumuksista sekä osin myös erehtyvyydestä johtuvien toimintojen rajaamiseen ja kemikaalien käytön optimointiin. Huomioitava on kuitenkin, että tienhoitoauton kuljettajan vaikutusmahdollisuuden säilyttäminen edesauttaa kehittyneiden järjestelmien käyttöönottoa.

5.3.2 Kaupunkiurakoiden työnjohto

Haastateltavana oli Minna Yliniemi, joka on Lahden Eteläisen ja Kaakkoisen kaupunkiurakan työmaapäällikkö. Haastattelu käytiin 9.5.2017 Lahden tukikohdan kahvihuoneessa, jolloin keskustelussa oli osan aikaa mukana myös kuljettaja Petri Nokkonen. Hän kertoi mm. käytäntölähtöisiä mielipiteitä suolauksesta ja alusteräautomatiikasta. Haastattelun runko perustui opinnäytetyön tutkimuskysymysten teemoihin. Lisänä käytettiin Arctic Machinen haastattelusta saatuja tietoja, joiden pohjalta heränneitä ajatuksista keskusteltiin.

Ajatuksia suolauksesta ja suolainrobottiautomaatista

Kaupunkiolosuhteissa suolaaminen on todella vähäistä, kun verrataan ELY-keskuksen alueurakkaan. Varsinaisesti keskitalvella ei suolaa käytetä lainkaan, vaan käyttö rajoittuu lähinnä syksyyn ja kevättalveen. Lumenpoiston yhteydessä ei kaupunkiurakassa juurikaan suolaa käytetä.

Suolausta voisi kuitenkin lisätä, varsinkin aivan keskustan alueilla. Esimerkiksi Lahdessa on todella mäkiset olosuhteet, jolloin bussi- ja muuta liikennettä ajatellen voisi suolausta lisätä. Hyötynäkökulma siinä olisi kuitenkin sellainen, että suolaus olisi pitkällekin automatisoitu ja suolan käyttömäärä vähenisi. Tällä hetkellä suolaus voi olla sellaista, että traktorin perälaudan välistä levitetään suolaa todella suuria määriä. Ajatus on, että mitä vähemmän suolaa levitetään kaduille, sitä vähemmän se kulkeutuu kevyen liikenteen väylille ja III-luokan teille, missä se aiheuttaa todella isot ongelmat mm. polaantumisena. Suolauksen automaation hyödyntämiskohde kaupunkiurakassa voisi olla suolamäärän ja liuossuolauksen käytön optimointi. Mikäli suolamäärä olisi minimaalinen, niin sitä voisi ja osin kannattaisikin tehdä enemmän. Suolankäytöstä voisi olla apua myös kevätpölyn aikaan, kun ei olisi hiekoitushiekkaa pölyämässä niin paljoa, varsinkaan isoimmilla teillä, joissa se pölyää renkaista kaikkein eniten.

Koko kaupungin katujen ym. hoito on monesti eri kaupungeissa jaettu osiin, joista yksittäiset kaupunkiurakat ovat melko pieniä. Urakassa suolattavan tiestön määrä on vähäinen ja ne ovat hyvin yksittäisiä teitä. Mietittävä olisi tienhoitoyksikön hintaa laitteineen ja riittäkö sille riittävästi töitä. Toiminnan pitäisi olla kaupunkilähtöistä eli tilaaja huomioisi ja sijoittaisi kaikki kaupungin suolattavat tiet yhteen tai useampaan urakkaan siten, että kalusto olisi toimenpiteisiin oikein mitoitettu. Lahden kokoisessa kaupungissakin pystyisi suolausta hyödyntämään. Optimaalista kilometrimäärää on vaikea sanoa, mutta ainakaan nykyisin hoidettavassa Lahden Eteläisessä kaupunkiurakassa ei ole niin paljoa suolattavaa, että kannattavuus riittäisi.

Suolainrobottiautomaatista ei välttämättä ole suurta hyötyä kaupunkiolosuhteissa, joissa ei ole useampikaistaisia katuja. Lahdessa ei nopealla mietinnällä tule mieleen kuin yksi kohde, joka on kaupungille ELYltä siirtynyt tie. Isoissa kaupungeissa tilanne väylien suhteen on erilainen. Linja-autopysäkeille suola pitäisi kuitenkin saada leviämään ja siinä mielessä suolainrobotista, painesuutinlevityksestä tms. voisi olla hyötyä.

Kesähoidon robottileikkuri ja -harjakone

Kaupunkiurakan alueella ajetaan kerran kesässä kaikkien katujen reuna-alueiden nurmet kahden metrin etäisyydelle kadun reunasta. Lisäksi on paljon nurmialueita, joita ajetaan päältä ajettavilla koneilla. Esimerkiksi robottiohjatulle ruohonleikkurille olisi valtavasti alueita ja siitä olisi todella iso hyöty. Kaupungeissa on yleensä, ainakin Lahdessa, melko hyvin rakennettu nurmialueiksi luokiteltujen viheralueiden pohjat, koska niissä pi-

tää päästä ajamaan päältä ajettavalla leikkurilla. Sellaisilla alueilla pystyisi todella hyvin hyödyntämään GPS-paikannustietoa, jolloin kone pystyisi ajamaan itsenäisesti alueen.

Periaatteessa on hyvin yksinkertaista työtä niittää kadun tai tien vierusta kahden metrin leveydeltä. Esimerkiksi kaupunkialueella robotille voisi antaa GPS-pisteet, joiden mukaan se liikkuu katujen varressa ja voisi kiertää vaikka koko kaupungin itsekseen. ELYn alueurakoissa, kun pienin niittoleveys on kaksi metriä, eikä luiskassa pitäisi liikkua ihmisiä, voisi ajoradan luiskaa ajaa robottileikkurilla. Alueurakoissa myös valtateiden, varsinkin moottoriteiden välikaistoilla olisi ajettavaa määrällisesti paljon ja siellä robottitoiminen leikkuri olisi hyödynnettävissä.

Robottitoiminen, GPS-paikannukseen perustuva harjakone olisi myös käyttökelpoinen ratkaisu. Kaupungissa joudutaan harjaamaan teiden luiskat ja nurmikot, jolloin siinä työssä voisi ajatella robottileikkurin tavoin itsekseen liikkuvaa työkonetta. Kenties sama kone pystyisi tekemään molempia töitä; nurmikonleikkuuta ja harjausta. Myös lehtien keräämiseen syksyisin olisi robotista hyötyä. Haravointi on vihertyötä, joka on käsin tehtävänä työnä paljon työllistävää. Sepeli, samoin kuin lehdetkin on kerättävä talteen, jolloin sen keräämiseen, välivarastointiin ja poiskuljetukseen tulisi kehittää robottitoiminnan kannalta järkevä ratkaisu.

Yhtenä erittäin tarpeellisena kehitysehdotuksena esille nousi katujen harjauksessa kone, joka puhdistaisi reunakivilinjat hiekoitushiekasta. Hiekoitushiekan poisto kaikkine kustannuksineen on hyvin kallista. Hiekan toimitus jätteen vastaanottoon on kallista ja maksu peritään vastaanottajan hinnaston mukaan. Työkustannuksia olisi kuitenkin mahdollista karsia. Reunakivien harjaaminen on hidasta ja kallista, aliurakoitsijalla teetettävää työtä. Lisäksi reunakivien harjauksen jälki ei aina ole kovin hyvää. Reunakivilinja jää yleensä vajaa puoli metriä harjaamatta. Kaistale, joka on noin 0...30 cm on pahin leveys. Kaupungissa on todella paljon reunakiviä ja työ on hidasta, jolloin se olisi robotille soveltuvaa työtä. Kone olisi pieni, mutta tarvitsisi säiliön, johon hiekka kerättäisiin. Hiekkaa ei tosin reunakivilinjalta paljoa tule pitkältäkään matkalta, mutta kovin pienellä säiliöllä robotti ei voi toimia. Kenties koneessa tulisi olla myös kastelulaitte.

Vapaan liikennetilän raivaamisessa ja oksien poistossa olisi raivauskoneesta hyötyä. Työ voi itsessään olla vaikea robotisoida tai automatisoida. Ajatuksena se olisi hyödynnettävissä siten, että tiedettäisiin katualueen GPS-pisteet ja tarvittava vapaa korkeus ja leveys, jolloin raivauskone kulkisi kadun reunassa avaamassa tilaa. Esimerkiksi Kaakkois-Lahden urakassa on valtavasti edellä mainittujen raivausten jälkeensä jääneisyyttä. Kaupunki teettää katualueen oksien poistoa, joiden tekemiseen on paljokattava useampi henkilö. Kyseiseen työhön voitaisiin kehittää esimerkiksi robotti, joka kiertää joka kesä kadut tai tiet. Robotti mittaisi kadun, kevy-

en liikenteen väylän tai tien ulkoreunasta vapaan tilan korkeuden ja leveyden, ja raivaisi sille ulottuvat oksat pois.

Robottikoneiden myötä kasvaisi työn tehokkuus huomattavasti, jos yksi ihminen pystyisi kuljettamaan ja ohjelmoimaan esimerkiksi neljää robottia eri alueilla. Parhaimmassa tapauksessa kone laitetaan aamulla kiertämään katujen varsia ja noudetaan illalla takaisin sieltä, minne se on päivän aikana ehtinyt. Laitteiden turvallisuuskysymykset ja mahdolliset varkaudet ovat erikseen mietittäviä asioita.

Alusteräautomaatiikka

Riippuen sateen ajankohdasta kaupungissa, aurauksen lähtiessä myöhään liikkeelle ja liikennemäärä ollessa suurta, tamppaantuu lumi nopeasti kiinni tienpintaan. Alusterän käyttö on silloin tarpeen. Toisaalta suolan käyttö ja sen lisääminen helpottaa, ettei polaantumista synny niin paljoa.

Talvihoidossa alusterän kallistusautomaatiikalla ei paljoa nähdä olevan hyötyä. Kuljettajalta saatujen tietojen mukaan nykyisissä alusterissä on Lahden urakassa kolmiasentoinen, yksinkertainen automaatiikka, jonka pitäisi mukautua tien pinnan mukaan ja muuttaa kallistusta puolelta toiselle. Painatus perustuu paineeseen ja käytettävissä on kolme toimintoa; "light", "medium" ja "heavy". Ongelmana kuitenkin on, että automaatiikka ei ehdi reagoida tienpinnan muotoihin. Myöskään ylämäkiä terä ei osaa huomioida. Kuljettajan on tunnistettava tienpinnan muodot sekä kallistukset ja ohjattava terä tienpinnan mukaan manuaalisesti. Tässä ongelmana on se, ettei terän asentoa näe kuin vasta työjäljestä. Helposti käy tilanne, jossa terä ei toisella puolella osu tienpintaan lainkaan. Työtä helpottaisi apuväline, jolla näkisi terän liikkeen tienpinnassa.

Lumen auraaminen katualueilla

Aurausnopeus on kaupunkiolosuhteissa hyvin alhainen, n. 15-17 km/h. Lunta ei monessakaan paikkaa pysty heittämään suihkuna tien viereen, eikä näin ollen liikennemerkkien tms. lumeentuminen ole ongelma. Lisäksi asutuilla alueilla katujen varressa on erilaisia varottavia rakenteita ja postilaatikkoja sekä useita liittymiä. Rakennetut liittymät ovat ongelmallisia aurauksen kannalta, koska niissä on usein erilaisia pylviä, laatoituksia ja muita rikkoutuvia kohteita. Liittymien aurausta pyritään välttämään. Mikäli liittymän koko, muoto ym. olisi standardoitu, olisi liittymänkin auraaminen mahdollista. Mahdollisesti uusia väyliä suunniteltaessa ja rakennettaessa voitaisiin huomioida automaattisten autojen liikkumisen lisäksi myös liittymien talvihoito ja auraaminen.

Sääolosuhteiden ja -ennusteiden vaikutus sekä kitkanmittaus

Tienpinnan lämpötilan mittaamisesta olisi apua suolamäärien arvioinnissa. Tosin, keskusteluun osallistuneen kuljettajan mielestä lämpötilaa enemmän ratkaisee liikennemäärä, jonka yhteisvaikutuksesta suolan kanssa tie sulaa. Tienhoitoautoihin ym. asennetusta jatkuvatoimisesta mittarista, joka mittaa tienpinnan lämpötilaa, kelitilannetta (mm. lumi,

jää, vesi) ja kitkaa, todettiin olevan hyötyä. Suurin hyöty saataisiin, kun tieto kulkisi Kelikeskukseen, jossa huomioitaisiin reaaliaikaisen tiedon lisäksi myös ilmankosteus ja muut sääolosuhteet sekä kellonaika, kalenteri ym. liikenteeseen vaikuttavat tekijät. Lisäksi tieto siitä, miten suola on tiellä reagoinut ja mihin keli on muuttunut koetaan tärkeänä.

Toimenpiteiden ajoittamisessa toivottaisiin enemmän kellonajan ja kalenterin huomioimista. Viikonpäivien ja pyhien liikenteeseen aiheuttamien vaihteluiden sekä eri vuorokauden aikaisten vaihteluiden huomioiminen yhdistettynä tienpäältä saatuihin kelitietoihin ja sääennusteisiin vaatisi soveltamista, joka jonkun tahon tulisi tehdä. Kelikeskus nähtäisiin tässä tiedon soveltamisessa keskeisessä roolissa.

Automaation kehitystyö ja riskit

Automaatiolaitteiden turvallisuus nähdään tärkeimpänä huomioitavana asiana, esimerkiksi miten koneet ja laitteet osaavat reagoida eri tilanteissa. Paikannuksen tarkkuutta voitaisiin parantaa eri järjestelmillä, jolloin paikannustieto tulisi esimerkiksi useammasta järjestelmästä. Nykyinen GPS-paikannus ei toimi riittävällä tarkkuudella, sijainnin määrittämisessä todettiin olevan liian iso toleranssi.

Auraaminen normaalin liikenteen seassa nähtäisiin automaattisen toiminnan kannalta vaikeimmin toteutettavana vaihtoehtona verrattuna esimerkiksi niittoihin tai harjauksiin. Auraamisessa muuttuvia tekijöitä on eri hoitotoimenpiteitä ajateltaessa arviolta kaikkein eniten ja suurin niistä on muu liikenne. Lisäksi aura-auto laitteineen on massoiltaan tienhoitokoneista ja ajoneuvoista suurimpia.

Automatiikka ja automaatio on hyvä asia silloin kun kaikki toimii. Myös nykyisen tiedonsiirtotekniikan tarjoamien mahdollisuuksien hyödyntäminen todettiin olevan hieno asia, mutta toteutus tulisi suunnitella loppuun saakka. Bluetooth (BT) -tekniikalla toteutetun suolainautomaatin tiedonsiirtoyhteyden haavoittuvuudesta kuultiin kuljettajan kertoma esimerkki. Ohjaimen ja suolainautomaatin välillä toimii BT-yhteys, johon tuli vikaa. Yhteys pätki ja laite sammui aina vian ilmaantuessa. Tätä tapahtui toistuvasti ja vika häiritsi suolaustoimenpiteitä laitteiston nollaantumisen ja toimintojen sammumisen vuoksi. Vian löytymiseen kului aikaa viisi kuukautta. Syyksi löytyi haavoittuvuus BT-laitteen signaalin ohjaamisessa. Signaali oli ohjattu heijastumaan peilin kautta auton perässä olevalle levitysaunautomaatin vastaanottimelle. BT-vastaanotin siirrettiin eri paikkaan, jolloin signaali saatiin kulkemaan auton takalasin läpi suoraan ja yhteysongelmat loppuivat. Sama ongelma oli kaikissa muissakin vastaavissa Schmidt-suolainautomaateissa. Syy ongelmiin oli loppujen lopuksi hyvin mitätön, mutta aiheutti paljon haittaa.

Tiedon kerääminen ja raportointi

Työnjohdolle tuottaa ongelmia se, kun seuranta- ja raportointijärjestelmästä saatava tieto ei ole käytettävissä. Kyseinen käytössä oleva rapor-

tointijärjestelmä toimii Destian omilla kuljettajilla, mutta aliurakoitsijoiden käytössä on eroavuuksia. Mobiililaitteessa oleva järjestelmä ei aina ole työkoneessa mukana esimerkiksi kuljettajan vaihtuessa. Raportointijärjestelmässä nähdään olevan selkeä kehittämisen tarve. Järjestelmän tulisi olla enemmän työkoneeseen kytketty, jolloin raportoituisi mitä on tehty, milloin ja missä. Tällä hetkellä sitä tietoa ei aina ole käytettävissä eri syistä. Myös materiaalmäärien kirjautuminen automaattisen, työkoneeseen kytketyn raportointijärjestelmän kautta toisi helpotusta työnjohdolle ja tarkkuutta varasto- ym. määrien seurantaan. Tällä hetkellä määrien kirjaaminen on kuljettajien raportointijärjestelmään käsin syötämästä tiedosta kiinni.

Automaation ja liikenteen digitalisaation tulevaisuudennäkymät

Automaation lisäämisessä tulisi huomioida kokonaisuus. Automaation toiminnallisuuden takaamiseksi tulisi olla ympäri vuorokauden ja viikon jokaisena päivänä käytettävissä oleva huoltoyksikkö. Huoltoyksikön tulee myös sijaita riittävän lähellä, jotta toimenpiteisiin ei tule turhia viivästyksiä. Tällöin automatisoidun kaluston käyttöasteen on oltava riittävän korkea ja siitä saatavien hyötyjen kattaa kokonaisuuden ylläpitämiseen tarvittavat kustannukset. Automaation lisääminen voisikin olla enemmän ELYstä lähtöisin, jolloin isojen pääväylien hoidossa hyödynnettäisiin automaatiotekniikkaa ja hoitourakan alueet olisivat näiden osalta suurempia. Alemman luokan väylillä voisi olla eri hoitourakoitsija ja vähemmän vaativat tekniset ratkaisut.

Automaattisen autoilun osalta todettiin, että teiden infrastruktuuri vaatii paljon uutta rakentamista, että kaikkea automaattisen autoilun vaatimuksia voidaan soveltaa. Siihen suuntaan ollaan paljon menossa, mutta eteneminen vaatii investointeja. Asuinliittymien talvihoitoa ajatellaessa herää ajatus, että uusia väyliä suunniteltaessa ja rakennettaessa voitaisiin huomioida automaattisten autojen liikkumisen lisäksi myös liittymien au-raaminen.

Johtopäätökset

Automaation lisäämisessä tulisi keskittyä suurempiin kokonaisuuksiin, jotta volyyymi olisi riittävä automaation edistämiseksi. Automaation lisäämisestä on saatava taloudellista hyötyä. Hyöty voidaan saavuttaa joko työn nopeutumisenä, jonkin työn tai työvaiheen vähentymisenä sekä myös riittävän suurien kokonaisuuksien kautta. Niittotyöt, nurmenleikkuu ja hiekan harjaus voisivat olla tehokkaimmin ja turvallisimmin toteutettavissa olevat automaation ja robotiikan kohteet. Kaupunkialueella voisi suolankäyttöä lisätä, mutta sen pitäisi olla pitkälle automatisoitua, jotta suolamäärät olisivat optimaaliset suolauksesta saatava hyöty huomioiden ja muulle katuverkolle aiheutuva haitta minimoiden. Digitalisaation myötä työkoneiden tuottama automaattinen raportointitieto vähentäisi ihmisistä johtuvaa tiedon epätarkkuutta, parantaisi resurssien ja materiaalmäärien hallintaa sekä vähentäisi osaltaan työnjohdon kuormitusta.

5.3.3 Kuljettajat

Haastattelu toteutettiin ryhmähaastatteluna, jossa haastateltavina olivat Lahden alueurakan tiimikuljettajat Keijo Järvinen, Erkki Nykänen, Petri Nokkonen ja Heikki Saastamoinen sekä Tommi Latvanen Heinolan alueurakasta. Haastattelu käytiin 18.5.2017 Lahden tukikohdan kahvihuoneessa. Haastattelun runko perustui opinnäytetyön tutkimuskysymysten teemoihin. Lisänä käytettiin Arctic Machinen haastattelusta saatuja tietoja, joiden pohjalta heränneistä ajatuksista keskusteltiin. Haastattelu jäi hieman kesken kuljettajien henkilökohtaisten YT-neuvottelujen osuessa samalle päivälle ja keskeyttäessä haastattelun. Haastattelua täydennettiin puuttuvilta osin puhelinhaastatteluna 21.6.2017, jossa haastateltiin Lahden kuljettajaa Petri Nokkosta.

Ajatuksia suolauksesta ja suolainrobotiautomaatista

Keskusteltaessa suolainrobotiautomaatista, jonka toiminta perustuu tallennettuun suolausreittiin ja sijainnin määrittämiseen GPS-signaalin tms. avulla, esiin nousi mm. keli, joka ei ole aina samanlainen. Esimerkiksi määrittämällä kelillä suolamäärän säätäminen herätti arvelua. Apuna voisi soveltaa tunnistimia, joilla tien kosteus tai jään paksuus saataisiin mitattua. Mahdollisena ratkaisuna keskusteluissa esiintyi jatkuvatoiminen kitkan-, kelin ja tienpinnan lämpötilan mittaava laite. Suolauksessa voisi kuitenkin arvioiden mukaan automaatiota toteuttaa, toisin kuin fyysisessä lumenpoistossa, jossa kaikkia muuttuvia tekijöitä on mahdoton ennakoita.

Aurauksen automatisointi

Automaattista aurausta ajateltaessa tien vieressä olevat esteet, kuten esimerkiksi hylätyt ajoneuvot vaikuttavat toimenpiteisiin. Samoin muu liikenne ja varsinkin kevyt liikenne. Tienhoitoauton tulisi havaita jo kaukaa risteävä liikenne ja sen toiminta suhteessa tienhoitoautoon mm. nopeuden sovittamisessa tilanteen mukaan. Lisäksi huomioitava on kevyen liikenteen väylillä kulkeva liikenne, joka voi olla etäälläkin ajoradasta, mutta liian suurella nopeudella auratessa esimerkiksi lentävä lumi ja jää voivat aiheuttaa vaaratilanteita. Näiden ja kaikkien muiden muuttuvien tekijöiden huomioimisen automaattisessa auraamisessa arvioidaan olevan mahdotonta.

Keskusteluissa todettiin, että aurausta tuskin pystytään kokonaisuutena toteuttamaan automaattisesti, mutta esimerkiksi moottoritiellä, yhdensuuntaisessa liikenteessä voisi automaattinen auraus olla helpommin toteutettavissa, kun ei tarvitsisi huomioida vastaantulevaa liikennettä. Ohitettava liikenne, varsinkin raskaat yhdistelmät ja näiden tekemät tiukat ohitukset aiheuttavat kuitenkin huomioon otettavia vaaratilanteita. Kokeusten perusteella todettiin, että tienhoitoautolla tulisi olla mahdollisuus väistää esimerkiksi ohitustilanteessa lähelle eteen tulevaa yhdistelmän perävaunua, mikä on toisinaan vaikeaa esimerkiksi meluvallien kohdalla.

Sivuaurassa automaatiota voisi soveltaa auran palautusliikkeeseen, joka voisi tapahtua edessä oleva esteen vaikutuksesta. Tällaisesta tekniikasta todettiin keskustelussa olevan hyötyä, mutta epäiltiin voisiko siihen kehittää riittävän nopeasti toimivaa hydraulista järjestelmää.

Sivuauran sijaintia ei tällä hetkellä Lahden tai Heinolan urakan autoissa kuljettaja näe. Sivuauran sijaintitieto helpottaisi kuljettajan toimintaa. Tällä hetkellä pelistä katsottaessa viimeinen metri on pimennossa, lisäksi näkyvyyttä vaikeuttaa pölyävä lumi ym., jolloin auran kärkeä ei näe. Yhtenä vaihtoehtona esitettiin kameran sijoittamista kuvaamaan sivuauraa. Keskusteltiin sivuauran anturoinnista, jota Arctic Machinella on tarjolla ja sen avulla levityslevydestä saatavasta tiedosta. Vastaavanlainen malli on ollut 1990-luvun puolenvälin paikkeilla käytössä koemallina. Epäilyä kuitenkin herätti, tietääkö antureihin perustuvan ja näytössä näkyvän palkin perusteella silti, kuinka leveällä sivuaura todellisuudessa on. Kamerakuvan todettiin olevan varmaa tietoa ja niitä on joissain tienhoitoautoissa ollut käytössäkin. Joissain tienhoitoautoissa myös tiedettiin olevan takana lokasuojan päällä valo, jonka avulla peilistä katsottaessa näkee millä kohdalla sivuaura on kulkenut.

Liuksen painesuutinlevitys

Suolauksen tehostamisesta ja liuossuolan levittämisestä painesuuttimien avulla keskusteltiin. Painesuuttimet ovat olleet käytössä 1980-90 -lukujen aikaan myös Tielaitoksella. Liuokselle oli erikseen omat laitteet ja auton perässä levitykseen putkisto painesuuttimineen. Bucher municipalin painesuutinlevityslaitteisto näyttää ulkoisesti saman tyylliseltä kuin aikoinaan käytössä ollut Epoken suolaimessa ollut Machine Tool Oy:n valmistama laitteisto. Ne olivat käyttökokemusten perusteella erittäin hyviä, nopeita ja toimivia laitteita. Suuttimet olivat varmatoimisia, eivätkä ne juuri tukkeutuneet. Ongelmana joissakin malleissa oli putkiston sijainti sen verran ulkonevasti, että putket saattoivat jäädä esimerkiksi kaiteen väliin tiellä kääntyessä.

Syy, miksi niistä aikoinaan luovuttiin, arveltiin olleen niiden hinta. Lautasmallinlevittimen sai arviolta puoleen hintaan ja sillä ajateltiin tehtävän sama työ. Laitteiston tulisi olla urakoitsijalle taloudellisesti kannattava hankinta. Painesuuttimilla tapahtuvan levityksen hyödyt eivät välttämättä tule urakoitsijalle, vaan ne saattavat tulla tilaajalle laadukkaamman tienhoidon kautta. Urakoitsijaa ajatellen liuossuolauksella olisi mahdollista vähentää suolan käyttömäärää ja tähän liittyen todettiin, että liuossuolaa voitaisiin käyttää enemmän. Samoin kaliumformiaatti levitetään liuoksena.

Sivuauraa seuraava suolainautomaatti

Suolan levityslevyden säätymisestä automaattisesti sivuauran leveyden mukaan todettiin, että se olisi hyvä aurakelillä. Kuitenkin pelkkiä suolalähtöjä on niin paljon enemmän, että ko. automatiikasta saatu hyöty jää vähäiseksi. Kyseeseen tulee myös se, että kuinka usein suolan levitysleve-

yttä muutetaan, vaikka sivuauraa käytettäisiin. Ajatellen tilannetta, että aurataan neljän metrin leveydeltä ja levitetään sivuaura kuuteen metriin; suolan on todettu kulkeutuvan tien reunaan samalla lailla, kuin neljään metriinkin suolattaessa.

Sääolosuhteiden ja -ennusteiden vaikutus sekä kitkanmittaus

Tärkeänä asiana pidettiin sitä, että kelin muutokset pystytään luotettavasti ennustamaan. Vaikka tienpäältä saataisiinkin ajantasaista tietoa antureiden ja mittareiden avulla, tulisi sitä jollain laskentakaavalla pystyä hyödyntämään ennustamiseen. Toimenpiteitä, esimerkiksi koska suolataan ja millä suolalla, niitä ohjaavan ja niistä päättävän organisaation käytössä tulisi olla enemmän tietoa. Nähtiin, että Kelikeskus olisi keskeisessä roolissa kelitietojen arvioinnissa, mutta sen käytössä olevat tiedot ovat tällä hetkellä hyvin vajavaiset. Yhtenä ratkaisuna esitettiin keliasematyyppisesti kameroita kuvaamaan tienpintaa. Kelikeskuksen päivystäjälle kelikamerakuvan todettiin kertovan paljon ja monesti enemmänkin, kuin tiesääseman anturitiedot. Esimerkiksi tilanteessa, jossa on ennustettu kovaa kuuraantumista ja näin ei kuitenkaan tapahdu, niin kamerakuva auttaisi kelitilanteen havaitsemisessa.

Tienpinnassa voisi erään ajatuksen mukaan olla anturit, jotka mittaavat esimerkiksi jään paksuutta tai tienpinnan märkyyttä ja näiden perusteella menisi tieto tarvittavasta suolamäärästä esimerkiksi suoraan suolainautomaatille. Keskusteluissa esille tuli mahdollisuus mittauksen toteuttamiselle esimerkiksi tienhoitoautoon sijoitettavalla jatkuvatoimisella optisella mittarilla, mikäli sen toiminta varmistettaisiin siten, ettei lumipöly ym. aiheuta häiriötä. Joissain reittiliikenteen linja-autoissa todettiin mittareita olevan jo käytössä.

Alusteräautomaatiikka

Alusteräautomaatiikan hyödyntämisestä keskusteltiin alustavasti jo kaupunkiurakan työnjohdon haastattelun ohessa. Alusteräautomaatiikan todettiin olevan hyödyllisintä silloin, kun terä eläisi tienpinnan mukaan. Kyseinen automaatiikka on jo olemassa, mutta se ei ole ollut toimivaa. Terää ja sitä miten se tienpinnalla kulkee, ei näe mistään ja työ on arpapeliä. Tähän yhtenä ratkaisuna esitettiin kameraa, jolla näkisi auton alle ja kuinka alusterä on tienpinnassa.

Painatukselle on ainakin Pajakulma Oy:n valmistamassa mallissa, jota Lahdessa on käytössä, kolme säätöä. Säädöt perustuvat paineeseen; kevyt, keskiraskas ja raskas painatus. Näiden säätöjen välistä eroa tiessä nähtävään tulokseen verrattuna ei osattu arvioida.

Kaksoisteräauran automatisointi

Täydentävässä puhelinhaastattelussa keskusteltiin auran kaksoisterän eli ns. ”kaksikon” käytöstä ja käytön optimoinnista. Tienpinnan puhtauden kannalta kaksoisterä on ehdottomasti tarpeellinen. Kaksoisteränä oleva kumiterä on tarkoitettu pääasiassa loskakelille, jolloin siitä on eniten hyö-

tyä. Pakkaskelillä ja pakkaslumella kumiterästä ei ole hyötyä ja silloin terä lähinnä kuluu, kun sitä painatetaan. Vaarana on myös, että mikäli kaksoisterää painatetaan liikaa, nousee etuterä eli ns. emäterä ylös, aurataan pelkällä kumiterällä ja jälki on erityisesti pakkaslumella huonoa.

Ideana kaksoisterän käytön automatisointi on hyvä. Tällä hetkellä kaksoisterän käytössä mennään ns. mutu-tuntumalla. Laitteistosta ei saada mitään tietoa, mistä näkisi kuinka kaksoisterä on painatettuna. Terän asento on arvioitavissa ainoastaan auran asennosta. Kuljettajissakin on eroa; toiset käyttävät kaksikkoa enemmän, toiset vähemmän ja joku saattaa käyttää sitä jatkuvasti, jolloin teräkin kuluu enemmän. Terät eivät kovin kalliita ole, mutta niiden vaihto on oma työnsä. Heräte, mistä pakkasrajasta tms. automaatiotoiminto tapahtuu ja miten, on tutkittava ja rajat selvitettävä.

Aurojen lumisuihkunohjaimet

Puhelinhaastattelussa keskusteltiin myös aurojen lumisuihkunohjaimista. Lumisuihkun ohjaus olisi auratessa erittäin hyvä ja kustannuksia säästävä ratkaisu. Esimerkiksi Lahden urakassa käytössä oleva Pajakulman sivuaura heittää lumen niin pystyyn, että varottavien kohteiden kohdalla on aina hiljennettävä. Lumisuihkuja on rajoitettava liikennemerkkien, opasteiden, siltojen, risteävien teiden ja muiden tien sivussa olevien esteiden ym. kohdalla.

Teknisenä ratkaisuna lumisuihkunohjaus olisi erittäin hyvä, mutta sen toiminta pitäisi olla automatisoitu niin, ettei se vaadi kuljettajalta paljoa lisätyötä. Esimerkiksi vanhoissa järjestelmissä oli vipuvarsi omalla hydraulikalla, jossa tuli kiinnittää omat lisäletkut ym. Ylimääräisenä työnä sitä ei aina tule tehtyä. Ohjauksen tulisi olla ohjainsauvan päässä siten, että laitteiston käyttö on helppoa. Merkin tms. kohdalle tultaessa painetaan esimerkiksi ”joy stick” -ohjaimesta auran siipi hetkeksi alas ja merkin jälkeen taas ylös. Mikäli etuaurassa olisi oma järjestelmänsä ja sivuaurassa omansa, tulisi ne yhdistää siten, että toiminto tapahtuu yhdellä kädenliikkeellä, ettei molempia auroja tarvitse ohjata erikseen. Laitteen toimivuus on ratkaiseva tekijä, että sitä tulee myös käytettyä.

Automaation kehitystyö

Kehitystyössä tulisi panostaa siihen, että toimenpiteitä tehdään oikeaan aikaan, älykkäästi ja vältetään ohilyönnit. Laitteiden raportoinnin ym. kehittäminen liittyy lähinnä työn laadukkuuteen, ei niinkään kunnossapidon tehostamiseen. Esimerkiksi laitteiden itsekaliibroinnin nähtiin parantavan työn laatua, mutta kunnossapidon automaation edistämiseen siitä ei nähty olevan merkittävää hyötyä.

Varsinaisesta automaatiosta poikkeavana, lähinnä laitteiden toimintaa avustavana ja tehostavana ratkaisuna hyväksi nähtäisiin kamerat. Auton alta alusterän toimintaa kuvaava kamera, sivuauran sijaintia kuvaava kamera ja muut auton ympäristöä kuvaamaan sijoitetut kamerat nähtiin

tarpeellisina apuvälineinä. Normaaliajossakin pimeitä kulmia on paljon, jolloin kamerakuva auttaisi kuljettajaa. Ongelmana todettiin olevan kameroiden puhtaana pysyminen ja toiminta rankoissa olosuhteissa. Kameroiden sijoittelulla, lämmityksellä ym. ratkaisuilla arvioitiin toimintaa pysyttävän varmistamaan. Joissain automalleissa tiedettiin olevan käytössä kamerajärjestelmä, jossa kamerat on sijoitettu kuvaamaan auton kulmista ja näytöllä kuva on nähtävissä kuin se olisi auton yläpuolelta otettu yhtenäinen kuva.

Liikenteen digitalisaatio

Automaattiajamista keskusteltiin lyhyesti. Automaattista ajamista tukevia toimintoja on jo nyt autoissa. Autot lukevat sijaintinsa reunaviivoista ja kaistamerkinnoista sekä pitävät etäisyyden edellä ajavaan autoon kuljettajan määrittelemän etäisyyden mukaan. Viivojen ja muiden kaistamerkinntöjen tulee olla kunnossa, muuten auton ohjausjärjestelmä menee sekaisin. Auto osaa lisäksi tarkkailla kuljettajan vireystilaa. Mikäli ajaessa esimerkiksi auto seilaa kaistalla, suosittelee järjestelmä kuljettajaa pitämään tauon. Näistä järjestelmistä oli hieman käyttökokemusta ja niissä todettiin olevan myös jonkin verran häiritseviä ominaisuuksia, kuten mm. auton nykiminen kaistalla sen määrittäessä sijaintiaan.

Johtopäätökset

Tienhoitotöitä suorittavien kuljettajien kannalta automaatiolla tehostetavan työn painopisteen tulisi olla työn oikea-aikaisen, oikein kohdenne- tun ja kaikin tavoin optimoidun, älykkään suorittamisen tehostaminen pääasiassa kelitietoihin ja niistä laadittuihin, paikkansapitäviin ennustei- siin pohjautuen. Tiesääasemista ja yleensä tien päältä saatavaa tietoa tulisi lisätä ja sitä analysoida keskitetysti työtä ohjaavalla ja toimenpiteistä päättävällä taholla. Suolauksen automatisoinnissa mahdollista olisi myös esimerkiksi kelitiedon perusteella automaattisesti määrittyvä suolan an- nostus.

Aurauksessa automaatiolla voisi tehostaa sivuauran turvallisuutta, jolloin aura liikkuisi esteen havaitessaan nopeasti takaisin auton sivulle. Myös tieto sivuauran levityslevydestä ja auran kärjen sijainnista koettiin tärkeänä. Aurauksessa kaksoisterä on tienpinnan puhtaudessa oleellisen tärkeä etenkin loskakelillä. Kaksoisterän automatisoinnin avulla vältettäisiin terän liikapainatusta sekä käyttöä pakkaskelillä, jolloin terästä ei ole hyötyä ja se kuluu turhaan. Auraustyöstä aiheutuviissa lisäkustannuksissa säästettäisiin todella paljon, jos saataisiin aurojen lumisuihkunohjaukseen toimiva ja helppokäyttöinen ratkaisu kehitettyä.

Suolauksessa painesuutinlevitystä pidettiin hyvänä ja varmatoimisena ratkaisuna. Tien pinnan tasauksessa tienpintaa seuraavan teräautomatiikan toiminnan varmistaminen olisi hyvä automaation kehittämisen kohde. Alusterän käytön, sivuauran sijainnin ja kaiken muun auton ympärillä tapahtuvaa toiminnan tarkkailuun todettiin eri puolille asennettujen,

rankkoihin olosuhteisiin soveltuvien kameroiden olevan erittäin hyödyllinen ja osaltaan automaatiota tukeva ratkaisu.

5.4 Asiantuntijahaastattelu TTS Työtehoseura ry

TTS Työtehoseura ry:ltä haastateltavana oli 6.6.2017 kehittämisasiantuntija Arto Kyytinen. Haastattelu suoritettiin Rajamäellä Työtehoseuran tiloissa. Teemahaastattelussa käytettiin liitteessä 5 esitettyä runkoa. Haastattelun aikana keskusteltiin opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellyistä aiheista, tienhoidon automaatiosta ja robotiikasta sekä liikenteen digitalisaatiosta ja älyautoilusta. Haastattelu keskusteluineen oli erittäin laaja-alaista, ajankohtaista ja haastateltavan syvän asiantuntijuuden myötä hyvin antoisa.

Automaation ja digitalisaation hyödyntäminen tienhoidossa

Aiheesta on ollut paljon keskustelua eri yhteyksissä. Automaatiotekniikkaan perustuvia ratkaisuja käytetään hyvin vähän, mikä ei ole hyvä asia. Tällä hetkellä käytetään periaatteessa ainoastaan sääolosuhteista kertovia, paikoillaan sijaitsevia tiesääasemia, eikä juuri mitään muuta. Tiesääasemissa olevat kamerat eivät näytä välttämättä tarpeellista tietoa, esimerkiksi huonossa säässä tienpinnan lumisuutta.

Automaatiosta on hyötyä silloin, kun mitattu tieto on tarkempaa kuin arvioitu tieto. Mittaamisella tulee saavuttaa joku tulos, esimerkiksi suolamäärän vähentäminen. Mitatulla tiedolla on pystyttävä ohjaamaan jotain laitetta siten, että laite toimii halutulla tavalla. Tällöin laite säästää, toimii tehokkaammin tai jotain muuta.

Tilanne tänä päivänä on, että tietoa on paljon ja sitä saadaan lisää määrätynlaisilla yhdistelmäantureilla. Tärkeää on hyödyntää ja yhdistää tiedot. Antureiden lisäksi esimerkiksi tienhoitoautoista on saatavissa CAN-väylien kautta paljon tietoa, jonka avulla voisi vaikuttaa tietyillä laskentakaavoilla esimerkiksi suolamäärään.

Tärkeintä olisi kuitenkin, että hoidon tarve määrittäisi todellisen tilanteen mukaan. Tienpäältä tulisi tietää tilanne, mikä siellä oikeasti on. Esimerkiksi ennakkosuolauksessa on olemassa jotkin raja-arvot, joiden mukaan lähdetään ennakkosuolaamaan.

Tiesää tiedon kerääminen liikenteestä

Tienpäällä on paljon aikataululla liikkuvia kuljetusyksiköitä; mm. Postin jakelu liikenne ja linja-autoliikenne. Jokaiseen kylään kulkee aikataulutettu runkoliikenne. Pelkästään Postin autoja on n. 250 yhdistelmää, jotka kattavat suurin piirtein Suomen päätieverkon ja liikennöivät useita kertoja päivässä. Alemmalla tieverkolla postinjakelu käy käytännössä joka osoitteessa päivittäin. Lisäksi on muut mahdolliset tiestöllä liikkuvat kuljetukset ym. liikenne. Mikäli tieto otettaisiin näistä tiestöllä joka tapauksessa liikkuvista autoista, saataisiin hyvin kattava kokonaiskuva ja parhaassa ta-

pauksessa kelitietoa muutaman minuutin välein. Olemassa olevan liikenteen hyödyntämisellä vähennettäisiin lisäksi urakoitsijan ja muiden tahojen kelin ja tiestöntilan tarkastukseen kuluva työaika ja matkakustannuksia.

TTS teki VTT:n ja Postin kanssa tutkimuksen, jossa vuoden 2017 helmikuun alusta huhtikuun loppuun tutkimukseen varustellulla, täysperäväunua vetäneellä autolla (Iveco), ajettiin Postin kuljetusreittiä valtatieä 4 Helsingistä Ouluun kuudesti viikossa, edestakaisin. Tutkimuksessa pyrittiin tuottamaan tietoa tiesäästä kustannustehokkaasti, tarkoitukseen soveltuvilla ja mahdollisimman edullisilla laitteilla. Tutkimuksen myötä pyrittiin hakemaan mallia digitaaliselle liiketoiminnalle, jolla saataisiin lisäarvoa kuljetuksessa käytettävän auton liikkumiseen tieverkolla. Tutkimuksen aikana mitattiin koko ajan tienpinnan kitkaa ja tienpinnalla olevaa materiaalia (lunta, jäätä, loskaa, vettä tai asfalttia). Suurin osa tiedosta tuli autosta. Autosta otettiin jatkuvana jokaisen pyörän pyörimisnopeus ABS:lta. Pyörimisnopeutta verrattiin materiaalikaavioon, jossa jokaiselle materiaalille (lumi, jää jne.) oli määritelty, kuinka paljon pyörä saa luistaa tietyn materiaalin päällä. Auton keulassa oli ristipolarisaatiokelikamera (VTT:n kehittämä IcOR), joka mittasi heijastumista tienpinnasta ja sen avulla määrittä, minkä materiaalin päällä auton pyörät olivat. Lisäksi autoon oli asennettu muutamia kiihtyvyyssantureita, 5 kpl tutkia auton ympärille ja stereokameratunnistus, mikä muodosti maanpinnan korkeuseroineen ja havaitsi esteet ym.

Tutkimusautossa oli oma ohjelmisto, matemaattinen laskentamalli tiedon esikäsittelyyn. Esimerkiksi tienpinnan mittaukselle oli asetettu tietyt raja-arvot tienpinnan materiaalin ja pyöriltä tulleen nopeustiedon (luiston) mukaan. Raja-arvon rikkoutuessa lähetettiin tietona pyörien nopeusero, moottoritehot, välityssuhteet, tienpinnan materiaali ja sijainti, sekä yleensä otettiin havainnekuva kyseistä paikasta. Parhaimmillaan tietoa kerättiin 5 metrin välein, joskus taas mitattavaa ei ollut satoihin kilometreihin. Tieto kerättiin VTT:n palvelimelle Tampereelle, jonne kerääntyi valtavasti aineistoa. Ilmatieteenlaitokselta tullaan saamaan tiesäätiedot kellonajoittain tienpäältä mitatuilta ajanjaksoilta. Tutkimuksen seuraavana vaiheena TTS:lla on verrata mittaustietoja tiesäätietoihin ja selvittää näiden eroavuudet.

Yhtenä esimerkkinä mittaustuloksista mainittakoon surullisen kuuluisa Konginkangas. Muutamana päivänä tutkimusauton ajaessa kyseisellä tieosalla havaittiin taannoisen onnettomuuspaikan molemmin puolin yllättävää liukkautta. Itse onnettomuuspaikalla ei havaittu mitään, mutta noin viisi kilometriä onnettomuuspaikan molemmin puolin tutkimusauto mittasi merkittävää jatkuvaa luistoa takapyöriltä. Auto ajoi tasaista 80 km/h –nopeutta ja moottoritehosta käytössä oli muutamia kymmeniä prosentteja, mutta silti takapyörät olivat jatkuvassa luistossa. Raskaalle yhdistelmäajoneuvolle kyseinen tilanne on huolestuttava. Kyseisellä tieosalla keli muuttui tunneissa kuivasta pikkupakkaskelistä todella huonoksi. Näin yl-

lättävän ja nopeasti muuttuneen kelitilanteen havaitseminen ei olisi ollut mahdollista ilman tienpäällä tehtävää jatkuvaa, reaaliaikaista mittausta.

Automaation ja robotiikan hyödyntäminen muilla aloilla

Maataloudessa käytetään työkoneiden ohjauksessa GPS-pohjaisesti automaatiota. Kaivosalalla samoin, joskin siellä käytetään automaatiota paljon laajemmin. Aihe on TTS:lle tuttu, sillä Kajaanin seudulla järjestetään kaivosalan koulutusta. Kaivoksilla käytetään automaattisesti liikkuvia ajoneuvoja, jotka on varustettu mm. työkonetutkilla. Ivecon tutkimusautossa oli esimerkiksi työkoneautomaatiossa käytettäviä Continentalin valmistamia työkonetutkia. Kaivospuolella on käytössä myös osa-automaatiota. Metsäteknologiassa automaatio rajoittuu lähinnä korjuukoneisiin eli varsinaiseen puun käsittelyyn, mutta ei niinkään puun kuljetusketjuun. Ajokone ei tee mitään automaattisesti, ei osaa hakea itse puuta, purkaa kuormaa tms. Nostureissa on hieman enemmän älykästä tekniikkaa, joilla estetään esimerkiksi vahinkoliikkeet kuormatilän ulkopuolelle. Muutoin toiminnot ovat kuljettajan ohjattavia ja automaatiota käytetään lähinnä avustavassa toiminnassa.

Logistiikka-alalla on esimerkiksi varastotekniikassa ja materiaalin käsittelyssä automaatiota. Siltanostureissa on langaton ohjaus ja muistipaikkoja, joihin nosturi osaa automaattisesti kulkea. Lisäksi ohjelmoitavissa on paikkoja, joihin ei saa mennä. Koneet ja laitteet osaavat väistää esteitä kameratekniikan avulla. Lisäksi varastotiloissa voidaan käyttää ultraäänisensoreita, joiden on todettu toimivan huonosti tieliikennepuolella niihin kertyvän lumen vuoksi.

Kamera- ja lasertekniikan hyödyntäminen tienhoidossa

Kameratekniikkaa olisi mahdollista hyödyntää tienhoidossa esimerkiksi alusterän käytön yhteydessä, jossa ongelmana on ollut se, ettei alusterää ja tien pintaa näe auton alla. Stereokameralla on mahdollista saada tietoa esimerkiksi tienpinnan suoruudesta, jos tieto halutaan saada datamuodossa. Käytännössä tuotos voi olla joko kuva tai pistepilvi. Toisena mahdollisuutena on laser-keilaus, jossa mitataan esimerkiksi yksijuovaisella laserilla koko ajan tienpintaa. Mikäli halutaan saada pelkkää kuvaa, on mahdollista käyttää stereokamerasta vain toista kameraa. Kuva on mustavalkokuvaa, jonka tarkkuus on parempi kuin värikuvan. Lisäksi asennettaessa infrapunavalokameran viereen kameran suuntaisesti, näyttää kameran kuva valoisalta, vaikka kuvattaisiin keskellä yötä.

Laitteiden hinnat vaihtelevat aina 300 eurosta n. 50 000 euroon. TTS:n tutkimusautossa käytettiin mittaamisessa 3 000 euroa / kpl maksavia kameroita. Näiden lisäksi rakennettiin kelikamera eli IcOR halvasta kiinalaisesta, mutta kuitenkin laadukkaasta stereokamerasta, johon tehtiin optiikat Suomessa. Sen hinnaksi tuli 300 euroa ja se toimi ihan yhtä varmasti, kuin 3 000 euron kameratkin. Infrapunavaloissa ainoat kunnolla kestävät mallit ovat sotilaskäyttöön tarkoitetut valot, joiden hinta on n. 1 200 euroa / 2 kpl. Valot on varustettu 47 W infrapunavalolla, joka on todella kir-

kas. Tiehoidossa käyttöympäristö on hyvin haastava, mikä on huomioitava laitteiden hankinnassa, sijoittelussa ja toiminnallisuudessa.

Ajoneuvoihin on mahdollista asentaa 360-kameratekniikka, joka käsittää neljä kameraa, keskusyksikön ja näytön. Kuva näkyy näytöllä kuin se olisi auton yläpuolelta otettu ympäryskuva. Kameroita ei sijoiteta auton kulmiin, vaan keskelle; keskelle keulaan ja perään sekä kylkiin. Kuvakulmat saadaan tällöin osumaan paremmin yhteen.

Kameratekniikka on tänä päivänä erittäin hyödyllistä ja käyttökelpoista. Suurin ongelma kameroilla on, että ne likaantuvat. Esimerkiksi testiautossa peräosan kamera sijaitsi pystyn umpikaapin yläosassa ja muurautui helposti umpeen. Kameralle tehtiin oma painepesuri auton lampunpesimestä. Kuormatilan puolelle seinän taakse asennettiin lämpövastukset, jotka lämmittivät pesuaineen. Kameran likaantuessa kuljettaja painoi nappia, jolloin pesuri laski korkeapaineella tuulilasinpesuainetta kuumennettuna kameraan ja kamera toimi hyvin talvellakin.

Nykyteknologian mahdollisuudet

Nykyteknologia mahdollistaa jo hyvin edullisestikin korkeatasoisten ratkaisujen käytön tiedonkeräämisessä ja –siirrossa. Tänä päivänä on hyvin yksinkertaista tehdä täysin automaattinen, tiettyjä tietoja lähettävä laite esimerkiksi tienhoitotoimenpiteiden seurantaan. Laite ei ole matkapuhelinta suurempi ja sisältää kevyen ohjelmiston, jossa on määritelty mitä tietoja lähetetään ja kriteerit lähettämiseksi. Esimerkiksi tutkimusautossa tietoliikenne oli järjestetty 4G-modeemilla, ulkoisilla antennilla ja täysin automaattisesti käynnistyvillä keskusyksiköillä. Kuljettajan ei tarvinnut tehdä laitteiden suhteen mitään. Kunnollisella antennivarustuksella varmistettiin tiedon liikkuvuus. Nykyantennit ovat hyvin pieniä ja huomattomasti kevyempiä, pieniä pyöreitä lätkiä, joilla saadaan kymmenkertainen yhteys verrattuna vanhaan tekniikkaan.

Tienhoidon automaatiolle olisi mahdollista ottaa mallia työkonepuolelta. Esimerkiksi alusterä voidaan määrittellä tarkalleen, missä korkeudessa se kulkee ja se voidaan laittaa säätämään itse korkeuttaan. Se on valmiina tekniikkaa ja automaatio löytyy, sillä tiehöyliin kyseisiä ominaisuuksia on asennettu jo useita vuosia.

Hydrauliikan toiminnassa, kun vaaditaan nopeita liikkeitä, apuna voitaisiin käyttää paineakkuja. Hydrauliikkasynterinin kyljessä on paineakut, jotka aukaistaan sähköimpulssin avulla. Tällöin puretaan toisen puolen paineakku tyhjäksi ja toisen puolen paineakku puretaan hydrauliikkasynterinin männän vastapuolelle. Näin aikaansaadaan äärimmäisen nopea liike. Paineakut voisivat olla ratkaisu esimerkiksi sivuauran saamiseksi nopeasti takaisin tienhoitoauton vierelle esteen tullessa eteen.

Uusien teknologioiden luomat mahdollisuudet

Tienhoidon kannalta ympäristön havainnointitekniikka eli esteiden tunnistus olisi hyödyllinen, mutta se on vielä hyvin alkuvaiheessa. Liikenne-merkkien näkyvyyttä voidaan mitata, sekä esimerkiksi näkyvyyttä haittaavien tai kaatumassa olevien puiden valvontaan tekniikka olisi hyödynnettävissä. Tienpinnan ehjyys ja suoruus on helppo tunnistaa.

Tutkimusten ja kehittelyn alla on esimerkiksi ajoneuvolle luotava virtuaalinen tilanne, mielikuva, jossa tiedetään kaikki ajoneuvon ympärillä olevat kohteet ja niiden liikesuunnat niin tarkkaan, että ajoneuvo voisi itse päätellä, mihin suuntaan sillä on käytössä vapaata tilaa.

Laserkeilausta olisi teoriassa mahdollista käyttää ajoneuvon paikannuksessa. Esimerkiksi suolan robottiautomaattilevitykseen olisi mahdollista tehdä 3D-kartta suolattavalta reitiltä, jonka avulla ajoneuvo määrittää sijaintinsa laserkeilaamalla jatkuvasti ympäristöä. Tiestä ja sen ympärillä olevista rakenteista tulisi laatia millimetriluokkaa oleva 3D-kartta. Kartalta määritettäisiin pois pysäköidyt autot ym., joiden kohdalla järjestelmä vertaa sijaintia johonkin muuhun kohteeseen. Sijaintia voidaan mitata esimerkiksi talon kulmasta tai muista kiintopisteistä. Laserkeilausta häiritsee kuitenkin ympäristön muutokset, kuten esimerkiksi tien viereen aurattu lumivalli.

Suolainrobottiautomaatti, GPS-paikannus ja 5G

Suolainrobottiautomaatin tekniikka ei ajatuksena ole kovin erikoinen, kun ajoneuvokaan ei liiku automaattisesti. Käytettävän GPS-paikannuksen tarkkuus kuitenkin arveluttaa. Valtran kanssa haastattelussa esille tuli maataloudessa paikannustarkkuutta lisäävä RTK-signaali. RTK-signaali tulee kuitenkin viiveellä ja se on nimenomaan ongelmana automaattiajamisessa. GPS-signaali saattaa hyppiä 20 m mihin suuntaan tahansa. Tarkennettaessa paikannusta RTK-signaalilla saadaan aikakorjaus, joka kertoo absoluuttisen ajan; milloin tietyn GPS-signaalin piti olla tietyssä kohdassa. Tehtäessä tämä useiden satelliittien antamille signaaleille, saadaan sidottua paikka. Tarkkuus paranee sitä enemmän, mitä useampia otantoja otetaan. Esimerkiksi on tutkittu tavallista maanmittauksessa käytettyä senttiluokan GPS-vastaanotinta. Havaittiin, että se ottaa 120 otantaa yhdestä maasta mitattavasta kohdasta. Tarkat GPS-mittauslaitteet ovat hyvin hitaita toiminnaltaan, eivätkä sovellu liikkuvan ajoneuvon paikannukseen.

5G-verkosta on mm. Valtralla toivottu saatavan apu paikannuksen tarkkuuteen. Liikennevirasto on tehnyt alustavia laskelmia, mitä maksaa saada rakennettua Suomeen kattava 5G-verkko. Laskelman mukaan siihen tarvittaisiin 20 miljardia euroa. Verkko vaatii tukiasemia n. 100 metrin välein toimiakseen automaattiajamisessa vaadittavalla tarkkuudella. Ouluun on rakennettu Nokian ja yliopiston oma pieni 5G-verkko. Toiminta on täysin testiluonteista ja verkko kytketään päälle ainoastaan määrättyjä testejä varten. Verkko on testausten aikana runsaasti miehitetty, eikä siinä voi

käyttöönottaa pilottimaisesti mitään ajoneuvoja tms. sen ollessa toiminnassa ainoastaan testausta varten.

5G-verkko tulee alkuun olemaan hyvin alueellinen, koska verkon tehokkuuden kasvaessa kantomatka lyhenee. Samalla tyyllillä tuli aikoinaan 4G-verkko, joka ei vielä ole koko maan kattava. Verkon on oltava niin tiheä, että saadaan vähintään kahdelta tukiasemalta määritettyä kaksisuuntainen dimensio, tai kolmelta tukiasemalta, jolloin saadaan ajoneuvolle korkeusasemakin määritettyä. Mittaus perustuu viiveeseen, montako nanosekuntia tieto liikkuu tietyllä välillä. Myös GPS-paikannuksen epätarkkuus aiheutuu viiveestä. Yhden millisekunnin eli sekunnin sadasosan viipymä, joka voi aiheutua esimerkiksi sääolosuhteista, pilvistä, ilmansaasteista tai heijastumista, aiheuttaa viiden metrin siirtymän. GPS:n tarkkuutta voidaan parantaa RTK-signaalilla, mutta lähellä päiväntasaajaa kiertävien satelliittien etäisyys on pitkä ja viive on isompi, jolloin virhe kertyy.

Galileo-satelliittijärjestelmä tulee parantamaan paikannuksen tarkkuutta. Galileo on ESA:n, Euroopan avaruusjärjestön hanke, joka on käynnistetty viime syksynä 2016 ja taivaalla on tällä hetkellä 18 satelliittia. Vuoteen 2020 mennessä on tarkoitus laukaista lisää satelliitteja siten, että kaikkiaan taivaalla olisi 30 Galileo-satelliittia ja se olisi maailman kattavin verkko. Laittevalmistajia tai loppusovellusten käyttäjiä ei ole tiedossa, jotka käyttäisivät Galileoa, mutta modeemeja Galileo-paikannukseen on olemassa ja jopa matkapuhelinsovellus. Galileoa on mahdollista käyttää GPS ja GLONASS –paikannusten lisänä, jolloin ne tukevat ja korjaavat toisiaan.

GPS on vanha järjestelmä ja lähettää kahdella taajuudella signaalia. Toinen signaali tulee eri taajuudella, jolloin sen lentoaika on eri kuin toisella ja niistä saadaan vertailuarvo. Sijainti määrittyy, kun käytettävissä on esimerkiksi seitsemän satelliitin siirtymäajat. Galileossa taas käytetään tavallaan kuutta aikaväliä eli se lähettää kuusi signaalia yhtäaikaaisesti. Signaalit on luokiteltu vähän eri tavoin ja ovat fyysisesti hieman erilaisia, jolloin sillä päästään tarkempaan tulokseen.

Galileo on ensimmäinen siviilikäyttöön tarkoitettu järjestelmä. GPS on Yhdysvaltojen ja GLONASS on Venäjän sotilaskäyttöön tarkoitettu järjestelmä. Pohjoismaissa GLONASS:ssa on parempi tarkkuus kuin GPS:ssä, koska Venäjän satelliitit pyörivät osittain Venäjän yllä. TTS:lla on tarkoituksena tehdä tarkempi paikannuksen testimittaus Etelä-Suomessa kaupunkialueella. Tarkoitus on ottaa rinnastukset eri järjestelmistä siten, että kaikkiin otetaan differentiaalikorjaus ja katsotaan kuinka tarkkaan tulokseen päästään. Mittauksessa pyritään käyttämään kaikkien järjestelmien satelliitteja yhdessä. Testaus on lähtöisin automaattilinja-autovalmistajan ehdotuksesta ja vastaavaa tutkimusta tehdään Ranskassa.

Useiden paikannusjärjestelmien käyttäminen (multi-constellation) lisää tarkkuutta ja sitä hyödyntävä tekniikka ei ole kovin uutta. Järjestelmässä

ei myöskään ole väliä, kuinka useaa satelliittisignaalia luetaan. Riippuu vastaanottimen ohjelmistosta, onko käyttäjälle jätetty mahdollisuus valita mitä paikannusjärjestelmiä laite käyttää.

Inertiasuunnistus

Maanviljelyksessä GPS-paikannuksen tarkkuuden parantamisessa käytetään RTK-signaalia, jonka viive ei aiheuta suurta haittaa työskentelynopeuden ollessa alhainen. Lisäksi käytetään inertiasuunnistusta, joka perustuu kääntökulmiin ja sivuvoimiin. GPS-sijainti saattaa heittää aiheutuen signaalin epätarkkuudesta, mutta ohjattua logiikkaa noudattaen inertiasuunnistus pitää linjan kuitenkin vakaana. Lähestulkoon kaikki GPS-paikantimet käyttävät inertiasuunnistusta esimerkiksi tunneleissa. Tunneleissa on määritelty, että tietyllä mutkalla ja tietyn jyrkkyyden kaarteessa käännytään tietyllä sivuvoimalla tiettyä vauhtia. Suunnistus perustuu jatkuvuuteen, koska käytössä ei ole satelliittisignaalia.

Aurojen lumisuihkunohjaus

Aurojen lumisuihkunohjauksessa liikennemerkkien tunnistamisessa voisi käyttää apuna kameratekniikkaa, joka tunnistaisi merkit, mikäli ne eivät ole syystä tai toisesta jo lumeentuneet. GPS-signaaliakin voidaan parantaa senttiluokkaan katvealueilla, tai alueilla joilla tarvitaan suurempaa tarkkuutta esimerkiksi paikallisilla tukiasemilla, jotka toistavat RTK-signaalia. RTK-signaalilla tarkennetun paikannuksen soveltuvuus aurauton vauhtiin riippuu tarvittavasta paikannuksen tarkkuudesta.

Yhtenä vaihtoehtona on, että liikennemerkkin putkeen kiinnitettäisiin RFID- tai Bluetooth-signaalin lähetin, jolloin sijaintitieto olisi pysyvää. Massatilauksina lähettimet eivät maksa kuin joistain senteistä euroihin kappaleelta. Taustalla tarvittavan ohjelman laatiminen maksaa tuhansia, mutta kun vaadittava toiminnallisuus on tehty ja sitä aletaan monistamaan, hinnat romahtavat. Esimerkiksi kaupoissa tuotteissa käytettävien RFID-signaalin lähettimien hinnat ovat senteissä. Passiivinen RFID vastaa toisen kutsuun ja saa virran vastaanottamastaan signaalista, jolla lähettää takaisin signaalin. Aktiivisella RFID:lla voidaan signaalia lähettää jopa kymmeniä metrejä. Aurasuunnistukseen tulisi tehdä soveltuva oma ratkaisunsa ja testata laitteiden toimintaa. Kyseeseen tulisi mahdollisesti yksinkertainen rasia, jossa olisi riittävä iskunsuojaus lumelle ja jäälle. Virtalähteenä voisi olla esimerkiksi pieni valokenno. RFID:n virrankulutus on hyvin pientä. Esimerkiksi merikontteihin on kehitetty lähettäviä, jotka saattavat toimia kolmekin vuotta pimeässä.

Automaattiajamisen teknologia

On mahdollista tehdä automaattisia toimintoja niiltä osin, mitä halutaan saada automaattiseksi. Tällä hetkellä on jo käytössä kaista-avustin moottoritieolosuhteissa. Automaation tai sen tason voi kuitenkin kyseenalaistaa, kun auto osaa mennä suoraa tietä pitkin, mutta ei kuitenkaan esimerkiksi risteyksessä osaa poistua siltä. Tienhoitoa ajatellen automaatti-

sesti liikkuvien tienhoitoautojen käyttö tulee alkuvaiheessa keskittymään suljetuille alueille, joissa ei ole avointa liikennettä.

Huomioitava on myös Suomen olosuhteet esimerkiksi GPS-paikannuksessa, jota käytetään ajoneuvon sijainnin määrittämisessä kaistaviivojen, reunakivien ym. tietojen avulla tehtävän tunnistuksen lisäksi. Esimerkiksi Kaliforniassa GPS-tarkkuus on kymmenkertainen Helsinkiin verrattuna johtuen satelliittien lentoradasta, joka on päiväntasaajan paikkeilla. Kaliforniassa satelliitit kulkevat lähestulkoon päältä, kun Suomeen nähden ne ovat kaukana, aivan alaviistossa taivaalla.

Kaistaviivojen kunto on ratkaisevassa asemassa automaattiajamisen kannalta. Esimerkiksi testiajossa oli huomattu, että keväällä talven aurausten jäljiltä reunaviivat olivat monin paikoin laitteistolle tunnistamattomassa kunnossa. Järjestelmä ei välttämättä löytänyt reunaviivaa, vaikka tie oli harjattu puhtaaksi. Reunaviivat olivat joko harmaantuneet, tai niistä oli lohkeillut palasia. Syksyllä ne ovat jälleen hyvässä kunnossa kesän korjaustöiden jälkeen, kunnes talvi suolausten, auran terän ym. vaikutuksesta kuluttaa viivat. Autojen laitteistoissa on eroa ja erilaisia säätöjäkin. Esimerkiksi tutkimusautossa Iveco:ssa tuulilasikameran avulla toimiva kaistavahti saattoi häiriintyä märälle tienpinnalle muodostuneista kuivista ajourista.

TTS:lla on tutkittu autoihin asennettavaa tutkatekniikkaa. Tutka havaitsee hyvin esimerkiksi autot, polkupyörät, lastenvaunut jne., mutta ei ihmistä. Ihmisessä ei ole, vaatuksesta riippuen, tutkasäteitä heijastavia pintoja. Lähialuetutkillakaan ei havaita kuin noin 50 % ihmisistä. Lisäämällä stereokameroita tutkien lisäksi on päästy 99 %:n yläpuolelle ihmisen havainnoinnissa. Ajoneuvoon asennettiin kolme stereokameraa, joilla keilaamalla muodostettiin virtuaalinen maanpinta. Kameroiden ja tutkien avulla muodostettiin ajoneuvon ympärille alue, jolta tunnistettiin määrätyn korkeuinen este, oli se ihminen tai mikä tahansa, jota päin ei saa ajaa. Tekniikan avulla pystyttiin huomioimaan esimerkiksi jopa tietyömaa-alueella ylikorkeat kohoumat, joiden yli ajettaessa olisi ajoneuvon helmamuuovut vaurioituneet.

Suurimmat autotehtaat Euroopassa, Volvo, Daimler, BMW jne., ovat ottaneet vahvasti kantaa automaattiajamisen vastuukysymyksiin jo muutama vuosi sitten. Autonvalmistajien lähtökohta on, että automatiikan ollessa kyseessä vastuun ottaa autotehdas. Lähtökohtana tälle kannalle on, että muutoin ei automaattisia autoja uskalleta ostaa.

Sohjoa-pilotti, Wienin sopimus ja MaaS

Sohjoa-hanke on pilottihanke, jossa käytössä on ranskalainen Ligierin auto. Opinnäytetyön taustatiedoissa kuvassa 9 on vanha malli, EX10. Ajoneuvo ei ole vielä niin edistysellinen, että sitä voisi avoimessa liikenteessä käyttää. Pieniä pätkiä auto on liikennöinyt mm. Helsingissä ja kesällä 2017 on tarkoitus jatkaa kokeilua eri paikoissa. Auto menettää havainto-

kykynsä lumisateessa sekä kovemmassa vesisateessa ja lopettaa kulkemisen. Helsingin Hernesaassa autossa oli kuljettaja mukana koko ajan, vaikka auto pääsääntöisesti ohjasi itse.

Wienin v. 1968 tieliikennesopimuksessa on määritelty reunaehtoja, jotka ovat kaikkien allekirjoittajamaiden hyväksymiä. Sopimuksessa on mm. määritelty, että ajoneuvolla on oltava kuljettaja. Suomen viranomaiset tekivät Tieliikennelakiin sopimuksesta virallisen tulkinnan, että kuljettaja voi olla myös ajoneuvon ulkopuolella. Tieliikennelain uudistuksessa, jota parhaillaan valmistellaan, tienkäyttäjän määritteessä venytetään samaisista Wienin sopimusta. Tieliikennelain antaman mahdollisuuden myötä Suomelle on muodostunut hyvä etulyöntiasema ajatellen mm. isojen autonvalmistajien testauksia. Tätä mahdollisuutta on mainostettu ympäri Eurooppaa.

Lisäksi Trafirin toiminta esimerkiksi ajoneuvojen kokeiluluuvissa on poikkeuksellinen. Kokeiluun aiottavasta ajoneuvosta esitetään mm. alue, jolla kokeilua halutaan tehdä ja kokeilun ajanjakso. Hakemukseen kirjataan mm. mitä aiotaan tehdä, mihin aikaan ja mitkä ovat mahdolliset riskit. Nopeasti, arviolta jo viikon päästä on mahdollista saada Trafilta kokeilukilvet ja ajoneuvon testaus voi alkaa laillisesti. Mikäli samaa yrittäisi Saksassa, voisi kokeiluluvan saamiseen kulua noin vuosi. Belgiassa, jossa vastaava poikkeuslaki on olemassa, luvan voisi saada melko nopeasti, mutta sen mukana tulisi iso määrä rajoituksia, mitä kokeiluluvalla ei saa tehdä. Suomessa on lähdetty ajatuksesta, mitä kokeiluluvalla saa tehdä.

MaaS on käsite, jota ei ole vielä voitu määrittää, mitä se ihan oikeasti on. MaaS:n alla markkinoidaan erilaisia autonjakamispalveluja, matkaketjuja ja kaikkea mahdollista. MaaS:n ajatus perustuu siihen, että voidaan liikkua omistamatta autoa. Muuta rajoitusta käsitteellä ei ole ja kysymys herääkin, onko se MaaS:ia kun kävellään. Esimerkiksi ”YlläsMaaS” Kittilässä on palveluna ollut olemassa jo kauan, kun käytössä on ollut hotellin asiakkaille majoitukseen kuuluvana matkat rinteeseen taksilla tai linja-autolla. Vasta myöhemmin palvelulle on saatu virallinen MaaS-nimike.

Automaattiajamisen vaikutus tieinfraan

Tieverkot tulisi digitalisoida siten, että tiellä voidaan käyttää automatiikkaa ja semi-automatiikkaa. Tarvittava tieto on oltava koko ajan saatavilla riittävällä tarkkuudella. Auton on mm. pystyttävä luotettavasti määrittämään sijaintinsa kaistalla. Automaattiajamiselle aiheutuu isoja epävarmuustekijöitä paitsi reuna- ja kaistaviivojen kulumisen vuoksi, myös tien urautumisesta. Automaattiajaminen osaltaan lisää tienpinnan urautumista. Urautuminen ei niinkään ole esteenä automaattiajamiselle. Auto pystytään ohjaamaan urissa samoin, kuin tasaisellakin tiellä. Autoon voidaan laittaa automatiikka, joka osaa ohjata urassa ja vastustaa uran ohjaavaa vaikutusta. Urautuminen on haitta lähinnä tieverkolle.

Tienrungolle aiheutuvasta rasituksesta keskustellaan kovasti ja erityisesti raskaan liikenteen uusien painoluokkien aiheuttamasta vaikutuksesta. Esimerkiksi 100 tonnin painoinen yhdistelmä, jossa on enemmän pyöriä ja pintapaine saadaan pysymään samana kuin ennen. Pyörät kuitenkin lyövät pintaa alaspäin, perä-perää ja samaa uraa, jolloin tien pintarakenne ei pääse joustamaan takaisin päin. Näiden kaikkien tekijöiden aiheuttamista vaikutuksista tierakenteelle ei olla vielä selvillä.

V2V, I2V ja V2X –tietoliikenne

Automaattiautojen kehittämisessä on ajoneuvojen sekä ajoneuvon ja tieinfran välisen keskustelun kehittäminen oleellinen ja tärkeä hyödynnettävä automaation osa. Tiedonsiirtomuodot V2V eli ajoneuvojen välinen, I2V eli infrasta ajoneuvoon ja V2X eli ajoneuvosta infralle ja muille tahoille, vaikuttavat erityisesti turvallisuuteen, mutta lisäksi liikenteen joustavuuteen. Tiedonsiirto itsessään ei ole automaatiota, mutta se on yksi automaation lisäämistä mahdollistava osa. Autojen turvallisuudessa yhtenä esimerkkinä voisi olla kriittiset havainnot, jotka toimitetaan V2V:n avulla muille tielläliikkuville.

Ajateltaessa tienhoitoautoja automaattisten autojen kanssa samassa liikenteessä, esille nousee juuri V2V-tietoliikenne ja ympäristöhavainnointi. Tienhoitoauton on pystyttävä kertomaan automaattiautojen käyttämällä kielellä, mikä on työtä tekevän ajoneuvon nopeus, suunta ja käytössä olevien laitteiden myötä tarvittava tila.

ITS-G5 –protokolla

Ajoneuvojen tietoliikenteeseen ollaan kehittämässä ITS-G5 –protokollaa, joka perustuu Datexiin eli se on vakioajoneuvon tuottaman informaation hallintaa. Sen avulla määritellään, mitä tietoa ajoneuvo lähettää eteenpäin toisille ajoneuvoille, tieinfralle ja muille tahoille. ITS-G5:tä kehitetään vahvasti ja sitä ei saa sekoittaa 5G-käsitteeseen. Maailmalla on käytössä paljon eri standardeja, mutta ITS-G5:n ympärille tulee liikenteen standardisointi rakentumaan.

Digitaalisten karttojen paikkansapitävyys

Täydennyksenä automaattiajamisen vaatimiin kaistamerkintöihin ym. tieinfran ominaisuuksiin voidaan esille ottaa karttojen paikkansapitävyys. Esimerkiksi Digiroad, joka pitää paikkansa uudemmilla teillä ja uusituilta tieosilta erittäin hyvin. Vanhoilla teillä, joissa on esimerkiksi tieluokkaan perustuneita kaistaleveyksiä, nousee kartan paikkansapitävyys erittäin tärkeäksi. Tämä koskee erityisesti alemman tieverkon teitä, joita ei ole peruskunnostettu viime vuosina. Automaatiolle on ehdottoman tärkeää, että kartan keskiviiva ja kaistaleveys pitävät paikkansa. Pituussuuntainen tieto on tärkeä esimerkiksi risteysissä ajatellen. Digiroad on muodostunut 1990-luvulla, kun kaikki tiekarttatieto kerättiin yhteen ja samaan, jatkuvasti ylläpidettävään aineistoon. Mikäli riittävää digitaalista karttatietoa ei ole saatavilla, on se tehtävä automaattiajamista varten.

Aurora-hanke ja testiolosuhteet

Liikennevirasto rakentaa Tunturi-Lapin Muonioon puitteet älyliikenteen testaamista varten. Liikenne- ja viestintäministeriön perustamassa, liikenteen digitalisaation edistämiseen tähtäävässä Liikennelablassa on hankkeesta ollut keskustelua. Tällä hetkellä tiedossa on, että valtatie 21 peruskunnostetaan ja samassa yhteydessä tiealueelle asennetaan kaapeleita, tietoliikenneyhteyksiä, sähköjä ja tehdään tiloja, joihin laitteita voi asentaa. Kyseisellä 9 km pituisella tieosalla on mahdollista eri toimijoiden aloittaa testaaminen varustelemalla tie, mutta valmista tekniikkaa, kuten 5G-verkkoa siellä ei ole. Aurora-Borealis on yhteistyöhanke, jota tehdään Norjan vastaavan liikenteen organisaation kanssa. Siihen liittyy osaltaan myös NordicWay Coop. Yhdysvalloista on mm. US Navyn väkeä käynyt tutustumassa hankkeeseen.

Ongelmana Aurorassa on huonot kulkuyhteydet verrattuna Keski-Euroopan testialueisiin, jotka sijaitsevat usein lähellä vilkkaita lentoasemia. Ns. ”arkinen ulottuvuus” on autotehtaille hyvä asia, mutta talviolosuhteiden testaukseen on tarvetta usein vasta sen jälkeen, kun on saatu ratkottua isojen markkinoiden tarve. Automatiikkaan haastetta tuovat eniten sumu, vesisade, räntä ja auringonpaiste. Pahimpana haasteena autotehtailta pidetään välikeliä; sohjoa ja sen sulamista. Autojen anturit muurautuvat umpeen, talvirenkaita ei välttämättä käytetä ja sohjo saattaa myös tiivistyä liukkaaksi jääksi.

Ajatuksia liikenteen digitalisaation kehityksestä Suomessa

Tämän hetken näkymä alkaa olla, että Suomi on putoamassa digitalisaation kärkisijoilta. Digitalisaatiosta on ollut paljon puhetta kaksi vuotta, mutta varsinaisesti sen edistämiseksi ei ole tehty paljoakaan. Selvitystöitä on tehty, ja niitäkin osittain toisiaan sivuten ja ristiin. Ongelmana on, että asialle pitäisi tehdä konkreettisesti jotain, niin kuin esimerkiksi muualla Euroopassa on tehty. Ruotsissa digitalisaation liikkeelle saamiseksi on käytetty kymmeniä miljoonia, joilla on perustettu iso testirata ja tuettu omaa teollisuutta ja tutkimusta. Samoin on tapahtunut mm. Belgiassa ja Hollannissa sekä Saksassa, jossa digitalisaation kehittämiseen on laitettu satoja miljoonia, jopa miljardeja. Suomessa on käynnistetty hankeohjelmat; Aurora ym. siihen liittyvät hankkeet, joissa puhutaan muutamista kymmenistä ja sadoista tuhansista euroista, niissäkin 50 %:n rahoituksesta. Nimellisesti tehdään iso investointi Auroraan, mutta siinä pääosa rahoista kuluu valtatieparantamiseen. Suomen kärkisijaan on vaikea enää uskoa, mahdollisuuksia siihen ei enää ole.

Digitalisaation osa-alueiden kärkisijoihin on Suomellakin mahdollisuuksia päästä. Esimerkiksi kehittämällä jokin sovellus tai uusi laite. Kokonaisuudessa ei ole pakko olla kärjessä, pienelle maalle riittää sekin, että ollaan jollain osa-alueella hyvä. Konkreettisiin toimenpiteisiin tulisi nyt kiinnittää huomiota ja panostaa niiden kehittämiseen. Esimerkiksi Big Data, jota ei vielä kukaan ole täysin saanut hallintaan tai luotua muotoa sille. Automaattiajamisessa mm. kerätään paljon V2V, V2X ym. -tietoa. Tiedetään,

että Big Data tulee olemaan ja se sisältää paljon erilaista tietoa, jota eri toimijat pääsevät suodattamaan tarpeensa mukaan. Big Datan jakamiseen ei kuitenkaan ole luotu vielä liiketoimintaa. Vaarana on, että Google, Apple tai Microsoft ottavat ohjat Big Datan hallinnassa ja jakamisessa.

Automaattiajaminen vaatii tietoturvaa ja varmuutta toimiakseen, ja Suomessa on vahvaa osaamista tällä alalla. Suomalaisten yliopistojen vahva osaaminen on perua Nokian aikaisesta kehitystyöstä.

Skillful-projekti

Työtehoseuralla työskennellään tällä hetkellä Skillful-projektin parissa. Hankkeessa on suuri määrä osallistujia; VTT, kelikeskuksia, Valencian satama ja satamaliikenne, Feld, Eurocontrol jne. Toisin sanoen kaikki liikenteen muodot; ilmaliikenne, raideliikenne, vesiliikenne ja tieliikenne. Työtehoseura tulee tuottamaan aineistoa tieliikenteeseen liittyen. Projektissa pyritään kartoittamaan kaikkea henkilön osaamista sekä automaation käytön osaamista tieliikenteen ja logistiikan osa-alueen tieliikenteen suhteen, sekä kartoitetaan tulevaisuuden tarpeita ym. Lisäksi mietitään vaihtoehtoja, kuinka saataisiin työelämästä pudonneita palaamaan takaisin.

Skillful-projektiin liittyen VTT:n pilotissa mietitään mm. tiedon hyödyntämistä suhteessa kelikeskukseen, jotta siellä osattaisiin hyödyntää saatuja tietoja. Kelikeskus nähdään täydessä automaatiossa eräänlaisena välimalina; jonkun on valvottava, mitä automaatiolaitteet tien päällä tekevät. Esimerkiksi mitä tehdään, jos tienhoidossa automaatti tekee virheen ja päättää levittää keskellä talvea tielle pelkkää vettä.

Johtopäätökset

Automaatiota on tienhoidossa liian vähän. Lähtökohtana on, että tienhoidon tarpeen tulisi määrittäytyä todellisen tilanteen mukaan. Nopeasti muuttuvan tilanteen, lisäksi vielä hyvin paikoittaisesti esiintyvän huonon kelin havaitseminen on lähestulkoon mahdotonta ilman tienpäältä reaaliaikaisesti saatavaa, teknisten laitteiden antamaa mittaustietoa. Digitalisaatiota hyödyntäen olisi mahdollista saada tieto toimenpiteitä vaativista kohteista, joita tuskin jätetään hoitamatta, mikäli se tieto on olemassa.

Tienhoitoautojen turvallisuutta ja tehokkuutta on mahdollista lisätä eri tekniikoiden avulla. Tutkatekniikka yhdistettynä stereokameroihin mahdollistaa esteiden tunnistuksen. Tienhoitoauton sivuauraan voitaisiin lisätä paineakut, joiden avulla auran palautusliike saataisiin nopeaksi. Stereokameran ja infrapunavalon avulla voidaan nähdä esimerkiksi alusterä ja tienpinta, sekä saada tienpinnan tasaisuudesta dataa. Lisäksi auton ympäristöä voidaan tarkkailla 360-kameran avulla. Valtralla viljelyssä käytettävä tallennettu ja paikkatietoon sidottu toiminto yhdessä inertia-suunnistuksen kanssa voisi soveltua tienhoitoonkin, kun täydennetään toimintoja esimerkiksi törmäyksenestolla ja laserskannerilla. Aurojen lumisuihkunohjauksessa liikennemerkkien ym. sijainnit voitaisiin määrittää myös RFID- tai Bluetooth-signaalien lähettimien avulla.

Automaattiautoilun ongelmana on riittävän tarkan paikannuksen ja digitaalisen kartta-aineiston puutteellisuus. Kaistaviivat ovat erittäin tärkeitä, mutta niiden kuluminen on ongelma. Tieverkot ja kartat tulisi digitalisoida siten, että automaattiajaminen on mahdollista. Kaikkia näitä tukeva V2V- ja V2X –tekniikka on hyödynnettävä täysin liikenteen automaatiassa.

Yhteinen ongelma kaikille tienpäällä sijaintitietoa vaativille toiminnoille on paikannuksen epätarkkuus. RTK-signaali ei sovellu suoraan tienhoidon tai automaattiautoilun tarpeisiin siinä olevan viiveen vuoksi. Galileo-satelliitin paikannustarkkuus on Suomen olosuhteissa hyvä ja tulee paranemaan lähivuosien aikana. Käytettäessä yhdessä useita paikannusjärjestelmiä, saadaan tarkkuutta lisättyä.

Liikenteen digitalisaatiossa tulisi panostaa tekemiseen ja löytää osat alueet, joissa Suomella olisi mahdollisuus kehityksen kärkeen. Suomen Tieliikennelaki mahdollistaa automaattiautojen laajan testauksen ja sitä käytetäänkin hyödyksi. Suomessa olevaa vahvaa ohjelmoinnin, laitekehityksen ja tietoturvan osaamista tulisi hyödyntää. Suomessa olisi mahdollisuudet ottaa hallintaan koko automaation ja digitalisaation Big Data.

5.5 Tutkimustulosten tarkastelu

Tutkimuksen tuloksena saatiin erittäin paljon laaja-alaista ja ajankohtaista tietoa tienhoidon tämän hetkisestä automaatio- ja kalustotilanteesta sekä näkemyksiä ja kokemuksia eri ratkaisujen tarpeellisuudesta ja kehitystyön suunnasta. Seuraavaksi käsiteltiin tuloksia tarkemmin verrattuna tutkimuskysymyksiin ja teoriasta saatuihin tietoihin. Tutkimustulosten tarkastelussa todettiin, että laitteiden kustannuksista, tienhoitotoimenpiteiden kuluista ym. ei saatu riittävästi tuloksia, joiden perusteella investointien kannattavuutta olisi voitu arvioida. Kannattavuuden perusteella tehty arviointi jätettiin näin ollen tarkastelusta pois.

Tutkimuskysymysten ja saatujen tulosten perusteella muodostettiin kolme selkeätä pääkohtaa, joihin tulokset jaoteltiin. Käytössä olevat automaattioratkaisut, teknologian mahdollistamat uudet ratkaisut sekä automaatiota tukevat toiminnot. Seuraavaksi luetellaan tulokset pääkohdittain aakkosjärjestyksessä. Automaattioratkaisun perään on lisätty haastatteluissa esille tulleita hyvä (+) ja huonoja (-) asioita.

5.5.1 Tienhoidossa käytössä olevat automaattioratkaisut

Tienhoidossa käytössä olevia, laitevalmistajien kehittämiä ja tuotannossa olevia automaattioratkaisuja löytyi jonkin verran. Seuraavaksi on lueteltu tarkastellut automaattioratkaisut sekä tutkimuksessa esille nousseet kommentit.

Alusterän automatiikka:

- + Alusterä on käytettävissä tienhoitoautoissa tai traktoreissa.
- + Painatusvoima saadaan raportoitua paikkatietoon sidottuna, jolloin terän käyttöä voidaan valvoa. Mahdollista lisätä raportoitavat rajat painatukselle.
- + Painatusvoima on mahdollista kohdistaa tarvittavalle puolelle.
- Tienpintaa seuraava automatiikan toiminta koettiin kuljettajien haastattelussa tärkeänä, mutta siinä havaittiin suuria puutteita.
- Terän toimintaa auton alla ei näe, mikä koettiin suurena puutteena kuljettajien haastattelussa.
- Kallistuksen asteittaisella säätömahdollisuudella ei nähty olevan tarvetta. Talvella toiminnosta ei ole hyötyä ja kesähoidossa alusterrää harvemmin käytetään muokkaushöyläyksissä.

Sivuauraa seuraava suolainautomaatti ja sivuauran levitysleveys:

- + Suolan levitysleveys säätyy automaattisesti sivuauran mukaan ilman erikseen tehtäviä säätöjä.
- + Sivuauran anturoinnin avulla on auran leveystieto nähtävissä ohjaimen näytöllä. Kuljettajat kokivat ongelmalliseksi sen, ettei sivuauran leveystietoa näe tällä hetkellä mistään.
- Auralähtöjä Etelä-Suomessa huomattavasti vähemmän kuin suola- lähtöjä, jolloin automatisoinnin hyöty vähäistä.
- Tienreunaa ei ole tarpeellista suolata.

Suolainrobottiautomaatti:

- + Ratkaisu on olemassa (esim. Bucher municipal), kehitettävissä (Arctic Machine Oy), tai sovellettavissa (Valtra Oy).
- + Suolauksen optimointia pidettiin haastatteluissa erittäin tärkeänä. Automatisoinnin avulla voidaan optimoida suolan käyttömäärä ja vähentää materiaalin kulutusta.
- + Suolauksen optimoinnilla voidaan vähentää liiasta suolankäytöstä tai väärän kemikaalin (suolan levitys kaliumformaattiosuuksille) käytöstä aiheutuvia sakkoja.
- + Automatisoinnilla helpotetaan työn suorittamista ja varmistetaan toimenpiteiden kohdistuminen oikein paikkatietoon sidottuna.
- + Suolaus olisi hyödyllistä myös kaupunkiurakoissa, mikäli se olisi automaation avulla optimoitua.
- Paikannuksen tarkkuutta on parannettava.
- Kaupunkien osaurakoissa on melko vähän suolattavia teitä. Suolaus tulisi olla tilaajalähtöistä; kaikki suolattavat tiet samaan urakkaan.

Tielanan automatiikka:

- + Traktoriin kytketystä tielanasta voidaan saada tietoa tien tasaisuudesta ja muodosta valmiin pinnan rekisteröivän kallistusautomaatin ja/tai värinämittareiden avulla (FMG).
- + Tiedot raportoivat paikkatietoon sidottuna Valtra Smartin avulla.
- + Tielanaan on yhdistettävissä erilaisia nestesäiliöitä pölynsidontaan käytettäviä kemikaaleja varten.

5.5.2 Teknologian mahdollistamat uudet ratkaisut

Teknologian mahdollistamia uusia ratkaisuja löydettiin useita. Ratkaisut saattavat olla käytössä osittain toisella alalla, tai niitä vielä kehitellään. Niiden voidaan kuitenkin arvioida olevan käyttöönotettavissa tienhoitoon joko sellaisenaan tai sovellettuina testausten ja tarvittavien muutosten jälkeen.

Aurojen lumisuihkunohjaimet:

- + Kehitetty jo osittain toimivia ratkaisuja (Arctic Machine).
- + Todettiin erittäin hyödylliseksi automaattoratkaisuksi urakoitsijan haastatteluissa.
- + Isot kustannussäästöt saavutettavissa toimivan tekniikan avulla, kun merkkien puhdistus- ja uusimistarve vähenee.
- + Ratkaisu parantaa liikenneturvallisuutta ja vähentää polttoaineen kulutusta, kun merkkien kohdalla ei tarvitse hiljentää ajonopeutta.
- + Merkkien sijainti määritettävissä tarkasti GPS-paikannuksella ja tukiasemilla parannetun RTK-signaalin avulla, mutta on testattava.
- + Merkkien sijainti voidaan merkitä tarkasti myös RFID- tai Bluetooth-signaalin avulla tarkasti, mutta vaatii jonkin verran kehitystyötä.
- + Kuvatunnistusta voidaan käyttää merkkien havainnoinnissa, mutta toimivuus on tutkittava.
- Käytettävyys on aiemmin kehitetyissä ratkaisuissa aiheuttanut lisätyötä. Tekniikan on oltava mahdollisimman pitkälle automatisoitua ja helppokäyttöistä. Etu- ja sivuauran käyttö on yhdistettävä samaan toimintoon.
- Kuvatunnistuksen luotettavuutta heikentää mm. merkkien lumentuminen.

Kaksoisterän automatisointi:

- + Kaksoisterän todettiin kuljettajahaastattelussa olevan erittäin tärkeä mekaanisessa lumenpoistossa, erityisesti loskakelillä.
- + Tarvittava suolamäärä vähenee tehokkaan lumenpoiston ansiosta.
- + Painatusvoiman automatisointi parantaa terän optimaalista käyttöä ja vähentää terien kulumisesta johtuvia kustannuksia. Ratkaisua on kehitetty Arctic Machinen ja Destian yhteisessä tutkimuksessa.
- + Automatisointi parantaa terän käytettävyttä ja kuljettajien välisiä eroja. Painatusvoimasta ei tällä hetkellä ole kuljettajalla tietoa, toiminta tapahtuu ”mutu”-tuntumalla.
- + Vähentää riskiä liikapainatukselle, jolloin on vaarana, että emäterä alkaa kellua loskan tai lumen päällä ja aurausjälki huononee.

Kotimaassa kehitettävä suolainrobottiautomaatti:

- + Ratkaisu on kehitettävissä Arctic Machinella, tai sovellettavissa Valtaran tallennettuun toimintoon perustuvasta ratkaisusta.
- + Valtralla käytössä toimiva ratkaisu GPS:n tarkkuuden parantamiseksi RTK-signaalin avulla, toimii hitaalla vauhdilla tapahtuvassa työssä.

- + Traktorilla ja vaihtolavaperäkärryllä tapahtuvaa suolaamista kannattaisi kokeilla; lisäksi traktoreiden monikäyttöisyyttä.
- + Valtran automaattiajamista ja tallennetun toiminnon käyttöä voisi soveltaa alkuvaiheessa suljetuille alueille, joilla ei ole avointa liikennettä.
- + Valtralla on mahdollista syöttää kemikaalitiedot (mm. käytettävä kemikaali ja määrä) etäkäytöllä työkoneeseen. Tämän toiminnan soveltaminen suolaukseen olisi hyödyllistä testata.
- Traktoreiden käyttö pääteiden hoidossa on ELY:n kielteisen kannan vuoksi vielä mahdotonta.
- RTK-signaali ei sovellu viiveen vuoksi nopeassa vauhdissa tapahtuvaan tienhoitoon.
- Laittekehittelyssä huomioitava markkinat, onko ratkaisua kannattavaa kehittää (Arctic Machine).

Robottileikkuri ja -harjakone:

- + Työtehoa lisäävä laite teiden varsien niittoon tai kaupunkien katualueiden reunaniittoihin.
- + Kaupunkialueilla ja moottoritien välikaistoilla olisi robottileikkureille soveltuvia alueita.
- + Robottitoiminen harjakone olisi hyödyllinen nurmialueiden ja esimerkiksi reunakivilinjan hiekoitushiekan puhdistuksessa.
- + Lehdet keräävä harjakone vähentäisi huomattavasti syksyisin käsin tehtävää työtä.
- Hiekan ja lehtien keräämiseen, välivarastointiin ja poiskuljetukseen on kehitettävä toimiva ratkaisu.
- Reunakivien harjakone vaatisi mahdollisesti lisäksi kastelulaitteen, jonka lisääminen laitteistoon voi olla ongelmallista.

Sivuauran palautusliike:

- + Useissa kommentteissa todettu turvallisuutta lisääväksi ratkaisuksi.
- + Hydraulikka on saatavissa riittävän nopeaksi paineakkujen avulla.
- Ympäristön havainnointitekniikka ja esteen tunnistus on tutkatekniikan ja stereokameroiden avulla mahdollista toteuttaa, vaatii kuitenkin runsaasti kehitystyötä.

5.5.3 Automaatiota tukevat toiminnot

Automaatiota tukevia toimintoja löytyi tutkimuksessa useita, joiden avulla on mahdollista parantaa laitteiden toimintavarmuutta sekä tuoda helpotusta toimenpiteiden suorittamiseen.

Automaattiraportointi:

- + Toiminnot käynnistyvät automaattisesti ja raportoituvat työlaitteen tietojen mukaan. Nykyisen, käyttäjistä riippuvaisen raportointijärjestelmän epävarmuus tuli esille urakoitsijan haastattelussa.
- + Ihmispävarmuus poistuu tietojen raportoinnista.

- + Laajennettavissa kaikkiin työlaitteisiin CAN-väylien ja soveltuvan tiedonsiirtostandardin avulla.

Bluetooth- ja RFID-signaali:

- + Mahdollistaa esimerkiksi liikennemerkkien ym. varottavien kohteiden sijainnin merkitseminen aurojen lumisuihkunohjausta varten.
- + Sijaintitieto on tarkkaa ja paikoillaan pysyvää.
- + Liikennemerkkien paikannus on yksinkertainen toteuttaa esimerkiksi aktiivisella RFID-lähettimellä, joka saa virran valokennosta.
- + Massatilauksina lähettimien kappalehinnat ovat edullisia.
- Vaatii kehittelyä; mm. lähettimen suojakotelo, virtalähde ym. tienhoidon olosuhteisiin soveltuva tekniikka.
- Ohjelmiston kehitystyö maksaa alussa joitain tuhansia. Valmis toiminnallisuus on kuitenkin verrattain edullinen, ottaen huomioon käytössä olevien lähettimien määrän.

Kamera- ja lasertekniikka:

- + Erilaiset kameran käytössä hyödynnettävät kohteet tulivat esille erityisesti kuljettajien haastattelussa.
- + Stereokameran tai laserkeilauksen avulla mahdollista saada dataa tienpinnan tasaisuudesta. Esimerkiksi tienpinnan uraisuus vaikuttaa suolan käyttömäärään.
- + Laserkeilausta mahdollista käyttää ajoneuvon sijainnin määrittämiseksi ympäristöstä luodun tarkan 3D-kartan avulla.
- + Stereokameralla voidaan ottaa myös mustavalkokuvaa esimerkiksi auton alta alusterän käytön avustamiseksi.
- + Infrapunavalojen avulla saadaan käyttökelpoista pimeä- ja hämäräkuvaa.
- + Sivuauran pään sijainti olisi nähtävissä kameran avulla. Kuljettajat luottavat enemmän kamerakuvaan kuin antureiden antamaan tietoon.
- + 360-kameratekniikan avulla saataisiin kuvaa auton ympäristöstä, mikä lisää turvallisuutta.
- + Tienpintaa kuvaavat kamerat toimisivat Kelikeskuksen apuna keliä arvioitaessa.
- Kameroiden puhtaana pysyminen vaatii erikoisratkaisuja.
- Laserkeilauksen tekniikka on herkkä ympäristössä tapahtuville muutoksille ajoneuvon sijainnin määrittämisessä.

Laitteiden itsekaliibrointi:

- + Mahdollista toteuttaa nykyisten ajoneuvojen ja peräkärriajien ilma- ja paineantureiden avulla.
- + Suolamäärän raportoinnin tarkkuus paranee laitteiston kalibroidessa automaattisesti itseään.
- Tarkkuus on melko karkea; kymmeniä prosentteja.
- Järjestelmä lisää lähinnä toiminnan laatua, eikä vaikuta työn tehokkuuteen.

Paikannuksen tarkkuus:

- + Useamman järjestelmän käyttäminen parantaa tarkkuutta, esim. GPS, GLONASS ja Galileo yhdistettynä.
- + Galileo on ensimmäinen siviilikäyttöön tarkoitettu paikannusjärjestelmä ja käyttää viimeisintä tekniikkaa.
- + Galileon tarkkuus paranee vuoteen 2020 mennessä.
- + Paikannuksen tarkkuutta voidaan parantaa RTK-signaalia toistavilla paikallisilla tukiasemilla.
- Digitaalinen karttatieto on paikoin epätarkkaa. Automaattiajamiselle on erittäin tärkeää erityisesti keskilinjan ja kaistaleveyksien paikansapitävyys.
- RTK-signaalissa viive, jonka vuoksi tarkennus ei sovellu nopeassa vauhdissa tapahtuvaan liikkeeseen.
- GPS-paikannuksen epätarkkuus tuli esille useassa haastattelussa.

Painesuuttimet liuoksen levittämisessä:

- + Laitteisto olisi kustannussäästöissä erittäin tärkeä; liuosta käytettäessä käytettävä suolamäärä vähenee ja liuoksen levitys tehostuu.
- + Hyödynnettävissä mm. suolainrobotiautomaatin kanssa.
- + Olemassa olevia ratkaisuja on mm. Bucher municipalilla ja testauksessa myös Arctic Machinella.
- + Käyttökokemusten perusteella ovat toimintavarmoja laitteita.
- + Painesuutinlevityksen hyvät puolet tulivat erityisesti työnjohdon ja kuljettajien haastatteluissa esille.

Reaaliaikaisten tiesäätietojen hyödyntäminen:

- + Reaaliaikaisen kelitiedon suuri tärkeys nousi monessa muodossa esille urakoitsijan työnjohdon ja kuljettajien sekä digitalisaation asiantuntijan haastatteluissa.
- + Tienpäältä saatavat kelitiedot ovat erittäin tärkeitä toimenpiteiden ohjaamisessa oikea-aikaisesti ja oikein kohdistettuina.
- + Nopeasti vaihtuvat ja paikalliset kelinmuutokset saadaan luotettavasti selville ainoastaan reaaliaikaisella havainnoinnilla ja mittauksella.
- + Tieto tienpinnan lämpötilasta ja sen kehittymisestä, jääkerroksesta, lumisuudesta, märkydestä yms. ohjaa suoraan tarvittavaa suolamäärää.
- + Tieto olisi mahdollista ohjata Kelikeskukseen, joka tekee toimintaa koskevat ratkaisut ja toimittaa tiedon edelleen kuljettajalle, tai tieto tulisi suoraan kuljettajalle, joka säätää suolamäärän.
- + Automaattioratkaisujen avulla antureiden heräte voisi myös ohjata suoraan suolainautomaattia ja säätää tarvittavaa suolamäärää.
- + Automaattioratkaisuna voisi myös olla etäkäytöllä tapahtuva suolamäärän säätäminen esimerkiksi Kelikeskuksen toimesta.
- + Reaaliaikainen mittaustieto voitaisiin yhdistää sääennusteisiin sekä tiesäätämien tietoihin ja matemaattisen mallin avulla luoda toimenpiteitä ohjaavaa tietoa.

- + Kelitietojen, tienpinnan lämpötilan sekä kitkan mittauksen avulla voitaisiin myös hyödyntää toimenpideaikoja liukkaudentorjunnassa teillä, joilla siihen on mahdollisuus.
- + Lumisuutta mittaavan laitteen avulla voitaisiin ohjata liuossuolan käyttöä.
- Ennakkosuolauksessa reaaliaikaisesti mitatulla kelitiedolla ei ole merkitystä. Toimenpiteet käynnistetään sääennusteiden mukaan.

V2V, I2V ja V2X:

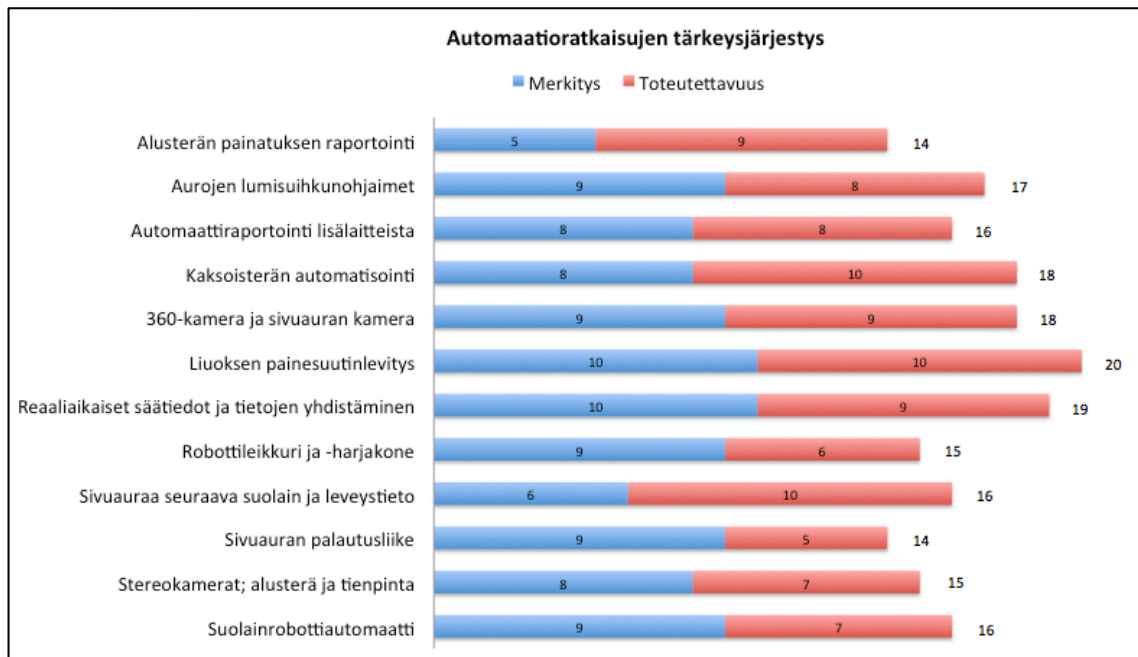
- + Ajoneuvojen välinen sekä ajoneuvojen ja tieninfran välinen tiedonsiirto on todettu olevan oleellinen osa automaation ja automaattisen autoilun kehitystä ja tulisi hyödyntää mahdollisimman hyvin.
- + Tiedonsiirrolla on tärkeä vaikutus liikenneturvallisuuteen ja liikenteen joustavuuteen.
- + Mahdollistaa esimerkiksi tienhoitoauton lähettämän tiedon, jossa kerrotaan muille tielläliikkuville työtä tekevän auton tilantarve ja muut huomioitavat asiat.
- Tiedonsiirron tietoturva ja toimintavarmuutta on kehitettävä.
- Big Datan hallintaan ja jakamiseen ei ole vielä luotu liiketoimintaa.

5G-verkko:

- + Verkon tärkeys automaation edistämiseksi tuli esille laitevalmistajien haastatteluissa.
- + Mahdollistaisi automaattiajamisen vaatiman tiedonsiirron riittävän tehokkuuden ja sijainnin tarkan määrityksen.
- + Aurora-hankkeen yhteydessä on tarkoitus rakentaa paikallinen 5G-verkko älyautojen testaukseen.
- Tulee pitkään olemaan hyvin alueellinen pääasiassa verkon rakentamisen korkeiden kustannusten vuoksi.
- Tällä hetkellä Suomen ainoa toimiva 5G-verkko sijaitsee Oulussa ja on ainoastaan rajoitettuina aikoina tutkimuskäytössä.

5.5.4 Automaatoratkaisujen tärkeysjärjestys

Näistä pääkohdista valittiin 12 automaatoratkaisua tai automaatiota tukevaa ratkaisua, jotka aseteltiin tärkeysjärjestykseen. Automaatoratkaisujen valintaan vaikuttivat haastatteluissa esille tulleet seikat, joissa painotettiin automaatoratkaisun tärkeyttä, hyödyllisyyttä tai turvallisuuden parantumista. Tärkeysjärjestystä laadittaessa huomioitiin haastatteluissa esille tulleet näkökulmat ratkaisujen merkityksellisyydestä tienhoidon kannalta sekä ratkaisujen käyttöönotettavuuden tai toteutettavuuden helppoudesta. Arvioinnissa käytettiin molemmille osatekijöille arvostelusteikkoa 1-10. Arvo 1 kuvasi vähiten merkityksellistä ja arvo 10 merkitykseltään tärkeintä ratkaisua. Vastaavasti toteutettavuuden arvioinnissa arvo 1 kuvasi vaikeimmin ja arvo 10 helpoiten käyttöönotettavaa tai toteutettavissa olevaa ratkaisua. Kuvassa 17 on esitetty automaatoratkaisujen tärkeyden arviointi pylväsdiagrammina.



Kuva 17. Automaattioratkaisujen tärkeysjärjestys pisteytettynä ratkaisujen merkittävyyden sekä toteutettavuuden tai käyttöönotettavuuden mukaan.

Valitut automaattioratkaisut ovat tärkeysjärjestyksessä seuraavat:

1. Painesuuttimet liuksen levittämisessä: Automaatiota tukeva ja liuosuolan käyttöä lisäävä ratkaisu, joka voidaan toteuttaa mm. suolainrobottiautomaatin kanssa. Ratkaisu koettiin erittäin hyödylliseksi ja helpoksi toteuttaa valmiiden tekniikoiden avulla.
2. Reaaliaikaisten tiesäätietojen hyödyntäminen: Automaatiota tukeva ratkaisu. Merkitykseltään tietojen hyödyntäminen toimenpiteiden ohjaamisessa koettiin erittäin tärkeäksi. Tietojen kerääminen on kohtuullisen helppo toteuttaa; tekniikassa on hieman kehitettävää, mutta olemassa olevia ratkaisuja ja matemaattisia malleja mm. tietojen yhdistämiseen sääennusteiden kanssa on kehitetty.
3. 360-kameratekniikka ajoneuvon ympäristön kuvaamisessa sekä sivuauran sijainnin kuvaaminen avustettuna infrapunavaloilla: Koettiin tutkimustuloksissa erittäin hyödylliseksi ja kohtuullisen helpoksi toteuttaa. Turvallisuutta lisäävänä tärkeämpi, kuin kaksoisterän automatisointi.
4. Kaksoisterän automatisointi: Todettiin tutkimuksessa hyödylliseksi ja helposti toteutettavissa olevaksi ratkaisuksi.
5. Aurojen lumisuihkunohjaimet: Todettiin tutkimuksessa erittäin hyödylliseksi tekniikaksi, joka kuitenkin vaatii vielä kehitystyötä mm. toiminnallisuuden parantamisessa ja liikennemerkkien ym. kohteiden paikantamisen / havainnoinnin osalta.

6. Suolainrobottiautomaatti: Todettiin tutkimuksessa olevan erittäin tärkeä, suolauksen optimointia parantava ratkaisu. Käyttöön otettavissa joko valmiina tekniikkana (Bucher municipal), tai kotimaassa kehiteltävänä ratkaisuna. Vaatii vielä kehitystyötä paikannuksen tarkkuuden osalta.
7. Automaattinen raportointi kaikista lisälaitteista: Todettiin tutkimustuloksissa hyvin hyödylliseksi, automaatiota tukevaksi ratkaisuksi, joka olisi kohtuullisen helposti toteuttavissa.
8. Sivuauraa seuraava suolainautomaatti ja sivuauran levitysleveys ohjaimen näytöllä: Tutkimuksessa todettiin olevan jokseenkin hyödyllinen, lähinnä leveäkaistatiellä ja useammilla kaistoilla kaupunkialueella. Levitysleveystieto, jota ei tällä hetkellä kuljettajilla ole, tulisi sivuauran anturoinnin yhteydessä. Ratkaisu olisi helposti toteutettavissa.
9. Robottileikkuri ja –harjakone: Niitoissa ja nurmialueilla todettiin olevan erittäin hyödyllinen ratkaisu, varsinkin kaupunkialueilla. Toiminnallisuus vaatii lisätutkimusta esimerkiksi hiekan ja lehtien välivarastoinnissa sekä kastelulaitteen tarpeellisuudessa.
10. Stereokameroiden hyödyntäminen tienpinnan tasaisuustiedon keräämisessä ja alusterän käytön kuvaamisessa: Automaatiota tukeva ratkaisu, jonka todettiin olevan hyödyllinen, mutta toteuttaminen vaatii lisätutkimuksia mm. tienhoidon olosuhteisiin soveltuvan tekniikan osalta.
11. Sivuauran palautusliike esteen vuoksi: Todettiin tutkimuksessa useissa yhteyksissä tärkeäksi turvallisuutta lisääväksi ratkaisuksi. Vaatii kuitenkin runsaasti kehitystyötä ympäristönhavainnoinnin ja esteen tunnistuksen osalta.
12. Alusterän painatusvoiman raportointi: Todettiin tutkimuksessa jokseenkin hyödylliseksi, lähinnä alusterän käytön valvontaa parantavana ratkaisuna. Ratkaisu on melko helppo toteuttaa. Kuljettajien osalta esille nousi alusterän tienpintaa seuraavan automatiikan toiminnan puutteet, joita tulisi kehittää.

Näiden ratkaisujen toteuttamisen jälkeen tai loppuvaiheessa, 5G-verkon mahdollistaman tiedonsiirron myötä, tulisi myös tienhoidossa huomio kiinnittää V2V-, I2V- ja V2X-tiedonsiirron hyödyntämiseen. Ajoneuvojen keskinäinen sekä ajoneuvojen ja tieinfran välinen tiedonsiirto saattaa toteutua kuitenkin nopeammassa tahdissa, kuin mitä tällä hetkellä on arvioitu, mikäli 5G-verkon rakentamiseen ohjataan siihen tarvittavaa rahoitusta. Tiedostamalla kytkeytyvän ajamisen mahdollisuudet, pysytään kehityksen kärjessä liikenteen digitalisaatiossa myös tienhoidon osalta.

5.6 Tutkimuksen luotettavuuden arviointi

Tutkimustulosten laajuudesta voidaan päätellä, että haastateltavat valikoituivat tutkittavaan aiheeseen ja siitä johdettuihin tutkimuskysymyksiin nähden hyvin. Kaikki haastateltavat olivat käsiteltävään ilmiön piirissä, tai liittyivät siihen vahvasti. Haastateltavien määrä oli kohtuullisen vähäinen, mutta teemahaastattelut toteutettiin kasvotusten syvällisinä haastatteluiluina, joissa aiheiden käsittely oli hyvin monipuolista ja laaja-alaista. Haastattelutilanteet kestivät keskimäärin useampia tunteja, jolloin tutkittavia teemoja tarkentavine kysymyksineen käsiteltiin hyvin syventävästi. Tutkittavista teemoista keskusteltiin eri näkemysten valossa ja ilmiöitä tarkentavia kysymyksiä esitettiin keskustelussa esiin tulleiden tietojen perusteella.

Haastattelut nauhoitettiin haastateltavan luvalla ja keskustelut litteroitiin kokonaisuudessaan, jotta sisällön luotettavuus saatiin mahdollisimman korkeaksi ja haastattelun kulku dokumentoitua myös myöhempää tarkastelua varten. Litterointien purku oli monituntisista haastatteluista työlästä, mutta helpotti tulosten analysointia ja koostamista raporttiin. Haastatteluiden suoritus ja haastatteluihin liittyvät olosuhteet kuvattiin haastatteluittain koottujen tutkimustulosten yhteyteen. Haastatteluissa pyrittiin esittämään tutkittavaa aihetta ja sitä täydentävää teemaa koskevia kysymyksiä ristiin, kysyen samoja asioita monella eri tavalla ja eri yhteydessä. Täydentävissä haastatteluissa pyrittiin ilmiötä tarkentamaan ja osittain kysymään uudelleen samoja kysymyksiä, kuin aiemmassa haastattelussa.

Muutamassa haastattelutilanteessa haastateltava oli hetkittäin vastauksissaan hieman epävarma ja kohtuullisen vähäsanainen. Haastattelija otti tällöin kertovan roolin ja esitti tutkimuksessa esiin tulleita ilmiöitä, pyrkien herättämään keskustelua niiden avulla. Haastattelijan kokemattomuus aiheutti joidenkin kysymysten asetteluissa haastateltavan johdattelua ja joissakin keskustelun kohdissa haastattelija esitti haastateltavalle omia arvioita aiheeseen liittyen. Kysymyksiä esitettiin kuitenkin haastattelun aikana useita sekä toistuvasti samoihin aiheisiin liittyen, jolloin haastattelusta saatiin selville tulos kohtuullisen luotettavasti.

Haastattelujen litteroitu aineisto toimitettiin haastatelluille tarkastettavaksi. Litteroituja aineistoja ei kommentoinut yksikään haastatelluista. Litteroidusta aineistosta kootut tutkimustulokset toimitettiin samoin haastatelluille tarkastettavaksi ja kommentoitavaksi. Alueurakan työnjohdanto kommentoi tulosten vastaavan haastattelua, eikä muutoksia tarvittu. Valtran ja FMG tuloksista tarkennettiin muutamia lukuja ja mm. automaattiajamisen tekniikkaan liittyviä sekä tiehöylää ja vaihtolavaperäkäräryä koskevia teknisiä tietoja. Lisäksi täydennettiin SmartTouch-ohjainta koskeva tieto. TTS Työtehoseuran haastattelusta saatiin kommentit, joiden mukaan tulokset vastasivat keskusteluja. Pieni muutos tehtiin VTT:n, TTS:n ja Postin tutkimusta käsittelevään osuuteen, jossa kerrottiin mita-

tuista luistoista prosentti-tarkkuudella. Kyseisen tutkimuksen loppuraportti on vielä valmistumatta, joten tarkkoja tuloksia ei vielä voida esittää. Kaupunkiurakan työnjohdolta ja kuljettajilta ei saatu kommentteja. Arctic Machine kommentoi tuloksia osittain jo tutkimusraportin alustavan esittelyn yhteydessä sekä myöhemmin suolainten ohjaimien osalta. Tuloksista poistettiin muutama luottamukselliseksi todettu ja vanhentunut osuus, sekä lisättiin tarkentava tieto, jossa tienhoitoautoa tarkastellaan automatisoinnissa kokonaisratkaisuna kaikkine laitteineen. Destialla käytössä olevien rullaohjainten ominaisuuksista kertovaa osuutta muutettiin hieman.

Tutkimustulosten tärkeysjärjestystä laadittaessa havaittiin, että järjestyksen laatimista varten tutkimusta olisi ollut hyvä täydentää kvantitatiivisen tutkimuksen menetelmillä, esimerkiksi kyselytutkimuksen avulla. Kyselytutkimuksella olisi saatu määritettyä arvot automaattioratkaisujen merkityksellisyydelle ja toteuttavuudelle ilmiöihin liittyvien henkilöiden vastusten perusteella. Opinnäytetyön tiukan loppuaikataulun vuoksi kyselytutkimus jäi kuitenkin toteuttamatta ja tärkeysjärjestys perustettiin haastatteluissa esille tulleisiin näkemyksiin. Tutkimustuloksista eriteltiin kutakin automaattioratkaisua koskevat positiiviset ja negatiiviset kommentit, jotka kirjattiin tutkimustulosten yhteyteen. Automaattioratkaisuja osin toisiinsa verraten annettiin kummallekin tarkasteltavalle kriteerille; merkitys ja toteuttavuus pisteytys. Kokonaispisteiden määrittämisestä järjestyksestä luotiin automaattioratkaisujen tärkeysjärjestys.

Haastatteluja ja niistä saatua antia saattoivat varjostaa Lahden alueurakan ja Lahden Eteläisen kaupunkiurakan päätyminen syksyllä 2017. Alue- ja kaupunkiurakan työllistävä vaikutus on ollut Lahdessa työskentelevälle henkilöstölle merkittävä. Kuljettajien haastattelu ajoittui ajankohtaan, jolloin haastattelun jälkeen alkoivat kuljettajien henkilökohtaiset YT-neuvottelut ja paras tulos tutkimuksen kannalta jäi ehkä saavuttamatta.

Tutkimus lähti jo alkuvaiheessa keskittymään tiestön talvihoidon toimenpiteiden tehostamiseen. Tutkimuksen aikana tiedostettiin, että kesähoidon toimenpiteitä olisi tullut myös käsitellä, mutta tutkimuksen laajuuden vuoksi ei niitä koskevien taustatietojen tutkimiselle enää riittänyt resursseja. Tuloksissa kesähoidon tehostamistoimenpiteitä käsiteltiin lyhyesti haastatteluissa esille tulleilta osin. Kesähoidon menetelmien tehostamista automaation ja robotiikan avulla esitetään lisätutkimuksen aiheeksi.

Myös investointien kannattavuuden arviointiin oli tutkimusongelman asettelussa pyritty. Tutkimuksen yhteydessä todettiin kuitenkin yhdessä tilaajan kanssa, että kaikkia investointeihin liittyviä tekijöitä ei pystytty selvittämään ja arvioimaan aihealueen laajuuden ja osittain keskeneräisten tai kehitystyötä vaativien teknisten ratkaisujen vuoksi. Investointien kannattavuustarkastelua esitetään jatkotutkimuksen aiheeksi.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Tutkimuksella löydettiin konkreettista tietoa automaation ja robotiikan käytöstä kansainvälisellä tasolla tiestön hoidossa, tietoa ratkaisujen sovellettavuudesta ja käytettävyydestä Suomen olosuhteissa sekä tietoa parhaista toteutettavissa olevista teknologian uusista innovaatioista. Lisäksi tietoa kertyi runsaasti liikenteen digitalisaatiosta, automaattiautolusta ja näiden tuomista vaatimuksista, mutta myös mahdollisuuksista tienhoidolle. Kaikkea tietoa ei haastatteluista kertyneiden tulosten runsauden vuoksi voitu raporttiin sisällyttää, mutta aineistot ovat käytettävissä litteroituna mahdollista myöhempää tarkastelua varten. Tutkimuksen perusteella pystyttiin löytämään tehostamisen päämäärän kannalta ratkaisevat lisätutkimuskohteet. Lisäksi tutkimuksessa syntyneiden kontaktien myötä luotiin perustaa jatkotutkimusten kannalta tärkeälle yhteistyölle mm. eri laitevalmistajien kanssa.

Tutkimustulosten avulla saatiin vahvistusta hoitopalveluiden kehittämisen oikealle suunnalle. Tulosten avulla voidaan myös vaikuttaa hoitopalveluiden toistaiseksi melko hitaaseen kehitystahtiin antamalla kehityksen rattaille hieman lisävauhtia. Automaatiota tulisi lähteä kehittämään ensimmäisessä vaiheessa automaatiota tukevien ja helposti käyttöön otettavien toimintojen kautta. Erityisesti urakoitsijan tutkimustuloksissa esille nousi suolankäytön vähentäminen ja optimointi, mikä tuo selviä kustannussäästöjä materiaalmäärän vähenemisenä, resurssien optimointina sekä mahdollisten sanktioiden välttämisenä.

Suolankäytön vähentämisen ja liuossuolauksen, sekä laitteiston toimintavarmuuden myötä esille nousi liuoksen painesuutinlevitys, joka ei suoraan ole automaattioratkaisu, mutta on toteutettavissa liitettynä suolainrobotiautomaattiin. Laitteiden varsinaisista automaattioratkaisuista tärkeysjärjestyksessä esille nousi kaksoisterän automatisointi, joka edesauttaa mekaanisen lumenpoiston optimoinnissa ja näin osaltaan vaikuttaa suolankäytön vähentämiseen. Aurojen lumisuihkunohjaimet todettiin useassa haastattelussa erittäin hyödyllisiksi, mutta niiden luotettavan käyttö vaatii pitkälle vietyä automatisointia, jota tulee kehittää.

Tutkimuksen alusta lähtien tilaajan mielenkiinnon kohteena oli suolainrobotiautomaatti. Aiheesta löydettyjen taustatietojen mukaan Yhdysvalloissa ollaan suolauksen ja sen automatisoinnin edistämisestä hyvin kiinnostuneita, mutta paikalliset laitevalmistajat eivät ole vielä kyenneet kehityksen vaatimaan tahtiin. Yhdysvalloissa ollaankin lähdetty ajatuksesta, että automaatiota on mahdollista lisätä pienenin askelin, esimerkiksi tienpinnan lämpötila-antureiden antamien herätteiden hyväksi käyttämisellä suolamäärän säätämisessä. Kiinnostusta on kuitenkin ollut eurooppalaisten kehittämiin suolainrobotiautomaatteihin, joiden osalta Tanskassa tehdyt tutkimukset ovat olleet merkittävimpiä. Viimeisimpien tutkimustulosten perusteella laitteistoista on saatu hyvin toimivia, joskin

testiolosuhteissa lentokentällä. Ongelmia todellisuudessa tehtävään ro-bottileivitykseen aiheuttaa muu liikenne ja sen huomioiminen, sekä ramppien, rakennusten ym. aiheuttamat katvealueet GPS-paikannukselle.

GPS-paikannusta on tosin mahdollista parantaa RTK-signaalien avulla ja näin tehdään esimerkiksi maanviljelyksessä. Pellolla tapahtuva työ on hi-dasta, jolloin signaalissa oleva viive ei välttämättä aiheuta ongelmaa. Tienhoidon toimenpiteiden eteneminen on kuitenkin nopeampaa, jolloin RTK-signaalilla ei todennäköisesti pystytä tarkkuutta parantamaan. Ky-seeseen tulisikin uuden satelliittipaikannusjärjestelmän, Galileon käyttö-mahdollisuus. Vuoteen 2020 mennessä Galileon on määrä olla maailman tarkin paikannusjärjestelmä. Siihen saakka Galileoa voisi käyttää useaa paikannusjärjestelmää hyödyntävällä tekniikalla yhdessä esimerkiksi GPS:n ja GLONASS:n kanssa. Paikannustarkkuus vaatii vielä tutkimuksia ja kehitystyötä, mutta teoriassa myös suolainrobottiautomaatin käyttö voisi olla mahdollista ja myös kannattavaa Suomen olosuhteissa. Suomessa suolainrobottiautomaatille soveltuva kohde voisi olla Etelä-Suomessa Lahden kaupungin läpi kulkevan vt 12:n tapainen väylä, jolla on paikoin useita kaistoja, linja-autopysäkkejä, leveäkaistatietä rampeineen, eri-koiskohteina esimerkiksi Kärpäsenmäki ja pohjavesialueiden kaliumfor-miaatti- ja suolarajoitusosuudet.

Uusien liikennekäyttöön tarkoitettujen traktoreiden nopeudet ovat 60 km/h. Traktoreihin liitetyn vaihtolavaperäkärryn avulla olisi suolaus to-dennäköisesti mahdollista myös traktoreiden suorittamana, mikäli ELY-keskus mahdollistaisi niiden käytön pääteiden hoidossa. Traktoreiden monikäyttöisyyden lisääminen toisi monia etuja myös tienhoidossa. Li-säksi traktoreissa oleva paikannustekniikka yhdessä automaattisten ra-portointijärjestelmien kanssa mahdollistaa tarkan, reaaliaikaisen ja paik-katietoon sidotun raportoinnin. Traktoreissa käytössä oleva, toiminnon tallennukseen ja paikkatietoon perustuva automaattiajaminen olisi hyvin mielenkiintoinen testauksen kohde tienhoidon toimenpiteiden suorituk-sessa.

Nykyisten ajoneuvojen CAN-väylätekniikan ja työlaitteen välisen tiedon-siirron mahdollistama automaattinen raportointi nousi tärkeäksi auto-maatiota tukevaksi digitaaliseksi ratkaisuksi erityisesti urakoitsijan tutki-mustuloksissa. Reaaliaikaisesti saatava tieto toiminnoista on tärkeä osa työnohjausta, jonka avulla lisätään toimintojen sujuvuutta, tehokkuutta ja turvallisuutta. Työlaitteiden tuottama automaattinen raportointitieto vähentäisi ihmisistä johtuvaa tiedon epätarkkuutta, parantaisi resurssien ja materiaalmäärien hallintaa sekä vähentäisi osaltaan työnjohdon kuormitusta. Toimenpiteiden taustalla tapahtuvia tuki- ja operointitoi-mintoja voidaan parantaa huomattavasti taustajärjestelmien automaatio-ta ja yhteentoimivuutta lisäämällä.

Sivuauraa seuraavan suolainautomaatin varsinaisen hyödyn todettiin urakoitsijan kannalta ainakin Etelä-Suomessa rajoittuvan pieneen osaan

tienhoitotoimenpiteistä. Lumen auraus yhdistettynä suolaukseen on vähäistä, mutta Keski-Suomessa ja pohjoisempana ratkaisu on varmasti käyttökelpoinen. Sen sijaan sivuauran anturoinnin mukanaan tuoma levityslevyyden näyttö ohjaimessa on todettu olevan hyödyllinen. Anturointi, samoin kuin suolainautomaatin ohjelmointi on helposti toteuttavissa oleva automaatoratkaisu.

Kesätöiden osalta tuloksia tarkasteltiin pääasiassa nurmenleikkuun, niitöiden ja harjausten suorittamisen kannalta. Robottileikkureiden käyttömahdollisuus kiinnostaa varsinkin niillä saavutettavan työtehon vuoksi. Yhden ihmisen olisi mahdollista operoida useampaa leikkuria eri alueilla. Kaupunkien ja suurempien väylien välikaistojen viheralueet on usein rakennettu siten, että niillä on mahdollista kulkea päältä ajettavalla leikkurilla. Vastaavien leikkureiden käyttö robotisoituna olisi mahdollista ja alustavien tietojen mukaan niitä on ulkomailla käytössäkin. Leikkuriin yhdistettynä tai erillisenä laitteena käytössä olla myös robottiharjakone, josta olisi kaupunkiurakassa suurta hyötyä esimerkiksi reunakivilinjojen harjauksessa. Harjauksen, samoin kuin lehtien keräyksenkin robottiteknikkaa rajoittaa kertyvän aineksen käsittely, varastointi ja poiskuljetus, mikä vaatii kehitystyötä.

Sivuauran palautusliike todettiin olevan tärkeä, turvallisuutta lisäävä toiminto, joka olisi hyvä saada automatisoitua. Toiminnallisuuteen liittyvä ympäristönhavainnointi ja esteen tunnistus vaatii kuitenkin vielä kehitystyötä. Nopea liike olisi mahdollista aikaansaada hydrauliiikan paineakuilla, joten teknisesti toiminto olisi kehitettävissä. Alusterän painatusvoiman raportoinnista todettiin olevan hyötyä terän käytön valvonnassa. Alusterän tienpintaa seuraavan automatiikan todettiin kuljettajien haastatte luissa olevan tärkeä ominaisuus, jonka toiminnassa on kuitenkin kehitystyötä vaativia puutteita.

Teknisten automaationratkaisujen tueksi vaaditaan runsaasti taustatietoa, jota voidaan tuottaa suurelta osin digitaalisesti, mutta myös perinteisten havainnointitekniikoiden avulla. Automaatoratkaisujen tärkeysjärjestyksessä kärkisijoille nousi urakoitsijan ja asiantuntijahaastattelun myötä erittäin tärkeä automaatiota, mutta erityisesti tienhoidon toimenpiteiden oikeaa kohdentamista ja oikea-aikaisuutta parantava ratkaisu. Kyseessä on reaaliaikaisen tiesäätiedon hyödyntäminen sekä yhdistäminen sääennusteisiin. Karkeasti voitaisiinkin sanoa, että kaikki tienhoidon tehostamiseen liittyvät toimenpiteet ovat turhia, mikäli toimenpiteiden suorittamisessa ollaan väärässä paikassa, väärään aikaan.

Tienpäällä liikkuvan erilaisen kuljetuskaluston; tavaraliikenteen, henkilöliikenteen, postinjakelun, maitoautojen ym. tuottama ajantasainen tieto kelitilanteesta, perustuen kustannustehokkaiden laitteiden suorittamaan mittaukseen, antaa tienhoidolle ensisijaisen tärkeää tietoa vaadittavista toimenpiteistä. Tietoa on mahdollista kerätä, analysoida ja jalostaa tarvittavaan muotoon tiedon soveltamiseen parhaiten soveltuvalla tavalla.

Pääasia on, että saataisiin toimenpiteitä päättävälle taholle riittävästi luotettavaa tietoa päätösten tueksi.

Toimenpiteitä suorittavaa kuljettajaa avustavia tekniikoita ovat erilaiset ja eri käyttötarkoitukseen sijoitetut kamerat, joilla on mahdollista nähdä esimerkiksi sivuauran sijainti, alusterän toiminta tienhoitoauton alla sekä ajoneuvon ympäristö. Eri kohteisiin asennettujen kameroiden tarve tuli esille kuljettajien haastatteluissa ja niitä pidettiin jopa parempana tietoa tuottavana ratkaisuna, kuin antureihin perustuva digitaalinen tieto. Stereokameroita on mahdollista hyödyntää paitsi kuvan tuottamiseen, myös digitaalisen tiedon tuottamiseen esimerkiksi tienpinnan tasaisuudesta. Uraisuudella on vaikutusta mm. liukkaudentorjunnassa tarvittavaan suolamäärään, joten tietoa olisi mahdollista hyödyntää avustavana myös suolauksessa.

Myöhemmin tulevaisuudessa tässä esitettyjen ratkaisujen jälkeen, mutta toivon mukaan jo niiden aikana, käytettävissä on 5G-verkon mahdollistama tiedonsiirtotekniikka, joka osaltaan parantaa merkittävästi automaation lisääntymistä. Paikannuksen, ajoneuvojen välisen keskustelun sekä kaiken automaattiajamiseen liittyvän tiedonsiirron kehittyminen tulee mahdollistamaan automaation täyden hyödyntämisen myös tienhoitossa.

Tutkimuksen lähtökohta ja tutkijan lähestymistapa oli alun perin pelkäättään tekninen. Tutkimuskysymykseen *”Mitä käytössä olevia automaatiotekniikkaan perustuvia ratkaisuja voidaan kannattavasti hyödyntää tiestön hoitopalveluissa?”* on vaarana lähteä miettimään ja etsimään vastauksia pääasiassa tekniseltä ja kustannustaloudelliselta kannalta.

Henkilöstön osaamisen johtamiseen liittyvien asioiden tutkimisen myötä alkoi hahmottua osaamisen johtamisen ja organisaation oppimiskyvyn suuri merkitys kehityshankkeen onnistumisessa. Havaittiin, että osaavia ammattilaisia, organisaation ydinosaamista ja hiljaista tietoa voidaan johtaa menestyksekkäästi systeemiajattelun ja systeemiälyn avulla, keskeisenä tekijänä olevan vuorovaikutuksen ja ryhmän hyvän värähtelytason onnistuneella saavuttamisella. Todettiin, että osaamisen johtamisen onnistuneet tulokset näkyvät hyvänä työilmapiirinä ja työnilona, asioiden sujuvuutena ja toiminnan tehokkuutena.

Automaatiota kehittämällä on tiestön hoitopalveluissa mahdollisuus taloudellisesti kannattavampaan ja laadullisesti parempaan suuntaan johdetaan kehitykseen. Tekniikan ratkaisujen ohella on henkilöiden osaamisen johtamisen avulla mahdollista tuottaa parempia palveluita ja laatua kilpailukykyisemmin, vastaten asiakkaan tarpeisiin ennen kuin asiakas edes on tiennyt kyseistä palvelua tai laatua tarvitsevänsä. Paitsi kilpailukykyä, osaamisen johtamisella parannetaan yrityksen ja sen henkilöstön uudistumis- ja sopeutumiskykyä muuttuvissa tilanteissa ja olosuhteissa.

Henkilöstön osaaminen tulee nähdä tulevaisuuden kannalta organisaation tärkeimpänä resurssina ja kilpailukeinona.

Tutkimuksen aihealue oli hyvin laaja. Tutkimuksesta saadut tulokset olivat osittain hyvin laaja-alaisia ja rönsyilivät ehkä liikaakin. Tarkempi rajausta olisi tuonut tutkimukselle siinä tarvittavaa tieteellistä tarkkuutta. Toisaalta tilaajan toiveena oli saada kattavaa tietoa automaation nykytilanteesta ja uusista mahdollisuuksista, ja siihen tarkoitukseen tietoa kertyi runsaasti. Tulokset olivat osittain eri näkökulmista tarkasteltuja, jolloin esiin nousi mielenkiintoisia ja yllättäviäkin hyödynnettäviä ratkaisuja. Erityisesti digitalisaation asiantuntijahaastattelu antoi laajan näkökulman tulevaisuuteen. Tienhoito on tekniikaltaan ollut pitkään perinteikästä, joten pieni digiloikka ei ole ollenkaan pahitteeksi.

Tutkimuksen aihealueen laajuuden vuoksi tutkimuskysymykset kattoivat alleen erittäin paljon asioita, joita kaikkia ei tässä tutkimuksessa pystytty käsittelemään. Tuloksista pois jäi kannattavuuslaskelmat, koska kaikkia investointeihin liittyviä tekijöitä ei pystytty selvittämään ja arvioimaan kertyneen aineiston määrän ja osittain keskeneräisten tai kehitystyötä vaativien teknisten ratkaisujen vuoksi. Tienhoidon automaation lisäämisessä seuraavana vaiheena tulisikin olla jatkotutkimus, jossa valituille automaatoratkaisuille selvitetään laitteiden hankintakustannukset, ratkaisuista saadut taloudelliset hyödyt sekä johtopäätöksenä investointien kannattavuus.

Toisena tutkimuksessa vähäiselle huomiolle jääneenä aiheena oli kesähoidon toimenpiteiden tehostaminen automaatoratkaisujen avulla. Kesäajan hoitotoimenpiteet ovat myös hyvin tärkeitä tienhoidon kokonaisuuden kannalta. Tutkimuksen teoriavaiheessa taustatiedoissa vilahteli mm. robottileikkureiden ja automaattisesti ajavien traktoreiden käyttö maanviljelyssä mm. kylvöissä, niitoissa ja ruiskutuksissa Yhdysvalloissa sekä Euroopassa. Tuloksissa kesähoidon tehostamistoimenpiteitä käsiteltiin lyhyesti haastatteluissa esille tulleilta osin. Kesähoidon menetelmien tehostamista automaation ja robotiikan avulla esitetään lisätutkimuksen aiheeksi.

Opinnäytetyöprosessin aikana tutkijan tiedot automaatiosta ja digitalisaatiosta lisääntyivät merkittävästi. Digitalisaatio on jo tänä päivänä hyvin pitkällä, mutta tutkimuksen myötä valottui, kuinka valtavan asian äärellä kokonaisuuden kannalta ollaan. Mikäli kokonaisuudesta pystytään hyödyntämään hiemankin ja yhdistämään ennakkoluulottomasti eri osia alueita, tienhoidossakin voidaan päästä mukaan kehitykseen ja hyödyntää tulevaisuuden mukanaan tuomia mahdollisuuksia.

Tutkijalla pohjalla ollut kokemus infrarakentamisen työmaiden työ-koneautomaatiosta, yhdistettynä tienhoitotoimenpiteistä karttuneeseen tietoon, edesauttoi erilaisten automaatoratkaisujen hyödyllisyyden ja käytettävyyden arviointia, sekä auttoi haastattelutilanteissa ilmiöitä sy-

ventävien tietojen esille saamista. Opinnäytetyöprosessia arvioitaessa voidaan todeta tutkija saaneen arvokasta oppia vastaavien tutkimusten läpiviemisestä. Tutkimuksessa käytetty kansainvälinen aineisto lisäsi työn arvoa tekijälleen mm. kielitaidon ja tekniikan sanaston laajenemisen myötä. Prosessi loi hyvän pohjan ammatilliselle jatkokehitykselle. Prosessin aikana tapahtunut kehitys edesauttaa tutkijaa jatkossa moninaisten, ammatillisen uran aikana eteen tulevien haasteiden ratkaisemisessa.

7 ESITYS HOITOPALVELUIDEN AUTOMAATION EDISTÄMISESTÄ

Esitys perustuu tutkimuksesta saatuihin tuloksiin, jotka on analysoitu ja asetettu tärkeysjärjestykseen ratkaisujen merkityksellisyyden ja toteuttamisen tai käyttöönoton helppouden mukaan. Tärkeysjärjestyksessä esitetyt tulokset käsittivät sekä suoraan teknisiä automaatoratkaisuja, että automaatiota tukevia ratkaisuja. Nämä yhdistetään seuraavaksi siten, että ratkaisut muodostavat yhtenäisen, automaation edistämiseen tarvittavan kokonaisuuden.

Nopeasti käyttöön otettava tienhoitoyksikkö tukitoimintoinen:

Tienhoitoauto varustellaan lumen auraukseen automatisoidulla kaksoisterällä sekä anturoidulla sivuauralla, jossa on auran levityslevyden näytävä toiminto. Suolainautomaatti ohjelmoidaan seuraamaan sivuauran levityslevyettä. Liuossuolan ja kaliumformiaatin levitystä parannetaan lisäämällä painesuutinputkistot liuoksen levittämistä varten. Kaikkien käytössä olevien lisälaitteiden toimintotiedot materiaalmäärineen raportoituvat automaattisesti. Tienhoitoauton toimintojen käytettävyyden varmistamiseksi auto varustellaan infrapuna-avusteisella 360-kameratekniikalla, joka kuvaa myös sivuauraa. Tienhoitoauto varustellaan kelitietoja mittaavalla laitteistolla. Kaikkien näiden toimintojen taustatukena toimii tienpäältä reaaliaikaisesti kerätty tiesäätieto, jota hyödynnetään sääennusteisiin yhdistettynä Kelikeskuksessa toimenpiteiden päätöksenteossa.

Myöhemmin täydennetty tienhoitoyksikkö tukitoimintoinen:

Edellä kuvatun tienhoitoyksikön oltua toiminnassa parisen vuotta, on kehitys tuottanut tulosta ja tienhoitoauto voidaan varustella aurojen lumisuihkunohjaimilla. Lumisuihkunohjaimet toimivat molemmissa, sekä etuettä sivuaurassa yhteisellä herätteellä, ohjainsauvassa olevan napin painalluksella. Lumisuihkunohjaus varustellaan lisäksi automaattisella, paikkatietoon sidotulla toiminnolla. Kolmea paikannusjärjestelmää; Galileoa, GPS:ää ja GLONASS:ia käyttävä paikannusjärjestelmä tulee olemaan niin tarkka, että sen avulla voidaan määritellä varottavien kohteiden, kuten liikennemerkkien ja opastintaulujen sijainti. Laitteisto osaa paikkatiedon perusteella ohjata lumisuihkun alas n. 10-20 m ennen kohdetta. Katvalueilla paikannuksen tarkkuutta parannetaan liikennemerkkeihin ym. asennetuilla RFID-lähettimillä.

Paikannuksen tarkkuuden ansiosta voidaan käyttöönottaa suolainrobotti-automaatti. Robottiautomaatti toistaa pääasiassa valmiiksi tallennettua levitystietoa, jonka avulla esimerkiksi kaliumformiaatti- ja suolarajoitusosuuksille ei erehdyksessä levitetä väärää kemikaalia tai liian suuria määriä. Tienhoitoyksikköön on jo automaation ensimmäisessä vaiheessa lisätty kelitietoja mittaava laite. Sensorilta saatava heräte mm. tienpinnan lämpötilasta ja vesimäärästä ohjelmoidaan muuttamaan suolamäärää tarvittaessa. Stereokameroiden avulla tienhoitoautosta nähdään alusterän käyttöä edesauttava kuva, sekä saadaan tieto tienpinnan tasaisuudesta. Uraisuuden perusteella kuljettaja voi säätää suolamäärää tarvittaessa suuremmaksi. Suolamäärän säätäminen voi tapahtua myös automaattisesti, laitteistoon ohjelmoitujen tasaisuuden raja-arvojen perusteella.

Toimintojen taustatukena tulee toimimaan laajennettu reaaliaikaisen kelitiedon keruujärjestelmä. Tietoja kerätään mm. eri logistiikka-alan kuljetusyksiköiltä, koulukuljetuksilta sekä maitoautoilta. Tiedot yhdistetään Kelikeskuksessa sääennusteisiin. Ohjelmoitujen matemaattisten mallien avulla saadaan tietoa, jota käytetään hyväksi joko suoraan suolainautomaattia ohjaavana tietona, tai kuljettajalle näytölle tulevana toimenpideehdotuksena.

Kesähoidon toimenpiteissä käyttöön otetaan robottitoimiset nurmenleikkuu- ja harjauskoneet, joiden toiminta on saatu varmistettua paikannuksen tarkkuuden parannuttua riittävästi, sekä laitteistoihin kehitettyjen, kerätyn materiaalin varastosäiliön ja purkuominaisuuksien myötä.

Jatkokehitystyön jälkeen lisättävät toiminnot:

Sivuauran palautusliikkeen toimintaa varten tulee ympäristönhavainnointitekniikassa tehdä vielä kehitystyötä. Ratkaisu on lisättävissä tienhoitoautoon hydrauliiikan paineakkujen sekä tutkatekniikan ja esteentunnistuksen mahdollistamana. Myös alusterän tienpintaa seuraavassa automaatiikassa on mahdollista tapahtua kehitystyötä esimerkiksi stereokuvan tai lasertekniikan hyödyntämisen ja nopean hydrauliiikan kehittämisen myötä. 5G-verkon mahdollistaman tiedonsiirron ansiosta voidaan ajoneuvojen sekä ajoneuvojen ja tieinfran välistä tiedonsiirtoa hyödyntää myös tienhoidossa. Esimerkiksi esteentunnistuksen lisänä voi olla V2V-, I2V- ja V2X-tiedonsiirron kautta tapahtuvat herätteet tienhoitoajoneuvon toimintaan vaikuttavista esteistä, tai vastavuoroisesti tienhoitoajoneuvon muille ajoneuvoille kertoma tilantarve toimenpiteiden osalta.

LÄHTEET

AGCO Suomi Oy (2017). Valtra. Yrityksen internet-sivut. Haettu 17.5.2017 osoitteesta <http://www.valtra.fi/>

Arctic Machine Oy (2017). Yrityksen internetsivut. Haettu 26.5.2017 osoitteesta <http://www.arcticmachine.fi/fi/>

Arctic Machine Oy (n.d.). Kuvapankki. Haettu 27.6.2017 osoitteesta <https://arcticmachine.kuvat.fi/kuvat/>

Azimi, R., Bhatia, G., Rajkumar, R. & Mudalige, P. (2013). V2V Intersection Management at Roundabouts. *SAE Technical Paper 2013-01-0722*. Haettu 21.3.2017 osoitteesta <https://users.ece.cmu.edu/~sazimi/SAE2013.pdf>

Boyce, C. & Neale, P. (2006). *Conducting In-depth Interviews: A guide for Designing and Conducting In-Depth Interviews for Evaluation Input*. Pathfinder International Tools Series: Monitoring and Evaluation – 2. Haettu 24.4.2017 osoitteesta http://www2.pathfinder.org/site/DocServer/m_e_tool_series_indepth_interviews.pdf

Bucher municipal (2016). Esite: *Giletta UniQa levitin*. Haettu 11.4.2017 osoitteesta http://winter.buchermunicipal.com/sites/default/files/winter/additional_information_download_items/BMU_UNQ%20EN_rev01%20%20042016_HD.pdf

Bucher municipal (2014) *Ecosat¹⁰*. Tuote-esite. Haettu 11.4.2017 osoitteesta http://winter.buchermunicipal.com/sites/default/files/winter/additional_information_download_items/BMU_ECO_Commando%20EcoSat10_Rev00_GB_04-2014.pdf

Carsten, O. ja Kulmala, R. (2015). Road Transport Automation as a Societal Change Agent. Towards Road Transport Automation. *White paper 2*. EU-US Symposium on Automated Vehicles 14-15.7.2015. Washington. Haettu 21.3.2017 osoitteesta <https://www.nap.edu/read/22087/chapter/10>

Destia Oy (2016). Kunnossapito – Turvallisen ja sujuvan liikenteen puolesta. Haettu 28.11.2016 osoitteesta <http://www.destia.fi/palvelut/kunnossapito.html>

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (ELY-keskus), Rovaniemen koulutuskuntayhtymä, Euroopan unionin (EU) Euroopan sosiaalirahasto (2015). *Osaamisen johtamisen käsikirja. Osaamisen ennakkoinnista osaamisen kehittämiseen*. Vipuvoimaa EU:lta 2007-2013 -hanke. Haettu 4.12.2016 osoitteesta <http://www.redu.fi/loader.aspx?id=283831a3-dbf6-4ce2-82cd-7251322e8b03>

ELY-keskus (2015). Tiedote: *Uusimmat teknologiat Suomen päällystetyn tieverkon avuksi, projekti käynnistyy Lapissa ja Keski-Suomessa (ELY-keskus)*. Tiedotteet 2015. Haettu 15.5.2017 osoitteesta <https://www.ely-keskus.fi/web/ely/-/uusimmat-teknologiat-suomen-paallystetyn-tieverkon-avuksi-projekti-kaynnistyy-lapissa-ja-keski-suomessa-ely-keskus-#.WRnx2lXyipp>

ELY-keskus (2016). *Kunnossapito - Tienpidon painopiste kunnossapidossa*. Internet-sivut. Haettu 14.6.2017 osoitteesta <https://www.ely-keskus.fi/web/ely/kunnossapito2>

Gorris, T., de Kievit, M., Solar, A., Katgerman, J. & Bekhor, S. (2012). *Assessment of Automated Road Transport Systems contribution to Urban Sustainability*. CityMobil Deliverable 5.4.1 Part IV Annex 1/101. European Commission DG Research. Haettu 21.3.2017 osoitteesta <http://www.tmleuven.be/project/citymobil/D5.4.1-II-PU-Final%20ex%20post%20report%20part%204-CityMobil.pdf>

Handolin V.-V. (2005). *Työyhteisöjen systeemiäly ja supertuottavuus*. Teoksessa R. P. Hämäläinen. & E. Saarinen (toim.) *Systeemiäly 2005*. Helsinki University of Technology, 31–49 . Haettu 10.12.2016 osoitteesta <http://sal.aalto.fi/publications/pdf-files/systeemiäly2005.pdf>

Hiltunen, L. (2009). *Validiteetti ja reliabiliteetti*. Luentoesitys. Graduryhmä 18.2.2009. Jyväskylän yliopisto. Haettu 30.11.2016 osoitteesta http://www.mit.jyu.fi/ope/kurssit/Graduryhma/PDFt/validius_ ja_reliabiliteetti.pdf

Hinkka, V., Pilli-Sihvola, E., Mantsinen, H., Leviäkangas, P., Aapaoja, A. & Hautala, R. (2016). *Integrated winter road maintenance management – New directions for cold regions research*. *Cold Regions Science and Technology*. Volume 121, 108-117. Haettu 26.4.2017. ScienceDirect-tietokanta.

Honkala, S. (2016). *GLONASS Satellite Navigation Signal Implementation in a Software-defined Multi-constellation Satellite Navigation Receiver*. Masters'a Thesis. School of Electrical Engineering, Aalto University. Espoo. Haettu 13.4.2017 osoitteesta <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201604201829>

Innamaa, S., Kanner, H., Rämä, P. & Virtanen, A. (2015). *Automaation lisääntymisen vaikutukset tieliikenteessä*. Trafim tutkimuksia 1/2015. ISBN (verkkojulkaisu). Haettu 21.3.2017 osoitteesta https://www.trafi.fi/filebank/a/1461576365/fdb4c6b311fb1da01cf40bdf8fd33b5c/20473-Trafi_tutkimuksia_01-2015_-_Automaattiajaminen.pdf

Kananen, J. (2015). Opinnäytetyön kirjoittajan opas. Näin kirjoitan opinnäytetyön tai pro gradun alusta loppuun. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja 202.

Kuoppala, J., Ulvila, P. & Huuskonen, O. (2003). *Lumiaurojen suihkunohjaimet*. Tieliikelaitos, T&K-raportti 31.7.2003. Sisäinen tutkimusraportti.

Kärkkäinen, E. (2017). Selvitys: Liikenne mullistuu – miten käy Suomen? Artikkel, Suomenmaa –lehti 26.4.2017. Haettu 17.5.2017 osoitteesta <http://www.suomenmaa.fi/uutiset/selvitys-liikenne-mullistuu--miten-kay-suomen-6.3.231967.cf8ba9d062>

Laitila, E. (2016a). Metayliopisto. Esite. Haettu 10.12.2016 osoitteesta http://metayliopisto.fi/wp-content/uploads/2016/11/Metayliopisto_Esite_Marraskuu_2016.pdf

Laitila, E. (2016b). Esimiestyö ja työyhteisön kehittäminen –moduulin verkkoaineisto, Moodle. Hämeen ammattikorkeakoulu. Haettu 10.12.2016 osoitteesta https://moodle.hamk.fi/pluginfile.php/741524/mod_resource/content/1/VIDEO_Metayliopisto_Koheesio.pdf

Lapin ELY-keskus (2017). *Tienpidon ja liikenteen suunnitelma 2017–2019*. Haettu 15.5.2017 osoitteesta <http://elykeskus.fi/documents/10191/1496508/Tienpidon+ja+liikenteen+suunnitelma+2017-2019/cc846be9-b8c8-41db-a6b3-c1d7bfb67222>

Levola, K. (2014). Talvitiepäivien esitys: *HUMPPA – Hoidonjohtomallin pilotointi, Espoo 2014 - 2019*. Pirkanmaan ELY-keskus. http://tapahtumat.tieyhdistys.fi/site/assets/files/1284/levola_fin_nettiin.pdf

Liikenne- ja viestintäministeriö (2016). *Robotiikan taustaselvityksiä*. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 2/2016. Haettu 16.5.2017 osoitteesta <https://www.lvm.fi/documents/20181/877203/Robotiikan+taustaselvityksi%C3%A4/b1b9f5d6-4f1f-436a-84c9-eb42da4f81e2>

Liikenne- ja viestintäministeriö (2017). *Liikenteen automaation ja robotiikan kehittämistoimenpiteiden tiekartta 2017–2019*. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 10/2017. Haettu 16.5.2017 osoitteesta <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79868/10-2017%20Liikenteen%20automaation%20ja%20robotiikan%20kehittamistoimenpiteiden%20tiekartta%202017-2019.pdf?sequence=1>

Liikennevirasto (2016a). *E8 – Aurora*. Hankkeen tiedotussivut. Finnish Transport Agency. Haettu 22.3.2017 osoitteesta <http://www.liikennevirasto.fi/web/en/e8-aurora#.WNItUU2QpD>

Liikennevirasto (2016b). *Vt 21 Kolari-Kilpisjärvi (Aurora)*. Hankkeen tiedotussivut. Haettu 22.3.2017 osoitteesta <http://www.liikennevirasto.fi/vt21kolari-kilpisjarvi#.WNlUeU2QpD8>

Liikennevirasto (2016c). Esitys: *Rovaniemen alueurakka 2017 -2022*. Haettu 15.5.2017 osoitteesta <http://www.liikennevirasto.fi/documents/20473/121347/Rovaniemen+alueurakka+2017+-2022.pdf/a1c24daa-1daf-4ba8-b6ce-4d83553c1a24>

Liikennevirasto (2016d). Esitys: *Digiloikat vuosina 2011 – 2025. lin alueurakka 2016 – 2020*. Haettu 15.5.2017 osoitteesta <http://www.liikennevirasto.fi/documents/20473/117312/MTe-lin+digi-alueurakka+-+urakkainfo+23.3.pdf/baa1b965-a1d5-4f02-848d-9e6195217c75>

Liikennevirasto (n.d.). Esitys: *lin alueurakka 2016-2021, hankintapilotti*. Haettu 15.5.2017 osoitteesta http://www.liikennevirasto.fi/documents/20473/121347/lin_digi-alueurakka_esittely.pdf/b30d21d3-57aa-4534-8f33-be8834a2e19f

LLP Farm Machinery Group Oy (FMG) (2017). Yrityksen internet-sivut. Haettu 20.6.2017 osoitteesta <http://www.fmg.fi/yritys/>

LLP Farm Machinery Group Oy (n.d.). *Tielana*. Yrityksen internet-sivut. Haettu 27.6.2017 osoitteesta <http://www.fmg.fi/products/tielana/>

Lumiaho A. & Malin F. (2016): *Tieliikenteen automatisoinnin etenemissuunnitelma ja toimenpideohjelma 2016–2020*. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 19/2016. Liikennevirasto, liikenne ja tieto -toimiala. Helsinki 2016. Haettu 2.12.2016 osoitteesta http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts_2016-19_tieliikenteen_automatisoinnin_web.pdf

Mäenpää, M. (2015). *Vuorovaikutus ja johtaminen eivät yllätä organisaatioiden kehityskohteina*. Markkinointi-instituutti. Haettu 5.12.2016 osoitteesta <https://www.markinst.fi/muutoksen-ammattilaiset/vuorovaikutus-ja-johtaminen-eivat-yllata-organisaatioiden-kehityskohteina>

Mäkipää J. (2017). Arctic Machine Oy. Haastattelu 28.4.2017 Jyväskylässä.

Möller, S. (2013). *GPS-styrd saltspridning. Test på avlyst bana*. VTI rapport 791. Trafikverket. Svärige. Haettu 23.3.2017 osoitteesta <http://vti.diva-portal.org/smash/get/diva2:670670/FULLTEXT01.pdf>

Nosteco Oy (n.d.). Tuotteitamme. Yrityksen internet-sivut. Haettu 20.6.2017 osoitteesta <https://www.nosteco.fi/fi/services/>

Pilli-Sihvola, E., Miettinen, K., Toivonen, K., Sarlin, L., Kiiski, K., Kulmala, R., ym. (2015). *Robotit maalla, merellä ja ilmassa – Liikenteen älykkään automaation edistämissuunnitelma*. Liikenne- ja viestintäministeriön Julkaisuja 7/2015. ISBN (verkkojulkaisu). Haettu 21.3.2017 osoitteesta <https://www.lvm.fi/documents/20181/514467/Julkaisuja+7-2015/1d7f13f3-409b-4957-8023-85d227b8585b?version=1.0>

Päivikkö, P. (2017). Valtran Oy:n haastatteluaineiston kommentit ja lisäykset 20.6.2017.

Rakennuslehti (2017). Lemminkäinen otti lisää markkinaosuutta maanteiden hoidossa – Destia menetti. Lehtiartikkeli 4.5.2017. Haettu 21.6.2017 osoitteesta <https://www.rakennuslehti.fi/2017/05/lemminkainen-ottii-lisaa-markkinaosuutta-maanteiden-hoidossa-destia-menetti/>

Rantasila, K. (2015). *The impact of Mobility as a Service concept on land use*. Masters'a Thesis. Department of Real Estate, Planning and Geoinformatics, School of Engineering, Aalto University. Espoo. Haettu 21.3.2017 osoitteesta https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/16332/master_Rantasila_Karri_2015.pdf?sequence=1

Rouhiainen-Neunhäuserer, M. (2009). *Johtajan vuorovaikutusosaaminen ja sen kehittäminen. Johtamisen viestintähaasteet tietoperustaisessa organisaatiossa*. Väitöskirja. Jyväskylä Studies in Humanities 128. Jyväskylä. Jyväskylä University Printing House. Haettu 5.12.2016 osoitteesta <https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/22478/9789513937591.pdf>

Savolainen, J. (2004). *Osaamisen johtaminen esimiestyössä*. Pro gradu-tutkielma. Kauppätieteiden osasto. Tietojohtaminen. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Haettu 4.12.2016 osoitteesta www.doria.fi/handle/10024/35927

Suomen Ekonomiliitto (SEFE). (2014). *Osaamisen johtaminen – yrityksissä ja organisaatioissa*. SEFEn raportteja 1/2014. Oneway Oy. Haettu 5.12.2016 osoitteesta

http://www.ekonomi.fi/documents/10228/1400294/Osaamisen+johtaminen+yriytsiss%C3%A4%20ja+organisaatioissa_SEFEn+raportti+1_2014.pdf

Suonentieto Oy (n.d.). AgriSmart – viljelijän, metsänomistajan ja urakoitsijan tehotyökalu. Yrityksen internet-sivut. Haettu 19.6.2017 osoitteesta <https://www.suonentieto.fi/tuotteet/agrismart/>

Sommer, B. (2011). *Testing of GPS controlled salt spreading and data collection at the Bygholm centre*. Final Report. Vejdirektoratet. Denmark. Haettu 23.3.2017 osoitteesta

<http://www.nvfnorden.org/lisalib/getfile.aspx?itemid=4593>

Sommer, B. (2012a). *Testing of GPS controlled salt spreading and data collection*. Test Method Description. Version 0.9: April 2012 – Draft version. Vejdirektoratet. Denmark. Haettu 23.3.2017 osoitteesta

<http://www.vinterman.dk/vinterman/doc/gps-test/GPS-Test-Method-2012-04.pdf>

Sommer, B. (2012b). *Testing GPS controlled salt spreading. Test result: Nido 06.09.2011*. Haettu 11.4.2017 osoitteesta:

<http://www.vinterman.dk/vinterman/doc/gps-test/GPS-Test-2011-09-Nido.pdf>

Sommer, B. (2012c). *Testing GPS controlled salt spreading. Test result: Epoke 07.09.2011*. Haettu 11.4.2017 osoitteesta:

<http://www.vinterman.dk/vinterman/doc/gps-test/GPS-Test-2011-09-Epoke.pdf>

Sommer, B. (2013a). *Dataopsamling og GPS-strying*. Mug statusrapport. Vejdirektoratet. Danmark. Haettu 11.4.2017 osoitteesta

<http://www.vinterman.dk/vinterman/doc/gps-test/2013-08-GPS-Dataopsamling.pdf>

Sommer, B. (2013b). *Testing GPS controlled salt spreading. Test result: Küpper-Weisser 29.01.2013*. Haettu 11.4.2017 osoitteesta

<http://www.vinterman.dk/vinterman/doc/gps-test/2013-01-GPS-Test-KW.pdf>

Sommer, B. (2016). *Testing GPS controlled salt spreading. Test result: Bucher 03.03.2016*. Haettu 11.4.2017 osoitteesta:

<http://www.vinterman.dk/vinterman/doc/gps-test/2016-03-GPS-Test-Bucher.pdf>

Teconer Oy (2015). *Talvikunnossapito teillä ja kiitoteillä*. Yrityksen internetsivut. Haettu 24.5.2017 osoitteesta <http://www.teconer.fi/fi/winter.html>

Thompson Engineering Company (2014). *Developing a Totally Automated Spreading System*. Final report. Clear Roads. Project 99392/CR11-03. Haettu 23.3.2017 osoitteesta http://clearroads.org/wp-content/uploads/dlm_uploads/11-03-Totally-automated-spreader_final_report.pdf

Trafi (2016). *MaaS pohjoisessa: Ylläs Around starttasi*. Liikenteen Turvallisuusvirasto, Liikennelabra. Hankkeen tiedotussivu. Haettu 21.3.2017 osoitteesta <http://liikennelabra.fi/maas-pohjoisessa-yllas-around-starttasi/>

Vaisala (2017). *Finnish Road Weather Excellence: Proud of Our SnowHow*. Hankkeen tiedotussivut. Haettu 24.5.2017 osoitteesta <http://www.vaisala.com/en/sustainability/cases/makingsenseofsnowyroads/Pages/default.aspx>

Valtiovarainministeriö (2015). Digitalisaatiolla tuottavuusloikka. Julkinen kirje 12.6.2015. Haettu 21.3.2017 osoitteesta http://vm.fi/documents/10623/1464506/VM_1184_00-01-02-02_2015_avoin_kirje_digitalisaatiohaaste.pdf/bf2c3dda-13b7-4054-bf1f-b4803a7dd4a4

Valtra Oy (2011). *Valtra ANTS-konsepti katsoo tulevaisuuteen*. Lehdistötiedote. Haettu 20.6.2017 osoitteesta <http://www.valtra.fi/307.aspx>

Valtra Oy (2017). Valtra esittelee S394-lippulaivamallin ja uuden Smart-Touch-kyynärnojan. Lehdistötiedote 27.2.2017. Haettu 27.6.2017 osoitteesta <http://www.valtra.fi/2343.aspx>

Vejdirektoratet (2016). *NordicWay*. Hankkeen tiedotussivut. Transport-, Bygnings- og Boligministeriet, Tanska. Haettu 22.3.2017 osoitteesta <http://vejdirektoratet.dk/EN/roadsector/Nordicway/Pages/Default.aspx>

Vejdirektoratet (2013). Denmark. *Küpper Weisser Test January 2013*. Haettu 11.4.2017 osoitteesta <http://www.vinterman.dk/vinterman/doc/gps-test/2013-01-GPS-Test-KW.pdf>

HAASTATTELUSUUNNITELMA

Haastattelusuunnitelma	
Suunnitelma	
Tutkimuskysymys/-kysymykset	Mitä käytössä olevia automaatiotekniikkaan perustuvia ratkaisuja voidaan kannattavasti hyödyntää tiedoston hoitopalveluissa? - Mitä automaatioon ja robotiikkaan perustuvia ratkaisuja on käytössä hoitopalveluissa sekä muilla aloilla, kuten esim. metsäteknologiassa ja maanviljelyksessä? - Mikä on käytössä olevien ratkaisujen investointien kannattavuus? - Mikä on teknologian mahdollistamien uusien robotti- ja automaatiotekniikoiden käyttömahdollisuus hoitopalveluissa?
Mitä aineistoa/tietoa tarvitaan tutkimuskysymyksen ratkaisemiseksi?	Tietoa käytössä olevasta nykytekniikasta kotimaassa ja ulkomailla, tietoa ja tutkimusaineistoa meneillään olevista kehityshankkeista, arvioita ja visioita tulevaisuuden mahdollisuuksista, arvioita tekniikan ja järjestelmien yhdisteltävyydestä muihin ratkaisuihin, tietoa eri aloilla käytettävästä tekniikasta ja tutkimustuloksia tekniikan kehittämisestä, tietoa teknologian viimeisimmistä innovaatioista ja arvioita niiden soveltuvuudesta tienhoitoon
Teemahaastattelurunko	Esitetty erillisessä taulukossa
Ketä haastatellaan?	- Arctic Machine Oy, Janne Mäkipää, myyntijohtaja (vientä) - Valtra Oy, Pekka Päivikkö, tuotantojohtaja - Työtehoseura, Arto Kyytinen, DESERVE-hanke - Destia Oy, työnjohto - Destia Oy, työntekijät
	Lisätietoa mm. lähdeaineistosta sähköpostitiedustelulla tai puhelimitse, tarvittaessa järjestetään haastattelu: - Oulun yliopisto, Rauno Heikkilä ja Toni Liedes, Konetekniikan ala - Risto Linturi, tulevaisuudentutkija
Perehdy haastattelun eettisiin kysymyksiin.	Haastattelun alussa: - Kerrotaan tutkimuksen tarkoitus ja tutkimusmenetelmät - Käsitellään aineiston analysointiin, käyttöön, käsittelyyn ja tallentamiseen liittyvät asiat - Käsitellään aineiston luottamuksellisuus ja mahdolliset salassapitovelvoitteet, patenttisuojan rajoitukset ym. - Pyydetään haastateltavalta suostumus haastatteluun.
Protokollan suunnitelma	
Mitä kerrotaan haastattelun alussa?	Aiheen toimeksiantaja ja tämän intressi tutkimuksen suorittamiseen, aihealueen kuvaus, tutkimusongelman pääasialliset lähestymissuunnat, tutkimuksen aikataulu ja lopputulos.
Mitä kerrotaan tutkimuksen tarkoituksesta ja luottamuksellisuudesta?	- Toimeksiantajaa ja koko tienhoitoalaa hyödyttävien tietojen esiintuonti ja uusien mahdollisuuksien löytäminen. - Investointeja koskevat tiedot jäävät luottamuksellisiksi.
Mitä aineistonkeruuvälineitä käytetään (nauhuri, muistiinpanot; niiden tarkkuustaso)?	- Digitaalinen nauhuri; litteroinnissa poimitaan keskustelusta esiin nousseet asiat ja kirjataan haastattelukohtaiseen dokumenttiin, jonka haastateltava saa tarkistettavakseen. - Käsintehdyt muistiinpanot haastattelun aikana esiin nousseista pääkohdista, havainnoista ym. Muistiinpanot täydentävät nauhurin tallennetta ja helpottavat litterointia.
Tutkimuksen toteutus	
Yhteydenotto	Ota yhteyttä tutkittaviin, kerro työn tavoitteet ja sovi tutkimusajankohta.
Varmista teknisten välineiden toimivuus ja käyttöosaaminen.	Harjoittele välineiden käyttöä.
Haastattelutilanne	Mene ajoissa haastatteluun, esittele itsesi ja kertaa tutkimuksen tavoitteet, luottamuksellisuus, kesto ja yhteyshenkilöt. Pyydä haastateltavalta myös lupa tutkimukseen.
Haastattelu	Aloita teemahaastattelu pitäen silmällä teemahaastattelurungon kohtien toteutumista.
Tilaisuuden lopettaminen	Kiitä tutkimuksesta
Jälkihoito	Toimita litteroitu haastattelu ja johtopäätökset tutkittavalle.
Tulosten hyväksyttäminen	Tutkittavan tulosten hyväksyttämistä voit hyödyntää opinnäytetyösi luotettavuustarkastelussa.

HAASTATTELUN RUNKO, Arctic Machine Oy

Ilmiön/yrityksen taustatiedot	
Yrityksen nimi ja yhteystiedot	Arctic Machine Oy Valmetintie 11, 40420 Jyväskylä
Toimiala	Ympärivuotiseen käyttöön suunniteltujen tienhoitoautojen ja tienhoitolaitteiden valmistaja.
Liikevaihto	Konsernin liikevaihto n. 15 M€
Henkilöstö	N. 70 henkilöä
Teemahaastattelun toteutus	
Haastattelija	Anne Valkonen, Destia Oy / Länsi-Suomi
Ajankohta	28.4.2017 klo 12:00-15.30
Haastattelun kesto	Arvio: 1,5-2 tuntia Toteutuma: n. 3,5 tuntia, sisältäen lyhyen tehdaskierroksen
Haastateltava henkilö	Janne Mäkipää, puh. +358 40 5572374 janne.makipaa@arcticmachine.com
Asema	Myyntijohtaja, vienti
Teemat	
Teema 1	Automaation ja robotiikan hyödyntäminen AM:n laitteissa, mm: - Nykylaitteiston mahdollisuudet; kuinka automatisoituja laitteistot ovat, pystytäänkö pienin muutoksin lisäämään automaatiota - Tutkimus- ja kehityshankkeet; mitä puutteita tiedostettu, mitä ja miten tutkitaan & kehitetään - Laitteiston ohjelmointimahdollisuudet, esim. esiasetusten (tallennettu reitti) hyväksikäyttömahdollisuudet - GPS-ohjausjärjestelmien hyödyntäminen - Tiedot kilpailijoiden kehitystyöstä
Teema 2	Digitalisaation hyödyntäminen AM:n järjestelmissä, mm: - iRoad 4, etäohjaus ja tiedonkeruu; nykYTEKNIKAN ja nykyjärjestelmien ominaisuudet ja mahdollisuudet - Tiedon käsittely ja raportointi; minkälaista ja missä muodossa tietoa saadaan, mihin se tallennetaan ja miten se on hyödynnettävissä, yhdistettävyyden muihin tiedonkeruujärjestelmiin - Tutkimus ja tuotekehitys; mitä puutteita tiedostettu, mitä ja miten tutkitaan & kehitetään - Yhdistettävyyden GPS-ohjausjärjestelmiin; reittien tallennus, levityslevyyden ja annostuksen muutokset tallennettujen tietojen ja/tai GPS-sijainnin ja "road tablen" perusteella - Tienpinnanlämpötilan tms. anturitekniikan avulla tuotetun ohjauksen hyväksikäyttö - Tiedot kilpailijoiden kehitystyöstä
Teema 3	Älyliikenne ja sen vaatimukset, mm: - NykYTEKNIKAN soveltuvuus älyliikenteen vaatimuksiin - Tutkimus- ja kehityshankkeet - Arvioidut vaikutukset tienhoidon kalustolle ja laitteille - Mahdollisuudet
Teema 4	Investointikustannukset, mm: - Nykylaitteistojen päivittäminen automaatio-/robotiikkatekniikkaan - Uusien laitteistojen, ohjelmistojen ym. hankintakustannukset

HAASTATTELUN LISÄKYSYMYKSET, Arctic Machine Oy

- Onko nykyisten GPS-ohjausjärjestelmien tarkkuus mielestäsi riittävä ohjaamaan kemikaalien levitystä (levitysmäärä, leveys, symmetria...) automaattisesti?
- Mitä seurauksia voi automatisoidun levitysjärjestelmän käyttöönotosta tulla?
- Mitä hyötyä voisi olla automatisoitun tallenteen käytöstä, jossa materiaalien levitys tapahtuu ennalta tallennetun tiedon ja sijainnin perusteella?
- Aiheuttaisiko levityksen automatiointi valmistajille vastuukysymyksiä?
- Mikä olisi seuraava askel automaation kehittämisessä lähitulevaisuudessa? Lyhyt/pitkä aikaväli?
- Anturi-/sensoritekniikka ja sen avulla ohjaaminen?

Lisäksi Thompson Engineering Companyn loppuraportin *Developing a Totally Automated Spreading System* läpikäynnin yhteydessä muita esiin nousseita kysymyksiä (Thompson Engineering Company 2014).

HAASTATTELUN RUNKO, Valtra Oy

Teemahaastattelun runko	
Teemahaastattelurunko liitetään omaan opinnäytetyöhön liitteeksi, jotta työn lukija tai arvioitsija voi nähdä, miten kirjoittaja on hahmottanut tutkimuskohteensa.	
Ilmiön/yrityksen taustatiedot	
Yrityksen nimi ja yhteystiedot	Valtra Oy Ab (traktoritehdas) Valmetintie 2, 44200 SUOLAHTI
Toimiala	Pohjoismaiden johtava maataloustraktoreiden valmistaja ja palveluiden tarjoaja. Suomen myyntiyhtiö on AGCO Suomi Oy.
Liikevaihto	AGCO Suomi Oy:n liikevaihto n. 185 M€
Henkilöstö	N. 210 henkilöä (AGCO Suomi Oy)
Teemahaastattelun toteutus	
Haastattelija	Anne Valkonen, Destia Oy / Länsi-Suomi
Ajankohta	29.5.2017 klo n. 12:00 - 15.15
Haastattelun kesto	Arvio: 1,5-2 tuntia, toteutunut n. 3 tuntia Ennen haastattelua tehdaskierros
Haastateltava henkilö	Pekka Päivikkö, puh. +358 40 500 7304 pekka.paivikko@agcocorp.com
Asema	Tuotepäällikkö
Teemat	
Teema 1	Automaation ja robotiikan hyödyntäminen Valtran laitteissa, mm: - Nykylaitteiston mahdollisuudet; kuinka automatisoituja laitteistot ovat, kuinka automaatiota voitaisiin lisätä? - Miten tekniikka olisi hyödynnettävissä tienhoidon toimenpiteissä? - GPS-ohjausjärjestelmien hyödyntäminen ja GPS:n tarkkuus? - Anturi-/sensoritekniikka ja sen avulla toimintojen ohjaaminen? - Mitä seurauksia voi automatisoitujen toimintojen käyttöönotosta tulla? - Tutkimus- ja kehityshankkeet; mitä puutteita tiedostettu, mitä ja miten tutkitaan & kehitetään? - Mikä olisi seuraava askel automaation kehittämisessä lähitulevaisuudessa? - Lyhyt/pitkä aikaväli? - Aiheuttaisiko toimintojen automaatiointia valmistajille vastuukysymyksiä?
Teema 2	Digitalisaation hyödyntäminen Valtran järjestelmissä, mm: - Valtra Smart-raportointijärjestelmä; miten toimii, minkälaista ja missä muodossa tietoa saadaan, mihin se tallennetaan ja miten se on hyödynnettävissä, yhdistettävyyden muihin tiedonkeruujärjestelmiin? - Valtra Smartin soveltuvuus tienhoitoon? - Yhdistettävyyden GPS-ohjausjärjestelmiin; reittien tallennus, toimintatietojen tallennus ja toimintojen ohjaus etänä? - Tienpinnanlämpötilan tms. anturitekniikan avulla tuotetun ohjauksen hyväksikäyttö? Anturitietojen keruu; kitka, tienpinnan lämpötila, keli...? - Tutkimus ja tuotekehitys; mitä puutteita tiedostettu, mitä ja miten tutkitaan & kehitetään? - Alalla tapahtuva kehitystyö?
Teema 3	Älyliikenne ja sen vaatimukset, mm: - Nykytekniikan soveltuvuus älyliikenteen vaatimuksiin - Tutkimus- ja kehityshankkeet - Arvioidut vaikutukset tienhoidon kalustolle ja laitteille - Mahdollisuudet
Teema 4	Investointikustannukset, mm: - Nykylaitteistojen päivittäminen automaatio-/robotiikkatekniikkaan - Uusien laitteistojen, ohjelmistojen ym. hankintakustannukset

HAASTATTELUN RUNKO, TTS Työtehoseura ry

Teemahaastattelun runko	
Teemahaastattelurunko liitetään omaan opinnäytetyöhön liitteeksi, jotta työn lukija tai arvioitsija voi nähdä, miten kirjoittaja on hahmottanut tutkimuskohteensa.	
Ilmiön/yrityksen taustatiedot	
Yrityksen nimi ja yhteystiedot	TTS Työtehoseura PL 5 (Kiljavantie 6), 05201 RAJAMÄKI
Toimiala	TTS Työtehoseura on valtakunnallinen koulutus-, tutkimus- ja kehittämisorganisaatio, joka kouluttaa vuosittain n. 10 000 opiskelijaa eri alojen ammattilaisiksi. Koulutustoiminnan lisäksi TTS Työtehoseura tutkii ja kehittää noin 100 vuosittaisen projektin avulla työmenetelmien tuottavuutta, toiminnallisia ratkaisuja sekä energia- ja ekotehokkuutta.
Liikevaihto, organisaatio ym.	TTS Työtehoseura on yhdistys, yli 1 400 jäsentä. TTS Konserniin kuuluvat lisäksi yhdistyksen omistama TTS Kehitys Oy sekä mm. kiinteistöosakeyhtiöitä. Lisäksi Työtehoseura omistaa 40 % Suomen ympäristöopisto SYKLI:stä. Liikevaihto oli v. 2015 xx euroa.
Henkilöstö	N. 225 henkilöä (v. 2015)
Teemahaastattelun toteutus	
Haastattelija	Anne Valkonen, Destia Oy / Länsi-Suomi
Ajankohta	6.6.2017 klo 9:00-
Haastattelun kesto	Arvio: 1,5-2 tuntia, toteutunut n. 4,5 tuntia.
Haastateltava henkilö	Arto Kyytinen, puh. +358 50 387 0071, arto.kyytinen@tts.fi
Asema	Kehittämisasiantuntija
Teemat	
Teema 1	Automaation ja robotiikan hyödyntäminen (tienhoidossa), mm: - Nykylaitteistojen mahdollisuudet; kuinka automatisoituja laitteistot ovat, kuinka automaatiota voitaisiin lisätä? - Miten tekniikka olisi hyödynnettävissä tienhoidon toimenpiteissä? - GPS-ohjausjärjestelmien hyödyntäminen ja GPS:n tarkkuus? - Anturi-/sensoritekniikka ja sen avulla toimintojen ohjaaminen? - Mitä seurauksia voi automatisoitujen toimintojen käyttöönotosta tulla? - Tutkimus- ja kehityshankkeet; mitä puutteita tiedostettu, mitä ja miten tutkitaan & kehitetään? - Mikä olisi seuraava askel automaation kehittämisessä lähitulevaisuudessa? Lyhyt/pitkä aikaväli? - Aiheuttaisiko toimintojen automaatiointi / robotisointi valmistajille vastuukysymyksiä?
Teema 2	Digitalisaation hyödyntäminen tienhoidon järjestelmissä, mm: - erilaiset raportointijärjestelmät; miten toimivat, minkälaista ja missä muodossa tietoa saadaan, mihin se tallennetaan ja miten se on hyödynnettävissä, yhdistettävyyys muihin tiedonkeruujärjestelmiin? - Yhdistettävyyys GPS-ohjausjärjestelmiin; reittien tallennus, toimintatietojen tallennus ja toimintojen ohjaus etänä? - Tienpinnanlämpötilan tms. anturitekniikan avulla tuotetun ohjauksen hyväksikäyttö? Anturitietojen keruu; kitka, tienpinnan lämpötila, keli..? - Tutkimus ja tuotekehitys; mitä puutteita tiedostettu, mitä ja miten tutkitaan & kehitetään? - Alalla tapahtuva kehitystyö?
Teema 3	Älyliikenne ja sen vaatimukset, mm: - Nykylaitteiden soveltuvuus älyliikenteen vaatimuksiin - Tutkimus- ja kehityshankkeet - Arvioidut vaikutukset tienhoidon kalustolle ja laitteille - Mahdollisuudet
Teema 4	Investointikustannukset, mm: - Nykylaitteistojen päivittäminen automaatio-/robotiikkatekniikkaan - Uusien laitteistojen, ohjelmistojen ym. hankintakustannukset

HAASTATTELUN RUNKO, alue- ja kaupunkiurakoiden työnjohto, Destia Oy

Teemahaastattelun runko	
Teemahaastattelurunko liitetään omaan opinnäytetyöhön liitteeksi, jotta työn lukija tai arvioitsija voi nähdä, miten kirjoittaja on hahmottanut tutkimuskohteensa.	
Ilmiön/yrityksen taustatiedot	
Yrityksen nimi ja yhteystiedot	Destia Oy Muurainkatu 2, 15800 LAHTI
Toimiala	Destia on suomalainen infra- ja rakennusalan palveluyhtiö, joka rakentaa, ylläpitää ja suunnittelee liikenneväylien ja ratojen sekä liikenne- ja teollisuusympäristöjen lisäksi kokonais elinympäristöjä.
Liikevaihto	499,2 M€ (2016)
Henkilöstö	n. 1 490 hlöä (2016)
Teemahaastattelun toteutus	
Haastattelija	Anne Valkonen, Destia Oy / Länsi-Suomi
Ajankohta	5.5.2017 klo n. 8:15 - 9:30 (Olli Lemettinen), täydentävä 31.5.2017 klo 8:30-9:30 9.5.2017 klo n. 8:30 - 9:45 (Minna Yliniemi)
Haastattelun kesto	Arvio: 1,5-2 tuntia, toteutunut n. 1,5 tuntia / haastattelu
Haastateltavat henkilöt	Olli Lemettinen, puh. 0400 315 429, olli.lemettinen@destia.fi Minna Yliniemi, puh. 040 534 3918, minna.yliniemi@destia.fi
Asema	Alueurakan työmaapäällikkö (Olli) ja kaupunkiurakoiden työmaapäällikkö (Minna)
Teemat	
Teema 1	Automaation ja robotiikan hyödyntäminen tienhoidon laitteissa, mm: - Nykylaitteiston mahdollisuudet; kuinka automatisoituja laitteistot ovat, kuinka automaatiota voitaisiin lisätä? - GPS-ohjausjärjestelmien hyödyntäminen ja GPS:n tarkkuus? - Anturi-/sensoritekniikka ja sen avulla toimintojen ohjaaminen? - Mitä seurauksia voi automatisoitujen toimintojen käyttöönotosta tulla? - Tutkimus- ja kehityshankkeet; mitä puutteita tiedostettu, mitä ja miten tulisi tutkia ja kehittää? - Mikä olisi seuraava askel automaation kehittämisessä lähitulevaisuudessa? Lyhyt/pitkä aikaväli?
Teema 2	Digitalisaation hyödyntäminen tienhoidon järjestelmissä, mm: - Raportointijärjestelmä; miten toimii, minkälaista ja missä muodossa tietoa saadaan, mihin se tallennetaan ja miten se on hyödynnettävissä, yhdistettävyyss muihin tiedonkeruujärjestelmiin? - Yhdistettävyyss GPS-ohjausjärjestelmiin; reittien tallennus, toimintatietojen tallennus ja toimintojen ohjaus etänä? - Tienpinnanlämpötilan tms. anturitekniikan avulla tuotetun ohjauksen hyväksikäyttö? Anturietietojen keruu; kitka, tienpinnan lämpötila, keli...? - Tutkimus ja tuotekehitys; mitä puutteita tiedostettu, mitä ja miten tutkitaan & kehitetään? - Alalla tapahtuva kehitystyö?
Teema 3	Älyliikenne ja sen vaatimukset, mm: - Nykylaitteiden soveltuvuus älyliikenteen vaatimuksiin - Tutkimus- ja kehityshankkeet - Arvioidut vaikutukset tienhoidon kalustolle ja laitteille - Mahdollisuudet
Teema 4	Investointikustannukset, mm: - Nykylaitteistojen päivittäminen automaatio-/robotiikkatekniikkaan - Uusien laitteistojen, ohjelmistojen ym. hankintakustannukset

HAASTATTELUN RUNKO, alueurakan kuljettajat, Destia Oy


Teemahaastattelun runko	
Teemahaastattelurunko liitetään omaan opinnäytetyöhön liitteeksi, jotta työn lukija tai arvioitsija voi nähdä, miten kirjoittaja on hahmottanut tutkimuskohteensa.	
Ilmiön/yrityksen taustatiedot	
Yrityksen nimi ja yhteystiedot	Destia Oy Muurainkatu 2, 15800 LAHTI
Toimiala	Destia on suomalainen infra- ja rakennusalan palveluyhtiö, joka rakentaa, ylläpitää ja suunnittelee liikenneväylien ja ratojen sekä liikenne- ja teollisuusympäristöjen lisäksi kokonaisias elinympäristöjä.
Liikevaihto	493,2 M€ (2016)
Henkilöstö	n. 1 490 hlöä (2016)
Teemahaastattelun toteutus	
Haastattelija	Anne Valkonen, Destia Oy / Länsi-Suomi
Ajankohta	18.5.2017 klo n. 8:00-9:30
Haastattelun kesto	Arvio: 1-1,5 tuntia, toteutuma n. 1,5 tuntia
Haastateltavat henkilöt	Keijo Järvinen, Petri Nokkonen, Erkki Nykänen, Heikki Saastamoinen ja Tommi Latvanen
Asema	Autonkuljettajat
Teemat	
Teema 1	Automaation ja robotiikan hyödyntäminen kunnossapidon laitteissa, mm: - Nykylaitteiston mahdollisuudet; kuinka automatisoituja laitteistot ovat, pystytäänkö pienin muutoksin lisäämään automaatiota? - Tutkimus- ja kehityshankkeet; mitä puutteita tiedostettu, mitä ja miten tutkitaan & kehitetään? - Laitteiston ohjelmointimahdollisuudet, esim. esiasetusten (tallennettu reitti) hyväksikäyttömahdollisuudet? - GPS-ohjaujärjestelmien hyödyntäminen?
Teema 2	Digitalisaation hyödyntäminen kunnossapidon töissä, mm: - Eri ohjelmien, etäohjaus ja tiedonkeruu; nykytekniikan ja nykyjärjestelmien ominaisuudet ja mahdollisuudet - Tiedon käsittely ja raportointi; minkälaista ja missä muodossa tietoa saadaan, mihin se tallennetaan ja miten se on hyödynnettävissä, yhdistettävyyden muihin tiedonkeruujärjestelmiin - Tutkimus ja tuotekehitys; mitä puutteita tiedostettu, mitä ja miten tutkitaan & kehitetään - Yhdistettävyyden GPS-ohjaujärjestelmiin; reittien tallennus, levityslevyden ja annostuksen muutokset tallennettujen tietojen ja/tai GPS-sijainnin ja "road tablen" perusteella - Tienpinnanlämpötilan tms. anturitekniikan avulla tuotetun ohjauksen hyväksikäyttö
Teema 3	Älyliikenne ja sen vaatimukset, mm: - Nykytekniikan soveltuvuus älyliikenteen vaatimuksiin - Tutkimus- ja kehityshankkeet - Arvioidut vaikutukset tienhoidon kalustolle ja laitteille - Mahdollisuudet
Teema 4	Investointikustannukset, mm: - Nykylaitteistojen päivittäminen automaatio-/robotiikkatekniikkaan - Uusien laitteistojen, ohjelmistojen ym. hankintakustannukset

Esite: Bucher municipal, Gilletta UniQa-levittimet


Spreading unit

"Premium" Open Spreading System
Spreading group with a large disc (900mm diameter) and with all the metallic parts in AISI 304 stainless steel. It's equipped with asymmetry adjustment. Single spin disc for an excellent salt and/or sand spreading. The chain is realized in polyethylene-HD (high density) with circular shape permitting excellent sliding features at low temperatures. The spreading disc is equipped with 6 blades. Blades are adjustable according to adapt the material distribution to the granulometry prepared for humidification system with route over the spreading disc.

Spreading system with mixing pre-chamber (patented)
The concept for the spreading disc is in HD polyethylene (high density). Individual sections, is machined off to moulded facilitate the salt flow also at low temperatures. The distributor consists of a double disc, in order to achieve an homogeneous solid-liquid mixture. The solid material reaches the pre-chamber. It flows through an opening with constant section where it is heated by a liquid effluent homogenising in an excellent way and reaches the outside disc equipped with 4 stainless steel (AISI 304) blades. These blades have variable geometry to suit the material distribution to the relative grain size.



BUCHER
municipal



Map showing distribution points for Bucher Municipal and Gilletta UniQa across Europe.


- **Gillette LLC** - Italy
- **Comerco Gohm** - Germany
- **Bucher Municipal** - Austria
- **Gilletta UniQa** - Czech Republic
- **Gilletta UniQa** - Hungary
- **Aved Industrial S.r.l.** - Italy
- **Masparoli S.L.** - Italy

Spreader

Gilletta UniQa

Gilletta SpA
Via S. Maria, 1
I-10134 Torralba (CN)
Tel. +39 0175 258 825
giletta@buchermunicipal.com

www.buchermunicipal.com



Demand system P1
Demand system with 4 stainless steel (AISI 304) blades. These blades have variable geometry to suit the material distribution to the relative grain size.

Demand system P1
Automatic demand system for typical with front rollers and feet sliding into the spreader disk. The blades are automatically adjusted from the driver's cab.

Demand system P1/ST
P1 system enhanced for a total carrying capacity of 12 tons.

Demand system P4
Demand system for bulk-lift complete of disk, protection board and adjustable height rollers.

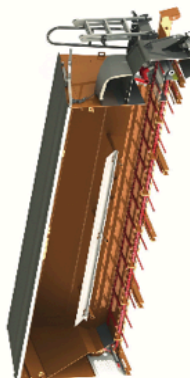
Bucher municipal (2016). Haettu 11.4.2017 osoitteesta

http://winter.buchermunicipal.com/sites/default/files/winter/additional_information_download_items/BMU_UNQ%20_EN_rev01%20-%20042016_HD.pdf

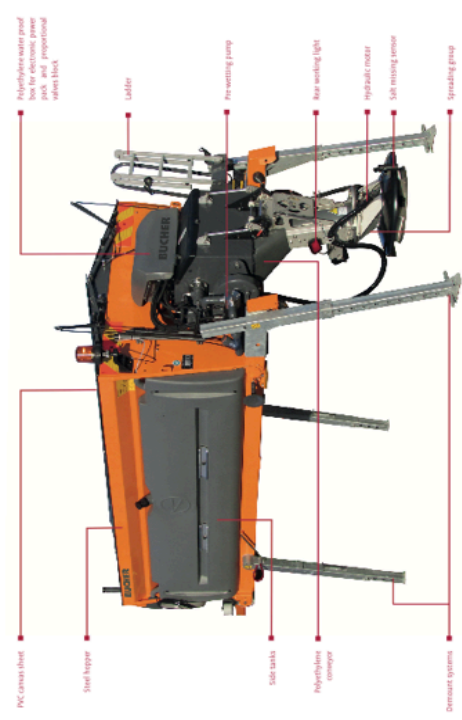
Esite: Bucher municipal, Gilletta UniQa-levittimien lisätietoja

Gilletta UniQa

Spreader for medium and heavy trucks, suitable for salt, sand or grit. The hopper is fully welded to prevent vibrations. It is made of very thick high strength steel (optional steel available on request), providing high load capacity without any deformation. Ideal for all types of roads, highways, parking lots, and public areas.



	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000
Hopper capacity	4,7	5-12	5-8	6,5-16	9,7				
Max. tank capacity	2270	2480-1000	2400-1000	2390	1				
Max. spreading width	2-12	2-12	2-12	2-12	2-12	2-12	2-12	2-12	2-12
Max. max. SP spreading capacity	5-40	5-40	5-40	5-40	5-40	5-40	5-40	5-40	5-40
Max. max. SP spreading capacity	20-100	20-100	20-100	20-100	20-100	20-100	20-100	20-100	20-100
Hopper height	1400	1400	1400	4300	4300	4300	4300	4300	4300



Steel belt
The feeding system is realized by metal belt with cross-bars. The chain is guided by bottom rollers that ensure a constant tension maintaining a correct transition synchrony without sliding.

Stabilizer belt
The feeding system is realized by a double belt with stabilizer rollers with roller and rubber cone. The traction roller cone moves the stabilizer belt is covered to avoid side-deviations and tend to minimize blocking.

Roller breaker
At the exit side of the chain or rubber belt there is a roller breaker that breaks the material into small pieces. The roller breaker is equipped with stabilizer steel blades is installed. The roller breaker enables a continuous material flow from the hopper to the spreading unit, breaking the salt lumps and directly resulting in unobstructed steps.

Electro18
Latest generation microprocessor controllers, with maximum flexibility in programming and evaluation of the different spreading parameters width, synchrony and design depending on the vehicle speed. Six different modes for all the control functions.

Hydraulic
Throughout the vehicle hydraulic system we feature that comply with the European Standards EN12195.

Auxiliary engine
Driven by an air-cooled 4/10 or liquid-cooled diesel engine.

Film wheel
Driven by 4 film wheel and supported by a telescopic arm, the piston pump with air-actuated control valve for 4 front and rear directions.

Asymmetric spreader
Electric regulation of spreading asymmetry in 3 pre-set positions from the driver's cab.

Pre-wetting pump
The pre-wetting system is equipped with a vibrasonic pump directly installed in the hydraulic circuit. The water does not need external washing tanks at the end of the spreading unit. The water is regulated directly from the control box to the driver's cabin.

Side tanks
Tanks constructed from sturdy and lightweight recyclable polypropylene.

Left mixing sensor
Left mixing sensor with visualization on the driver's cabin display.

Second disc
Second spreading disc to increase the salt and/or lime spreading width.

Ladder
ASD 104 stainless steel ladder for easy accessibility positioned in the rear right part.


PVC hopper cover
PVC hopper folding cover manually opened from the ground with tool structure.

Grit
Gained grit. Possibility of ASD 104 stainless steel grilles. Grit.

Bucher municipal (2016). Haettu 11.4.2017 osoitteesta

http://winter.buchermunicipal.com/sites/default/files/winter/additional_information_download_items/BMU_UNQ%20EN_rev01%20-%2020042016_HD.pdf


Esite: Bucher municipal, EcoSat¹⁰




WebRoutinform

WebRoutinform is the right solution for the advanced management of professional vehicles and equipment distributed over a certain area. This service is offered either as hosted solution via Internet or intranet and enables the more advanced features of fleet management:

- Localization and real-time management ("tracking") of professional vehicles and visualization of the position on digital maps.
- Queries and accurate analysis on the operative situation of any single vehicle by utilizing the data transmitted and memorized in the central control system.
- Editing of statistics, graphs and working accounting through data of the operations carried out
- Complete customization of the system according to the user needs





Control system

Giletta Spa

Via A. Di Caswell, 1
I-20156 Rovello (CN)
tel. +39 0172 258.820
fax. +39 0172 258.825
giletta@buchermunicipal.com

www.buchermunicipal.com

Bucher municipal (2014). Haettu 11.4.2017 osoitteesta
http://winter.buchermunicipal.com/sites/default/files/winter/additional_information_download_items/BMU_ECO_Comando%20EcoSat10_Rev00_GB_04-2014.pdf

Kuvia: Arctic Machinen talvihoidon laitteistoa



AM 7054



AM sirotinautomaatti 02



AM iROAD 4 ohjain



AM AUTOMATIC SPREADER NEW GENERATION

Kuvia: Valtra SmartTouch ja FMG:n tielana



Valtra (2017). Haettu 27.6.2017 osoitteesta <http://www.valtra.fi/2343.aspx>



LLP Farm Machinery Group Oy (n.d.). Haettu 27.6.2017 osoitteesta <http://www.fmg.fi/products/tielana/>