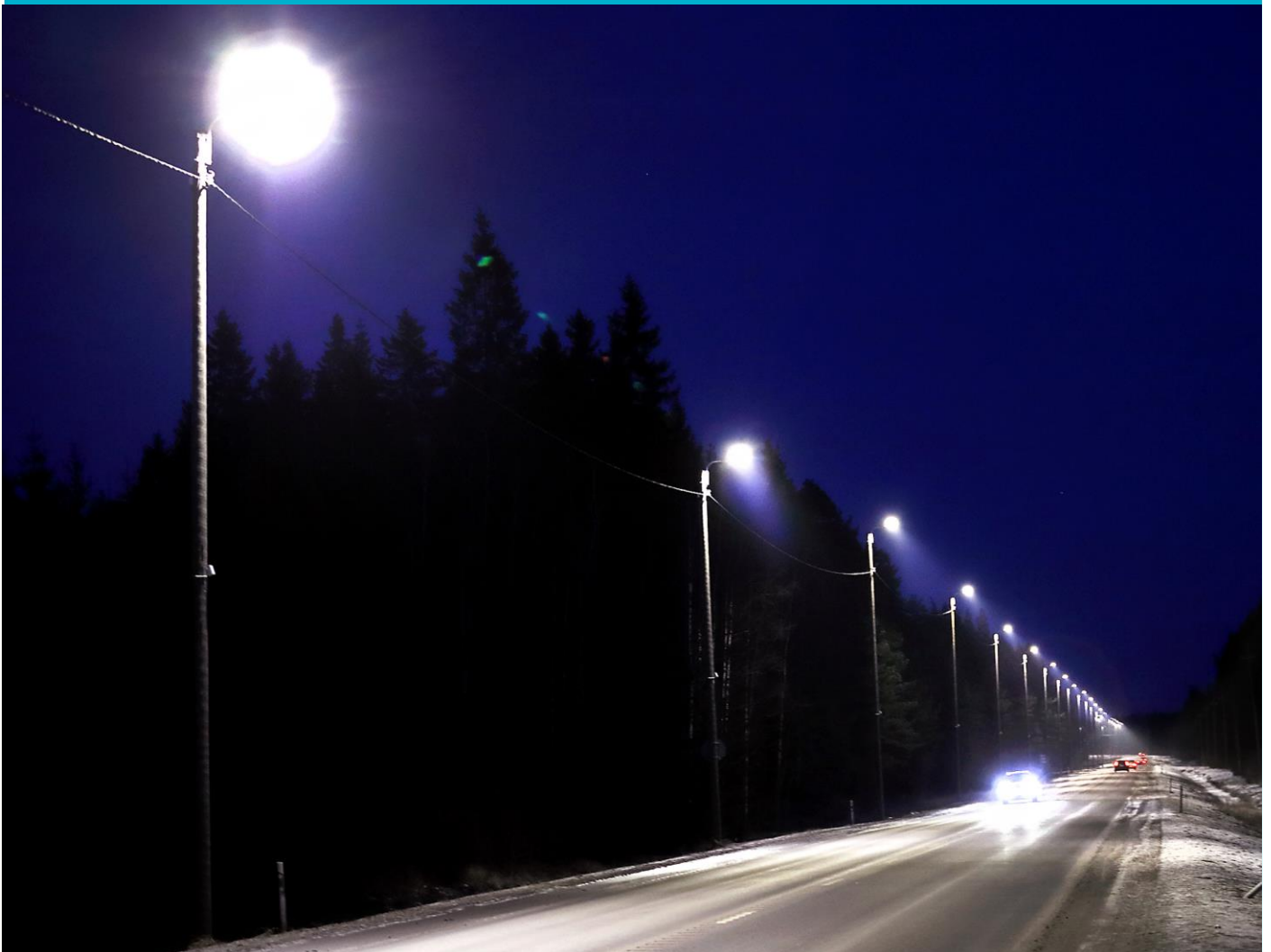




Väylävirasto
Trafikledsverket

Väyläviraston julkaisu
67/2020

LUMIPEITTEEN JA LIIKE- TUNNISTIMEN HYÖDYNTÄMINEN TIEVALAISTUKSEN OHJAAMISESSA



Sampo Saukkonen, Santeri Oksanen

Lumipeitteen ja liiketunnistimen hyödyntäminen tievalaistuksen ohjaamisessa

Väyläviraston julkaisuja 67/2020

Väylävirasto
Helsinki 2020

Kannen kuva: Jouko Hänninen

Verkojulkaisu pdf (www.vayla.fi)

ISSN 2490-0745

ISBN 978-952-317-833-5

Väylävirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puh. 0295 34 3000

Sampo Saukkonen ja Santeri Oksanen: Lumipeitteen ja liikennetunnistimen hyödyntäminen tievalaistuksen ohjaamisessa. Väylävirasto. Helsinki 2020. Väyläviraston julkaisuja 67/2020. 26 sivua ja 2 liitettä. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-833-5.

Avainsanat: tievalaistus, lumipeite, luminanssi, liikenne, tunnistimet

Tiivistelmä

Luminen tienpinta, sekä luminen ympäristö lisäävät luminanssia tiellä, joka mahdollistaa tieturvallisuuden kannalta vaadittavan valaistustason saavuttamisen pienemmällä valoteholla. Erityisesti Itä- ja Pohjois-Suomessa tien pinta tai ympäristö ovat lumen peitossa suuren osan valaistusta ajasta. Tunnistamalla luminen tien pinta ja/tai -ympäristö on mahdollista leikata energiankulutusta himmentämällä valaisimia lumisena aikana.

Tämän raportin perustana on Väylävirastolle toteutettu tutkimus vuodelta 2017, jossa selvitettiin mitä olemassa olevia tietolähteitä voidaan hyödyntää lumisuustilanteen tunnistamisessa. Tässä tutkimuksessa selvitetään lumisuusohjauksella saavutettava teoreettinen säästö eri puolilla Suomea.

Lumisuuteen perustuva ohjaus otettiin tutkimusta varten käyttöön kahdessa kohteessa, joissa oli jo asennettuna dynaaminen – liikkeen tunnistukseen perustuva – valaistuksen ohjausjärjestelmä. Tässä raportissa käsitellään lyhyesti ohjausjärjestelmän toiminnallisuus ja kohteissa saavutettuja säästöjä liiketunnistus- ja lumisuusohjauksella.

Ohjausjärjestelmän mahdollisilla vikatilanteilla on suuri merkitys ohjausjärjestelmän kustannuksiin, sekä ohjauksella saavutettaviin säästöihin tievalaistuksen elinkaaren aikana. Tämä raportti esittelee ohjauksen mahdolliset vikatilanteet ja niiden vaikutukset valaistukseen sekä valaistuksen ohjaukseen

Zhaga-standardin määrittelemä liitin muuttaa valaisinkohtaisten ohjaimien markkinaa standardoimalla valaisimeen selkeän rajapinnan ulkopuolisten ohjauslaitteiden kytkemistä varten. Standardoinnin ansiosta johdotuksen tarve vähenee merkittävästi, jolloin valopistekohtaisen ohjauksen asennuskustannukset putoavat oleellisesti. Raportissa tuodaan esille toteutettujen projektien kokonaiskustannukset ja vaikutukset kustannuksiin hyödynnettäessä Zhaga-standardia valaisimen ja ohjaimen rajapintana.

Vaihtoehtoisesti lumisuusohjausta voidaan toteuttaa keskusohjauksena, jolloin tehonpudotus tehdään kaikille keskuksen alla oleville valaisimille tunnistettaessa lumisuus tiellä tai tien ympäristössä. Raportissa käydään läpi kannattavuustarkastelu keskusohjatulle lumisuusohjaukselle.

Sampo Saukkonen och Santeri Oksanen: Utnyttjande av snötäcket och trafiksensorer i styrningen av vägbelysningen. Trafikledsverket. Helsingfors 2020. Trafikledverkets publikationer 67/2020. 26 sidor och 2 bilagor. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-833-5.

Sammanfattning

En snöig vägyta och en snöig miljö ökar luminansen på vägen, vilket möjliggör att den belysningsnivå som krävs för säkerhet på vägarna kan uppnås med mindre ljusintensitet. I synnerhet i Östra och Norra Finland är vägytan och -omgivningen snötäckt under en stor del av belysningstiden. Genom att identifiera en snöig vägyta och/eller miljö är det möjligt att skära ned energiförbrukningen genom att blanda ner lamporna under den snöiga perioden.

Grunden för denna rapport är den studie som gjorts år 2017 för Trafikledsverket, vilken utredde de existerande informationskällor som kan utnyttjas i identifieringen av snösituationen. I denna studie utreds den teoretiska besparing som kan uppnås med styrning som baserar sig på snötäcket runt om i Finland.

Styrning som baserar sig på snötäcket togs i bruk för studien vid två objekt, där ett dynamiskt styrsystem för belysningen baserat på trafikdetektering redan var installerat. I denna rapport behandlas kort styrsystemets funktion och de besparingar som uppnåddes vid objekten med styrning som baserar sig på trafikdetektering och snötäcket.

Potentiella felsituationer i styrsystemet är av stor betydelse för kostnaderna för styrsystemet och också för de besparingar som kan uppnås med styrning under vägbelysningens livscykel. I denna rapport presenteras eventuella felsituationer i styrningen och deras konsekvenser för belysningen och belysningsstyrningen.

Det anslutningsdon som definieras av Zhaga-standarden ändrar marknaden för lamspecifika styranordningar genom att standardisera ett tydligt gränssnitt för koppling till externa styranordningar i lamporna. Tack vare standardiseringen minskar behovet av kabeldragning betydligt, vilket innebär att installationskostnaderna för den ljuspunktsspecifika styrningen minskar avsevärt. Rapporten belyser den totala kostnaden och effekten av de projekt som genomförs när Zhaga-standarden används som ett gränssnitt mellan en lampa och en styranordning.

Alternativt kan styrning som baserar sig på snötäcket genomföras som centralstyrning, då intensiteten sänks för alla lampor som omfattas av centralen när ett snötäcke identifieras på en väg eller i dess omgivning. Rapporten innehåller en genomgång av lönsamhetsgranskningen rörande centralstyrd styrning som baserar sig på snötäcket.

Sampo Saukkonen and Santeri Oksanen: Utilisation of snow-cover and motion sensors in road lighting control. Finnish Transport Infrastructure Agency. Helsinki 2020. Publications of the FTIA 67/2020. 26 pages and 2 appendices. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-833-5.

Summary

A snowy road surface as well as a snowy environment increase the luminance of the road, which enables the level of lighting required for road safety to be achieved at a lower light output. Especially in Eastern and Northern Finland, the road surface or surroundings are covered with snow for most of the illuminated period. By identifying the snowy road surface and/or surroundings, it is possible to reduce the energy consumption by dimming the luminaires during the snowy season.

This report is based on a study carried out for the Finnish Transport Infrastructure Agency in 2017, which investigated the existing data sources that can be used to identify the snow situation. This study examines the theoretical savings to be achieved in different parts of Finland by controlling the lighting on the basis of snow-cover data.

Snow-based control was introduced for research purposes at two sites where a dynamic lighting control system – based on motion detection – was already installed. This report briefly discusses the functionality of the control system and the savings achieved at the sites through motion-detection and snow control.

Possible fault situations in the control system play an important role in the costs of the control system, as well as in the savings to be achieved by control operations during the life cycle of road lighting. This report presents the possible fault situations of the control system and their impact on lighting and lighting control.

A connector defined by the Zhaga standard is changing the market for luminaire-specific controllers by standardising a well-defined interface in the luminaire for connection of external control units. Thanks to standardisation, the need for wiring is significantly reduced, which means that the installation costs of the luminaire-specific control units are cut down considerably. The report indicates the total expenditures of the implemented projects and the effect on costs when utilising the Zhaga standard as an interface between the luminaire and control unit.

Alternatively, snow control can be implemented as central control, in which case the power is reduced on all luminaires controlled by the centre when identifying a snow cover on or in the vicinity of the road. The report reviews the cost-benefit analysis of centrally controlled snow control.

Esipuhe

Tämän raportin on laatinut Sampo Saukkonen ja Santeri Oksanen Lumine Lighting Solutions Oy:lta. Raportti perustuu osittain Sampo Saukkosen tekemään tutkimukseen: Lumipeitteisyystiedon hyödyntäminen valaistuksen ohjauksessa. Väyläviraston yhteyshenkilönä on toiminut Kari Lehtonen.

Helsingissä joulukuussa 2020

Väylävirasto
Tekniikka- ja ympäristö osasto

Sisältö

1	JOHDANTO	8
1.1	Normaali ledivalaistus.....	8
1.2	Suunnitteluohje.....	8
1.3	Ohjaustekniikka.....	8
1.4	Tieto lumisuudesta	9
2	TEOREETTINEN SÄÄSTÖ LUMISUUSOHJAUKSELLA.....	10
2.1	Himmennyskertoimet	10
2.2	Energian säästö	10
2.3	Valaisimen teho ja sähkön hinta	11
2.4	Tutkitut paikkakunnat.....	12
2.5	Tulokset.....	12
2.6	Mahdolliset tulevaisuuden keinot	13
3	LIIKETUNNISTUKSELLA JA LUMISUUSOHJAUKSELLA SAADUT SÄÄSTÖT ...	15
3.1	Liiketunnistimeen perustuva ohjaus.....	15
3.2	Lumisuusohtaus yhdistettynä liiketunnistusohjaukseen	16
3.3	Toteutuneet säästöt kohteissa.....	17
	3.3.1 Laskennassa käytetty data	17
	3.3.2 Toteutuneet säästöt Oulussa.....	17
	3.3.3 Toteutuneet säästöt Tapionkylässä	17
4	OULUN JA TAPIONKYLÄN KOHTEIDEN KUSTANNUSLASKELMA	19
4.1	Ohjausjärjestelmän hankinta- ja ylläpitokustannukset.....	19
4.2	Takaisinmaksuaika	19
5	OULUSSA JA TAPIONKYLÄSSÄ KÄYTETYN OHJAUSJÄRJESTELMÄN MAHDOLLISET VIKATILANTEET	21
5.1	Master-yksikön vikaantuminen.....	21
5.2	Ohjausyksikön vikaantuminen	21
6	OHJAUSRATKAISUJEN KANNATTAVUUS TULEVAISUUDESSA	22
6.1	Valaisinkohtainen liiketunnistin Zhaga-liittimessä ja lumisuusohtaus ...	22
6.2	Lumisuusohtaus ohjausjohtimella.....	23
6.3	Lumisuusohtaus valaisinkohtaisella ohjauksella vanhaan valaistukseen.....	24
7	YHTEENVETO.....	25
	LÄHTEET	26
	LIITTEET	
Liite 1	Selvityksen laskentaperiaatteet ja tulokset	
Liite 2	Projektin kohteiden perustiedot ja ohjausjärjestelmän käyttämät parametrit	

1 Johdanto

1.1 Normaali ledivalaistus

Nyky aikaista ledivalaistusta voidaan himmentää portaattomasti. Tavallisesti ledivalaisimiin ohjelmoidaan himmennysprofiili, joka himmentää valaistusta yön hiljaisina tunteina. Tällaisia valaisimia ei voida himmentää lumisuuden tai liikennemäärän perusteella asentamatta niihin valaisinkohtaista ohjainta tai ohjausjohdinta. Valo sytytetään ja sammutetaan kytkemällä tievalaistuskeskuksessa virta päälle ja pois, kun päivänvalon määrä alittaa tai ylittää ennalta määritellyn raja-arvon.

1.2 Suunnitteluohje

Liikenneviraston ohjeessa Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu (13.5.2015) on todettu himmennyksestä lumisena aikana seuraavaa: "Tievalaistus voidaan himmentää, kun tie on pitkähkön ajan luminen ja valaistus on himmennettävissä riittävän laajalla osuudella. Ajoradan ollessa lumen peitossa luminanssi kohoaa 200–500 % paljaaseen ja kuivaan ajorataan verrattuna. Vaikka ajorata olisi lumeton, jo pelkkä tien ympäristön lumisuus nostaa ajoradan keskimääräistä luminanssia 30–100 %." Tämän ohjeen pohjalta päätettiin tämän työn määrittelyvaiheessa käyttää konservatiivista arviota lumisuuden mahdollistamasta himmennyksestä: Mikäli tien pinta on luminen, valaisin voidaan himmentää 50 % tasolle. Ainoastaan tien ympäristön ollessa luminen, himmennetään valaistusta 25 %.

1.3 Ohjaustekniikka

Lumisuusohjauksen käyttöönotto edellyttää joko langattomasti ohjattavien valaisinkohtaisten ohjainten tai ohjausjohtimen asentamista valaisimiin. Ensin mainittu voidaan ottaa käyttöön myös jälkepäin, jos valaisimessa on tähän tarkoitettu liitin. Zhaga-standardi edesauttaa valaisinkohtaisten ohjausratkaisujen käyttöönottoa helpottuneen asennuksen myötä. Ohjausjohdin on asennettava valaistusta rakennettaessa.

Asennettuja ohjausjärjestelmiä voidaan käyttää myös muuhun kuin lumisuuteen perustuvaan ohjaamiseen. Valaistusta voidaan himmentää myös sähkön kysyntähuippujen aikana tai liiketunnistimeen perustuvaan valaisinryhmäkohtaiseen ohjaukseen.

Lumisuusohjausta on hyödynnetty Suomessa kahdessa valaisinkohtaisen ohjausjärjestelmän kohteessa yhdistettynä liiketunnistusohjaukseen. Kohteet ovat Oulussa ja Rovaniemen Tapionkylässä. Käytetyn liikehavaintoon perustuvan ohjausjärjestelmän periaatteet on kuvattu luvussa 3.

Näissä kohteissa saatujen kokemusten lisäksi, on selvitetty laskennallisesti lumisuusohjauksella saatavaa säästöpotentiaalia maan muissakin osissa. Lisäksi on laskettu erilaisten ohjainratkaisujen kustannuksia.

1.4 Tieto lumisuudesta

Lumisuusohjaus tarkoittaa sitä, että valoja himmennetään, kun tiellä tai ympäristössä on lunta. Luminen tien pinta ja luminen ympäristö heijastavat valoa mahdollistaen valaistuksen himmentämisen ja täten taloudelliset säästöt energiankulutusta vähentämällä. Julkaisussa käsitellään vuoden 2017–2019 aikana tehtyä tutkimusta lumisuuden tunnistamisesta olemassa olevista tietolähteistä ja tiedon hyödyntämisestä valaistuksen ohjauksessa sekä sen tuottamaa säästöpotentiaalia.

Lumisuustietona voidaan käyttää esimerkiksi seuraavia tietolähteitä:

- Ilmatieteen laitoksen ylläpitämien sääasemien mittaama lumensyvyys.
- Tien pinnan lumisuuden toteaminen tiesääasemien kelikameroiden tuottamista kuvista
- Tien pinnan optisten ominaisuuksien mittaaminen tiesääaseman antureilla.

Selvityksessä todettiin, että Ilmatieteen laitoksen lumensyvyystiedon avulla voidaan päätellä luotettavasti tieympäristön lumisuutta. Sen sijaan tiesääaseman antureilla havaittu tien pinnan ominaisuus ei välttämättä kuvaa kunnolla lumisuutta. Tuloksia on kuvattu tarkemmin liitteessä 1.

2 Teorettinen säästö lumisuusohjauksella

2.1 Himmennyskertoimet

Lumipeitteisyyteen perustuvan ohjauksen säästöpotentiaali lasketaan käyttäen aiemmin määriteltyjä himmennyskertoimia valaisimen teholle. Koska tienpinnan lumisuutta ei pystytä luotettavasti toteamaan tiesääsemien tuottamasta datasta, käytetään tienpinnan lumisuuden tunnistamisessa kamerakuvista tehtyjä tulkintoja.

Ilmatieteen laitoksen sääasemien tuottaman datan perusteella tehdään säästö-laskelma siten, että valaistusta himmennetään 25 % (0,75 kerroin teholle) aina, kun lähimpien sääasemien lumensyvyyden keskiarvo ylittää 10 cm. Tämä ohjausmenetelmä voidaan ottaa käyttöön välittömästi kohteissa, joissa valaisin-kohtainen ohjaus on mahdollista.

Jos myös tien pinnan lumisuus voidaan todeta, valaistusta himmennetään 50 % (0,50 kerroin teholle).

Lumisuushimmennyksen lisäksi sovelletaan valaisimeen ennalta ohjelmoitua kellonaikoihin perustuvaa himmennysprofiilia.

2.2 Energian säästö

Vertailtavana ovat pelkkään himmennysprofiiliin perustuva ohjaus ja lumisuuskertoimella korjattu himmennysprofiiliin perustuva ohjaus.

Säästöpotentiaali lasketaan simuloimalla vuoden ajan tuntitasolla valojen sytymis- ja sammumisajankohdat. Näin saadaan jokaiselle tunnille tieto siitä, kuinka ison osan tunnista valot ovat päällä. Mikäli valaistus syttyy tai sammuu tunnin aikana, on lukema 0 ja 100 % välissä, muussa tapauksessa lukema on joko 0 tai 100 %, riippuen siitä onko valot päällä vai pois. Jokaiselle tunnille kirjataan lisäksi himmennystaulukon mukainen valaistuksen kirkkaus, sekä tieto tienpinnan ja -ympäristön lumisuudesta.

Himmennysprofiiliin perustuvassa ohjauksessa valaisimen teho kerrotaan valaistuksen jokaisen tunnin päällä olo kyseisen tunnin himmennystaulukon mukaisella arvolla. Vuositason kulutus saadaan summaamalla näin saadut tunti-kohtaiset tulokset vuoden jokaisen tunnin osalta, ja kertomalla lopputulos valaisimen teholla.

Lumisuuden mahdollistama säästö arvioidaan samalla menetelmällä: Jos tienpinta on luminen, kerrotaan himmennystaulukon mukainen kirkkaus vielä kertoimella 0,5, ja jos tien ympäristö on luminen, käytetään kertoimena 0,75. Vuositason kulutus saadaan summaamalla tuntikohtaiset tulokset vuoden jokaisen tunnin osalta, ja kertomalla lopputulos valaisimen teholla.

Taulukossa 1 on kellonajan mukaiset valaistutasot himmennystaulukon mukaisesti ja himmennystasot, jos on tunnistettu ympäristö lumiseksi tai tien pinta lumiseksi. Säästö jokaisen tunnin osalta saadaan taulukon 1 arvoista esimerkiksi seuraavasti: Luminen tien pinta klo 15:00–16:00 johtaa 50 % säästöön

(100 % - 50 % = 50 %) tai ympäristön lumisuus kello 21:00–22:00 johtaa 19 % säästöön (75 % - 56 % = 19 %) kyseisen tunnin osalta.

Arvot taulukossa 1 on ilmoitettu valaisimen tehona. Led-valaisimen tehoa pienennettäessä, vähenee valovirran ja valoisuuden määrä lineaarisesti. Valaisimen tehon ollessa 50 %:ssa, on valovirran ja valoisuuden määrä tällöin 50 % maksimista.

Taulukko 1. Himmennystaulukko (valaistusluokka M1, M2, M3a, M3b) ja valaisimen teho lumisuusohjauksella

Kellonaika (alkava tunti)	Himmennystaulukon mukainen valaisimen teho (%)	Valaisimen teho, kun lunta tien ympäristössä (%)	Valaisimen teho, kun lunta tien pinnalla (%)
15	100	75	50
16	100	75	50
17	100	75	50
18	100	75	50
19	100	75	50
20	100	75	50
21	75	56	38
22	75	56	38
23	75	56	38
0	50	38	25
1	50	38	25
2	50	38	25
3	50	38	25
4	50	38	25
5	75	56	38
6	75	56	38
7	100	75	50
8	100	75	50
9	100	75	50

2.3 Valaisimen teho ja sähkön hinta

Laskelma on tehty käyttäen 150 W tehoista valaisinta, joka on led-valaisimiin siirryttäessä yleisesti käytössä oleva valaisinteho Väyläviraston tievalaistuksessa. Sähkön hinnan osalta lasketaan kaksi vaihtoehtoa: Käytetään joko kiinteää hintaa 10,32 snt/kWh, tai tuntikohtaisesti vaihtelevaa sähkön markkinahintaa (SPOT) lisättynä arvioidulla siirtomaksulla.

Lumisuuden mukaan tehtävässä ohjauksessa lasketaan myös kaksi skenaariota. Ensimmäisessä valaistusta himmennetään aiemman selvityksen mukaisesti kertomalla teho kertoimella 0,75 ainoastaan, jos lumensyvyys sääasemalla ylittää 10 cm. Jälkimmäisessä skenaariossa valaistusta himmennetään tämän lisäksi kertomalla teho kertoimella 0,5, mikäli tienpinta on kelikameran kuvan perusteella lumen peitossa.

Laskelmia tehdään jokaisesta kohteesta täten yhteensä neljä kappaletta taulukon 2 mukaisesti.

Taulukko 2. Laskelman variaatiot

Tietokanta	Ilmatieteen laitoksen sääasemien tieto lumisuudesta		Kelikamerat	
	Ei	Kyllä	Kiinteä	Spot
Tienpinnan lumisuuden huomioiminen	Ei	Kyllä		
Sähkön hinta	Kiinteä	Spot	Kiinteä	Spot
Kirkkauden kerroin, kun tien pinta on luminen	0,75	0,75	0,5	0,5
Kirkkauden kerroin, kun tien ympäristö on luminen	0,75	0,75	0,75	0,75

2.4 Tutkitut paikkakunnat

Laskelmat toteutettiin Joensuun, Oulun ja Jyväskylän lähistöllä. Laskelmia varten selvitettiin ympäristön lumisuus ohjattaessa Ilmatieteen laitoksen sääasemien perusteella sekä tien pinnan lumisuus ja ympäristön lumisuus kelikameroiden kuvista tarkastamalla. Tarkastelu toteutettiin ajalta 1.11.2016–31.5.2017. Taulukossa 3 on yhteenveto lumisista päivistä.

Taulukko 3. Yhteenveto lumisista päivistä kohteissa.

	Kelikamera	Lunta tiellä ja ympäristössä	Lunta vain ympäristössä	Ei lunta
Tie 73 Kontiolahti	C0854601	85	82	45
Vt 6 Repokallio	C0857601	38	125	49
Tie 22 Hyrkäs	C1252801	64	115	32
Tie 815 Lentokentäntie	C1255701	25	143	44
Vt 18 Kintaus	C0951601	28	99	85
Vt 9 Muurame	C0950301	5	120	87
	Ilmatieteen-laitoksen sääasemat	Lunta ympäristössä yli 10 cm päivissä		
Tie 73 Kontiolahti / Vt 6 Repokallio	Joensuu	159		
Tie 22 Hyrkäs / Tie 815 Lentokentäntie	Oulu	155		
Vt 18 Kintaus / Vt 9 Muurame	Jyväskylä	115		

2.5 Tulokset

Käytettäessä ohjausmenetelmänä 25 % himmennystä lumensyvyyden ylittäessä 10 cm, päästään vuositasolla Jyväskylässä 4,5 €, Oulussa 5,5 € ja Joensuussa 5,8 € säästöön valaisinta kohden vuodessa. Mikäli vielä tunnustetaan lumisen tienpinta luotettavasti, saavutetaan Jyväskylässä noin 5,0 €, Oulussa 7,0 € ja Joensuussa 7,5 € säästöt.

Säästöjen kannalta ei ole oleellista, maksetaanko sähköstä tunneittain vaihtelevaa markkinahintaa (SPOT), vai kiinteää hintaa. Laskelman mukaan markkinahinnan käyttäminen pienentää säästöjä hieman (0,1 €/vuosi/valaisin), mutta sähkön hinnan vaihdellessa voi lopputulos vaihdella vuodesta toiseen.

Skaalattaessa tulokset kattamaan kaikki valtion Itä- ja Pohjois-Suomen maanteillä omistamat noin 100 000 tievalaisinta, saadaan vuosittaiseksi säästöpotentiaaliksi n. 0,5 miljoonaa euroa. Etelä- ja Länsi-Suomessa on lunta lyhyemmän aikaa. Tässä selvityksessä ei ole laskettu tarkemmin, paljonko niiden 120 000 tievalaisimen lumisuushajauksella voitaisiin säästää.

Edellä kuvatusta säästöstä on vähennettävä ohjausjärjestelmän kustannukset. Niitä on käsitelty luvussa 4.

Taulukko 4. Teoreettinen säästö lumisuushajauksella valaistuksen ohjauksessa.

Säästöpotentiaali vuosittain valaisinta kohden Tie	Liikennemäärä / vrk	Lunta tien pinnalla tai ympäristössä kelikameran perusteella		Yli 10 cm lunta lähistön sääasemien perusteella	
		Säästö vakio energian hinnalla	Säästö SPOT hintojen mukaan	Säästö vakio energian hinnalla	Säästö SPOT hintojen mukaan
Joensuu					
Tie 73 Kontiolahti	6125	8,48 €	8,36 €	5,86 €	5,72 €
Vt 6 Repokallio	11500	6,66 €	6,57 €	5,86 €	5,72 €
Oulu					
Tie 22 Hyrkäs	4300	7,63 €	7,52 €	5,49 €	5,33 €
Tie 815 Lentokentäntie	11 300	6,26 €	6,15 €	5,49 €	5,33 €
Jyväskylä					
Vt 18 Kintaus	5 300	5,53 €	5,44 €	4,49 €	4,39 €
Vt 9 Muurame	12500	4,75 €	4,71 €	4,49 €	4,39 €

2.6 Mahdolliset tulevaisuuden keinot

Ilmatieteen laitoksen sääasemien tuottama tieto lumensyvyydestä on sellaiseen käyttökelpoista valaistuksen ohjauksen kannalta. Tästä tiedosta ei kuitenkaan voida päätellä tienpinnan lumisuutta, jonka takia mahdollista himmentystä joudutaan rajoittamaan.

Konenäkö on viime vuosina kehittynyt suurin harppauksin. Konenäköteknologioita soveltamalla olisi kelikameroiden tuottama kuvamateriaali hyödynnettävissä myös tienpinnan lumisuuden tunnistamisessa.

Aiempaan selvitykseen viitaten, ristikorrelaation laskeminen lämpötilan, Ilmatieteen laitoksen sääasemien lumensyvyuden ja tienpinnan lumisuuden välillä voisi avata mahdollisuuksia selvittää lumen tienpinta luotettavasti. Lisäksi tienpinnan lumisuuden pysyvyyden selvittäminen voisi antaa tärkeää tietoa lumisen tienpinnan tunnistamisesta olemassa olevia tiesääasemoiden antureita käyttäen.

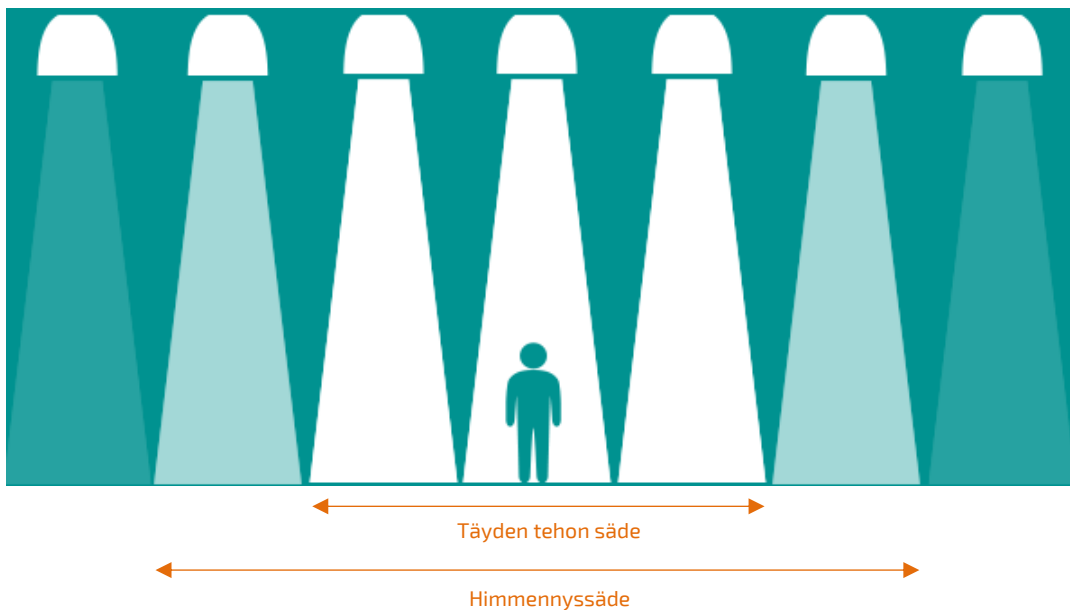
Luminanssitason kasvatusta lumisissa ympäristöissä jopa 500 % verrattuna kuivaan tienpintaan. Yksistään tämän johdosta lumisissa ympäristöissä käytettävät 0,5 ja 0,75 kertoimet kirkkaudelle ovat varsin konservatiivisia. Kun lisäksi otetaan huomioon, että vertailukohtana on kuiva tienpinta – joka itsessään lisää luminanssia merkittävästi tienpintaan verrattuna – voidaan olettaa, että kertoimia voitaisiin pienentää edelleen, ja siten kasvattaa säästöjä.

3 Liiketunnistuksella ja lumisuusohjauksella saadut säästöt

3.1 Liiketunnistimeen perustuva ohjaus

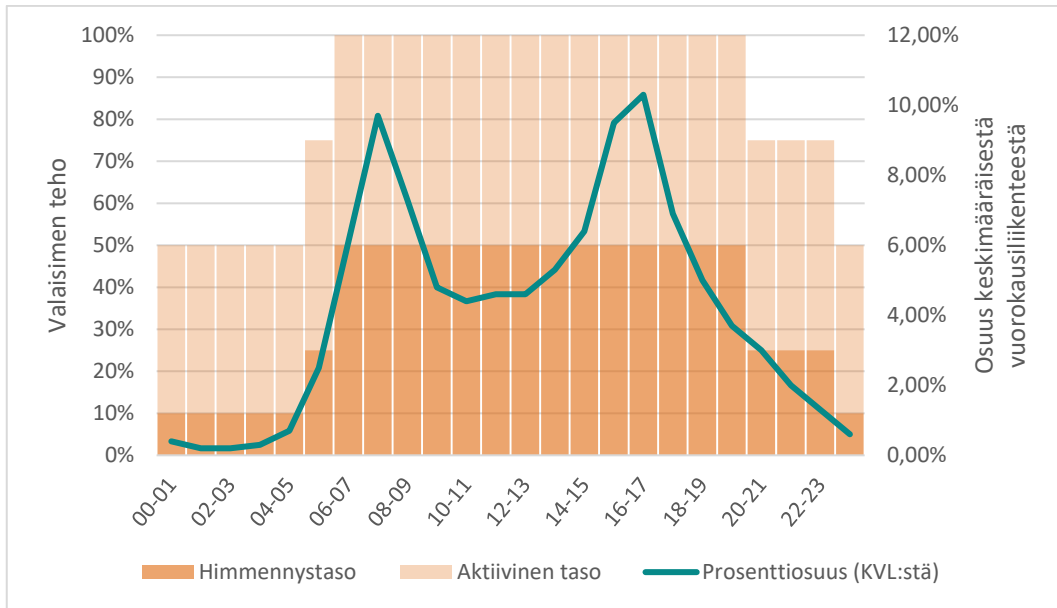
Oulussa, Maikkulan ja Kaakkurin välisellä tieosuudella, sekä Rovaniemen Tapi-onkylässä hyödynnetään liiketunnistukseen perustuvaa ohjausta, jota on täydennetty ottamalla himmennyskiin huomioon luminen ympäristö.

Liiketunnistusohjaus on toteutettu niin, että havaitulle valaisinverkossa liikkuvalle kohteelle tarjotaan valoa siten, että parametreissa säädetyn täyden tehon säteen määräämällä etäisyydellä havaitusta kohteesta olevat valaisimet kirkastuvat asetetulle täydelle teholle. Tätä kauempana olevat valaisimet himmenevät lineaarisesti siten, että ne saavuttavat himmennystason parametreissa säädetyn himmennyssäteen etäisyydellä kohteesta. Kuva 1 selventää tätä: Keskellä oleva valopiste on havainnut liikkuvan kohteen, jolloin täyden tehon säteen etäisyydellä olevat valaisimet kirkastuvat asetetulle täydelle kirkkaudelle ja näistä seuraavat kirkastuvat osittain. Himmennyssäteen ulkopuolella olevat valaisimet pysyvät himmennystasolla.



Kuva 1. Liiketunnistusohjauksen periaate.

Ohjausjärjestelmän avulla kyetään seuraamaan jokaisen ohjausyksikön tekemiä liikehavaintoja, joka mahdollistaa valaistuksen mukauttamisen automaattisesti vallitsevan liikennetiheyden mukaan. Aiemmin esitellyt täysi teho ja himmennystaso tulevat täten vallitsevista liikennetiheydestä. Kuvaaja 1 kuvaa esimerkiksi himmennystason ja havainnon jälkeisen kirkkaustason mukautumista liikennetiheyteen perustuen.



Kuva 2. Valaisimen teho, kun tiellä ei ole kulkijoita (=himmennystaso) ja kun tiellä on kulkijoita =(aktiivinen taso).

3.2 Lumisuusohjaus yhdistettynä liiketunnistusohjaukseen

Lumisuusohjaus on toteutettu seuraamalla lähimmän Ilmatieteen laitoksen ylläpitämän sääaseman tuottamaa dataa lumensyvyyydestä. Lumensyvyyden ylittäessä 10 cm liiketunnistusohjauksessa käytetyt täysi teho ja himmennystaso skaalataan kertoimella 0,75. Kirkkaus ei kuitenkaan ikinä putoa 10 % tason alapuolelle. Lumisuusohjauskerroin tulee aina vallitsevan liikennetason lisäksi: Esimerkiksi liikenteen osalta hiljaisina aikoina päädytään $0,75 * 0,5 = 38 \%$ täyteen tehoon, himmennystason ollessa edelleen 10 %.

Taulukko 5 avaa tilannetta tarkemmin. Taulukon ensimmäisessä sarakkeessa on tieto liikennemäärästä ja lumensyvyydestä. Seuraavassa sarakkeessa esitetään himmennystaso, jolle valaisimet himmennetään näiden olosuhteiden vallitessa, ja oikeanpuoleisessa sarakkeessa aktiivisen tason kirkkaus.

Taulukko 5. Esimerkki liikennemäärään perustuvasta dynaamisen valaistuksen ohjauksen parametreista lisättynä lumisuusohjauksella

Liikennemäärä/tunti	Himmennystaso	Aktiivinen teho
0 – 50	10 %	50 %
50 - 200	20 %	75 %
200 -	50 %	100 %
Lumensyvyyden ylittäessä 10 cm		
0 - 50	10 %	38 %
50 - 200	15 %	56 %
200 -	38 %	75 %

3.3 Toteutuneet säästöt kohteissa

3.3.1 Laskennassa käytetty data

Valaistuksen ohjausjärjestelmä välittää tiedon jokaisesta valaisimien kirkkaudenmuutoksesta ohjausjärjestelmän hallintapaneeliin. Näihin tietoihin pohjautuen voidaan laskea valaisimen keskimääräinen kulutus vuoden aikana. Valaisimen kulutusta verrataan taulukon 1 himmennystaulukon mukaiseen kulutukseen. Laskennoissa käytetty data on huomioitu kolmen valaisimen osalta ajalta 1.7.2018 – 31.6.2019 molemmissa tarkastelluista kohteista. Kohteiden tiedot, säästölaskelman perustiedot ja kohteissa käytetyt parametrit löytyvät liitteestä 2 taulukosta 1 Oulun kohteen osalta ja Tapionkylän kohteesta saman liitteen taulukosta 2.

Tapionkylän kohteesta tulee huomioida, että valaisimet sammutetaan keskusohjauksella kello 23:00–05:00. Tästä syystä on laskettu arvio energiankulutuksesta tulevasta lisäkustannuksesta, jos luovuttaisiin sammutuksesta. Arvio perustuu kirkkaudenmuutoksiin, jotka on mitattu kohteesta kello 05:00–06:00.

3.3.2 Toteutuneet säästöt Oulussa

Oulun kohteessa liiketunnistus- ja lumisuusohjauksella saavutettiin säästöä vuodessa 15,7 € valaisinta kohden verrattuna ennalta ohjelmoidulla himmennysprofiililla himmennettävään valaistukseen. Suhteellisenä tämä tarkoittaa 51 % säästöä. Laskelman tulokset löytyvät taulukosta 6. Tulokset osoittavat, että liiketunnistukseen perustuvalla ohjauksella voidaan saavuttaa säästöä, vaikka liikennemäärät ovatkin korkeat. Liiketunnistusohjaus yhdistettynä lumisuusohjaukseen kolminkertaistaa säästöt, kun verrataan kappaleessa 3 käsitelyihin teoreettisiin säästöihin lumisuusohjauksella.

Taulukko 6. Oulun kohteen säästö verrattaessa kulutusta himmennystaulukon mukaiseen kulutukseen.

<i>Ohjatun valaisimen sähkönkulutus</i>	148,0 kWh/vuosi/valaisin
<i>Ohjatun valaisimen energiakustannus</i>	15,3 € / vuosi / valaisin
<i>Säästö verrattaessa himmennysprofiiliin</i>	15,7 € / vuosi / valaisin
<i>Prosentuaalinen säästö verrattaessa himmennysprofiiliin</i>	51 %
<i>Kokonaissäästöt verrattaessa himmennysprofiiliin</i>	1131,5 € / vuosi

3.3.3 Toteutuneet säästöt Tapionkylässä

Tapionkylän kohteessa liiketunnistus- ja lumisuusohjauksella säästöprosentti ylsi 72 %:iin, joka tarkoittaa 16,4 € valaisinta kohden vuodessa verrattaessa ennalta ohjelmoituun himmennysprofiiliin. Mikäli kohteessa luovuttaisiin valaisimien sammuttamisesta yöaikaan, kustannukset valaisinta kohden nousisivat arviolta 6,1 €. Tulokset löytyvät taulukosta 7.

Verratessa Tapionkylän ja Oulun kohteen prosentuaalisia säästöjä, huomataan, että säästöt ovat vajaat 50 % suuremmat, kun vuorokausiliikenne on 10 000 ajoneuvon sijasta 1 500 ajoneuvoa.

Taulukko 7. Tapionkylän kohteen säästö verrattaessa kulutusta himmennys-
taulukon mukaiseen kulutukseen.

<i>Ohjatun valaisimen sähkönkulutus</i>	61,1 kWh/vuosi/valaisin
<i>Ohjatun valaisimen energiakustannus</i>	6,3 €/vuosi/valaisin
<i>Säästö verrattaessa himmennysprofiliin</i>	16,4 €/vuosi/valaisin
<i>Prosentuaalinen säästö verrattaessa himmennysprofiliin</i>	72 %
<i>Kokonaissäästöt verrattaessa himmennysprofiliin</i>	557 €/vuosi
<i>Energian lisäkustannus yösammutuksesta luopuessa</i>	~6,1 €/vuosi/valaisin

4 Oulun ja Tapionkylän kohteiden kustannuslaskelma

4.1 Ohjausjärjestelmän hankinta- ja ylläpitokustannukset

Dynaaminen tievalaistuksen ohjausjärjestelmä vaatii valaisinkohtaiset, liikettä tunnistavat ohjausyksiköt, jotta autoilijat ja muut liikkujat voidaan tunnistaa. Kohteeseen lisäksi vaaditaan reititin (Master-yksikkö), joka välittää tiedot internet-yhteyden kautta hallintapaneeliin.

Ohjausjärjestelmän kustannuksiin on sisällytetty hankintakustannukset ja ylläpitokustannukset 20 vuoden aikana diskontattuna nykyarvoon 5 % laskentakorkokannalla.

Kustannukset Oulussa käytettävän valaisinkohtaisen ohjausjärjestelmän osalta on laskettu olevan yhteensä 13 534,00 €, sisältäen 72 kappaletta valaisinkohtaisia ohjausyksiköitä ja yhden Master-yksikön sekä ylläpitokustannukset 20 vuoden ajalta. Tapionkylässä kustannusarvio on yhteensä 7 387,00 €, sisältäen 34 ohjausyksikön ja Master-yksikön hankinnan sekä ylläpitokustannukset 20 vuoden ajalta.

Järjestelmässä pylväsasennettava ohjausyksikkö oli liittyy pylväaseen itseporautuvilla ruuveilla ja kaapeli viety ohjausyksiköltä valaisimen DALI-väylään. Tästä koitui asennuskustannusta noin 100 € ohjausyksikköä kohden, sisältäen työn ja kaapelit. Työn kesto on arviolta 20 min - 30 min ohjausyksikköä kohden.

Jos vastaava ohjausjärjestelmä toteutettaisiin nyt, olisi edullisinta käyttää valaisimia, joissa on Zhaga-liitin. Asennuskustannus putoaisi käytännössä merkittäväksi, mikäli asennus tehdään valaisinasennuksen yhteydessä. Jälki-asennuksenakin ohjausyksikön kiinnittäminen valaisimeen on vaivatonta.

4.2 Takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuaikalaskennoissa on huomioitu ohjausjärjestelmän hankintakustannuksien lisäksi ohjausyksiköiden asennuskustannukset sekä arvioidut ylläpitokustannukset 20 vuoden aikana. Arvioidut ylläpitokustannukset ovat diskontattu nykyarvoon 5 % laskentakorkokannalla.

Oulussa hyödynnetään pylväsasennettavaa ohjausyksikköä, jolloin ohjausjärjestelmän asennuskustannukseksi on arvioitu 100 € ohjausyksikköä kohden. Tämä on laskennassa sisällytetty kokonaisinvestointiin. Tapionkylässä hyödynnetään valaisimen sisään asennettua ohjausyksikköä, joten siellä ohjausjärjestelmän asennuksesta ei ole tullut kustannuksia.

Energian hintana käytetään myös aiempien laskentojen mukaisesti vakiota: 0,1032 € /kWh. Energian hinnan kasvuprosentiksi on määritetty 1 %, joka on yleisesti käytetty takaisinmaksuaikalaskennoissa.

Ohjausjärjestelmän takaisinmaksuaika on laskennan mukaisesti 20 vuotta. Taulukossa 8 löytyvät laskennan yleiset tiedot ja tulokset.

Taulukko 8. Oulun projektin takaisinmaksuaikalaskelma.

Yleiset tiedot	
Energian hinta	0,1032 €/kWh
Energian hinnan kasvu	1 % Vuodessa
Vuotuinen polttoaika	3560 Tuntia
Ohjattuja valaisimia yhteensä	72 Kpl
Investointi kokonaisuudessaan 20 vuoden ajalta	20734 €
Takaisinmaksuaikalaskelma	
Keskimääräinen vuosisäästö valaisinta kohden	15,70 €
Vuosittainen sähkönsäästö yhteensä	10958 kWh
Vuosittaiset rahalliset säästöt	1130,4 €
Takaisinmaksuaika	20 Vuotta

Ohjausjärjestelmän takaisinmaksuaika on laskennan mukaisesti 16 vuotta. Takaisinmaksuajasta on syytä huomioida, että kohteessa on käytössä yösammutus, joka pienentää järjestelmällä saavutettavia taloudellisia säästöjä merkittävästi. Taulukossa 9 löytyvät laskennan yleiset tiedot ja tulokset.

Taulukko 9. Tapionkylän projektin takaisinmaksuaikalaskelma.

Yleiset tiedot	
Energian hinta	0,1032 €/kWh
Energian hinnan kasvu	1 % Vuodessa
Laskentakorkokanta	5 %
Vuotuinen polttoaika	1900 Tuntia
Ohjattuja valaisimia yhteensä	34 Kpl
Investointi kokonaisuudessaan 20 vuoden ajalta	7387 €
Takaisinmaksuaikalaskelma	
Keskimääräinen vuosisäästö valaisinta kohden	16,4 €
Vuosittainen sähkönsäästö yhteensä	5396 kWh
Vuosittaiset rahalliset säästöt	557 €
Takaisinmaksuaika	16 Vuotta

5 Oulussa ja Tapionkylässä käytetyn ohjausjärjestelmän mahdolliset vikatilanteet

5.1 Master-yksikön vikaantuminen

Master-yksikön vikaantuessa liiketunnistukseen perustuva katuvalaistuksen ohjausjärjestelmä jatkaa ohjausta vilkkaan liikenteen mukaisilla parametreilla. Oulun ja Tapionkylän kohteissa tämä tarkoittaa, että järjestelmä pitäisi himmennystason 50 %:ssa, kirkastaen valaisimet 100 %:iin havaitun liikkujan lähiympäristössä.

Master-yksikön vikaantuessa reaaliaikaisesta lumitilanteesta ei saada tietoa kohteeseen, jolloin kohde säilyttää viimeisimmän ilmoituksen mukaisen tilanteen. Mikäli siis viimeisin ilmoitus on ollut, että kohdetta voidaan himmentää lumisuuden vuoksi, säilyy lumitilanteen mukaiset himmennystasot Master-yksikön korjaamiseen asti.

5.2 Ohjausyksikön vikaantuminen

Ohjausyksikön vikaantuminen johtaa siihen, että valaisin alkaa käyttää tehdasasetuksia. Yleisesti tehdasasetuksena valaisin pysyy täydellä kirkkaudella. Mikäli valaisimeen on valmiiksi ohjelmoitu himmennysprofiili, alkaa valaisin käyttää sitä ohjausyksikön vikaantuessa.

Yksi vikaantunut ohjausyksikkö ei vaikuta kohteen normaaliin toimintaan, sillä ohjausjärjestelmä havaitsee vikaantuneen yksikön ja reitittää tiedot kyseisen ohjausyksikön ylitse seuraavalle. Kahden peräkkäin vikaantuneen ohjausyksikön toiminta heikentää järjestelmän toimintaa, sillä tällöin kaikki tai osa tiedoista ei välity vikaantuneiden yksiköiden ylitse. Mikäli tällainen tilanne tapahtuu, ohjausyksiköt, joilla ei ole linkkiä Master-yksikköön käyttäytyvät samoin kuin Master-yksikön ollessa vikaantunut.

6 Ohjaustratkaisujen kannattavuus tulevaisuudessa

6.1 Valaisinkohtainen liiketunnistin Zhaga-liittimessä ja lumisuusohjaus

Arvioidaksemme ohjauslaitteiden kannattavuutta tulevaisuudessa, on laskelmia varten arvioitu ohjausjärjestelmän hintahaarukka tulevaisuudessa. Hintahaarukaksi määritettiin valaisimen ohjauslaitteen hankintahinnalle 50 € ... 80 € ja palvelukustannukselle 0,5 € ... 2,0 € vuotta kohden. Palveluiden käyttöönottohinnaksi on arvioitu 500 €. Tarkastelun kohteena on käytetty 50 valaisimen kokonaisuutta.

Laskelmien oletuksena valaisinkohtaisella ohjaimella kyetään ohjaamaan liiketunnistukseen ja lumisuuteen perustuen. Täten kannattavuuslaskelmissa hyödynnetään kappaleen 4 säästötietoja, joiden perusteella alle 10 000 vuorokausiliikennemäärällä saavutetaan vähintään 50 % säästö kello-ohjattuun himmenykseen verrattaessa. Oletuksena laskelmassa on, että ohjauslaite yhdistetään valaisimen Zhaga standardin mukaiseen liittimeen. Liittimisestä tulee valaisimeen lisäkustannus, jonka arvioidaan olevan 10 € valaisinta kohden.

Zhaga-standardin mukainen liitin mahdollistaa nopean asennuksen, jolloin asennuksen hinta on käytännössä 0 €. Kustannukseton asennus vaatii, että ohjauslaitteen asennus valaisimeen on täytynyt tapahtua valaisinasennuksen yhteydessä. Jälkiasennus jo kohteeseen asennettuun valaisimeen aiheuttaa lisäkustannuksen, jota ei tässä laskelmassa ole huomioitu.

Kannattavuuslaskelmissa käytetään taulukon 10 tietoja.

Taulukko 10. Kannattavuuslaskelmien tiedot.

Yleiset tiedot		
<i>Energian hinta</i>	0,1032	€/kWh
<i>Energian hinnan kasvu</i>	1 %	Vuodessa
<i>Laskentakorkokanta</i>	5 %	
<i>Vuotuinen polttoaika</i>	3600	Tuntia
<i>Ohjattuja valaisimia yhteensä</i>	50	Kpl
<i>Valaisimen teho</i>	150	W
<i>Tarkastelujakso</i>	20	Vuotta
	Laskelma 1	Laskelma 2
<i>Ohjauslaitteen hinta</i>	50 €	80 €
<i>Palvelukustannus</i>	0,5 €/v	2,0 €/v
<i>Palveluiden käyttöönotto</i>	500 €	500 €
<i>Asennuskustannus</i>	0 €	0 €
<i>Zhaga standardin mukainen liitin valaisimeen</i>	10 €	10 €

Tulosten mukaisesti laskelman 1 perusteella hintahaarukan edullisimmilla hinnoilla investointi maksaa itsensä takaisin 4 vuodessa. Hintahaarukan korkeimmilla hinnoilla saavutetaan 7 vuoden takaisinmaksuaika. Tulokset löytyvät taulukosta 11.

Tulos koskee Itä- tai Pohjois-Suomessa olevaa kohdetta, jonka KVL on alle 10 000. Etelä- ja Länsi-Suomessa lumisuusohjauksella saatava säästö olisi pienempi. Liiketunnistimella saatava säästö pienenee hiukan, jos liikennemäärä on suurempi.

Taulukko 11. Kannattavuuslaskelmien tulokset.

	Laskelma 1	Laskelma 2
<i>Kokonaiskustannukset 20 vuoden ajalta</i>	3 820 €	6283 €
<i>Prosentuaalinen säästö verrattaessa himmennysprofiliin</i>	50 %	50 %
<i>Säästö verrattaessa himmennysprofiliin</i>	19,5 €	19,5 €
<i>Kokonaissäästöt verrattaessa himmennysprofiliin</i>	975 €	975 €
<i>Takaisinmaksuaika</i>	4 vuotta	7 vuotta

6.2 Lumisuusohjaus ohjausjohtimella

Lumisuusohjauksen toteuttamiseksi uudet valaistukset on toteutettava 4-johtimisella kaapelilla, minkä lisäksi tievalistuskeskuksen tulee mahdollistaa tehonlennusta tarkoittavan ohjauskäskyn lähettäminen valaisimille. Lisäksi valaisimien liitäntälaitteiden tulee olla kykeneväisiä vastaanottamaan tieto tehonpudotuksesta ja himmentämään valaisinta tietoon perustuen. Valaisimien hintaan kyseinen ominaisuus ei arvion mukaan vaikuta, ellei oteta huomioon kilpailun rajoittumisen vaikutusta, koska kaikkien valaisintoimittajien liitäntälaitteet eivät mahdollista toimintoa.

4-napaisen kaapelityypin käyttö aiheuttaa 0,5 €/m lisäkustannuksen verrattaessa 3-napaisen kaapelityypin käyttöön. Tämä esimerkiksi tarkoittaa 50 valaisimen kohteessa arviolta 1 000 € lisäkustannusta.

Vanhimpien keskuksien ohjaimet eivät mahdollista tehonpudotusta keskuksilta käsin, mutta uusimmissa ohjaimissa tehonpudotukseen on varauduttu. Vanhat keskusohjaimet voidaan muuttaa tukemaan lumisuusohjausta ja sen kustannusarvio on 200 € - 300 €. Nykyiset kohteet ovat kuitenkin toteutettu 3-napaisella kaapelilla, joka ei mahdollista lumisuusohjausta keskusohjauksena. Kaapelin vaihtaminen jälkepäin olisi hyvin kallista.

50 valaisimen kohteessa investoinnin kustannukset ovat yhteensä 1300 €. Jos lumisuusohjauksesta saatava säästö on 5 € valaisinta kohti vuodessa, säästetään 50 valaisimella 20 vuodessa 5000 €. Takaisinmaksuaika on 5 vuotta. Etelä- ja Länsi-Suomessa säästö olisi pienempi. Silti 4 johdinta sisältävä kaapeli otetaan käyttöön koko maassa.

6.3 Lumisuusohjaus valaisinkohtaisella ohjauksella vanhaan valaistukseen

Lumisuusohjaus voidaan ottaa käyttöön myös vanhoissa valaistuksissa, jos valaisimeksi vaihdetaan SpNa-valaisimen sijaan ledivalaisin, johon voidaan liittää valaisinkohtainen ohjain.

Kustannuksia aiheuttavat uusien valaisimien hankinta ja asentaminen 400 € valaisinta kohti. Hinnassa on otettu huomioon se, että osaa valaisinvarsista joudutaan lyhentämään. Lisäksi tarvitaan valaisinkohtainen ohjain 50...80 € ja valaisinkohtainen ohjauspalvelu 0,5...2,0 € vuodessa valaisinta kohti. Kustannukset ovat 50 valaisimen kohteessa 3820 ...6283 € 20 vuodelta.

Säästöinä saadaan ledivalaisimen pienemmästä tehontarpeesta tuleva säästö 37 € valaisinta kohti, himmennysprofiilin avulla saatava säästö 17 € valaisinta kohti sekä lumisuusohjauksella saatava säästö 5 € valaisinta kohti vuodessa. Säästö on yhteensä 59 000 € 50 valaisimen kohteessa 20 vuodelta.

Säästö on jonkin verran pienempi, jos SpNa-valaisimet on lähtötilanteessa sammutettu yön ajaksi.

Valaisinkohtainen langaton ohjaus on toiminnaltaan epävarmempi kuin ohjausjohtimella toteutettu ohjaus. Vikatilanteissa valaisimet palavat päivälläkin, jos valaisinkohtaista ohjausta ei täydennetä keskuskohtaisella virran syötön katkaisulla. Toisaalta jatkuva virran syöttö päivälläkin mahdollistaisi virran syötön valaistuskäyttöä pitkin muille toiminnoille, esimerkiksi liikennelaskentaan.

7 Yhteenveto

Ilmatieteen laitoksen sääasemien tarjoama tieto lumensyvyydestä soveltuu alueen teiden ja tieympäristön lumisuuden arviointiin paremmin kuin lähimmän tiesääaseman lumisuusantureista saatu tieto. Lumensyvyyden ylittäessä 10 cm lähistön sääaseman tai sääasemien perusteella valaisimia voidaan himmentää ainakin 25 % kohteessa käytetyn esimerkiksi kelloon perustuvan himmennysprofiilin lisäksi. Edes osittain lumisen tienpinnan luminanssi on himmennetyksen jälkeenkin suurempi kuin esimerkiksi kuivan paljaan päällysteen luminanssi, joten valaistuksen onnettomuuksia vähentävä vaikutus ei vähene, mutta energiaa säästyy erityisesti talviaamuisin ja iltapäivisin, jolloin energiaa tarvitaan eniten muihin tarpeisiin. Jos lähtötietona käytetään myös kelikameran kuvista tai anturilla saatua tietoa ajokaistojen lumisuudesta, himmennys voi olla 50 % normaalin kelloon perustuvan himmennysprofiilin lisäksi.

Ajatuksena on, että lumisuushimmennystä ei säädetä tunneittain eikä päivittäin vaan useamman viikon jaksoina. Himmennystä voidaan kuitenkin käyttää vain sellaisissa valaistuksissa, joissa valaisimet ovat himmennettäviä ja käytetty ohjausjärjestelmä mahdollistaa muunkin, kun kelloon perustuvan himmennetyksen eli käytännössä vain uusimmissa tievalaistuksissa.

Lumisuusohjauksella voidaan laskennallisesti säästää Jyväskylässä noin 4 € ja Oulussa ja Joensuussa noin 6 € vuodessa valaisinta kohden valaisimen tehon ollessa 150 wattia. Eteläisempiä tai pohjoisempia kohteita ei tutkittu.

Lumisuusohjaus edellyttää, että valaisinta voidaan himmentää. Uusissa asennuksissa käytettävissä ledivalaisimissa on kelloon perustuva yöajan himmennys. Lumisuusohjausta voidaan käyttää keskuskohtaisesti, jos uuden valaistuksen maakapelissa on lisäjohtin keskuskohtaista ohjausta varten, tai valaisinkohtaisena, jos valaisimessa on Zhaga-standardin mukainen SR-liitin ja siinä ohjain. Keskuskohtainen ohjaus on palveluna yleensä halvempaa ja toimintavarmempaa kuin valaisinkohtainen. Valaisinkohtainen ohjaus voidaan ottaa käyttöön myös jälkepäin, kun vanhaan valaistukseen vaihdetaan valaisimet. Tässä raportissa kuvatut kokemukset on kerätty ennen Zhaga-standardin julkaisemista kehitetyillä valaisinkohtaisilla ohjauslaitteilla.

Valaisinkohtaisesti ohjatuilla valaisimilla on mahdollista saada merkittävästi suurempia säästöjä (16 € vuodessa valaisinta kohti), jos suhteellisen pieniliikenteisellä tiellä (KVL 1500 ajon/vrk) valaistusta himmennetään muutaman valaisimen ryhminä edellä kuvattujen himmennysten lisäksi myös liiketunnistimien perusteella, kun pylvään lähistöllä ei ole tienkäyttäjiä. Myös vilkasliikenteisillä teillä on mahdollisuus merkittäviin säästöihin, koska valaistuksen tehontarve kilometriä kohti on suurempi kuin vähäliikenteisillä teillä, vaikka liiketunnistimiin perustuvaa himmennystä voi käyttää lyhyemmän ajan vuorokaudesta. Liiketunnistimien käyttö on kalliimpaa kuin lumisuusohjaus, joten sen kannattavuus riippuu voimakkaasti tekniikan kehittymisestä ja kohteen liikennemäärävaihteiluista. Tässä raportissa kuvatut kokemukset liiketunnistimista on kerätty ennen Zhaga-standardin julkaisemista kehitetyillä laitteilla. Järjestelmä oli kuitenkin suunniteltu niin, että yhden tunnistimen tai ohjaimen vioittuminen ei aiheuttanut laajoja virhetoimintoja. Sen sijaan Master-yksikön vikaantuminen voi aiheuttaa laajemman ohjausvirheen, jolloin sen vaikutusalueen valaisimet ovat keskimääräistä suuremmalla teholla.

Lähteet

Liikennevirasto, 2015. [Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu](#) [viitattu 27.11.2019]

Ilmatieteen laitos, 2018. [Lumensyvyystiedot](#). [viitattu 27.11.2019]

Liikennevirasto, 2018. [Data tien pinnan tilasta](#). (Salattu) [viitattu 27.11.2019]

Liikennevirasto, 2018. [Kelikameroiden kuvat](#). Saatavissa: <http://www.kelikamerat.info/> [viitattu 27.11.2019]

Liikennevirasto, Lumipeitteisyystiedon hyödyntäminen valaistuksen ohjauksessa, 2018. Ei saatavissa. [viitattu 27.11.2019]

Lumine Lighting Solutions Oy, 2019. [Valaisimien kirkkaudenmuutokset toteutuuissa kohteissa](#). (Salattu) [viitattu 27.11.2019]

Selvityksen laskentaperiaatteet ja tulokset

Aineisto

Käsiteltävä aineisto sisältää kelikameroiden kuvat, tiesääasemien anturien tiedot lumisesta tien pinnasta ja Ilmatieteen laitoksen kahden sääaseman tiedot lumen syvyydestä.

Taulukossa 1 on yhteenveto käsiteltävistä tiesääasemista, kelikameroista ja Ilmatieteen laitoksen sääasemista.

Taulukko 1. Selvityksessä hyödynnetyt kelikamerat, sääasemat ja tiesääasemat.

Kelikamerat	Ilmatieteen laitoksen sääasemat	Tiesääasemat	Sijainti (lähistöllä)
Tie 66 Kuortane	Seinäjoki Pelmaa	Tie 66 Kuortane, Mäyry	Seinäjoki
Tie 67 Ilmajoki	Kauhajoki Kuja-Kokko	Tie 67 Ilmajoki	Seinäjoki
Tie 18 Seinäjoki, Nurmo		Tie 18 Seinäjoki, Nurmo	Seinäjoki
Tie 19 Ilmajoki, Rengonkylä		Tie 19 Ilmajoki, Rengonkylä	Seinäjoki
Tie 19 Nurmo		Tie 67 Seinäjoki	Seinäjoki
Tie 73 Kontiolahti	Joensuu Linnunlahti		Joensuu
Vt 6 Repokallio	Huhtilampi		Joensuu
	Pyhäselkä		Joensuu
Tie 22 Hyrkäs	Siikajoki Ruukki		Oulu
Tie 815 Lentokentäntie	Oulu Oulunsalo Pellonpää		Oulu
	Vaala Pelso		Oulu
Vt 18 Kintaus	Jämsä Halli Lentoasemantie		Jyväskylä
Vt 9 Muurame	Jyväskylä Lentoasema		Jyväskylä
	Joutsa Savenaho		Jyväskylä

Tiesääasemat

Tiesääasemilta saadaan tieto tien pinnan tilasta arvoin 0–9, noin 10 minuutin välein (arvovastaavuudet taulukossa 2). Tiesääasemien data on haettu Liikenneviraston Extranet -palvelusta ajalta 20.12.2016–20.03.2017.

Taulukko 2. Tiesääaseman arvovastaavuudet.

Arvo- vastaavuus	Kuvaus
0	Vikaa
1	Kuiva
2	Kostea
3	Märkä
4	Märk+Su
5	Kuura
6	Lumi
7	Jäinen
8	Kost+Su
9	Sohjo

Kelikamerat

Kelikameroiden kuvat on tarkasteltu ajanjaksolta 20.12.2016–20.03.2017. Kamerate ottavat kuvan tiestä noin tunnin välein, joten selvityksen aikana kuvia on tarkasteltu noin 2100 kappaletta kameraa kohden. Kuvat on käsitelty visuaalisesti merkkamalla arvovastaavuudet eri tilanteista taulukon 3 mukaisesti.

Kuvien tilanteiden analysoinnissa on pyritty noudattamaan seuraavanlaisia raja-arvoja: Tien pinta on luminen, kun yli 50 % tien pinnasta on lumessa, ja ympäristö on luminen, kun lumi on pysyvää ja sitä on riittävästi lisäämään luminaanssia käsittelijän arvion mukaisesti. Muissa tapauksissa merkkaukset on: Ei lunta.

Taulukko 3. Tarkastelussa käytetyt kelikameran arvovastaavuudet.

Arvo- vastaavuus	Kuvaus
0	Ei lunta
1	Lunta tien ympäristössä
2	Lunta tien pinnalla

Ilmatieteen laitoksen sääasemat

Selvityksessä käytetään lähistön Ilmatieteen laitoksen sääasemien ilmoittamaa päiväkohtaista lumensyvyyttä keskiarvotettuna taulukon 4 mukaisesti. Vastavasti Ilmatieteen laitoksen lumensyvyysdata on tarkasteltu ajanjaksolta 20.12.2016 –20.03.2017.

Taulukko 4. Ilmatieteen laitoksen sääaseman keskiarvotettu lumensyvyys (cm).

	Sääasema 1	Sääasema 2	Keskiarvo
2016-12-20	5	2	3,5
2016-12-21	2	0	1
2016-12-22	2	0	1

Datan tarkastelu

Tiesääaseman anturitiedon käyttökelpoisuus

Anturitiedon käyttökelpoisuutta on tarkasteltu vertaamalla anturin dataa sitä lähimpänä olevan kelikameran kuvaan, eli todelliseen tilanteeseen tiellä. Tällä arvioidaan tiesääaseman antureiden luotettavuutta lumisen tien pinnan tunnistamisessa. Taulukossa 5 on koottuna virheanalyysi seuraavista tilanteista:

- Anturi on havainnut lunta, mutta sitä ei ole tiellä
- Anturi on havainnut lunta, mutta sitä ei ole tiellä eikä tien ympäristössä
- Anturi ei ole havainnut lunta, mutta sitä on tiellä
- Anturi ei ole havainnut lunta, mutta sitä on tien ympäristössä

Ensimmäiset kaksi tarkasteltua tilannetta ovat kriittisimmät, sillä anturin havaintoa lumisesta tien pinnasta tulisi mahdollisuuksien mukaan hyödyntämään valaistuksen ohjauksessa. Valaistuksen ohjauksella tässä tapauksessa tarkoitetaan valaistuksen himmentämistä silloin, kun tiellä tai ympäristössä on lunta lisäämässä luminanssia tiellä. Täten tien käyttäjien kannalta on kriittistä, että kyseinen tieto on luotettava ja valaistusta ei himmennetä tien ja ympäristön ollessa lumeton. Tarkastelun kriittiset tilanteet on taulukossa huomioitu punaisilla reunuksilla. Tarkastelun kohdat "anturi ei ole havainnut lunta, mutta sitä on tiellä" ja "anturi ei ole havainnut lunta, mutta sitä on tien ympäristössä" osoittavat, kuinka paljon todellisesta potentiaalista jäisi hyödyntämättä, kun anturi ei ole kyennyt tekemään havaintoa lumisuudesta.

Tämän lisäksi taulukossa on huomioitu tiedon käyttökelpoisuus liikennemäärän mukaan niin, että vertailu on tehty tiesääaseman väylään ja sitä vähemmän liikennöityihin väyliin (taulukoissa vaaleanvihreä tausta). Liikennemäärään perustuva tarkastelu on tarpeellinen toteuttaa, koska enemmän liikennöidyillä teillä on mahdollisesti korkeampi huoltokerroin, jolloin tietä suolataan enemmän. Tämän lisäksi aktiivisempi liikenne puhdistaa tietä lumesta tehokkaammin.

Taulukko 5. Tiesääaseman datan vertailu todellisen tilanteeseen.

Tiesääasema	Tie 66 Kuortane, Mäyry	Tie 67 Ilmajoki	Tie 18 Seinä- joki, Nurmo	Tie 19 Ilmajoki, Rengon- kylä	Kes- kiarvo
Kelikamera	Tie 66 Kuortane	Tie 67 Ilmajoki	Tie 18 Seinä- joki, Nurmo	Tie 19 Ilmajoki, Rengon- kylä	
Anturi on havainnut lunta, mutta sitä ei ole tiellä	41 6 %	238 45 %	308 44 %	1281 65 %	49 %
Anturi on havainnut lunta, mutta sitä ei ole tiellä eikä tien ympäristössä	10 2 %	90 17 %	142 20 %	234 12 %	12 %
Anturi on havainnut lunta, yhteensä	639	526	698	1960	
Anturi ei ole havainnut lunta, mutta sitä on tiellä	2490 23 %	317 3 %	483 4 %	293 3 %	8 %
Anturi ei ole havainnut lunta, mutta sitä on tien ympäristössä	5109 48 %	4180 35 %	3821 31 %	5579 56 %	42 %
Anturi ei ole havainnut lunta, yhteensä	10703	11822	12248	9974	

Taulukko 5 osoittaa, että lunta ei ole tiellä keskimäärin 59 % ajasta, kun anturit havaitsevat lunta tien pinnalla. Tarkastelusta poistettaessa tie 19 (Nurmo)/tie 67 (Seinäjoki), kelikameran sijainnissa olevan suuremman liikennemäärän vuoksi, anturin havainto lumesta on virheellinen 49 % ajasta.

Lumen pakkautuminen tien sivuihin voi mahdollisesti aiheuttaa suuren määrän virrehavainnoista. Tähän viittaa myös toinen tarkasteltu kohta, eli anturin havaitessa lunta, sitä ei ole tiellä eikä tien ympäristössä keskimäärin 10 % ajasta. Joten merkittävän osan ajasta, kun anturi havaitsee lunta tien pinnalla, lunta on vähintäänkin ympäristössä.

Taulukon 5 kolmas kohta "anturi ei ole havainnut lunta, mutta sitä on tiellä" osoittaa, että prosentuaalisesti pieni osa lumen tunnistuksista on jäänyt antureilta tekemättä. Huomattavaa kuitenkin on, että määrällisesti kyseessä on suuri osa, sillä laskelmassa verrataan anturin tekemiin havaintoihin lumettomasta tien pinnasta, joka on ollut vallitseva tilanne leudon talven vuoksi. Lisäksi kyseisestä taulukosta nousee merkittävimmin esiin tien 66 Kuortane, Mäyry tiesääsema, jonka anturi tekee selkeästi liian vähän havaintoja lumisesta tien pinnasta.

Taulukon 5 neljäs kohta "anturi ei ole havainnut lunta, mutta sitä on tien ympäristössä" osoittaa, että anturin datasta ei saada luotettavasti tietoa ympäristön lumisuudesta – keskimäärin 44 % ajasta ympäristössä on lunta, kun anturi ei ole havainnut lunta tien pinnalla. Tämä on odotettu tulos, sillä anturi sijaitsee tiellä eikä täten voi tunnistaa ympäristön lumisuutta.

Tiesääaseman anturitiedon käyttökelpoisuus etäisyysperustein

Etäisyysperusteisella tarkastelulla selvitetään mahdollisuutta hyödyntää tiesääaseman antureiden dataa valaistuksen ohjauksessa laajemmalla alueella, eli voidaanko anturin dataa hyödyntää myös lähiympäristössä olevilla väylillä. Tarkastelu on toteutettu vertaamalla tiesääasemien dataa lähiympäristön väylien todelliseen tilanteeseen. Taulukossa 6 on koottuna tarkastelu saman virheanalyysin mukaisesti:

- Anturi on havainnut lunta, mutta sitä ei ole tiellä
- Anturi on havainnut lunta, mutta sitä ei ole tiellä eikä tien ympäristössä
- Anturi ei ole havainnut lunta, mutta sitä on tiellä
- Anturi ei ole havainnut lunta, mutta sitä on tien ympäristössä

Taulukossa 6 on huomioitu tiedon käyttökelpoisuus liikennemäärän mukaan niin, että vertailut tiesääaseman väylään ja sitä vähemmän liikennöityihin väyliin ovat merkattuna vaaleanvihreällä taustalla.

Taulukko 6. Etäisyysperusteinen vertailu.

Tiesääsese (Liikennemäärä)	Kelikamera (Liikennemäärä)	Anturi on havainnut lunta, mutta sitä ei ole tiellä		Anturi on havainnut lunta, mutta sitä ei ole tiellä eikä tien ympäristössä		Anturi on havainnut lunta, yhteensä		Anturi ei ole havainnut lunta, mutta sitä on tien ympäristössä		Anturi ei ole havainnut lunta, yhteensä	
		41	6 %	10	2 %	639	2490	23 %	5109	48 %	10703
Tie 66 Kuortane, Mäyry (3500/vrk)	Tie 66 Kuortane (3500/vrk)	41	6 %	10	2 %	639	2490	23 %	5109	48 %	10703
Tie 66 Kuortane, Mäyry (3500/vrk)	Tie 67 Ilmajoki (9900/vrk)	407	64 %	142	22 %	639	373	3 %	4063	35 %	11709
Tie 66 Kuortane, Mäyry (3500/vrk)	Tie 18 Seinäjoki, Nurmo (8400/vrk)	363	56 %	178	27 %	651	585	5 %	3802	31 %	12295
Tie 66 Kuortane, Mäyry (3500/vrk)	Tie 19 Ilmajoki, Rengonkylä (3100/vrk)	328	50 %	59	9 %	651	649	6 %	6357	56 %	11283
Tie 66 Kuortane, Mäyry (3500/vrk)	Tie 19 Nurmo (12100/vrk)	536	82 %	87	13 %	651	211	2 %	7046	57 %	12295
Tie 67 Ilmajoki (9900/vrk)	Tie 66 Kuortane (3500/vrk)	69	13 %	0	0 %	526	2631	24 %	5071	47 %	10816
Tie 67 Ilmajoki (9900/vrk)	Tie 67 Ilmajoki (9900/vrk)	238	45 %	90	17 %	526	317	3 %	4180	35 %	11822
Tie 67 Ilmajoki (9900/vrk)	Tie 18 Seinäjoki, Nurmo (8400/vrk)	341	58 %	222	38 %	584	548	4 %	3908	32 %	12362
Tie 67 Ilmajoki (9900/vrk)	Tie 19 Ilmajoki, Rengonkylä (3100/vrk)	317	54 %	86	15 %	584	779	7 %	6395	56 %	11350
Tie 67 Ilmajoki (9900/vrk)	Tie 19 Nurmo (12100/vrk)	579	99 %	24	4 %	584	321	3 %	6940	56 %	12362
Tie 18 Seinäjoki, Nurmo (8400/vrk)	Tie 66 Kuortane (3500/vrk)	53	8 %	0	0 %	685	2456	23 %	5087	48 %	10657
Tie 18 Seinäjoki, Nurmo (8400/vrk)	Tie 67 Ilmajoki (9900/vrk)	397	58 %	74	11 %	685	317	3 %	4005	34 %	11663
Tie 18 Seinäjoki, Nurmo (8400/vrk)	Tie 18 Seinäjoki, Nurmo (8400/vrk)	309	44 %	143	20 %	699	483	4 %	3821	31 %	12248
Tie 18 Seinäjoki, Nurmo (8400/vrk)	Tie 19 Ilmajoki, Rengonkylä (3100/vrk)	370	53 %	37	5 %	698	644	6 %	6293	56 %	11236
Tie 18 Seinäjoki, Nurmo (8400/vrk)	Tie 19 Nurmo (12100/vrk)	619	89 %	23	3 %	698	247	2 %	6899	56 %	12248
Tie 19 Ilmajoki, Rengonkylä (3100/vrk)	Tie 66 Kuortane (3500/vrk)	568	32 %	188	11 %	1762	1894	20 %	4760	50 %	9580
Tie 19 Ilmajoki, Rengonkylä (3100/vrk)	Tie 67 Ilmajoki (9900/vrk)	1420	79 %	525	29 %	1802	223	2 %	3433	33 %	10546
Tie 19 Ilmajoki, Rengonkylä (3100/vrk)	Tie 18 Seinäjoki, Nurmo (8400/vrk)	1352	68 %	891	45 %	2000	225	2 %	3526	32 %	10946
Tie 19 Ilmajoki, Rengonkylä (3100/vrk)	Tie 19 Ilmajoki, Rengonkylä (3100/vrk)	1281	65 %	234	12 %	1960	293	3 %	5579	56 %	9974
Tie 19 Ilmajoki, Rengonkylä (3100/vrk)	Tie 19 Nurmo (12100/vrk)	1944	97 %	205	10 %	2000	270	2 %	5756	53 %	10946
Tie 67 Seinäjoki (7900/vrk)	Tie 66 Kuortane (3500/vrk)	244	20 %	26	2 %	1231	2101	21 %	4922	49 %	10111
Tie 67 Seinäjoki (7900/vrk)	Tie 67 Ilmajoki (9900/vrk)	832	68 %	88	7 %	1220	217	2 %	3584	32 %	11128
Tie 67 Seinäjoki (7900/vrk)	Tie 18 Seinäjoki, Nurmo (8400/vrk)	717	52 %	408	30 %	1380	210	2 %	3678	32 %	11566
Tie 67 Seinäjoki (7900/vrk)	Tie 19 Ilmajoki, Rengonkylä (3100/vrk)	853	62 %	53	4 %	1380	445	4 %	5826	55 %	10554
Tie 67 Seinäjoki (7900/vrk)	Tie 19 Nurmo (12100/vrk)	1183	86 %	38	3 %	1381	128	1 %	6350	55 %	11566
Keskiarvo			60 %		15 %			7 %		45 %	
Keskiarvo	Vähemmän tai yhtä paljon liikennöity		44 %		9 %			10 %		47 %	

Taulukon 6 tulosten mukaan lähiympäristön tieosuuksilla ei ole lunta keskimäärin 60 % ajasta ja sitä ei ole lähistön tieosuuksilla tai niiden ympäristössä 15 % ajasta, kun anturi on tehnyt havainnon lumesta. Verrattaessa anturin tekemää havaintoa lumisesta tien pinnasta anturin sijainnissa olevaan väylän lumisuuteen ja sitä vähemmän liikennöityjen väylien lumisuuteen, saadaan seuraavalaist tulokset: Anturin tehdessä havainnon lumesta, keskimäärin 44 % ajasta tien pinta ei ole luminen ja 9 % ajasta lunta ei ole myöskään ympäristössä.

Taulukon kolmannen kohdan mukaan lunta on ollut lähiympäristön tieosuuksilla 7 % ajasta, kun anturi ei ole havainnut lumista tien pintaa. Huomioitaessa liikennemäärä jää lumisen tien pinta tunnistamatta 10 % ajasta.

Ilmatieteen laitoksen sääasemien lumensyvyystiedon hyödyntäminen

Tarkastelulla selvitetään Ilmatieteen laitoksen sääasemien mittaaman tiedon hyödyntämistä lumisen tien pinnan ja ympäristön lumisuuden tunnistamisessa. Raja-arvoina tarkastelussa on käytetty kahta eri lumensyvyyttä: 5 cm ja 10 cm. Taulukossa 7 on todelliset tilanteet teillä jaoteltuna tilanteisiin "Lunta tien pinnalla", "lunta tien ympäristössä" ja "ei lunta", kun lumensyvyys ylittää 5 cm ja 10 cm. Tuloksien mukaan lumensyvyyden ollessa yli 5 cm, lunta on tien ympäristössä 77 % ajasta ja 19 % ajasta sitä on myös tien pinnalla. Lumensyvyyden ylittäessä 10 cm, tien ympäristö on lumisen 96 % ajasta ja 26 % ajasta sitä on myös tiellä.

Taulukko 7. Ilmatieteen laitoksen sääasemien datan korreloitavuus todellisiin tilanteisiin teillä Seinäjoen lähetyillä.

	Tie 66 Kuortane		Tie 67 Ilmajoki		Tie 18 Seinäjoki, Nurmo		Tie 19 Ilmajoki, Rengonkylä		Tie 19 Nurmo		Keskiarvo
Liikennemäärä / vrk	3500		9900		8400		3100		12 100		
Yli 5 cm lunta											
Lunta tien pinnalla	2057	45 %	448	10 %	726	16 %	828	18 %	186	4 %	19 %
Lunta tien ympäristössä	4080	89 %	3179	69 %	3045	66 %	3969	87 %	3487	76 %	77 %
Ei lunta	512	11 %	1418	31 %	1552	34 %	615	13 %	1082	24 %	23 %
Yhteensä	4592		4597		4597		4584		4569		
Yli 10 cm lunta											
Lunta tien pinnalla	848	74 %	109	10 %	180	16 %	309	27 %	20	2 %	26 %
Lunta tien ympäristössä	1144	100 %	1001	90 %	1013	91 %	1138	100 %	1113	100 %	96 %
Ei lunta	0	0 %	112	10 %	100	9 %	0	0 %	0	0 %	4 %
Yhteensä	1144		1113		1113		1138		1113		

Tiesääasemien antureiden sekä Ilmatieteen laitoksen sääasemien lumensyvyystiedon hyödyntäminen lumisen tien pinnan ja lumisen ympäristön tunnistamisessa

Tarkastelulla selvitetään Ilmatieteen laitoksen sääasemien datan sekä tiesääasemien datan yhteiskäyttöä lumisen tien pinnan ja lumisen ympäristön tunnistamisessa. Tarkastelu on toteutettu huomioimalla päivät, jolloin lumensyvyys ylittää 5 cm ja 10 cm, sekä kyseisinä päivinä verrattu anturidatan korreloituvuutta todellisen tilanteeseen. Vertailussa anturin dataa on verrattu todelliseen tilanteeseen jokaisen viiden kelikameran kohteen osalta, jotta tiedostetaan tiedon käyttökelpoisuus myös etäisyysperustein. Tämän lisäksi vertailussa on huomioitu tiedon käyttökelpoisuus liikennemäärän perustuen (taulukossa vaaleanvihreä tausta). Tarkastelu on toteutettu saman virheanalyysin mukaisesti:

- Anturi on havainnut lunta, mutta sitä ei ole tiellä
- Anturi on havainnut lunta, mutta sitä ei ole tiellä eikä tien ympäristössä
- Anturi ei ole havainnut lunta, mutta sitä on tiellä
- Anturi ei ole havainnut lunta, mutta sitä on tien ympäristössä

Taulukossa 8 on virheanalyysin tulokset, kun sääasemien perusteella alueen lumensyvyys on yli 5 cm. Taulukkoon 8 viitaten anturin havaitessa lunta, lunta lähiympäristön tieosuuksilla ei ole 46 % ajasta sekä 2 % ajasta lunta ei ole myöskään ympäristössä. Merkittävästi parempi luotettavuus tunnistukselle saavutetaan, kun vertaillaan anturin dataa yhtä paljon ja vähemmän liikennöityihin väyliin: Anturin tehdessä havainto lumesta, sitä ei ole tien pinnalla 24 % ajasta ja vain 1 % ajasta sitä ei ole myöskään ympäristössä.

Virheanalyysin kohtiin "anturi ei ole havainnut lunta, mutta sitä on tiellä" ja "anturi ei ole havainnut lunta, mutta sitä on ympäristössä" perustuen 13 % ajasta lumista tien pintaa ei tunnisteta sekä 61 % ajasta lumista ympäristöä ei tunnisteta. Liikennemäärään perustuvan tarkastelun perusteella lunta on tien pinnalla 20 % ajasta ja tien ympäristössä 61 % ajasta, kun anturi ei ole havainnut lunta tien pinnalla.

Taulukko 8. Tiesääasemien antureiden luotettavuus, kun Ilmatieteenlaitoksen sääasemien mukaan yli 5 cm lunta

Tiesääasema (Liikennemäärä)	Kelikamera (Liikennemäärä)	Anturi on havainnut lunta, mutta sitä ei ole tiellä		Anturi on havainnut lunta, mutta sitä ei ole tiellä eikä tien ympäristössä		Anturi on havainnut lunta, yhteensä			Anturi ei ole havainnut lunta, mutta sitä on tien ympäristössä		Anturi ei ole havainnut lunta, yhteensä
		Arvo	%	Arvo	%	Arvo	Arvo	%	Arvo	%	
Tie 66 Kuortane, Mäyry (3500/vrk)	Tie 66 Kuortane (3500/vrk)	11	3 %	0	0 %	426	1642	39 %	2012	48 %	4166
Tie 66 Kuortane, Mäyry (3500/vrk)	Tie 67 Ilmajoki (9900/vrk)	270	63 %	37	9 %	426	310	7 %	2477	59 %	4166
Tie 66 Kuortane, Mäyry (3500/vrk)	Tie 18 Seinäjoki, Nurmo (8400/vrk)	181	42 %	60	14 %	426	487	12 %	2175	52 %	4166
Tie 66 Kuortane, Mäyry (3500/vrk)	Tie 19 Ilmajoki, Rengonkylä (3100/vrk)	182	43 %	0	0 %	426	585	14 %	2969	71 %	4166
Tie 66 Kuortane, Mäyry (3500/vrk)	Tie 19 Nurmo (12100/vrk)	374	88 %	21	5 %	426	161	4 %	2923	70 %	4166
Tie 67 Ilmajoki (9900/vrk)	Tie 66 Kuortane (3500/vrk)	0	0 %	0	0 %	327	1719	40 %	2039	48 %	4270
Tie 67 Ilmajoki (9900/vrk)	Tie 67 Ilmajoki (9900/vrk)	86	26 %	4	1 %	327	207	5 %	2649	62 %	4270
Tie 67 Ilmajoki (9900/vrk)	Tie 18 Seinäjoki, Nurmo (8400/vrk)	35	11 %	15	5 %	327	434	10 %	2299	54 %	4270
Tie 67 Ilmajoki (9900/vrk)	Tie 19 Ilmajoki, Rengonkylä (3100/vrk)	80	24 %	0	0 %	327	582	14 %	3076	72 %	4270
Tie 67 Ilmajoki (9900/vrk)	Tie 19 Nurmo (12100/vrk)	326	100 %	0	0 %	327	200	5 %	2968	70 %	4270
Tie 18 Seinäjoki, Nurmo (8400/vrk)	Tie 66 Kuortane (3500/vrk)	11	2 %	0	0 %	459	1598	39 %	2028	49 %	4138
Tie 18 Seinäjoki, Nurmo (8400/vrk)	Tie 67 Ilmajoki (9900/vrk)	271	59 %	9	2 %	459	260	6 %	2469	60 %	4138
Tie 18 Seinäjoki, Nurmo (8400/vrk)	Tie 18 Seinäjoki, Nurmo (8400/vrk)	146	32 %	34	7 %	459	413	10 %	2207	53 %	4138
Tie 18 Seinäjoki, Nurmo (8400/vrk)	Tie 19 Ilmajoki, Rengonkylä (3100/vrk)	211	46 %	0	0 %	459	581	14 %	2945	71 %	4138
Tie 18 Seinäjoki, Nurmo (8400/vrk)	Tie 19 Nurmo (12100/vrk)	428	93 %	0	0 %	459	170	4 %	2866	69 %	4138
Tie 19 Ilmajoki, Rengonkylä (3100/vrk)	Tie 66 Kuortane (3500/vrk)	40	4 %	0	0 %	961	1128	31 %	1980	55 %	3623
Tie 19 Ilmajoki, Rengonkylä (3100/vrk)	Tie 67 Ilmajoki (9900/vrk)	659	69 %	22	2 %	961	157	4 %	2076	57 %	3623
Tie 19 Ilmajoki, Rengonkylä (3100/vrk)	Tie 18 Seinäjoki, Nurmo (8400/vrk)	376	39 %	72	7 %	961	139	4 %	1996	55 %	3623
Tie 19 Ilmajoki, Rengonkylä (3100/vrk)	Tie 19 Ilmajoki, Rengonkylä (3100/vrk)	388	40 %	1	0 %	961	255	7 %	2754	76 %	3623
Tie 19 Ilmajoki, Rengonkylä (3100/vrk)	Tie 19 Nurmo (12100/vrk)	926	96 %	0	0 %	961	178	5 %	2340	65 %	3623
Tie 67 Seinäjoki (7900/vrk)	Tie 66 Kuortane (3500/vrk)	22	3 %	0	0 %	784	1251	33 %	2025	54 %	3785

Tiesääasema (Liikennemäärä)	Kelikamera (Liikennemäärä)	Anturi on havainnut lunta, mutta sitä ei ole tiellä		Anturi on havainnut lunta, mutta sitä ei ole tiellä eikä tien ympäristössä		Anturi on havainnut lunta, yhteensä			Anturi ei ole havainnut lunta, mutta sitä on tien ympäristössä		Anturi ei ole havainnut lunta, yhteensä
Tie 67 Seinäjoki (7900/vrk)	Tie 67 Ilmajoki (9900/vrk)	502	64 %	15	2 %	784	160	4 %	2240	59 %	3785
Tie 67 Seinäjoki (7900/vrk)	Tie 18 Seinäjoki, Nurmo (8400/vrk)	228	29 %	20	3 %	784	166	4 %	2117	56 %	3785
Tie 67 Seinäjoki (7900/vrk)	Tie 19 Ilmajoki, Renkonkylä (3100/vrk)	314	40 %	0	0 %	784	350	9 %	2826	75 %	3785
Tie 67 Seinäjoki (7900/vrk)	Tie 19 Nurmo (12100/vrk)	678	86 %	0	0 %	784	80	2 %	2623	69 %	3785
Keskiarvo			46 %		2 %			13 %		61 %	
Keskiarvo	Vähemmän tai yhtä paljon liikennöity		24 %		1 %			20 %		61 %	

Taulukossa 9 on tulokset lumensyvyyden ylittäessä 10 cm. Tällöin anturin havaitessa lunta, sitä ei ole lähiympäristön tieosuuksilla 52 % ajasta, mutta sitä on vähintäänkin ympäristössä. Anturin dataa verrattaessa yhtä paljon ja vähemmän liikennöityjen väylien todelliseen tilanteeseen, pudottaa se virheellisen tunnistuksen lumisesta tien pinnasta 23 %:n ajasta ja lunta on vähintäänkin ympäristössä.

Taulukon 9 kohdat "anturi ei ole havainnut lunta, mutta sitä on tiellä" ja "anturi ei ole havainnut lunta, mutta sitä on ympäristössä" osoittavat, että lunta on tien pinnalla 21 % ajasta, kun anturi ei ole havainnut lunta sekä 74 % ajasta sitä on tien ympäristössä. Huomioitaessa liikennemäärä, lunta on tien pinnalla 33 % ajasta ja tien ympäristössä 61 % ajasta, kun anturi ei ole havainnut lunta tien pinnalla.

Verrattaessa taulukon 8 ja taulukon 9 tuloksia on huomattavaa, että merkittävää luotettavuuden paranemista ei saavuteta hyödynnettäessä 10 cm raja-arvoa 5 cm sijasta. Molemmat taulukot osoittavat havainnon luotettavuuden lisääntyvän merkittävästi, kun hyödynnetään anturin havaintoa lumesta vain anturin sijaitsemalla väylällä ja sitä vähemmän liikennöidyllä väylällä.

Taulukko 9. Tiesääasemien antureiden luotettavuus, kun Ilmatieteenlaitoksen sääasemien mukaan yli 10 cm lunta.

Tiesääasema (Liikennemäärä)	Kelikamera (Liikennemäärä)	Anturi on havainnut lunta, mutta sitä ei ole tiellä		Anturi on havainnut lunta, mutta sitä ei ole tiellä eikä tien ympäristössä		Anturi on havainnut lunta, yhteensä			Anturi ei ole havainnut lunta, mutta sitä on tien ympäristössä		Anturi ei ole havainnut lunta, yhteensä
Tie 66 Kuortane, Mäyry (3500/vrk)	Tie 66 Kuortane (3500/vrk)	6	3 %	6	3 %	235	0	0 %	289	32 %	909
Tie 66 Kuortane, Mäyry (3500/vrk)	Tie 67 Ilmajoki (9900/vrk)	151	64 %	151	64 %	235	124	14 %	760	84 %	909
Tie 66 Kuortane, Mäyry (3500/vrk)	Tie 18 Seinäjoki, Nurmo (8400/vrk)	102	43 %	102	43 %	235	82	9 %	764	84 %	909
Tie 66 Kuortane, Mäyry (3500/vrk)	Tie 19 Ilmajoki, Renkonkylä (3100/vrk)	96	41 %	96	41 %	235	0	0 %	739	81 %	909
Tie 66 Kuortane, Mäyry (3500/vrk)	Tie 19 Nurmo (12100/vrk)	225	96 %	225	96 %	235	0	0 %	899	99 %	909
Tie 67 Ilmajoki (9900/vrk)	Tie 66 Kuortane (3500/vrk)	0	0 %	0	0 %	22	0	0 %	279	26 %	1091
Tie 67 Ilmajoki (9900/vrk)	Tie 67 Ilmajoki (9900/vrk)	9	41 %	9	41 %	22	110	10 %	885	81 %	1091
Tie 67 Ilmajoki (9900/vrk)	Tie 18 Seinäjoki, Nurmo (8400/vrk)	9	41 %	9	41 %	22	99	9 %	824	76 %	1091
Tie 67 Ilmajoki (9900/vrk)	Tie 19 Ilmajoki, Renkonkylä (3100/vrk)	10	45 %	10	45 %	22	0	0 %	794	73 %	1091

Tiesääsese (Liikennemäärä)	Kelikamera (Liikennemäärä)	Anturi on havainnut lunta, mutta sitä ei ole tiellä		Anturi on havainnut lunta, mutta sitä ei ole tiellä eikä tien ympäristössä		Anturi on havainnut lunta, yhteensä	Anturi ei ole havainnut lunta, mutta sitä on tiellä		Anturi ei ole havainnut lunta, mutta sitä on tien ympäristössä		Anturi ei ole havainnut lunta, yhteensä
Tie 67 Ilmajoki (9900/vrk)	Tie 19 Nurmo (12100/vrk)	22	100 %	22	100 %	22	0	0 %	1071	98 %	1091
Tie 18 Seinäjoki, Nurmo (8400/vrk)	Tie 66 Kuortane (3500/vrk)	2	1 %	2	1 %	206	0	0 %	277	31 %	907
Tie 18 Seinäjoki, Nurmo (8400/vrk)	Tie 67 Ilmajoki (9900/vrk)	165	80 %	165	80 %	206	110	12 %	729	80 %	907
Tie 18 Seinäjoki, Nurmo (8400/vrk)	Tie 18 Seinäjoki, Nurmo (8400/vrk)	91	44 %	91	44 %	206	99	11 %	742	82 %	907
Tie 18 Seinäjoki, Nurmo (8400/vrk)	Tie 19 Ilmajoki, Rengonkylä (3100/vrk)	63	31 %	63	31 %	206	0	0 %	741	82 %	907
Tie 18 Seinäjoki, Nurmo (8400/vrk)	Tie 19 Nurmo (12100/vrk)	204	99 %	204	99 %	206	0	0 %	889	98 %	907
Tie 19 Ilmajoki, Rengonkylä (3100/vrk)	Tie 66 Kuortane (3500/vrk)	1	0 %	1	0 %	289	0	0 %	295	35 %	849
Tie 19 Ilmajoki, Rengonkylä (3100/vrk)	Tie 67 Ilmajoki (9900/vrk)	253	88 %	253	88 %	289	128	15 %	648	76 %	849
Tie 19 Ilmajoki, Rengonkylä (3100/vrk)	Tie 18 Seinäjoki, Nurmo (8400/vrk)	146	51 %	146	51 %	289	83	10 %	720	85 %	849
Tie 19 Ilmajoki, Rengonkylä (3100/vrk)	Tie 19 Ilmajoki, Rengonkylä (3100/vrk)	66	23 %	66	23 %	289	0	0 %	763	90 %	849
Tie 19 Ilmajoki, Rengonkylä (3100/vrk)	Tie 19 Nurmo (12100/vrk)	269	93 %	269	93 %	289	0	0 %	849	100 %	849
Tie 67 Seinäjoki (7900/vrk)	Tie 66 Kuortane (3500/vrk)	0	0 %	0	0 %	220	0	0 %	315	35 %	893
Tie 67 Seinäjoki (7900/vrk)	Tie 67 Ilmajoki (9900/vrk)	212	96 %	212	96 %	220	148	17 %	668	75 %	893
Tie 67 Seinäjoki (7900/vrk)	Tie 18 Seinäjoki, Nurmo (8400/vrk)	131	60 %	131	60 %	220	109	12 %	726	81 %	893
Tie 67 Seinäjoki (7900/vrk)	Tie 19 Ilmajoki, Rengonkylä (3100/vrk)	80	36 %	80	36 %	220	0	0 %	743	83 %	893
Tie 67 Seinäjoki (7900/vrk)	Tie 19 Nurmo (12100/vrk)	200	91 %	200	91 %	220	0	0 %	893	100 %	893
Keskiarvo			52 %		0 %			21 %		74 %	
Keskiarvo	Vähemmän tai yhtä paljon liikennöity		23 %		0 %			33 %		64 %	

Lumensyvyystiedon käyttökelpoisuuden tarkastelu useammalta alueelta

Selvityksen edetessä on havaittu lumensyvyystiedon antavan luotettavan tiedon tien ympäristön lumisuudesta Seinäjoen alueen osalta. Tiedon käyttökelpoisuuden varmistamiseksi on toteutettu jatkoselvitys kolmella eri alueella, joissa tarkastellaan Ilmatieteen laitoksen sääasemien lumensyvyystiedon korreloivuutta lumisen ympäristön ja lumisen tien pinnan tunnistamisessa. Lisätutkimus on toteutettu Oulun, Jyväskylän ja Joensuun lähiseudulta.

Kyseisten seutujen lähistöltä on tarkasteltuna kolmen sääaseman päiväkohtainen lumensyvyys keskiarvotettuna sekä verrattu sitä todelliseen tilanteeseen kolmella eri väylällä. Väyliksi on valittu kolme eri määrin liikennöityä väylää, joista on kelikameran kuvista kyetty tarkastamaan lumisuustilanne. Lisäselvityksessä tarkasteltu ajanjakso on sama alkuperäisen selvityksen kanssa, eli 20.12.2016–20.03.2017. Lisäselvityksessä käytetään myös samoja lumensyvyyden raja-arvoja, eli 5 cm ja 10 cm. Kun alueen keskiarvotettu lumensyvyys on ylittänyt kyseiset arvot, on väylien todelliset tilanteet jaoteltu kelikameran kuvien analysoinnin perusteella tilanteisiin: "Lunta tien pinnalla", "lunta tien ympäristössä" ja "ei lunta".

Taulukossa 10 on yhteenveto lisäselvityksen alaisista väylistä ja Ilmatieteen laitoksen.

Taulukko 10. Lumisuusohjauksen säästölaskelmissa käytetyt sääasemat ja liikenneväylät.

Kelikamerat	Sijainti Joensuuhun nähden	Liikennemäärä / vrk
Tie 73 Kontiolahti	15 km pohjoiseen	6125
Vt 6 Repokallio	0 km	11500
Ilmatieteen laitoksen sääasemat		Lumensyvyyden keskiarvo
Joensuu Linnunlahti	0 km	37 cm
Huhtilampi	35 km kaakkoon	41 cm
Pyhäselkä	23 km etelään	34 cm
Kelikamerat	Sijainti Ouluun nähden	Liikennemäärä / vrk
Tie 22 Hyrkäs	50 km kaakkoon	4300
Tie 815 Lentokentäntie	8 km etelään	11 300
Ilmatieteen laitoksen sääasemat		Lumensyvyyden keskiarvo
Siikajoki Ruukki	40 km etelään	30 cm
Oulu Oulunsalo Pellonpää	8 km etelään	41 cm
Vaala Pelso	80 km kaakkoon	22 cm
Kelikamerat	Sijainti Jyväskylään nähden	Liikennemäärä / vrk
Vt 18 Kintaus	20 km länteen	5 300
Vt 9 Muurame	15 km etelään	12 500
Ilmatieteen laitoksen sääasemat		Lumensyvyyden keskiarvo
Jämsä Halli Lentoasemantie	55 km lounaaseen	9 cm
Jyväskylä Lentoasema	20 km pohjoiseen	19 cm
Joutsa Savenaho	40 km etelään	20 cm

Tulokset

Taulukossa 11 esitettyjen tulosten mukaan Joensuun lähiseudun väylillä on lunta vähintään tien ympäristössä lumensyvyyden ylittäessä 10 cm. Lunta on tulosten mukaan keskimäärin 48 % kerroista myös tien pinnalla. Taulukon tuloksista on havaittavissa, että Joensuun lähiseudulla on koko tarkasteltuna ajankohtana ollut sääasemien mukaan vähintään 10 cm lunta. Taulukosta on huomioitava, että lunta on tien pinnalla useammin, mitä vähemmän liikennöity väylä on kyseessä.

Taulukko 11. Ilmatieteen laitoksen sääasemien datan korreloitavuus todellisiin tilanteisiin teillä Joensuun lähetyillä.

	Tie 74 Heinävaara	Tie 73 Kontiolahti	Vt6 Repokallio	Keskiarvo			
Liikennemäärä/vrk	3 100	6 125	11 500				
Yli 5 cm lunta							
Lunta tien pinnalla	7744	68 %	6088	54 %	2631	23 %	48 %
Lunta tien ympäristössä	11338	100 %	11338	100 %	11338	100 %	100 %
Ei lunta	0	0 %	0	0 %	0	0 %	0 %
Yhteensä	11338		11338		11338		
Yli 10 cm lunta							
Lunta tien pinnalla	7744	68 %	6088	54 %	2631	23 %	48 %
Lunta tien ympäristössä	11338	100 %	11338	100 %	11338	100 %	100 %
Ei lunta	0	0 %	0	0 %	0	0 %	0 %
Yhteensä	11338		11338		11338		

Taulukossa 12 esitettyjen tulosten mukaan Oulun lähiseudun väylillä on lunta vähintään tien ympäristössä lumensyvyyden ylittäessä 10 cm. Lunta on tulosten mukaan keskimäärin 24 % kerroista myös tien pinnalla. Lumensyvyys on myös Oulussa ollut yli 10 cm koko tarkastellun ajankohdan aikana.

Oulun lähiseudulta on valittu hieman Joensuun seutua enemmän liikennöidyt väylät, josta syystä Oulun seudun teillä lunta ei ole ollut tien pinnalla yhtä usein.

Taulukko 12. Ilmatieteen laitoksen sääasemien datan korreloitavuus todellisiin tilanteisiin teillä Oulun lähetyillä.

	Tie 22 Hyrkäs		Tie 815 Lento- kentäntie		Vt4 Tupos		Keski- arvo
Liikennemäärä / vrk	4 300		11 300		15 800		
Yli 5 cm lunta							
Lunta tien pinnalla	5074	48 %	1935	17 %	1049	9 %	24 %
Lunta tien ympäristössä	10514	100 %	11338	100 %	11338	100 %	100 %
Ei lunta	0	0 %	0	0 %	0	0 %	0 %
Yhteensä	10514		11338		11338		
Yli 10 cm lunta							
Lunta tien pinnalla	5074	48 %	1935	17 %	1049	9 %	24 %
Lunta tien ympäristössä	10514	100 %	11338	100 %	11338	100 %	100 %
Ei lunta	0	0 %	0	0 %	0	0 %	0 %
Yhteensä	10514		11338		11338		

Taulukossa 13 on esitetty tulokset Jyväskylän lähiseudun väylien lumisuudesta. Tulosten mukaisesti lunta on vähintään ympäristössä 92 % ajasta, kun lumensyvyys on yli 5 cm tai 10 cm. Tien pinta on ollut luminen keskimäärin 18 % ajasta, kun lunta on ollut yli 5 cm ja keskimäärin 20 % ajasta, kun lunta on ollut yli 10 cm. Lunta ei ole ollut väylällä tai väylän ympäristössä 8 % ajasta lumensyvyyden ylittäessä 5 cm tai 10 cm.

Jyväskylä on eteläisin kohde tarkastelluista. Täten vähäinen lumimäärä sekä lämpimämmät olosuhteet ja erityisesti muutokset lämpötilassa 0 asteen tuntumassa aiheuttavat odotetusti heikoimmat tulokset.

Taulukko 13. Ilmatieteen laitoksen sääasemien datan korreloitavuus todellisiin tilanteisiin teillä Jyväskylän lähetyillä.

	Vt 13 Kangas- niemi		Vt 18 Kintaus		Vt 9 Muurame		Keski- arvo
Liikennemäärä/vrk	2 700		5 300		12 500		
Yli 5 cm lunta							
Lunta tien pinnalla	2763	25 %	2726	25 %	601	5 %	18 %
Lunta tien ympäristössä	10548	95 %	10070	91 %	9800	89 %	92 %
Ei lunta	502	5 %	981	9 %	1251	11 %	8 %
Yhteensä	11050		11051		11051		
Yli 10 cm lunta							
Lunta tien pinnalla	2118	23 %	2619	29 %	579	6 %	20 %
Lunta tien ympäristössä	8542	94 %	8167	90 %	8225	91 %	92 %
Ei lunta	502	6 %	878	10 %	820	9 %	8 %
Yhteensä	9044		9045		9045		

Projektin kohteiden perustiedot ja ohjausjärjestelmän käyttämät parametrit

Taulukko 1. Perustiedot sekä järjestelmän parametrit dynaamisen ja lumisuusohjauksen osalta Oulun kohteessa.

Perustiedot

Projektin kohde	Mt 815 Oulu	
Liikennemäärä	~10 000	
Valaistut tunnit vuodessa	~3560	Tuntia
Valaisimen keskimääräinen teho	120	W
Energian hinta	0,1032	€/kWh
Himmennystaulukon mukainen sähkön kulutus valaisinta kohden	300,2	kWh

Parametrit

Lumisuusohjaus	Kerroin
> 10cm lumensyvyys	0,75

Ohjausparametrit, kun liikennemäärä/tunti	Himmennystaso	Aktiivinen teho
0 - 50	10 %	60 %
50 - 200	20 %	75 %
200 -	50 %	100 %

Muut ohjausparametrit

Liikehavainnosta kirkastettu alue	200	Metriä
Valaistu aika liikehavainnosta	10	Sekuntia

Taulukko 2. Perustiedot sekä järjestelmän parametrit dynaamisen ja lumisuusohjauksen osalta Tapionkylän kohteessa

Perustiedot

Projektin kohde	Tie 79 Tapionkylä	
Liikennemäärä	~1500	
Valaistut tunnit vuodessa	~1900	Tuntia
Valaisimen keskimääräinen teho	133	W
Energian hinta	0,1032	€/kWh
Himennystaulukon mukainen sähkön kulutus valaisinta kohden	219,5	kWh

Parametrit

Lumisuusohjauksen > 10cm lumensyvyys	Kerroin 0,75	
---	-----------------	--

Ohjausparametrit, kun liikennemäärä/tunti	Himmennystaso	Aktiivinen teho
0 - 50	20 %	50 %
50 - 150	30 %	75 %
150 -	50 %	100 %

Muut ohjausparametrit

Liikehavainnosta kirkastettu alue	200	Metriä
Valaistu aika liikehavainnosta	10	Sekuntia



Väylävirasto
Trafikledsverket

ISSN 2490-0745
ISBN 978-952-317-833-5
www.vayla.fi