
**Tien lämpötilakartoitus vt1:llä Espoon Hoidonjohtourakan
alueella**



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Liikennealan koulutusohjelma

Riihimäki, kevät 2015

Pilvi Hyvönen



RIIHIMÄKI

Liikennealan koulutusohjelma

Tekijä	Pilvi Hyvönen	Vuosi 2015
Työn nimi	Tien lämpötilakartoitus vt1:llä Espoon Hoidonjohtourakan alueella	

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön toimeksiantajana oli YIT Rakennus Oy ja työn ohjaajana toimi Palvelukeskus PANUn palvelupäällikkö Tiina Talja. Opinnäytetyö oli nykyiseen työhön liittyvä tutkimus, jonka tarkoituksena oli tuottaa lisätietoa päätöksen tueksi liukkaudentorjuntatoimenpiteiden aloittamisessa.

Opinnäytetyön konkreettisenä osana oli tehdä lämpötilakartoitusta Espoon Hoidonjohtourakan valtatie 1 tiestöllä. Mittaukset tehtiin Teconer Oy:n RCM411 optisella kelianturilla ajamalla moottoritien molemmat kaistat. Lämpötilakartoitusta ei ole aikaisemmin tehty YIT:llä eikä aikaisempaa kokemusta kelianturista ole.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli verrata kelianturin tuottamaa dataa tiestöllä sijaitsevien tiesääasemien antamaan dataan sekä tutkia tiesääasemien sijainnin edustavuutta ja etsiä kylmiä paikkoja tiestöltä. Tavoitteena olisi parantaa suolauksen oikea-aikaisuutta ja vähentää suolan käyttöä ja siten parantaa liikenneturvallisuutta.

Optisen kelianturin tuottama lämpötiladata oli noin ± 1 °C tiesääaseman havaintoihin verrattuna. Optisen kelianturin mittauservot olivat yleensä korkeampia kuin tiesääaseman mittauservot. Auringon suunta ja varjostus vaikuttaa tien lämpötilan mittaustulokseen. Jos tie on pääosin auringossa, mutta tiesääaseman anturi on varjossa, niin liikkuva anturi mittaa lämpötilaa aurinkoiselta osuudelta eikä pystynyt havaitsemaan pientä poikkeamaa tien lämpötilassa.

Kelianturi sopii hyvin tiestön kylmien paikkojen löytämiseen ja antamaan kokonaiskuvaa tiestön lämpötilasta. Teille, joilla ei ole montaa tiesääasemaa, kelianturilla mittaus toisi hyödyllistä informaatiota kylmien paikkojen sijainnista ja siten parantaisi työnjohtajien aluetuntemusta omalla urakka-alueellaan. Kelianturia kannattaisi käyttää jatkossa juuri kylmien paikkojen havaitsemiseen ja reaaliaikaiseen kelinseurantaan.

Avainsanat

talvikunnossapito, tien lämpötila, hoidonjohtourakka, tiesääasema, lämpötilakartoitus

RIIHIMÄKI

Traffic and Transport Management

Author

Pilvi Hyvönen

Year 2015

Subject of Bachelor's thesis

Thermal mapping on route vt1 in the Espoo project managed performance based maintenance contract area

ABSTRACT

The commissioner of this thesis project was YIT Rakennus Oy with Tiina Talja, the service manager of Service Centre PANU, acting as the supervisor of the project. The thesis is a study related to an ongoing project and its aim was produce more information to support the initiation of counter measures against slipperiness.

The empirical part of the project included carrying out thermal mapping on route 1 in the area of Espoo Project Managed PBMC. The measurements were conducted by driving through both lanes of the highway while using the RCM411 optical road condition monitor by Teconer Oy. There have been no previous thermal mapping conducted at YIT nor was there any experience about the use of a road condition monitor.

The purpose of this study was to compare the data produced by the road condition monitor with the data from the road weather stations positioned along the route as well as to examine the representativeness of the road weather stations and look for cold areas on the road. The goal was to improve road safety and the correct timing of salting while reducing the use of salt.

The measured values were generally higher than those received from the road weather stations. The position and the shadowing of the sun were much more significant factors than the position of the vehicle while measuring road temperatures. For example when the road was mainly in shade but the sensor of the road weather station happened to be located in the sunlight, a moving vehicle could not detect the slight deviation in the road temperature. This explains why the data produced by the road condition monitor differed by approximately ± 1 °C in comparison to the data from the road weather stations.

The road condition monitor is very suitable for finding cold areas on the road as well as for forming an extensive overview of the temperatures on the road network. Conducting measurements with the road condition monitor on roads with few road weather stations would provide useful information about the locations of cold areas and thus improve the foremen's knowledge of their area of responsibility. The road condition monitor

should from here on be used for locating cold areas as well as for road condition tracking.

Keywords winter maintenance, road temperature, road weather station, temperature mapping

.

Pages 39 p.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	TIESTÖN TALVIHOITOLUOKAT	2
2.1	Hoitoluokka Is.....	4
2.2	Hoitoluokka I.....	4
2.3	Hoitoluokka Ib	5
2.4	Hoitoluokka II.....	6
2.5	Hoitoluokka III.....	6
3	LAATUVAATIMUKSET JA TOIMENPIDEAIKA	7
3.1	Ajoradan kitka.....	7
3.1.1	Laatuvaatimukset syksyllä 2015 alkavissa alueurakoissa.....	8
3.2	Tarkennuksia hoitoluokille Is ja I	10
3.2.1	Liukkaudentorjunta kylmissä olosuhteissa.....	10
3.2.2	Liukkaudentorjunta lumisateen yhteydessä	11
4	LIUKKAUDENTORJUNTA	12
4.1	Suolauksen ajoitus.....	13
4.2	Suolan annostussuosituksset	14
5	KELINSEURANTA	15
5.1	YIT Palvelukeskus PANU	15
5.2	Tiesääasemat.....	18
6	TIEN LÄMPÖTILAAN VAIKUTTAVAT OLOSUHTEET	19
6.1	Vuodenaika	20
6.2	Pilvisyys	21
6.3	Tuuli	22
6.4	Sää.....	22
6.5	Sade	23
6.6	Vuorokauden aika	24
6.7	Liikenne	25
6.8	Maaston muodot.....	25
7	KELIOLOSUHTEET.....	26
7.1	Musta jää	26
7.2	Kuura.....	27
7.3	Jäätävä sade	28
8	RCM411™ KELIANTURI	29
8.1	Ominaisuudet ja edut.....	31
9	ESPOO 2014 - 2019 HOIDONJOHTOURAKKA.....	32
9.1	HUMPPA.....	32
9.2	Vt1 Helsinki - Turku	33

9.3 Mittaukset	34
10 TULOKSET JA ANALYYSI.....	34
10.1 Jatkotoimenpiteet	36
LÄHTEET	38

1 JOHDANTO

YIT Rakennus Oy Infrapalvelut on teiden kunnossapidon urakoiden toiseksi suurin palveluntuottaja Suomessa. Vuonna 2014 YIT Rakennus Oy voitti pilottikohteeksi valitun Espoon Hoidonjohtourakan vuosille 2014 – 2019. Liikennevirasto yhdessä ELY-keskusten ja muiden asiantuntijoiden kanssa on käynnistänyt Hoidonjohtourakaprojektin (Humppa), jossa pyritään laatimaan ensimmäisessä vaiheessa maanteiden hoidolle projektinjohtourakkaa vastaava malli. Urakka-alueella oleva valtatie 1 kuuluu hoitoluokkaan Is vilkkaat, joten liukkaudentorjunta on tehtävä aina ennakoiden.

Tiesääasemien data on merkittävässä roolissa teiden kunnossapitoa ajatellen. Monet suolauslähdöt perustuvat tiesääasemien antamaan dataan. Tiesääasemia alettiin rakentaa 30 vuotta sitten ja sähkön lisäksi silloin tarvittiin myös lankapuhelinyhteys. Tiesääasemia ei ole saatu sijoitettua haluttuihin paikkoihin. Opinnäytetyö on nykyiseen työhön liittyvä tutkimus, jonka tarkoituksena on tuottaa lisätietoa päätöksen tueksi liukkaudentorjunnan toimenpiteiden aloittamisessa Espoon Hoidonjohtourakan Vt1 tiestöllä ja siten parantaa liikenneturvallisuutta sekä teiden kunnossapidon laatua. Tavoitteena on myös vähentää suolan määrää sekä oikea-aikaistaa suolauslähtöjä. Opinnäytetyössä selvitetään tiesääasemien sijainnin edustavuutta tien lämpötilakartoituksen avulla ja tutkitaan tiestön kylmiä paikkoja. Tien lämpötilaa mitataan Teconerin RCM411 optisella kelianturilla ja mittauksessa ajetaan moottoritien molemmat kaistat.

Tämän opinnäytetyön ja jatkotoimenpiteiden kannalta oleellisia kysymyksiä ovat lisäksi:

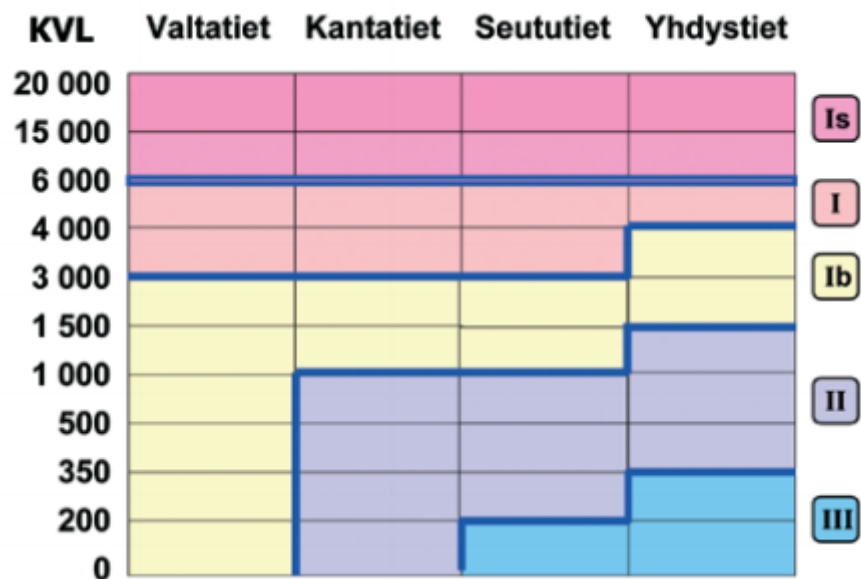
- Saavutetaanko liikkuvalla mittauslaitteella tehdyillä havainnoilla parempaa ja luotettavampaa tietoa ja voidaanko sitä käyttää päätöksenteossa?
- Onko taloudellisesti järkevää sijoittaa liikkuvaan optiseen kelianturiin vai onko tiesääaseman tuottama data riittävää?
- Voidaanko liikkuvan anturin mittauksista luoda tielle lämpötilakartoitus?

Opinnäytetyö on tehty mittauksien lisäksi pienimuotoisina haastatteluina, asiakirjatutkimuksena ja työn tekijän omiin kokemuksiin perustuen.

2 TIESTÖN TALVIHOITOLUOKAT

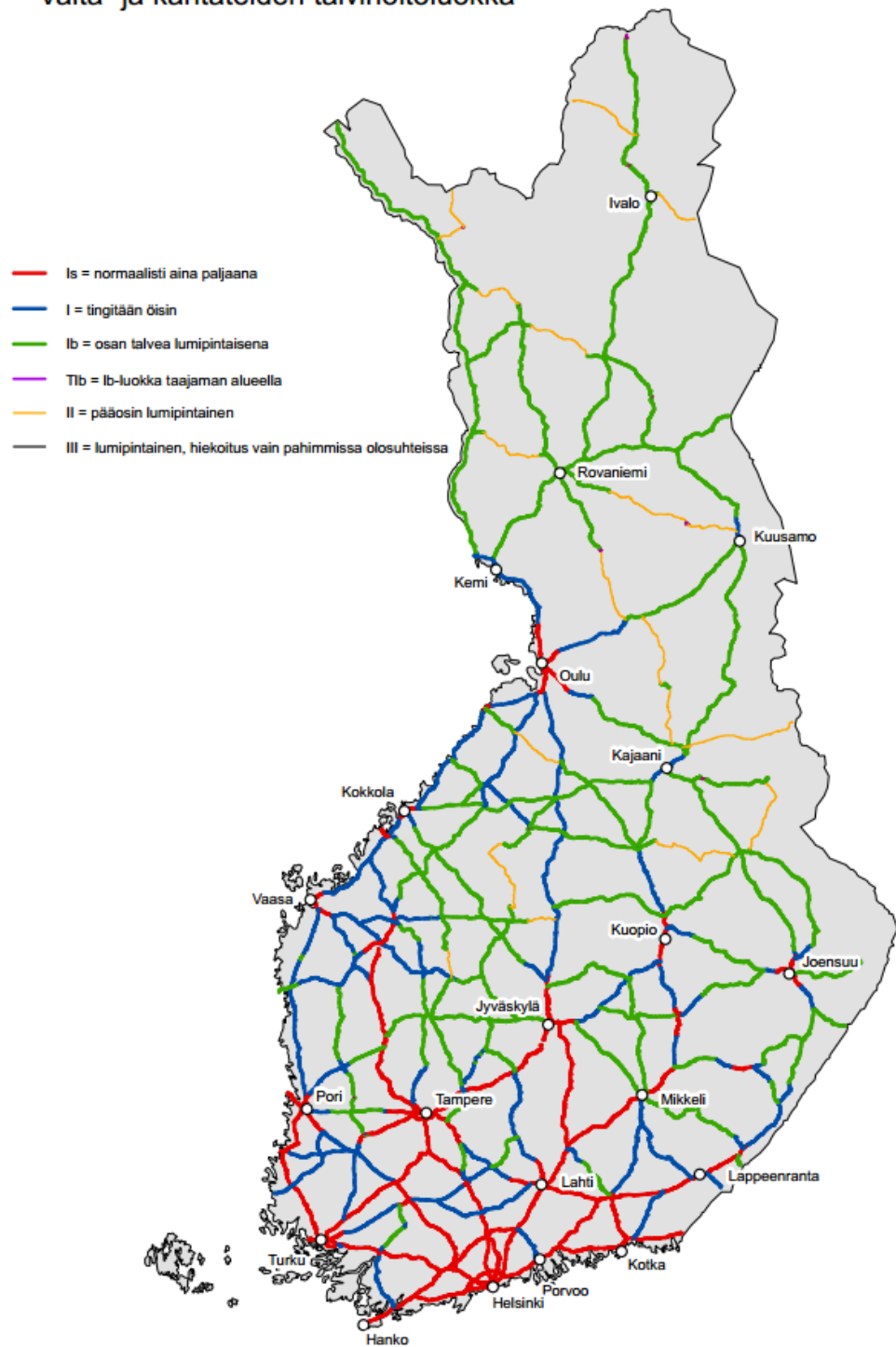
Suomessa käytetään yhtenäistä tiestön talvihoitoluokitusta (kuva 1) ja palvelutaso määräytyy tien liikennemäärän, liikenteen luonteen ja koostumuksen, toiminnallisen luokan ja alueen ilmaston mukaan. Tien hoitoluokkaa päätettäessä otetaan huomioon luokkakriteerien lisäksi laadullinen kytkentä kunnan tieverkon palvelutasoon. Tien nopeustaso ja talvihoidon taso ovat sovitettava yhteen. Tieluokat päätetään yhteysväleittäin niin, että ne toimivat tienkäyttäjän kannalta selkeästi eivätkä laatuerot aiheuta yllätyksiä. (Tiehallinto, 2008.)

Tieverkko on jaettu viiteen varsinaiseen hoitoluokkaan Is, I, Ib, II ja III (kuva 2). Lisäksi taajamissa voidaan käyttää Ib -luokan sijaan taajamaluokkaa Tib. Kevyen liikenteen väylät on jaettu K1 - ja K2 hoitoluokkaan.



Kuva 1. Tieverkon karkea jako talvihoitoluokkiin (Tiehallinto, 2008)

Valta- ja kantateiden talvihoitoluokka



Kuva 2. Valta- ja kantateiden talvihoitoluokka (Tiehallinto, 2008)

2.1 Hoitoluokka Is

Tässä tutkimuksessa mittaukset tehdään Is -luokalla, joka on korkein laatuvaatimusluokka. Korkeimmalla hoitoluokalla tie on pääosin paljas. Keski- ja Pohjois-Suomessa sekä maan eteläosassa kylminä ajanjaksoina tiellä voi olla jonkin verran pitkittäisiä ohuita polannekaistoja. Polanne on pakkautunut lumi- tai jääharjannetta tiessä. Pitkinä pakkaskausina, jolloin suolaus ei ole mahdollista, voi tien pinta olla osittain jäinen. Liukkaudentorjunta tehdään pääsääntöisesti ennakoivilla toimenpiteillä. (Tiehallinto, 2008.)

Kriteerejä korkeammalle hoitoluokalle:

- Raskaan liikenteen suuri määrä
- Keskimääräistä enemmän vientikuljetuksia, transito – liikennettä, vaarallisten aineiden kuljetuksia tai erikoiskuljetuksia
- Säännöllinen linja-autoliikenne
- Koulutaksiliikenne
- Tien geometria on pääverkolla sellainen, että turvallinen liikkuminen edellyttää tehostettua talvihoitoa

Hoitoluokan Is tiestöä (kuva 3) on 3 217 kilometriä, mikä on 42 % liikenteestä (Liikennevirasto, 2015).



Kuva 3. Hoitoluokka Is (vt1, Tieyhtiö Ykköstie)

2.2 Hoitoluokka I

Hoitoluokan I tie on suurimman osan ajasta paljas tai siinä voi esiintyä kaapeita, matalia polannekaistoja ajokaistojen ja ajourien välissä. Sään muutostilanteissa ja yöaikaan tiellä voi olla lievää liukkautta. Liukkauden ongelmatilanteet pyritään estämään ennakoivasti liukkaudentorjunnalla. (Tiehallinto, 2008.)

Hoitoluokan I tiestöä (kuva 4) on 3 831 kilometriä, mikä on 17 % liikenteestä (Liikennevirasto, 2015).



Kuva 4. Hoitoluokka I (Liikennevirasto, 2015)

2.3 Hoitoluokka Ib

Hoitoluokan Ib tie hoidetaan pääosin ilman suolaa. Tien pinta on liikennemäärästä ja säästä riippuen osittain paljas, osittain tiellä on polannekaistoja tai tie voi olla kokonaan lumipolanteen peittämä. Tiellä on ongelmallisimpia sääolosuhteita lukuun ottamatta hyvä talvikeli, joka ei ole paljaan asfaltin veroinen, mutta riittävän turvallinen tienkäyttäjien liikkuesssa vallitsevien olosuhteiden mukaisesti. Polanneurat ja -pinta tasataan mahdollisimman tasaiseksi. Liukkaus torjutaan suolalla vain syys- ja kevätliukkailla sekä liikenneturvallisuuksi erityisesti vaarantavissa ongelmatilanteissa. (Tiehallinto, 2008)

Hoitoluokan Ib + TIb -tiestöä (kuva 5) on 10 377 kilometriä, mikä on 22 % liikenteestä (Liikennevirasto, 2015).



Kuva 5. Hoitoluokka Ib (Liikennevirasto, 2015)

2.4 Hoitoluokka II

Hoitoluokan II tien pinta on pääosin polannepintainen ja polanne voi olla osittain urautunut. Tiellä on normaalitilanteissa riittävä kitka ja tasaisuus maltilliseen liikennöintiin. Risteysalueet, mäet ja kaarteet hiekoitetaan niin, että normaali liikkuminen on turvallista.

Ongelmallisimmilla keleillä tie linjahiekoitetaan kokonaan. Vaikeissa säätilanteissa, esimerkiksi sään äkillisesti lauhtuessa tai heti lumisateiden jälkeen liikenteeltä edellytetään varovaisuutta. (Tiehallinto, 2008.)

Hoitoluokan II tiestöä (kuva 6) on 19 916 kilometriä, mikä on 14 % liikenteestä (Liikennevirasto, 2015).



Kuva 6. Hoitoluokka II (Liikennevirasto, 2015)

2.5 Hoitoluokka III

Hoitoluokan III tie on pääosan aikaa polannepintainen ja paikoin voi olla uria. Pakkaskeleillä ajo-olosuhteet ovat pääosin tyydyttävät. Sään muuttuessa keli voi olla useiden tuntien ajan ongelmallinen, jolloin ajaminen vaatii erityistä varovaisuutta. (Tiehallinto, 2008.)

Hoitoluokan III tiestöä (kuva 7) on 40 916 kilometriä, mikä on 6 % liikenteestä (Liikennevirasto, 2015).



Kuva 7. Hoitoluokka III (Liikennevirasto, 2015)

3 LAATUVAATIMUKSET JA TOIMENPIDEAIKA

Talvikunnossapitoa tehdään niiden laatuvaatimusten pohjalta, jotka tienpiittäjä eli Liikennevirasto ja alueelliset ELY-keskukset asettavat.

3.1 Ajouradan kitka

Ajouradan kitkan määrittäminen perustuu silmämääräiseen havaintoon, ajotuntumaa sekä kitkan mittaukseen (taulukko 1).

Taulukko 1. Kitka-arvon ja kelin vastaavuus (Tiehallinto, 2009)

0,00 - 0,14	0,15 - 0,19	0,20 - 0,24	0,25 - 0,29	0,30 - 0,44	0,45 - 1,00
pääkallokeli, märkä jää, erittäin liukas	jäinen liukas	sileä polanne, tyydyttävä talvikeli	pitävä jää- ja lumipolanne, hyvä talvikeli	paljas ja märkä, pitävä keli	paljas ja kuiva, pitävä keli

Ajouradan kitka on pidettävä sellaisena, että se mahdollistaa sujuvan ja turvallisen tieliikenteen. Kitkavaatimus on esitelty taulukossa 2.

Tien lämpötilakartoitus vt1:llä Espoon Hoidonjohtourakan alueella

Taulukko 2. Kitkavaatimus (Tiehallinto, 2009)

Talvihoito-luokka	Kitkavaatimus	Kitkavaatimus kylmässä	Toimenpideaika (h)
Is	0,30	< -6 °C, kitka 0,25	2 h vilkailla 0 h
I	0,28	< -4 °C, kitka 0,25	2 h
Ib ja Tlb	0,25 syys- ja kevättalvi 0,25 pistehiekoitus vakiintunut talvi 0,22 linjakäsittely vakiintunut talvi		3 h (suolaus) 4 h (hiekoitus)
II	karhennettu pinta, ongelmakohteet pistehiekoitetaan (ks. luku 3.3.3)		6 h (linjahiekoitus)
III	karhennettu pinta, ongelmakohteet pistehiekoitetaan (ks. luku 3.3.3)		8 h (linjahiekoitus)

"Kitkavaatimus edellyttää, että tienpinta täyttää sen liikenteen normaalisti käyttämällä tieosalla siten, että vähintään puolet ajokaistan leveydestä on kitkavaatimuksen mukainen. Kelit, joilla kitkavaatimus toteutuu keskitiellä ja ajourien välissä, mutta ei ajourissa, eivät täytä vaatimusta. Leveäkaistatiellä kitkavaatimuksen on täytyttävä myös ohittavan liikenteen ajourien alueella.

Lämpötilaraja tarkoittaa alinta tienpinnan lämpötilaa, missä kitkavaatimus 0,30 on voimassa Is talvihoitoluokan teillä ja 0,28 talvihoitoluokan I teillä. Lämpötilan ollessa raja-arvoa kylmempi Is ja I teiden kitkavaatimus on 0,25." (Tiehallinto, 2009)

3.1.1 Laatuvaatimukset syksyllä 2015 alkavissa alueurakoissa

Ajoradan kitka on pidettävä sellaisena, että se mahdollistaa sujuvan ja turvallisen tieliikenteen. Kitkavaatimus on esitetty taulukoissa 3 ja 4.

Tien lämpötilakartoitus vt1:llä Espoon Hoidonjohtourakan alueella

Taulukko 3. Ajouradan kitkavaatimukset hoitoluokille Is, I, Ib ja TIb (Tiehallinto, 2015)

Talvihoitoluokka	Kitkavaatimus	Kitkavaatimus kylmässä	Toimenpideaika (h)
Is	0,30	< -6°C, kitka 0,25	2 h, vilkkailla 0 h
I	0,28	< -4°C, kitka 0,25	2 h
Ib ja TIb	0,25 syys- ja kevättalvi		3 h (suolaus)
	0,25 pistehiekoitus vakiintunut talvi		0 h
	0,22 linjakäsittely vakiintunut talvi		4 h (linjahiekoitus)

"Kitkavaatimus taulukkoon 3 liittyen edellyttää, että tienpinta täyttää sen liikenteen normaalisti käyttämällä tieosalla siten, että vähintään puolet ajokaistan leveydestä on kitkavaatimuksen mukainen. Kelit, joilla kitkavaatimus toteutuu keskitiellä ja ajourien välissä, mutta ei ajourissa, eivät täytä vaatimusta. Leveäkaistatiellä kitkavaatimuksen on täytyttävä myös ohittavan liikenteen ajourien alueella." (Tiehallinto, 2015.)

Taulukko 4. Ajouradan toimenpiderajat hoitoluokille II ja III (Tiehallinto, 2015)

Talvihoitoluokka	Toimenpideraja	Toimenpideaika (h)
II	0,25 erityisten ongelmakohtien pistehiekoitus	0 h
	0,20 laajennettu pistehiekoitus	3 h
	0,17 linjahiekoitus	6 h
III	0,25 erityisten ongelmakohtien pistehiekoitus	0 h
	0,20 laajennettu pistehiekoitus	4 h
	0,17 linjahiekoitus	8 h

Toimenpiderajan yhteydessä taulukkoon 3 liittyen kitka mitataan edellä kuvattua periaatetta noudattaen.

"Ongelmakohteissa, joissa ei voida mitata kitkaan, mittaus suoritetaan vastaavissa olosuhteissa lähimmällä mahdollisella paikalla. Tällöin on kuitenkin huomioitava, että esimerkiksi liittymäalueet ovat yleensä ympäristöään liukkaampia. Kuitenkin liukkaus on aina torjuttava liikenteen tarpeen mukaan.

Lämpötilaraja tarkoittaa alinta tienpinnan lämpötilaa, missä kitkavaatimus 0,30 on voimassa Is talvihoitoluokan teillä ja 0,28 talvihoitoluokan I teillä. Lämpötilan ollessa raja-arvoa kylmempi Is ja I teiden kitkavaatimus on 0,25." (Tiehallinto, 2015.)

3.2 Tarkennuksia hoitoluokille Is ja I

Liukkaudentorjunta on ennakoivaa. Kaikki jäätämistilanteet torjutaan ennakoivalla suolauksella niin, että liukkaus vältetään tai ainakin liukkauden haitta ja kesto minimoidaan. Erityisesti vilkkaan liikenteen ajankohdat on hoidettava hyvin ennakoiden. Tiukennuksia:

- Syksyn ja kevään mustan jään syntyminen torjutaan ennakoiden niin, että liukkaus vältetään. Mustalla jäällä tarkoitetaan tässä kaikkia jäätämistilanteita, jotka ovat estettävissä pienellä suolamäärällä.
- Vilkkailta Is teillä kvl -> 15 000 ajon/vrk kaikki jäätämistilanteet torjutaan ennakoiden niin, että liukkaus vältetään.(Tiehallinto, 2009.)



Kuva 8. Is hoitoluokan teillä liukkaudentorjunta on ennakoivaa. Kaikki jäätämistilanteet torjutaan ennakoivalla suolauksella. (Talja, 2014)

Suolauksen tavoitteena on laatuvaatimusten ylläpito optimaalisen vähällä suolamäärällä siten, että tie tulee nopeasti pitäväksi ja kuivaksi.

3.2.1 Liukkaudentorjunta kylmissä olosuhteissa

"Kun kitka-arvon ennakoidaan putoavan lämpötilarajan kylmemmällä puolella alle 0,25, on harkittava tarkkaan voidaanko suolaa käyttämällä turvata kitkataso 0,25 joutumatta suolauksen uusimiskierteeseen. "(Tiehallinto, 2009.)

Kovilla pakkasilla kannattavinta on kevyt suolaus, jos joudutaan linjaliukkauden torjuntaan. Tällä vältetään suolauksen uusimiskierre (Vilja, haastattelu 22.4.2015).

Tien lämpötilakartoitus vt1:llä Espoon Hoidonjohtourakan alueella

Mikäli olosuhteet ovat suolaukselle huonot (vähäinen liikenne ja tienpinnan lämpötila paljon alle lämpötilarajan) on huolehdittava ensisijaisesti erityiskohteiden kuten risteysten ja mäkien suolahiekoituksesta toimenpideajassa. Liukkaus on torjuttava koko linjalla kun kitka-arvon 0,22 ennakoidaan alituvan. (Tiehallinto, 2009.) Syksyllä 2015 alkavissa urakoissa urakoitsijalla tulee olla varastossa riittävästi suolahiekkaa pakkasliukkauden torjumiseksi (Tiehallinto, 2015).

Nykyaikana kun käytetään paljon kitkarenkaita, ei liikenne riko tiellä olevaa jääkerrosta. Jos ennusteessa kastepiste on kuivattavan puolella, yhtenä vaihtoehtona on täysin suolattoman hienon hiekan käyttö. Hiekka rikkoo ohutta jääkerrosta renkaiden alla parantaen tien kitkaa ja nopeuttaen tien kuivumista. (Sihvonen, haastattelu 30.4.2015)

3.2.2 Liukkaudentorjunta lumisateen yhteydessä

Lumisateella liukkautta on torjuttava ylläpitämällä tielinjalla ja erityisesti liittymissä liikenteen sujuvuuden ja turvallisuuden varmistavaa kitkatasoa. Vähäisten lumisateiden aikana ylläpidetään vaatimuksen mukaista kitkaa.



Kuva 9. YIT:n aura-auto

"Lumisateen päätyttyä liukkaus on torjuttava toimenpideajassa (taulukko 5), mikäli kitkavaatimus alittuu. Kun lumisateen päätyttyä aurataan ja suolataan samanaikaisesti, noudatetaan yhdistettynä toimenpideaikana aurauksen toimenpideaikaa." (Tiehallinto, 2009)

Jatkuvan lumisateen aikana, varsinkin erityiskohteissa kuten risteykset ja rampit, aurauksen yhteydessä suolaus on ainoa keino pitää yllä turvallisuuden varmistavaa kitkatasoa (Vilja, haastattelu 22.4.2015) Jatkuvan lumisa-

Tien lämpötilakartoitus vt1:llä Espoon Hoidonjohtourakan alueella

teen aikana auraustyön yhteydessä lumi pidetään irtonaisena kevyellä suolalla, jotta sateen loputtua saadaan tie aurattua nopeasti laatukriteerien mukaiseen kuntoon. Päätökset suolamäärästä tehdään lumisateen olomuodon ja tarpeen mukaan. (Sihvonen, haastattelu 30.4.2015)

Taulukko 5. Aurauksen toimenpideaika (Tiehallinto, 2009)

Talvihoitoluokka	Is	I	Ib ja TIb	II	III	K1	K2
Maksimilumisyyvyys sateen aikana	4 cm	4 cm	4 cm	8 cm	10 cm	3 cm	4 cm
Puhtaana sateen päättymisestä	2,5 h (sohjo 2 h)	3 h (sohjo 2,5 h)	3 h	4 h	6 h	3 h	4 h
<ul style="list-style-type: none">- Auraus käynnistettävä viimeistään kun puolet maksimilumisyyvyydestä on kertynyt (ns. lähtökynnys).- Maksimilumisyyvyys ei saa ylittyä sateen aikana ja toimenpideaikana sen jälkeen.- Sohjoa sallitaan vain puolet lumen määrästä.- Toimenpideaika alkaa kun sade loppuu ja päättyy kun ajokaistat on aurattu puhtaaksi.- Kun sade päättyy klo 22 jälkeen, aurataan K1 väylät klo 06 ja K2 väylät klo 07 mennessä.- Luokissa K1 ja K2 maksimilumisyyvyys yöllä klo 22:00 - 06:00 (07:00) on 8 cm.							

4 LIUKKAUDENTORJUNTA

Liukkaudentorjunnalla estetään liukkauden synty tai parannetaan tienpinnan kitkaa kemiallisesti tai mekaanisesti. Paljaana pidettävillä teillä (6500 kilometrillä Suomen koko tiestöstä) käytetään vuorisuolaa eli natriumkloridia NaCl. Harvemmin käytetään liuksena kalsiumkloridia CaCl. (Tiehallinto, 2001)

Tiesuolan vaikutuksia pohjaveteen on tutkittu ja riskialttiiksi havaituilla alueilla pohjaveden laatua seurataan säännöllisesti. Pohjavesialueilla, joilla ei ole tehty pohjavesisuojausta, suolan käyttöä pyritään vähentämään tai lopettamaan kokonaan, mikäli se liikenneturvallisuutta vaarantamatta on mahdollista. (ELY- keskus, 2015). Tällä hetkellä kaliumformiaattia käytetään muutamilla pohjavesialueilla ja vaikutuksia tutkitaan.



Kuva 10. YIT:n suola-auto

Liikenteen sujuvuuden ja turvallisuuden varmistamiseksi tien pintaan pyritään saamaan mahdollisimman hyvä kitka myös talviaikaan. Nykyisin tie-liikennejärjestelmältä edellytetään talviaikaankin hyvää sujuvuutta ja turvallista liikennöintimahdollisuutta, erityisesti päätieverkolla. Teitä suolataan, jotta tien pinta olisi talvellakin riittävän pitävä ja jotta liikenne sujuisi ja olisi turvallista. Vilkailla teillä pienikin liukkaus saattaa johtaa vakaviin seurauksiin. (Liikennevirasto, 2015)

4.1 Suolauksen ajoitus

Tyypillisimmät suolaustilanteet ovat ennen märän, kostean tai kostuvan tienpinnan jäätymistä tapahtuva ennakkosuolaus sekä ennen lumisadetta tapahtuva suolaus, jonka avulla estetään lumen ”tamppaantuminen” polanteeksi tienpintaan. Poikkeuksena pakkaslumen alle suolaus, jota on tarkoin harkittava sillä pakkaslumi ei tartu kuivaan tienpintaan ja liikenne sekä tuuli saattaa pitää tien paljaana. Myös kuuraantuvia teitä pyritään suolaamaan ennen kuin kuuraa on muodostunut niin paljon, että tienpinnan pito on huonontunut liiaksi. Suolaa tarvitaan viimeistään silloin, jos tien pinta on päässyt syystä tai toisesta liian liukkaaksi. Ennakkosuolausta käytettäessä suolamäärä on huomattavasti pienempi, kuin jos suolattaisiin jo jäätynyttä tien pintaa.

Suolaa käytetään lähinnä silloin, kun tien lämpötila on -4 (-6) °C tai sitä lämpimämpi. Erittäin vilkasliikenteisillä teillä voidaan käyttää suolaa kovemmallakin pakkasella. Kovilla pakkasilla ei kuitenkaan suositella suolausta, vaan liukkaudentorjuntaan käytetään hiekkaa. (ELY-keskus, 2015)

4.2 Suolan annostussuosituks

Suola-annosten valinnassa on otettava huomioon mm. seuraavat tekijät:

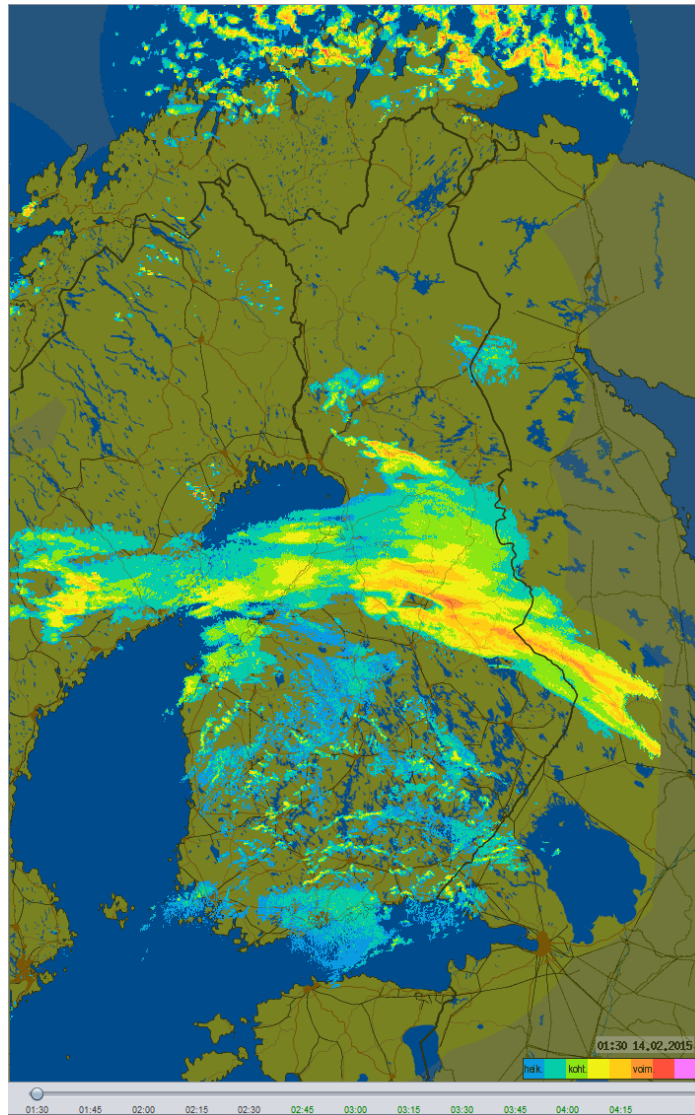
- tienpinnan lämpötila ja ennustettu muutos
- tienpinnan kosteus ja ennustettu muutos
- tienpinnan liukkaan peitteen määrä ja laatu
- mahdollisen sateen määrä ja laatu
- liikennemäärä ja sen kehittyminen
- suolausmenetelmä
- ennakoiva, oikea-aikainen työ minimoi tarvittavan suola-annoksen.(Tiehallinto, 2001)
- vanha suola

Taulukko 6. Liukkaudentorjunnan annokset g/m² eri menetelmillä. (Tiehallinto, 2001)

Tienpinta	Suolaliuosta					Kostutettua suolaa				
	Tienpinnan lämpötila					Tienpinnan lämpötila				
	0°	-2	-4	-6	-8	0°	-2	-4	-6	-8
Vähän kostea Havaittavasti tumma päällyste, laikukas Paikoin mustaa jäätä	10	10	10	10	10	5	5	5	5	5
Kostea Selvästi tumma päällyste Jäätynäänä tumma, vähän kuuraa, valot eivät heijastu	10	20	20	20	-	5	10	10	10	10
Märkä Sumuilmio alkaa kuorma-autojen perässä Jäätynäänäkin näyttää märältä, valot heijastuvat	20	30	40	-	-	10	15	15	15	20
<ul style="list-style-type: none"> • Hyvin märkää tietä ei yleensä suolata. • Lumisateen aikana kostutettua suolaa tarvittaessa auratulle pinnalle 10 – 20 g/m². • Liuos 5 g/m² voi vähentää pakkasliukkaita, menetelmä vaatii vilkkaan liikenteen. • Alijäähtynyt sade tai muu ongelmatilanne saattaa vaatia suuremman annoksen. • Kalsiumkloridiliuoksella (32-prosenttinen) taulukon arvoja alennetaan noin 25 %. 										

5 KELINSEURANTA

Urakoitsijat seuraavat jatkuvasti sää- ja kelitietoja sekä ennusteita olosuhteiden muuttumisesta. Apuna kelinseurannassa käytetään tiesääasemien antamaa tietoa, kelikameroita ja satelliitti -sekä tutkakuvaa (kuva 11).



Kuva 11. Tutkakuvaa (Intrinway, 2015)

5.1 YIT Palvelukeskus PANU

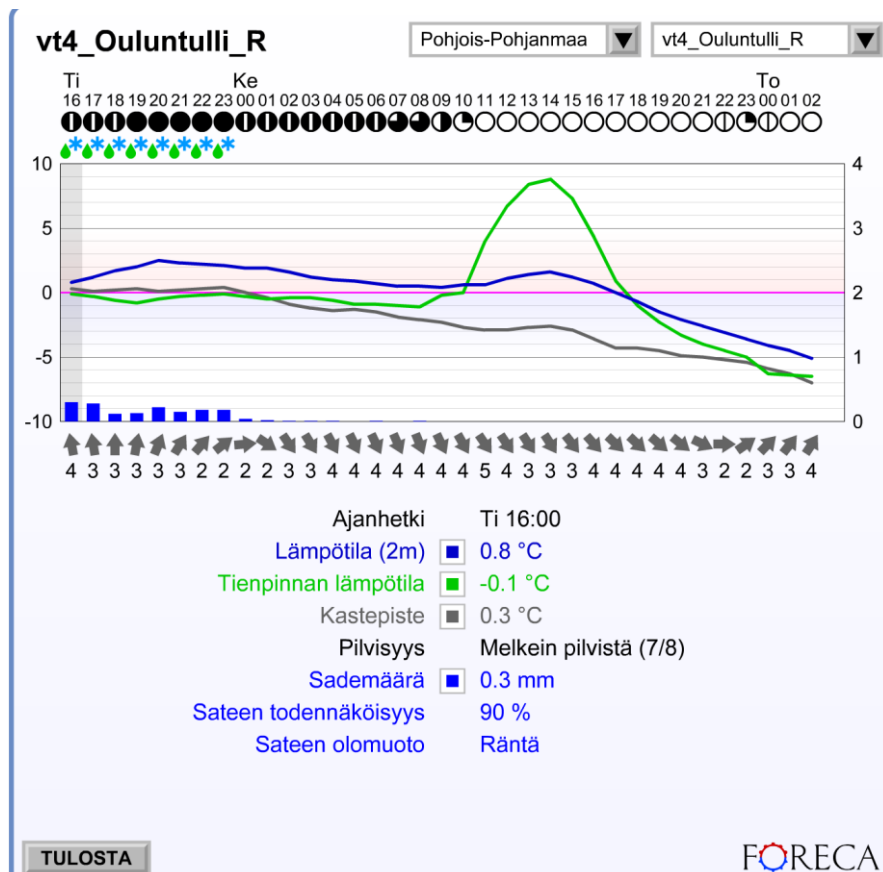
Palvelukeskus PANU on perustettu vuonna 2012 ja palvelukeskuksen tarkoituksena on palvella kunnossapitourakoitsijaa sähän ja keliin liittyvissä päätöksissä ja toimenpiteissä. Ammattitaitoinen henkilöstö päivystää vuorokauden ympäri vuoden jokaisena päivänä.

Tien lämpötilakartoitus vt1:llä Espoon Hoidonjohtourakan alueella



Kuva 12. Palvelukeskus PANU toimii alueurakoiden säätiedotus- ja kelinhallintakeskuseksi. (YIT, 2015)

Palvelukeskuksessa seurataan sääolosuhteita jatkuvasti satelliitti -ja tutkakuvista sekä tiesääasemien antamista tiedoista. Saadut sääennusteet jalostetaan ajantasaiseksi kelitiedoksi kunnossapitotoimenpiteiden ennakoimiseksi, joka ohjaa ja tukee kunnossapitotoimenpiteiden tarvetta ja oikea-aikaisuutta. YIT:n yhteistyökumppani Foreca tarjoaa erillispalveluita (kuva 13) palvelukeskuksen ja urakan työnjohdon käyttöön.

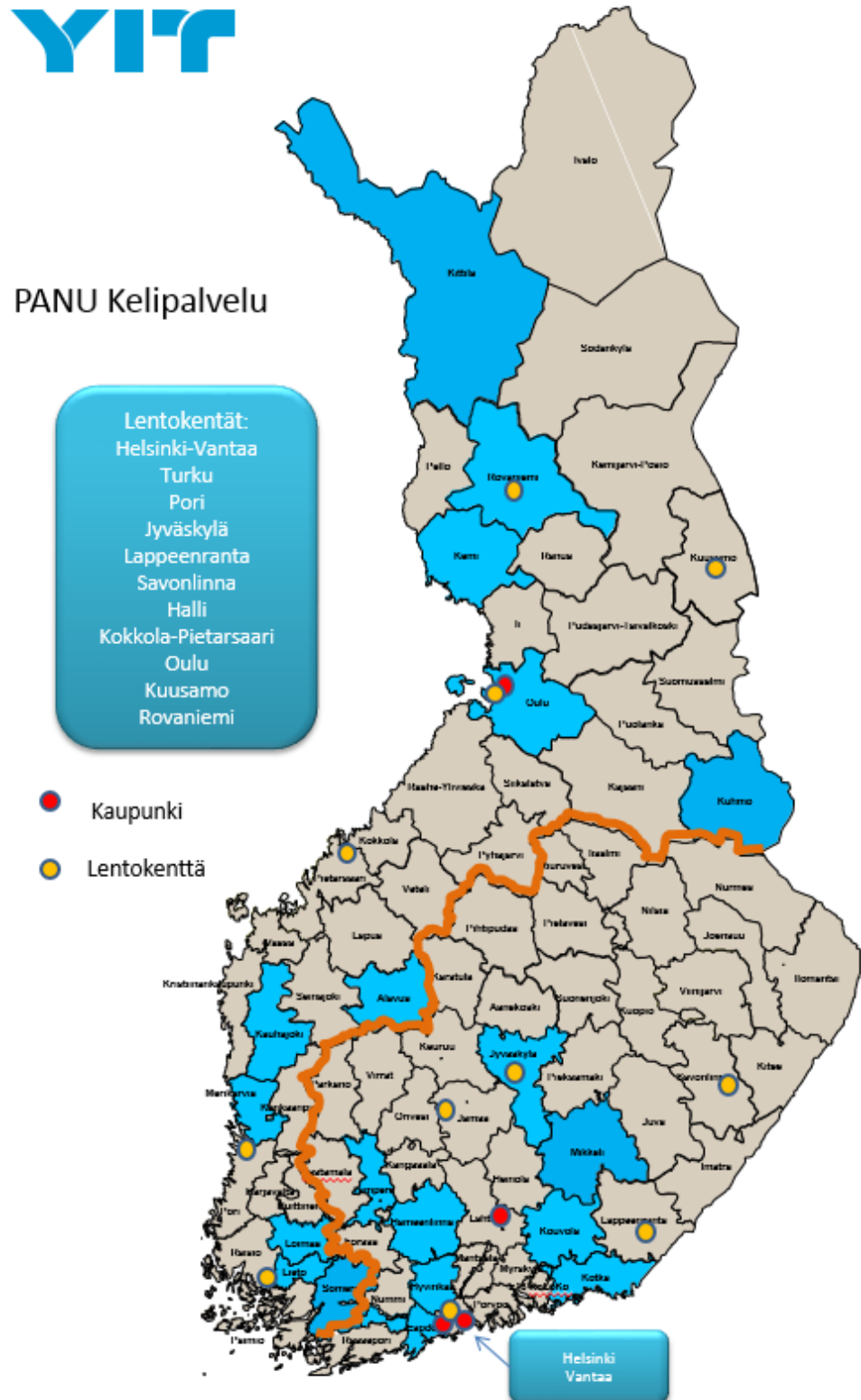


Kuva 13. Forecan tarjoamaa ennustetietoa. Vt4 Ouluntulli.

Tien lämpötilakartoitus vt1:llä Espoon Hoidonjohtourakan alueella

Palvelukeskus PANU:ssa toimii myös palautepalvelu, joka on suunnattu tienkäyttäjille kuntaurakoiden sopimusalueilla. Palvelukeskus myös tiedottaa ja neuvoo kunnossapitoon liittyvistä toimenpiteistä.

Palvelukeskus PANU:n urakat on esitelty karttakuvassa 14.



Kuva 14. PANUn urakat 2014-2015

5.2 Tiesääasemat

Suomen tiesääasemat ovat Vaisala Oyj:n valmistamia ja yhteensä asemia on Suomessa noin 670 kpl ja 392 eri pisteessä (10/2014). Optisia keliantu-reita on noin 180 kpl 145 eri pisteessä. Eniten tiesääasemia on rannikko-seudulla ja eteläisessä Suomessa, missä on enemmän liikennettä ja samoin enemmän sään ja kelin vaihteluita. Kaikkein taajimpaan tiesääasemia on erilaisten keli- ja sääohjattujen tiejaksojen kohdilla. (Kaarto, 2014.) Jokai-sella hoitourakka-alueella on oltava ainakin yksi tiesääasema.

Tiesääasemia alettiin rakentaa 30 vuotta sitten ja sähkön lisäksi silloin tar-vittiin myös lankapuhelinyhteys. Tiesääasemia ei saatu sijoitettua haluttui-hin paikkoihin. Langattomien puhelinyhteyksien ansiosta uudet tiesemat voidaan sijoittaa paremmin, ja vanhoja asemia on siirretty hyödyllisempiin kohteisiin. Sääasemien ja kelikameroidenkin sijoituskohteen valintaan vai-kuttaa liikennemäärät ja keliolosuhteiden vaihtelevuus. Tiesääasemiin käy-tetty taloudellinen panostus tulee takaisin liikenneturvallisuuden ja suju-vuuden parantumisen kautta. (Karjalainen, 2014)



Kuva 15. Tiesääasema (Kaarto, 2014)

Tiesääjärjestelmän pääasiallisena tarkoituksena on antaa teiden kunnossa-pitäjille tietoa tiestöllä vallitsevasta kelistä ja säästä. Järjestelmän avulla kunnossapitotoimenpiteet, liukkaudentorjunta ja auraus voidaan ajoittaa pa-remmin ja liukkaudentorjunta-aineiden määrä voidaan optimoida mahdolli-simman pienelle tasolle.

Tien lämpötilakartoitus vt1:llä Espoon Hoidonjohtourakan alueella

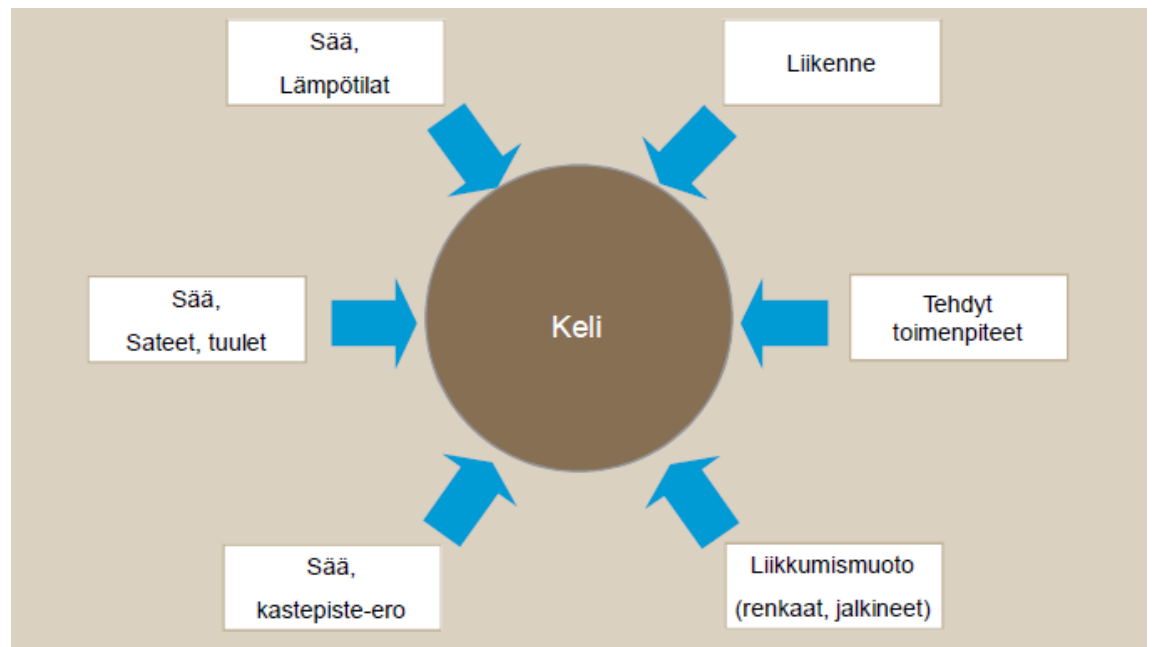
Perinteinen kelianturi asennetaan tielle lähelle ajouraa. Asennuspaikan sijainti vaikuttaa mittaustarkkuuteen. Anturi mittaa erilaisin sähköisin menetelmin tienpinnan kosteutta ja sähkönjohtavuutta. Vaisalan kuituoptisessa tiesääantureissa on mukana optinen mittaussosa parantamassa anturin arvojen luotettavuutta. (Kaarto, 2014) Tiesääaseman anturi sijaitsee n. 2 cm tienpinnan alapuolella.

Suurin osa on Rosa-tiesääasemia erilaisin anturimäärin varustettuina. Jonkin verran on myös ns. kevyempiä tiesääasemia pienemmin anturivalikoimin. Tiesääasemista, niiden anturivalikoimasta ja tiesääjärjestelmästä johtuen samassa pisteessä voi järjestelmän mukaan olla 1-4 tiesääasemaa. Osa anturitiedoista kopioidaan asemalta toiselle, osan anturitiedoista näkyessä vain pääasemalta tai siihen liitetyiltä orja-asemilta. (Ilmatieteenlaitos, 2015.)

Tiesääasemien määrä lisääntyy jonkin verran vuosittain. Eniten määrä on lisääntynyt viime vuosina keli- ja sääohjatun nopeusrajoituksen lisääntymisen vuoksi. Näillä tiejaksoilla tiesääasemia on paljon taajemmassa kuin muualla. Asemien sijoitus määritellään yhdessä urakoitsijoiden ja liikennekeskusten kanssa.

6 TIEN LÄMPÖTILAAN VAIKUTTAVAT OLOSUHTEET

Tien lämpötilaan sekä keliin vaikuttavat monet eri tekijät (kuva 16).



Kuva 16. Tien lämpötilaan ja keliin vaikuttavat olosuhteet (Talja, 2014)

6.1 Vuodenaika

Vuodenajan vaikutus keliin ja tiestön kunnossapitoon on suuri. Syksyisin vuorokautinen lämpötilan vaihtelu on huomattavaa ja sateen olomuoto vaihtelee. Kasteen ja kuuran muodostus on runsasta. Syksyllä tien/kadun rakenne, maalämpö ja eristeet vaikuttavat vielä tien lämpötilaan. Sillat ja rampit jäähtyvät kahteen suuntaan, minkä takia ne jäätyvät usein ensin (kuva 17). Lisäksi sillan alla oleva vesistö lisää kosteutta. Päälystemateriaali vaikuttaa tien/ kadun eristävyys ja säteilylämmön voimakkuuteen. Autoilijoilla on myös monilla vielä kesärenkaat alla. (Talja, 2014)



Kuva 17. Sillat jäähtyvät kahteen suuntaan sekä vesistö lisää kosteutta, minkä takia ne jäätyvät usein ensin. Visuveden silta k66, 17.10.2014. (Liikennevirasto)

Talvella matala- ja korkeapaineet määrittävät keliä. Kelin muutokset ovat hitaampia ja ne ovat paremmin ennustettavissa. Onnettomuuksia sattuu tyypillisesti säätilanteissa, jolloin matalapaine kulkee Suomen eteläpuolitse tai maan eteläosan yli itään. Lunta sataa paljon ja yleensä myös tuulee. (Hartonen, 2008) Tämä ilmiö tunnetaan myös nimellä ”Pietarin lumitykki”.

Kevättä kohti mentäessä vuorokauden lämpövaihtelut ovat suuria ja nopeita. Tiet ja kadut kuivuvat nopeasti, mutta varjopaikkojen ja sulamisvesien jäätyminen aiheuttaa vaaratilanteita. Alemmalla verkolla ongelmatilanteita aiheuttavat myös lauhtumisen johdosta tapahtuva polanteiden pettäminen.



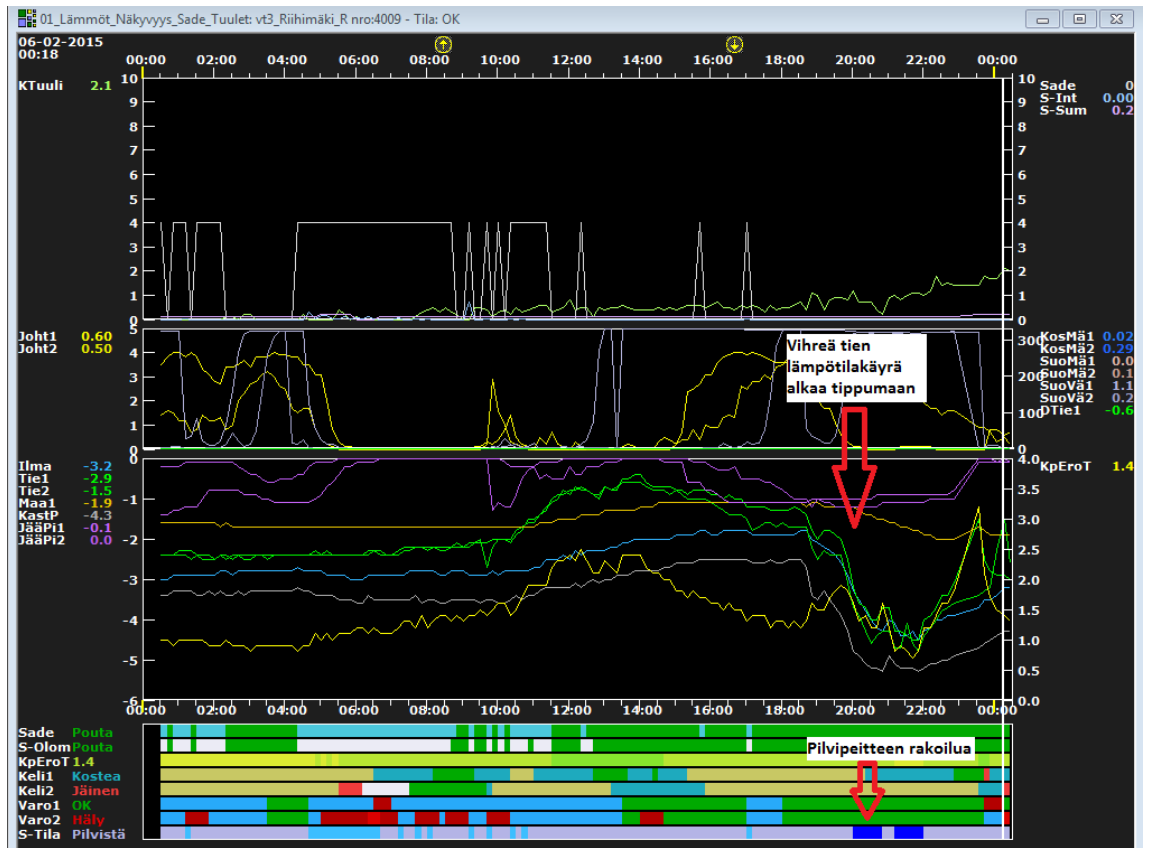
Kuva 18. Keväällä tiet kuivuvat nopeasti, Rajasalmen silta (Liikennevirasto)

6.2 Pilvisuus

Pilvisuus vaikuttaa keliin ja ennen kaikkea tien jäätymiseen. Kun sää on pilvinen, lämpösäteilyä palaa pilvistä takaisin tienpintaan. Kun pilviverho rakoilee, säteilyjäähdyminen voimistuu, niin tienpinta jäähtyy ja jäätyy nopeasti (kuva 19).

Talvikunnossapitoa vaikeuttaa hankalasti ennustettavat paikalliset pilvisyyden muutokset. Pilvipeitteen äkillinen repeäminen voi pudottaa tienlämpötilaa merkittävästi ja aiheuttaa paikallisia tienpinnan jäätyksiä. Pilvipeitteen vaihtelu on vaikeasti ennakoitavissa. Mikäli taivas on selkeä, haihtuu lämpö nopeasti avaruuteen (jopa 4 °C/ h).

Tien lämpötilakartoitus vt1:llä Espoon Hoidonjohtourakan alueella



Kuva 19. Riihimäki vt3 5.2.2015, pilvipeitteen repeämisen vaikutus tien lämpötilaan.

6.3 Tuuli

Idän ja pohjoisen puoleisilla tuulilla ilma on yleensä kuivaa sekä viileämpää, mikä kuivattaa tietä ja kylmentää tienpinnan lämpötilaa. Yleisesti lännestä tai etelänpuolelta puhaltava tuuli tuo mukanaan lämmintä ja kosteata ilmaa, joka voi aiheuttaa kuuran muodostumista. Kylmän pakkasjakson jälkeen, jolloin tienpinnan lämpötilat ovat jäähtyneet (jopa $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$), lämmin etelävirtaus voi aiheuttaa erittäin runsasta kuuran muodostumista lauhtumisen yhteydessä.

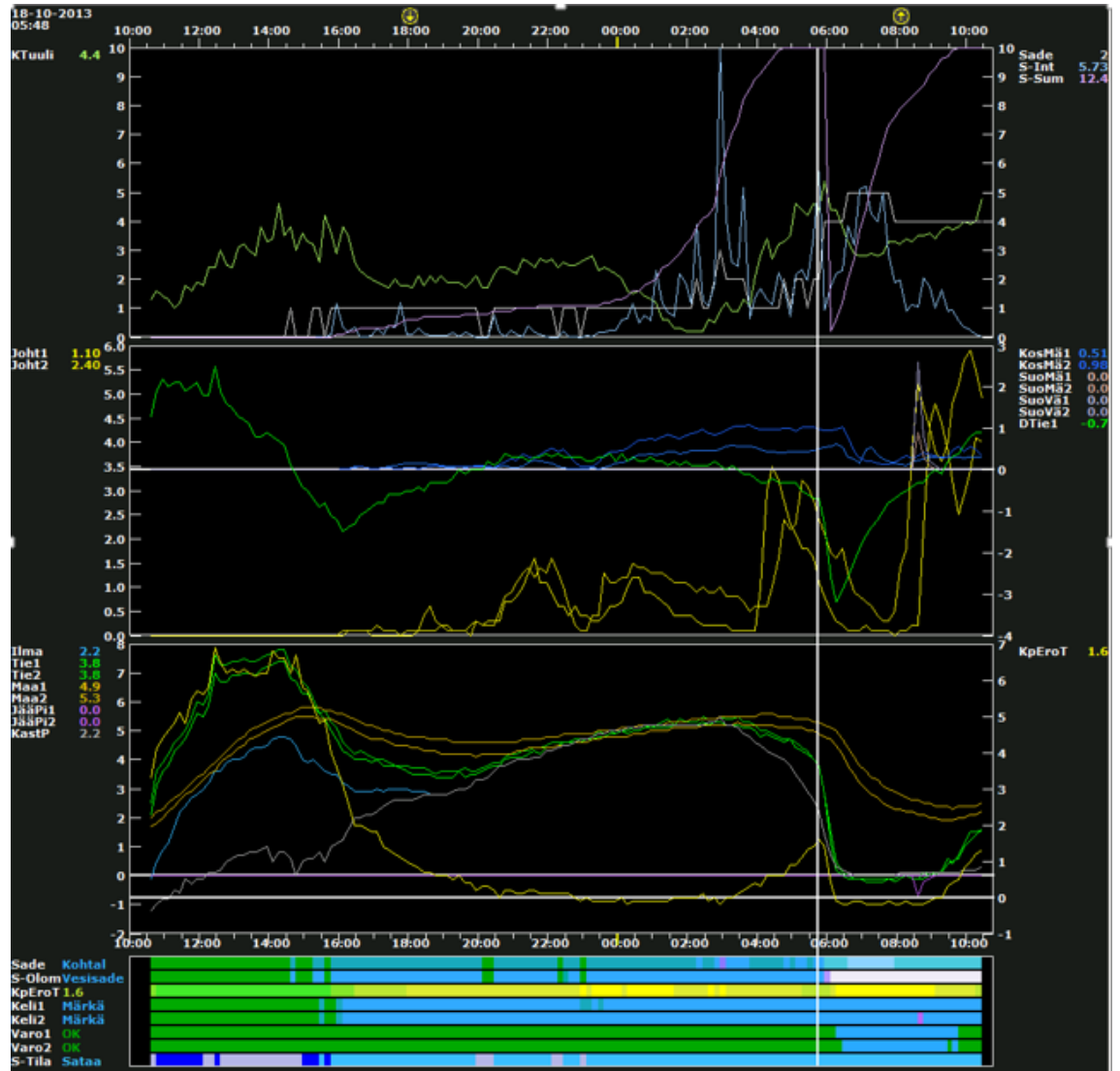
Voimakkaan lauhtumisen ja etelä/länsituulten johdosta kuuran muodostuminen on niin voimakasta, että liukkaudentorjuntatoimenpiteet ovat aloitettava merkittävästi kylmemmissä olosuhteissa kuin perinteinen ennakkosuolaus.

6.4 Sää

Aurinko lämmittää maapallon pintaa epätasaisesti, minkä seurauksena ilmamassan lämpötila vaihtelee. Maapallon lämpötilaerot pyrkivät aina tasoittumaan, joten ilmaan syntyy liikettä lämmön epätasaisen jakautumisen takia. Lisäksi maapallon pyörimisliike lisää ilman liikettä. Tästä johtuu, että maapallolla on eri lämpöisiä ilmassoja.

6.5 Sade

Sateen olomuoto vaikuttaa tien lämpötilaan. Kuvassa 20 näkyy selvästi kun vesisade muuttuu lumisateeksi aiheuttaen nopean tien lämpötilan tippumisen.



Kuva 20. Riihimäki vt3 18.10.2013, lumisateen vaikutus tienlämpötilaan.

Tien lämpötilakartoitus vt1:llä Espoon Hoidonjohtourakan alueella

6.6 Vuorokauden aika

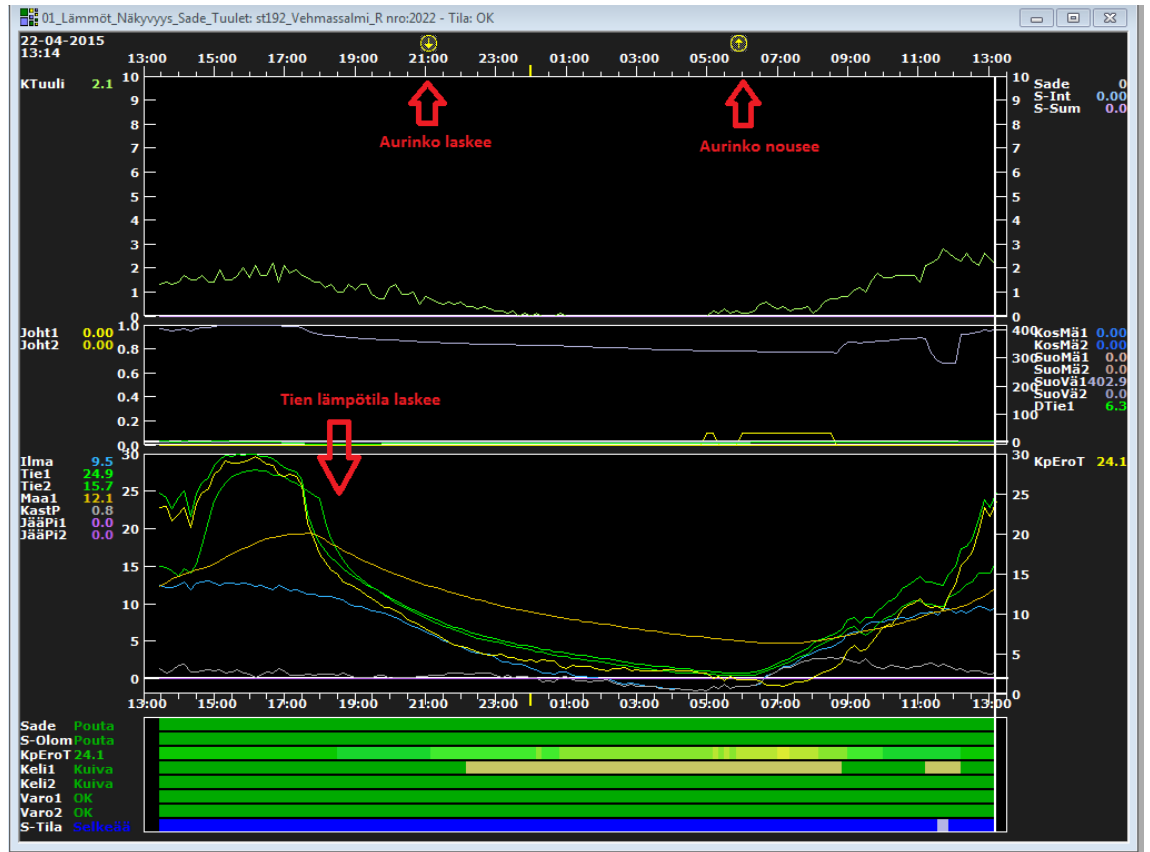
Lämpötilamuutokset vuorokauden aikana vaikuttavat tien lämpötilaan. Syksyllä lämpötilamuutokset ovat hitaampia ja pienempiä (kuva 21).



Kuva 21. Vehmassalmi st192 22.10.2014, pilvipöitteen repeäminen vaikuttaa tien lämpötilaan.

Tien lämpötilakartoitus vt1:llä Espoon Hoidonjohtourakan alueella

Keväällä auringon vaikutus näkyy selkeästi tien lämpötilassa (kuva 22).



Kuva 22. Vehmassalmi st192 22.4.2015, auringon vaikutus tien lämpötilaan keväällä.

6.7 Liikenne

Liikenteen vaikutus tien lämpötilaan on vähäinen, mutta liukkaudentorjunnan kannalta merkittävä. Suolatun tien kitka ja suolan vaikutus paranevat liikenteen vaikutuksesta.

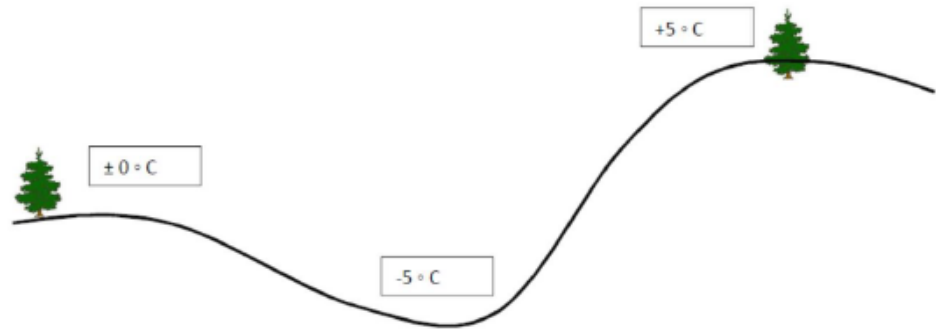
6.8 Maaston muodot

Tien vaaka- ja pystygeometria vaikuttavat tien lämpötilouteen ja aiheuttavat piensääilmiöitä, jotka vaikuttavat tien kitkaan (kuva 23) (Vilja, haastattelu 22.4.2015). Lämpö haihtuu tienpinnasta nopeammin, jos tien ympärillä ei ole massaa, joka heijastaisi tiestä ulossäteilevää lämpöä takaisin. Esimerkiksi kerrostalojen välissä kulkeva tie saattaa olla sula, mutta kun tie kaartaa avaran puiston reunaan, se onkin jäinen.

Tien lämpötilakartoitus vt1:llä Espoon Hoidonjohtourakan alueella

Tien lämpötilaan vaikuttavat:

- vesistöt
- kallioleikkaukset
- tien penkereet
- taajamat
- tien rakenne
- peitteisyys
- mäkisyys



Kuva 23. Tien lämpötilaan vaikuttavat maaston muodot (Talja, 2014)

7 KELIOLOSUHTEET

7.1 Musta jää

Musta jää on tienkäyttäjälle erittäin petollista. Musta jää syntyy kun ilmassa oleva vesihöyry tiivistyy tien pinnalle eli syntyy kastetta, ja tien lämpötila menee pakkaselle.

Kuvassa 24 taustalla olevasta järvestä nousee ilmaan kosteutta, mikä tiivistyy tielle aiheuttaen liukkaita.

Tien lämpötilakartoitus vt1:llä Espoon Hoidonjohtourakan alueella

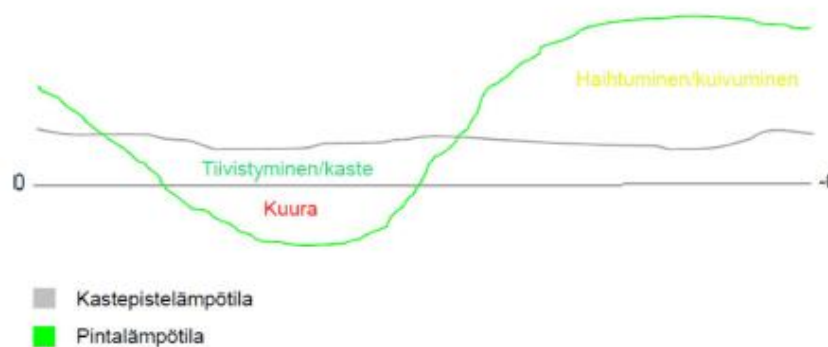


Kuva 24. Mustan jään aiheuttamaa liukkautta. Kt82 Hyypiö 30.9.2008 (Liikennevirasto)

7.2 Kuura

Kuuraa syntyy kaikissa lämpötiloissa sään lauhtumisen yhteydessä (kuva 25). Mitä lämpimämpää ilma on, sitä enemmän siinä on kuitenkin kosteutta, jonka on mahdollista muuttua jääksi. Tästä syystä pahimmat kuuratilanteet syntyvät usein, kun ilmanlämpötila on suhteellisen korkealla eli lähellä nolaa tai jopa vähän plussan puolella. (Takala, 2012)

Kuura



Kuva 25. Kuuran muodostus (Talja, 2014)

Kastepistelämpötila on ainoa suure, jolla voidaan arvioida kuuran syntyä. Lämpimään ilmaan mahtuu näkymätöntä vesihöyryä enemmän kuin kylmään ilmaan. Laskemalla ilman lämpötilaa riittävästi siinä oleva näkymätön vesihöyry aina lopulta tiivistyy. Tätä lämpötilaa, jossa ilman näkymätön kosteus tiivistyy, kutsutaan kastepistelämpötilaksi. Kastepistelämpötila kertoo kuinka paljon ilman pitää jäähtyä, että näkymätön vesihöyry tiivistyy näkyväksi vedeksi. Vesi muuttuu näkyväksi, kun ilman lämpötila jostain syystä jäähtyy samaksi kuin ilman kastepistelämpötila.

Kosteus alkaa tiivistyä tienpinnoille aina, kun tienpinta on kylmempi kuin ilman kastepistelämpötila. Mikäli tienpinta on tällöin pakkasen puolella, syntyy kuura. Jos tienpinta on plussan puolella, vastaavassa tilanteessa syntyy vain kastetta.



Kuva 26. Kuuraa (Talja, 2014)

7.3 Jäätävä sade

Jäätävä sade on alijäähtynyttä vesisadetta. Talvella jäätävät sateet esiintyvät tyypillisesti lämpimän rintaman yhteydessä varsinaisen sadealueen etualla tai tulevat viimeisten sateiden joukossa, kun sadealue on väistymässä. Jäätävät sateet ovat haastava ja petollinen jäätymistilanne sillä jäätäviä sateita ovat hyvin paikallisia ja vaikeasti ennustettavia. Alijäähtyneet vesipisarot jäätyvät välittömästi osuessaan tienpintaan. Jäätäviä sateita on vaikea havainnoida, koska se sataa niin matalista pilvistä, ettei tutka välttämättä havaitse sadetta lainkaan.

8 RCM411™ KELIANTURI

Mittauksissa käytettiin Teconer Oy:n optista etäanturia (kuva 27).

Road Condition Monitor RCM411 on suunniteltu talvikunnossapidon toimenpiteiden optimaaliseksi ajoittamiseksi ja laadunseurantaan. Anturin toimintaperiaate on optinen spektrianalyysi. Anturissa oleva ohjelma suorittaa mittaukset ja päättelee kelitilan. (Teconer Oy, 2015)

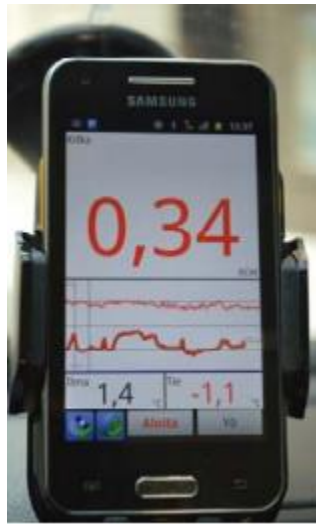


Kuva 27. Road Condition Monitor RCM411 (Teconer Oy, 2015)

RCM411 raportoi tienpinnan kelitilan kitkakertoimen, vesikerroksen paksuuden optiona ja ilman ja tienpinnan lämpötilan RTS411 Surface Temperature Sensor -anturilla.

RCM411 mittaa myös vesikerroksen paksuuden kymmenesosamillimeereinä 3mm:iin saakka. Mittaustietoihin perustuva malli arvioi lumen ja jään vaikutuksesta alentuneen kitkakertoimen. Käyttöliittymä (kuva 28) sisältää μ TEC jarrutuskitkamittarin mallinnetun kitkalukeman tarkkuuden varmistamiseksi.

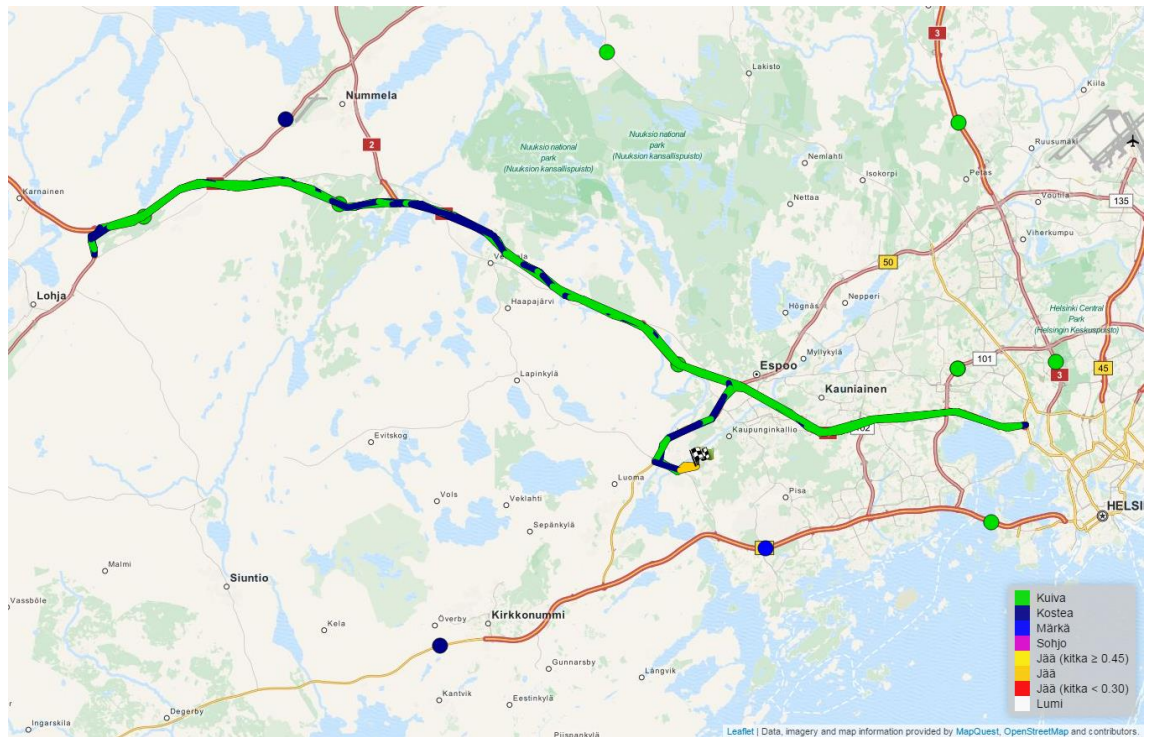
Tien lämpötilakartoitus vt1:llä Espoon Hoidonjohtourakan alueella



Kuva 28. RCM411 käyttöliittymänä toimii matkapuhelin (Teconer Oy)

RCM411 havainnoi tyypilliset keltilat (kuva 29):

- Kuiva (vihreä viiva)
- Kostea (tumman sininen)
- märkä (vaalean sininen)
- loskainen (violetti)
- luminen (valkoinen)
- jäinen (punainen)



Kuva 29. RCM411 havainnoi tyypilliset keltilat (keliapu.net, 2015)

8.1 Ominaisuudet ja edut

RCM411:n tärkeimpiä ominaisuuksia on laitteen nopea ja helppo asentaminen ajoneuvoon. Anturi on lähes huoltovapaa, ainoastaan linssien puhdistus voi ajoittain olla tarpeen.

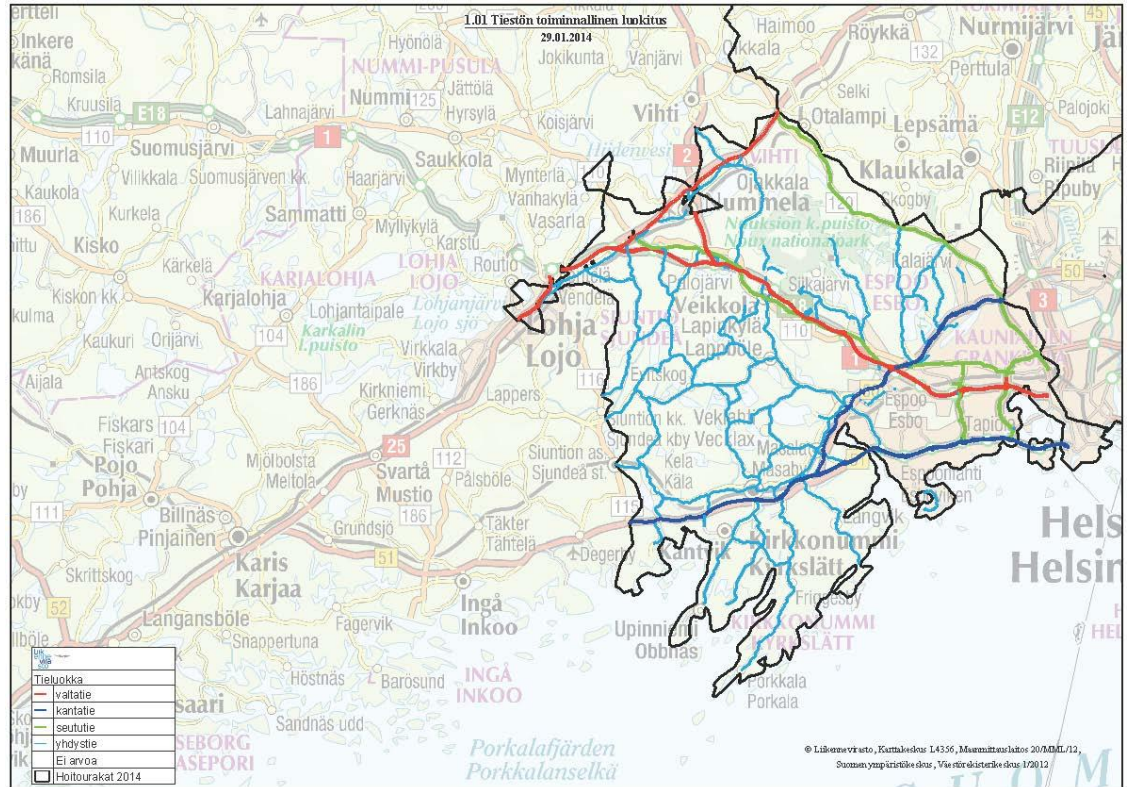
- jatkuvatoiminen kitkamittaus optisella etäanturilla
- suuri tarkkuus ja erottelukyky
- mittaukset
- kelitila
- vesikerroksen paksuus
- kitkakerroin
- tienpinnan lämpötila (optio)
- solid state toteutus
- ei liikkuvia eikä kulumia osia
- helppo asennus vetokoukkuun tai takaluukkuun sovittimella
- ulostulo
- sarjaliikenne RS-232 tai Bluetooth
- käyttöjännite 9-30 VDC
- tiedonsiirto puhelimelle, tabletille tai muihin järjestelmiin kuten M μ MS

RCM411 spesifikaatiot:	
Anturin tyyppi:	Road Condition Monitor RCM411
Mitat:	pituus 100 mm, halkaisija 75 mm, paino 750 g
Kaapeli:	M12 liitin
Jännitelähde:	9 ... 30 VDC, sähkö vetokoukkuliitimestä tai tupakansytyttimestä
Tehonkulutus:	noin 10 W
Käyttölämpötila-alue:	-20 ... 50 °C
Erottelukyky:	0.1 mm, tunnistusherkyys 0.03 mm
Tarkkuus:	0.1 mm alle 1.0 mm:n paksuuksilla, 10 % yli 1.0 mm paksuuksilla
Kitkan lukematarkkuus:	0.01
Kitkan tarkkuus:	0.10 erotusten keskihajontana verrattaessa jarrutuskitkamittariin
Ulostulo:	RS-232 sarjaliityntä tai Bluetooth
Asennus:	vetokoukun kuulaan tai takaluukkuun sovittimen avulla
Käyttöliittymä:	Matkapuhelin Bluetooth yhteydellä. Käyttöliittymä sisältää myös μ TEC jarrutuskitkamittarin vertailua varten. Mittaustiedot lähetetään M μ MS palveluun osoitteessa http://liukasta.info ja RCMDataViewer tai Friction Road Map –palveluun.

Kuva 30. RCM411 spesifikaatiot (Teconer Oy. 2015)

9 ESPOO 2014 - 2019 HOIDONJOHTOURAKKA

Espoon Hoidonjohtourakan pääurakoitsijana toimii YIT Rakennus Oy. Urakka-alueella on yhteensä tiekilometrejä 721,851km, joista hoitoluokan Is tiestöä 321,122 tiekilometriä, I hoitoluokan tiestöä 90,865 tiekilometriä, Ib tiestöä 152,316 tiekilometriä, II tiestöä 125,231 tiekilometriä ja III hoitoluokan tiestöä 32,317 tiekilometriä (kuva 31).



Kuva 31. Espoon Hoidonjohtourakan urakka-alue ja tiestön toiminnallinen luokitus. (Liikennevirasto, 2014)

9.1 HUMPPA

Liikennevirasto yhdessä ELY-keskusten ja muiden asiantuntijoiden kanssa on käynnistänyt Hoidonjohtourakaprojektin (Humppa), jossa pyritään laatimaan maanteiden hoidolle projektinjohtourakkaa vastaava malli.

Hoidonjohtourakkaa on tarkoitus kokeilla erittäin vaativissa tai vaativissa urakoissa. Pilottikohteeksi valittiin Espoon 2014 alueurakka. Kilpailutus tahtui kilpailullisella neuvottelumenettelyllä.

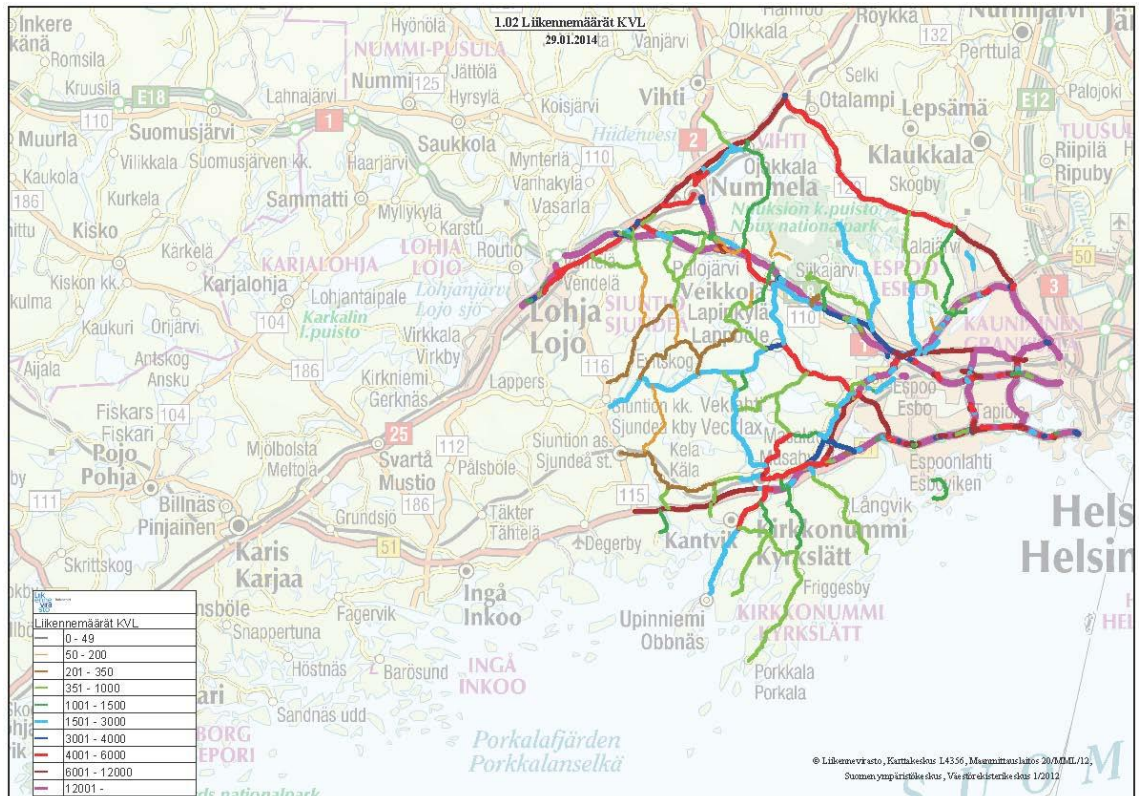
Hoidonjohtomalli tuo joustavuutta muuttuviin olosuhteisiin ja sopimuksen muutostarpeisiin pitkän sopimuskauden aikana. Tällä mallilla pyritään takaamaan aliurakoitsijoiden toimintaedellytykset sekä varmistamaan tilaajan tavoitteiden toteutuminen koko ketjussa. Tilaajan työmäärä on myös normaalia hoidon alueurakkaa suurempi. (Liikennevirasto, 2014)

Tien lämpötilakartoitus vt1:llä Espoon Hoidonjohtourakan alueella

Ensimmäisen talvikauden jälkeen HUMPPA koetaan hyvänä muutoksena, mikä on lisännyt avoimuutta ja yhdessä sopimista talouteen koskevissa asioissa tilaajan ja urakoitsijan välillä. (Puharinen; Mäkilä, haastattelu 24.4.2015)

9.2 Vt1 Helsinki - Turku

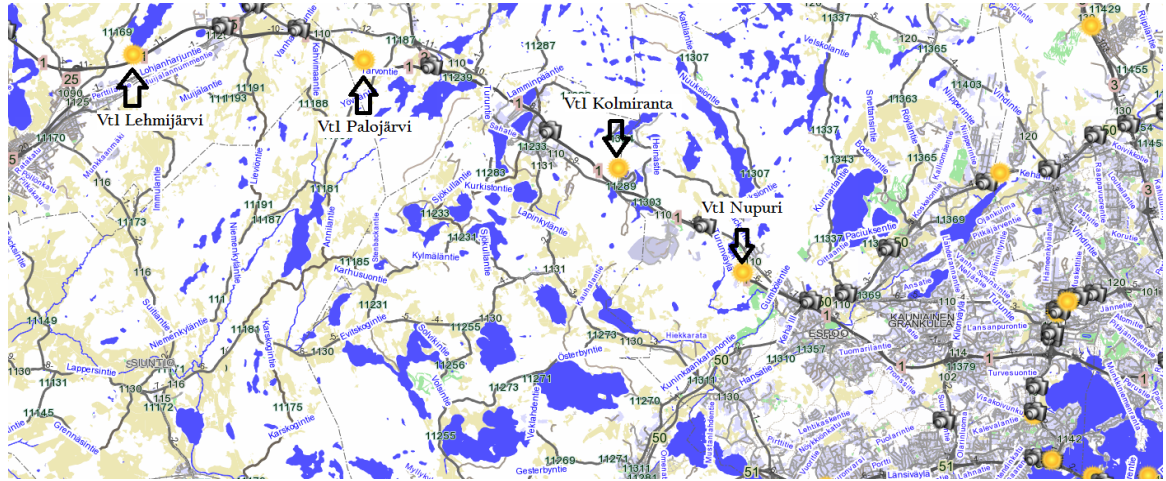
Valtatie 1 kuuluu hoitoluokkaan Is vilkkaat. Vilkkailta Is teillä KVL on yli 15 000 ajon/vrk (kuva 32) ja kaikki jäätämistilanteet torjutaan ennakoiden niin, että liukkaus vältetään. Espoon Hoidonjohtourakan alueella kaliumformiaattia käytetään liukkaudentorjuntaan VT 1 teiosilla 10/3150 - 11/5390 pohjavesialueen takia.



Kuva 32. Liikennemäärät KVL (Liikennevirasto, 2014)

Tien lämpötilakartoitus vt1:llä Espoon Hoidonjohtourakan alueella

Espoon urakka-alueella Vt1:llä on Nupurin, Kolmirannan, Palojärven ja Lehmijärven tiesääasemat (kuva 33). Tiesääasemien määrä koetaan riittävänä ja sijainniltaan tiesääasemat ovat hyvissä paikoissa. (Puharinen, Mäkilä, haastattelu 22.4.2015)



Kuva 33. Tiesääasemien sijainti vt1 (Fastroi Oy, 2015)

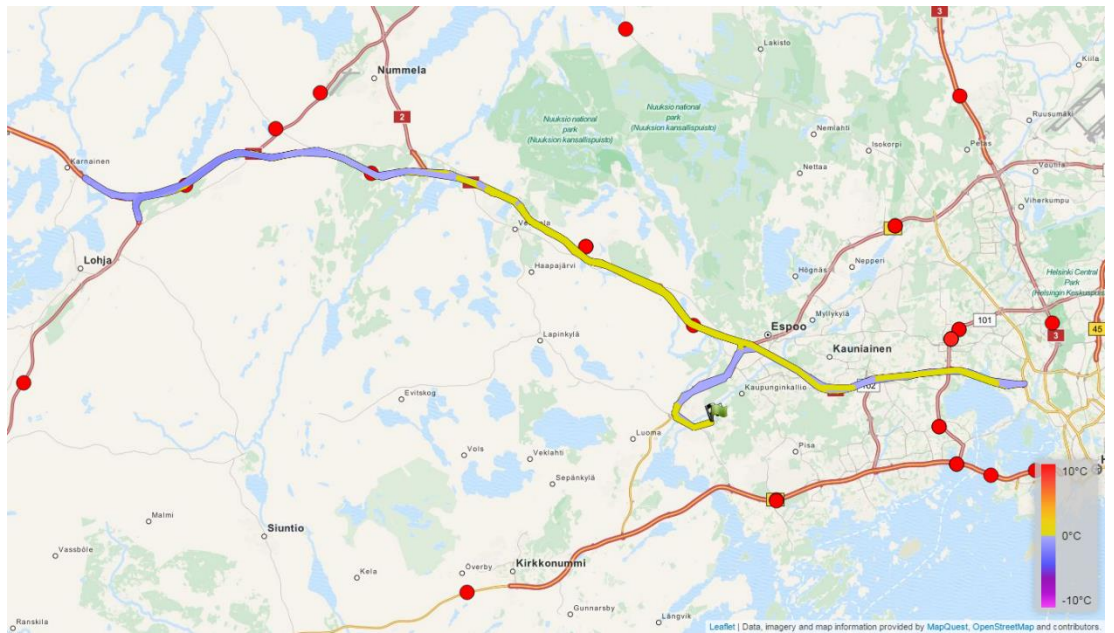
9.3 Mittaukset

Lämpötilakartoitusta tehtiin Espoon Hoidonjohtourakan alueella valtatie 1:llä 8 kertaa. Mittauksessa ajettiin moottoritien molemmat kaistat. Vt1:n pituus urakka-alueella on 46,284 km, joten yhden mittauksen aikana tiekilometrejä tuli 185,136. Tavoitteena oli tehdä mittaukset nollakelvin tuntumassa eri keleillä. Mittausajo kesti noin 2 tuntia ja tuloksissa on huomiotava kelinmuutokset mittauksen aikana. Mittauksen aikana oli nähtävissä reaaliaikaista tietoa matkapuhelimen näytöllä ja data siirtyi suoraan internetiin analysoitavaksi. Osoitteet ovat www.keliapu.net/map ja www.keliapu.net/data.

10 TULOKSET JA ANALYYSI

Urakoitsijan ja tilaajan oman kokemuksen perusteella osataan aika hyvin tiestön kylmät paikat. Kylminä paikkoina pidettiin Lohjan suuntaa sekä Munkkiniemen mutkaa. Palojärvellä harjut vaikuttavat tien lämpötilaan. Positiivisena havaintona voidaan todeta, että mittaustulokset ovat lähellä urakan henkilöstön ennako-oletuksia ja tuovat varmuutta ns. ”mututuntu-mille”, kuten kuvasta 34 voidaan havainnoida.

Tien lämpötilakartoitus vt1:llä Espoon Hoidonjohtourakan alueella

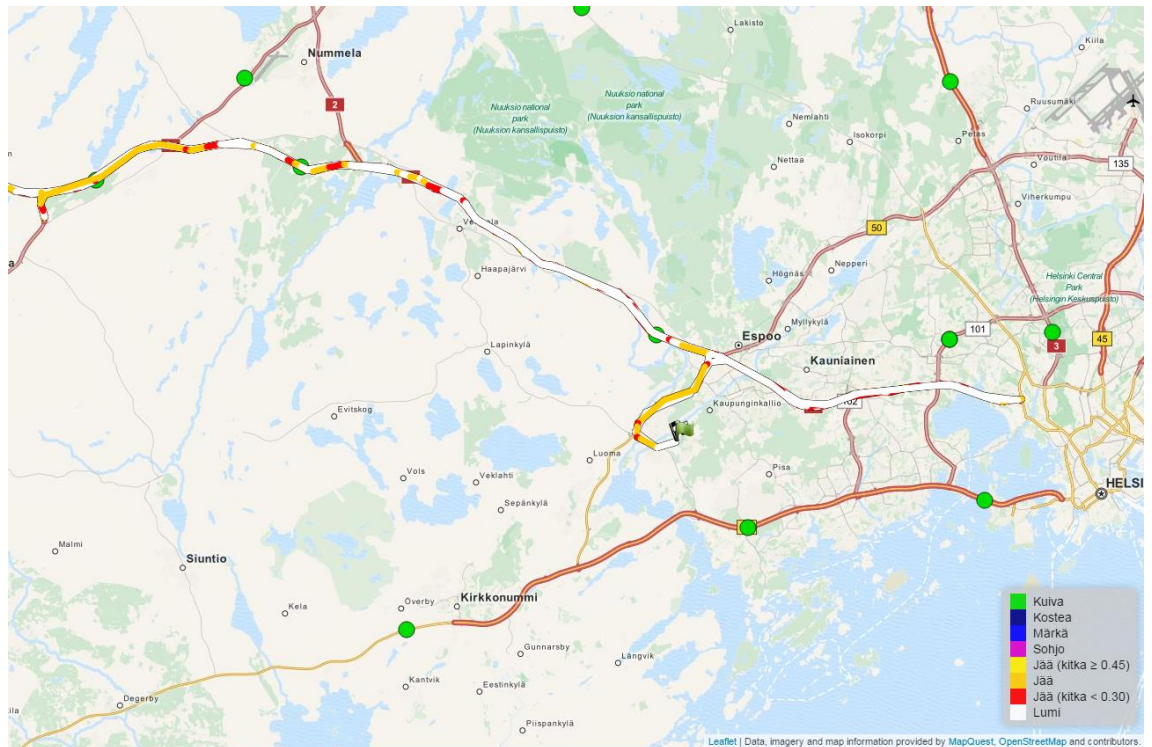


Kuva 34 Tiestön kylmiä kohtia. (Keliapu.net, 2015)

Optisen kelianturin tuottama lämpötiladata oli noin ± 1 °C tiesääaseman havaintoihin verrattuna. Optisen kelianturin mittausravot olivat yleensä korkeampia kuin tiesääaseman mittausravot. Auringon suunta ja varjostus vaikuttaa tien lämpötilan mittaustulokseen. Jos tie on pääosin auringossa, mutta tiesääaseman anturi on varjossa, niin liikkuva anturi mittaa lämpötilaa aurinkoiselta osuudelta eikä pystynyt havaitsemaan pientä poikkeamaa tien lämpötilassa. On kuitenkin huomioitava, että tämän opinnäytetyön resurssipuitteissa ei saatu tehtyä niin paljon mittauksia, että virhemarginaalia olisi saatu pienennettyä.

Tien lämpötilan mittauksissa hyvin tarkkaan korrelaatioon oli vaikea päästä jo mittausteknisistä syistä, sillä tiesääasema kertoo pistekohtaisen tilanteen ja liikkuvalla optisella mittarilla taas saa tarkempaa lämpötilakartoitusta koko tiestöltä. Optinen kelianturi myös auttaa havaitsemaan hyvin mustan jään tilanteita ja kitka-arvojen muutoksia (kuva 35).

Tien lämpötilakartoitus vt1:llä Espoon Hoidonjohtourakan alueella

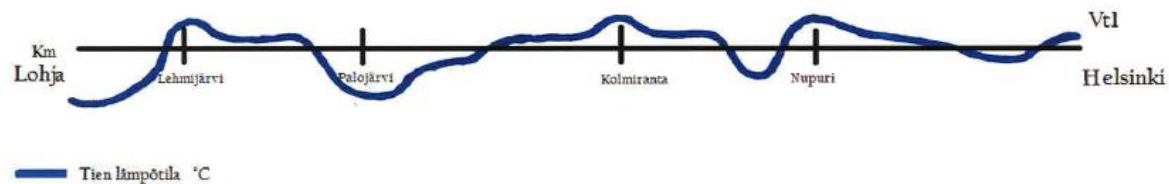


Kuva 35 Tien tilan muutokset (keliapu.net, 2015)

10.1 Jatkotoimenpiteet

Jatkotoimenpiteitä ajatellen suotavaa on miettiä tuoko tutkimus taloudellista hyötyä ja saavatko työnjohtajat mittaustuloksista uutta tietoa vai riittääkö oma ”mututuntuma” ja tiesääasemien tuottama data. Lämpötilakartoituksella ei saada sellaista mittavaa etua, jota kokeneella ja ammattitaitoisella työnjohtajalla ei olisi antaa etenkin kun hyötyä verrataan lämpötilakartoituksen työmäärään. Mittaria voisi hyödyntää kaupunkiurakoissa, joissa ei ole tiesääasemia. Koska kaupunkiurakoissa ei ole havaintoasemia, voisi lämpötilakartoituksella saada päätöksentekoa tukevaa tietoa.

Havainnointikuvan (kuva 36) kaltaista lämpötilakartoitusta voidaan käyttää kuvaamaan tien lämpötilaprofiilia. Profiilin tuntemuksella voidaan arvioida tiestön toimenpidetarvetta. Jotta lämpötilakuvaajasta saadaan luotettava, on taustatietomittauksia tehtävä stabiililla kelillä. Tällaisia kelejä ovat muun muassa tasainen pilvipeite tai kirkas sää.



Kuva 36 lämpötilaprofiili

Tien lämpötilakartoitus vt1:llä Espoon Hoidonjohtourakan alueella

Kelianturi sopii hyvin tiestön kylmien paikkojen löytämiseen ja antamaan kokonaiskuvaa tiestön lämpötilasta. Teille, joissa ei ole monta tiesääsemaa tai tiesääsemien väli on suuri, kelianturilla mittaus toisi hyödyllistä informaatiota kylmien paikkojen sijainnista ja siten parantaisi työnjohtajien aluetuntemusta omalla urakka-alueellaan. Kelianturia kannattaisi käyttää jatkossa juuri kylmien paikkojen havaitsemiseen ja reaaliaikaiseen kelinseurantaan. Kuitenkaan jokaisella alueurakalla ei tarvitsisi olla omaa optista kelianturia vaan sitä voisi lainata toiselta työmaalta tutkimuksia varten. Toistamalla mittauksia tarpeeksi usein saataisi varmempaa dataa tiestön kylmistä kohdista ja mahdollisesti silloin päästäisiin vaikuttamaan paremmin myös suolamääriin ja suolauksen oikea-aikaisuuteen.

Mittari on helppokäyttöinen ja tuottaa luotettavaa dataa tien lämpötilasta sekä tien tilan muutoksista. Optista kelianturia kannattaisi käyttää aluetuntemuksen lisäämiseen urakka-alueilla, jotta suolamäärää voidaan optimoida työnjohdon toimesta.

LÄHTEET

Hartonen Sari, Sää ympäri vuoden s.39, Kirjapaja 2008

Ilmatieteenlaitos, Avoin data tiesäähavainnot, 2015
<http://ilmatieteenlaitos.fi/avoin-data-tiesaaHAVAINNOT>
Viitattu 3.4.2015

Kaarto Seppo, Kelikeskuspäällikkö, Destia Oy, Kelikoulutus 2014

Karjalainen, Tiesäaasemat ovat teiden tuntemattomia sankareita
<http://www.karjalainen.fi/uutiset/uutis-alueet/maakunta/item/52091-tiesaaasemat-ovat-teiden-tuntemattomia-sankareita>
Viitattu 1.3.2015

Keliapu.net, 2015
<http://keliapu.net/map>

Liikennevirasto, Teiden talvihoito, 2015
http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/kunnossapito/talviolosuhteet/teiden_talvihoitoluokat#.VPloXiKsWqk
Viitattu 10.4.2015

Liikennevirasto, Valta- ja kantateiden talvihoitoluokka, 2015
http://portal.liikennevirasto.fi/portal/page/portal/f/kunnossapito/talviolosuhteet/teiden_talvihoitoluokat/hoitoluokka_valta_kanta.pdf

Liikennevirasto, Teiden talvihoito
http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/kunnossapito/talviolosuhteet/teiden_talvihoitoluokat/talvikelit#.VPJaRyKsWqk
Viitattu 10.4.2015

Mäkilä Turkka, Espoon Hoidonjohtourakan työmaapäällikkö. YIT Rakennus Oy. Haastattelu 24.04.2015

Puharinen Jarmo, Aluevastaava. Uudenmaan ELY –keskus. Haastattelu 24.04.2015

Takala Petri, Meteorologi, Foreca, Petollinen kuuraliukkaus, 2012
<http://blogi.foreca.fi/2012/10/petollinen-kuuraliukkaus/>
Viitattu 19.4.2015

Talja Tiina, Palvelupäällikkö, YIT Rakennus Oy, Kelikoulutus 2014

Tiehallinto 2008, Talvihoidon toimintalinjat, viitattu 18.4.2015
http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/1000199-v-08talvihoidon_toimintalinjat.pdf

Tiehallinto 2009, Talvihoidon laatuvaatimukset, viitattu 20.4.2015
http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/talvihoidon_laatuvaatimukset_2009.pdf

Tiehallinto 2015, Talvihoidon laatuvaatimukset, viitattu 18.4.2015

Tien lämpötilakartoitus vt1:llä Espoon Hoidonjohtourakan alueella

http://portal.liikennevirasto.fi/portal/page/portal/f/urakoitsijat_suunnittelijat/investointien_kilpailutukset/tieurakoiden_kilpailutus/4b_Talvihoito_laatuvaatimukset_2015_korjausehdotukset_27.10.2014.pdf

Tiehallinto 2001, Teiden talvihoito, Menetelmätieto, viitattu 15.4.2015
<http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2230006-01i.pdf>

Teconer Oy, Talvikunnossapito, 2015
<http://www.teconer.fi/fi/winter.html>
Viitattu 16.3.2015

Teconer Oy, RCM411 Kelianturi, 2015
<http://www.teconer.fi/downloads/RCM411%20Datalehti.pdf>

Vaisala Oy, Tiesääasemat
<http://www.vaisala.fi/fi/roads/products/roadweathersystems/Pages/ROSA.aspx>
Viitattu 20.4.2015

Vilja Markku, Keliasiantuntija. YIT Rakennus Oy. Haastatelu 22.04.2015

YIT Rakennus Oy Infrapalvelut, Palvelukeskus PANU
http://www.yit.fi/yit_fi/infrapalvelut/Kunnossapito/palvelukeskus-panu
Viitattu 8.4.2015

Ykköstie
<http://www.ykkostie.net/index.html>
Viitattu 1.5.2015

Tien lämpötilakartoitus vt1:llä Espoon Hoidonjohtourakan alueella