Markus Mäntykannas
Tuomo Lauri
Samu Karanko

Googlen StreetView-kuvista määritetyn horisontin käyttö tiesään supertarkassa dynaamisessa ennustamisessa

Sisällysluettelo

Johdanto **2**

Tavoite **3**

Horisontin tunnistus **3**

Yleistarkastelu **5**

Esimerkkitapaukset **7**

Tapaus 1: Varjostettu alue – sky-view factor nolla (sillan alitus) **7**

Tapaus 2: Avoimen ja varjostetun alueen vaihtelua (vesistön läheisyydessä) **8**

Johtopäätökset ja suositukset **10**

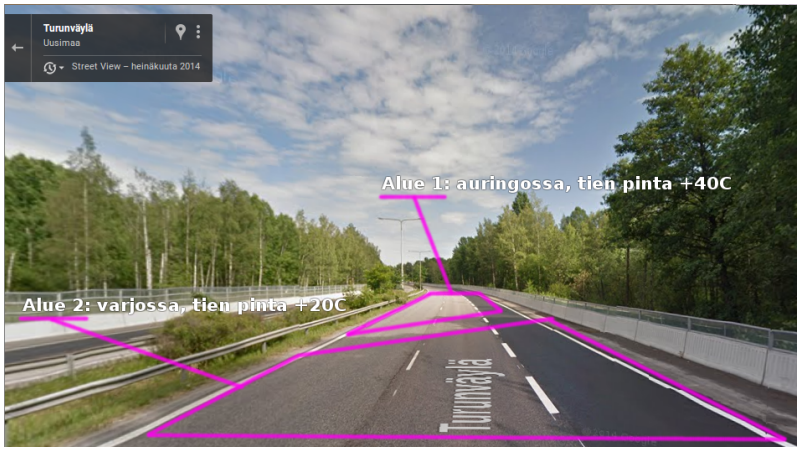
FORECA

Johdanto

Suomessa tiesään ennustaminen perustuu pitkälti kiinteiden tiesääasemien kohdille tehtyihin ennusteisiin. Tiesääasemat ovat kymmenien kilometrien päässä toisistaan. Usein asemien välillä tiesäässä on paikallisia poikkeamia, jotka voivat muuttaa ajokeliä merkittävästi. Tienpinnan lämpötila voi muuttua yli kymmenen astetta muutamien metrien matkalla, esimerkiksi moottoritien rampilla tai sillalla, ja vaikuttaa ajokeliin. Näiden poikkeamien ennustaminen on perinteisesti ollut tienkunnossapitäjän kokemukseen perustuvan arvion varassa.

Tässä kokeilussa on kehitetty automaattinen menetelmä, jolla voidaan ennustaa paikallista säätä ennustepisteissä tiesääasemien välissä. Menetelmän monipuolinen tiesäämalli pystyy käyttämään hyväksi lukuisia tietoja tien rakenteesta, kuten tien kallistuskulmaa, liikennemääriä, yms. Tässä pilotissa on erityisenä lisätietona käytetty Google StreetView -kuvia. Kuvista on arvioitu konenäön avulla ennustepisteeseen näkyvän horisontin korkeus. Horisontilla tarkoitetaan tässä taivaan ja maan taikka maasta nousevan varjostavan elementin yhtymäkohtaa. Kuvasta lasketaan erikseen kesä- ja talvihorisontti. Talvihorisontista puuttuvat lehtipuut, koska voidaan olettaa, että puiden lehdet ovat pudonneet, jolloin ne eivät aiheuta varjostusta.

Tunnistetun horisontin avulla voidaan mallintaa sekä niin kutsuttu sky-view factor että varjostusefektiä. Varjostusefektin mallinnuksessa lasketaan, milloin auringon säteily osuu tien eri kohtiin. Tämän ansiosta on mielekästä käyttää hyvinkin tiheää laskentapisteiden verkkoa.



Kuva 1: Auringon säteilyn vaikutus tien pintalämpötilaan

Tärkeimpiä merkittäviä paikallisia poikkeamia tiesäässä aiheuttavat topografinen vaihtelu, vesistöt, metsiköt ja sillat. Sopivissa olosuhteissa vesistöistä tiivistyy vesihöyryä, mikä synnyttää tien pintaan kuuraa tai mustaa jäätä. Alavilla ja avoimilla tieosuuksilla kuuraa voi syntyä säteilyjäähtymisen seurauksena. Kohdissa, joissa tie alittaa sillan tai eritasoliittymän, tien öinen jäähtyminen hidastuu paikallisesti, mutta toisaalta päivän aikainen lämpeneminenkin on pienempää, joten alkuillasta samat kohdat voivat olla ympäristöään viileämpiä. Sillat ovat erityistapaus ja ne sekä lämpenevät että jäähtyvät eri tahdissa kuin muu tiestö.

Kaikkien yllä mainittujen ilmiöiden yhteisvaikutuksesta johtuen aina ei ole kovinkaan selvää, mikä kohta tiestä on kylmin tai lämpimin. Täten tuntuu uskottavalta, että tarkemmasta mallintamisesta olisi hyötyä erityisesti kokemattomalle tienkunnossapitäjälle.

Tavoite

Tämän kokeilun tavoitteena oli saada arvio tiesääasemien välille tuotettujen ennusteiden laadusta ja hyödyllisyydestä ajatellen päivittäistä talvikunnossapitoa.

Tavoitteen toteuttamiseksi kokeilussa luotiin automaattinen mallinnusprosessi, joka analysoi Googlen Street-View -kuvista horisontin ja hyödynsi horisonttia paikallisen tiesääennusteen tuottamisessa.

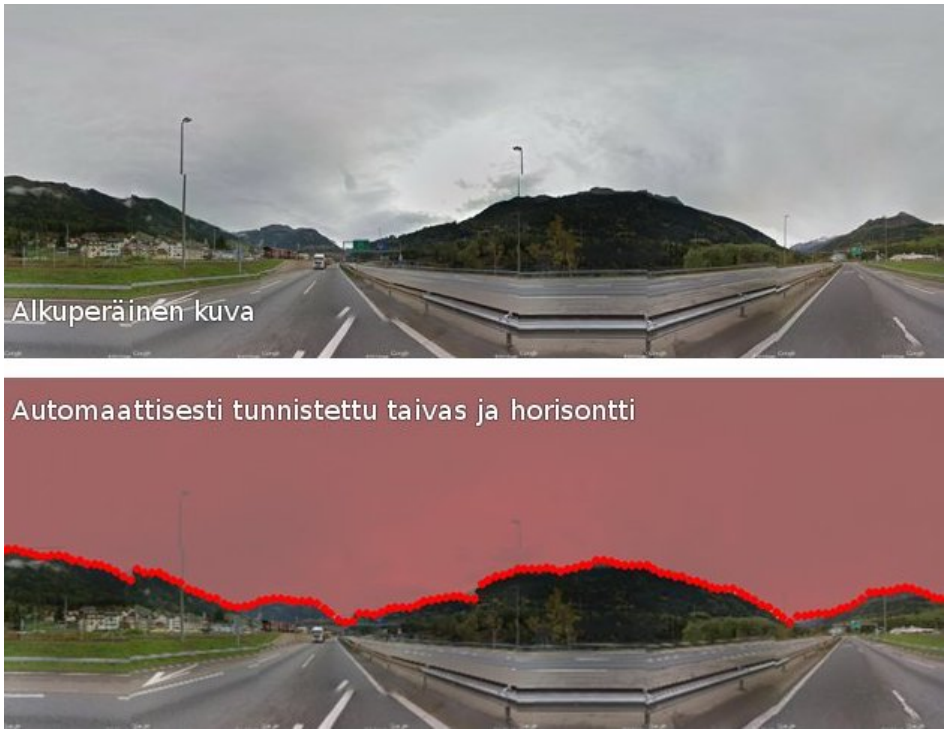
Horisontin tunnistus

Horisontin tunnistuksen teknisiin yksityiskohtiin ei tässä selvityksessä paneuduta tarkemmin, mainittakoon vain, että kuvasta ensin tunnistetaan pikselit, jotka edustavat taivasta. Tämän jälkeen etsitään todennäköinen horisontin sijainti. Sky-view factor on yksinkertaisesti taivaspikselien osuus kaikista vaakatason yläpuolella olevista pikseleistä.

Tunnistus toimi pääsääntöisesti hyvin, sillä yli 99 % kuvista oli käyttökelpoisesti tunnistettu.

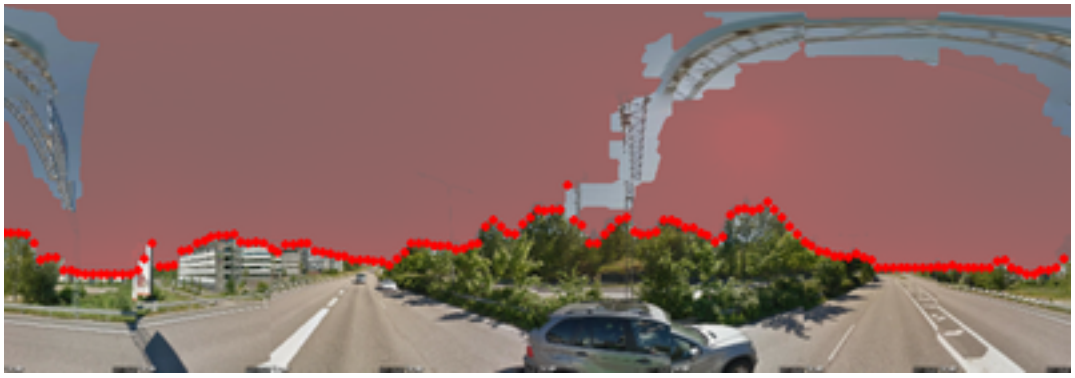
Huonosti tunnistettu horisontti tai taivas johtui seuraavista syistä:

- Kuvausauton rinnalla ajanut kuorma-auto tunnistettiin osaksi ympäröiviä rakenteita. Kuva-analyysin kannalta kyseessä oli onnistunut tulkinta, mutta tiesäämallinnuksen kannalta tuotettu horisontti oli virheellinen.
- Tien yli kulkevat kolmioverkkorakenteiset opasteet häiritsivät joissakin kuvissa taivaan tunnistusta. Vaikka rakenne on merkittävä kuvaa ajatellen, sen varjostava vaikutus on kuitenkin käytännössä mitätön. Näissäkin tapauksissa horisontin analysointi toimi moitteettomasti.



Kuva 2: Esimerkki horisontin tunnistuksesta, jossa taivaaksi tunnistetut pikselit on sävytetty punaisella, ja horisonttiviiva merkitty punaisilla palloilla

Kuva 3: Tyypillinen tunnistustulos

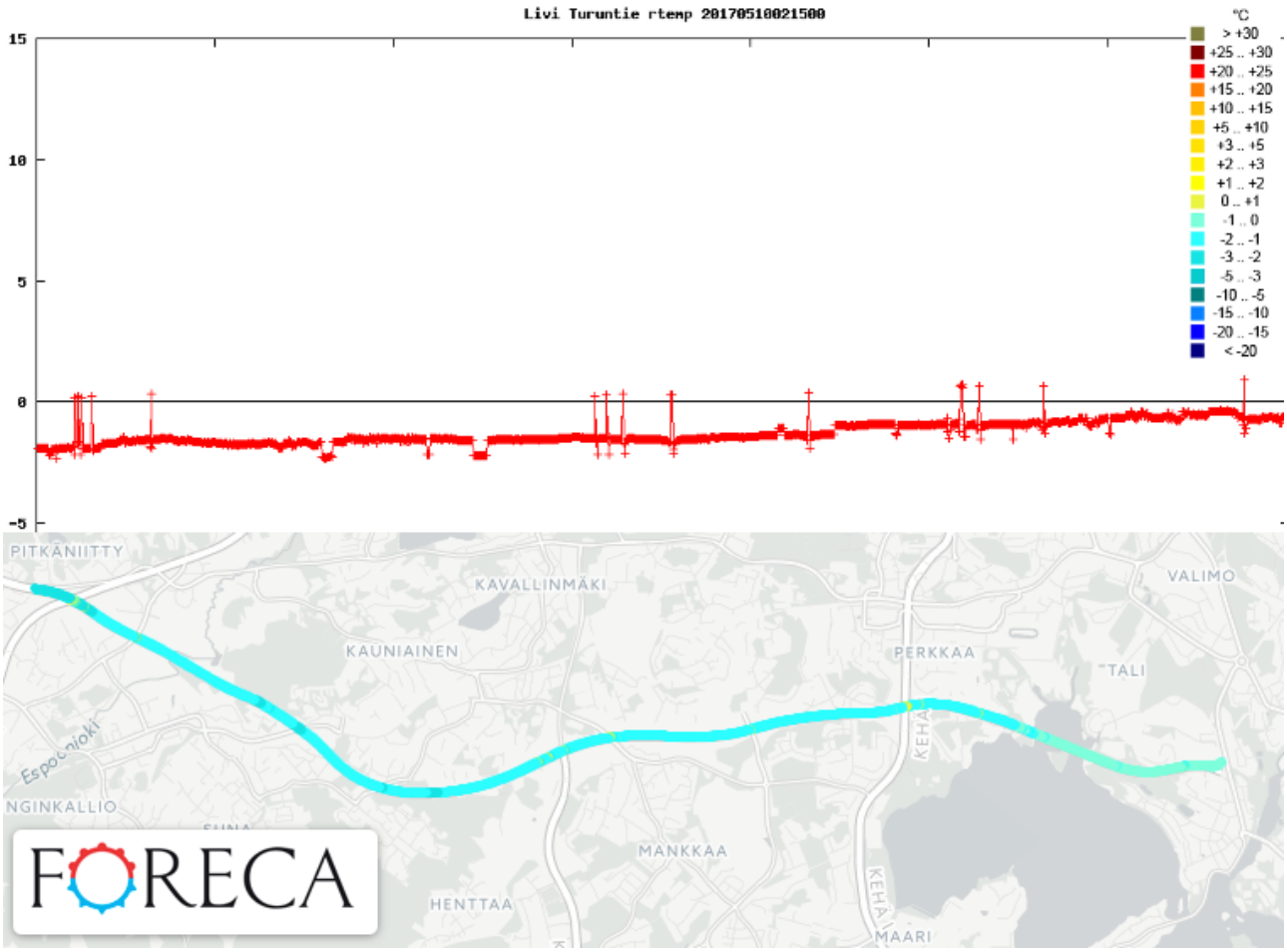


Kuva 4: Esimerkki tien yli kulkevan opasteen vaikutuksesta taivaan tunnistukseen – seurauksena liian pieni sky-view factor

Yleistarkastelu

Rakennettu järjestelmä kykenee mallintamaan varjostusta ja säteilyjäähtymistä toivotulla tavalla. Kuva 5 ja Kuva 6 toimivat esimerkkeinä sekä varjostuksen että sky-view factorin vaikutuksesta, joista käy ilmi mallin käyttäytyminen sangen uskottavasti.

Kuva 5: 9.5.2017, alkuilta klo 19: matalalta paistava aurinko ei ole lämmittänyt varjoisia paikkoja muutamaan tuntiin ja ne ovat jääneet paikoin jopa viisi astetta lämpimimpiä kohtia kylmemmiksi.



Kuva 6: 10.5.2017 tienpinnan minimilämpötila saavutettiin klo 05.15. Täysin varjostetut (sky-view factor lähes nolla) siltojen aluset ovat jäähtyneet ympäristöään hitaammin ja niiden lämpötila on jäänyt nollan yläpuolelle.

Esimerkkitapaukset

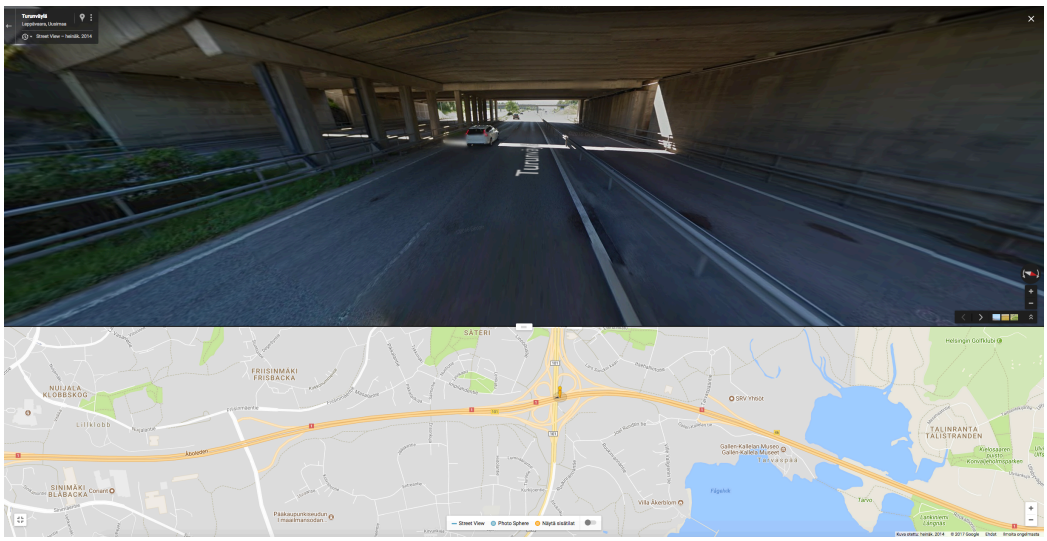
Tapaus 1: Varjostettu alue – sky-view factor nolla (sillan alitus)

Yöllä 7.–8.2.2017 tarkasteluhetkellä klo 01.00 erottuu kartassa vihreällä kuiva alue.

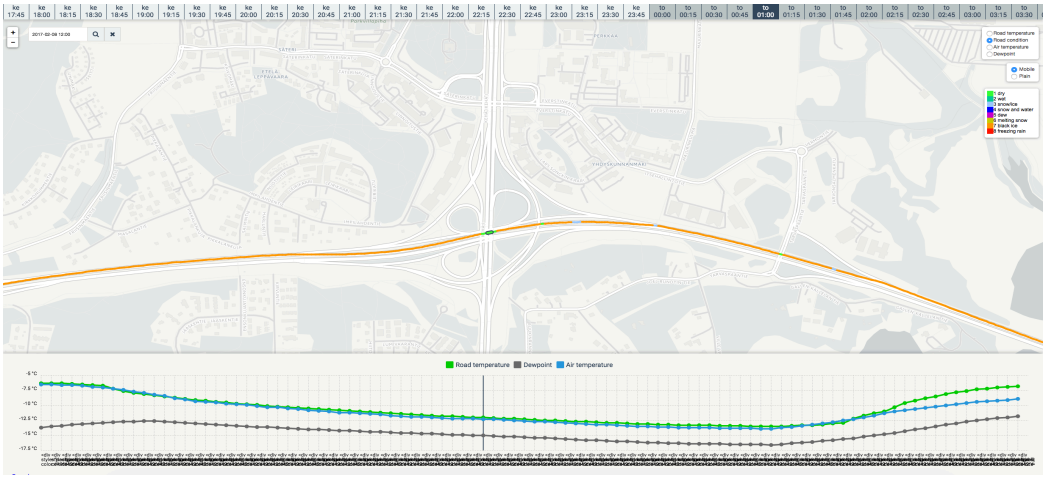
Tarkasteluhetkellä keliennuste antoi tienpinnan lämpötilaksi –12 °C.

Tuona yönä Suomi oli kylmän korkeapaineen vaikutuspiirissä. Lämpötilat olivat eteläarannikolla selvästi pakkasen puolella, ja pääkaupunkiseudulla sekä Valtatie 1:llä teille muodostui yleisesti kuurakerros. Eritasoliittymien sekä siltojen alituspaikoille kuuraa ei kuitenkaan muodostunut, koska tien pinnan lämpötila oli hieman ympäristöään korkeampi.

Selkeinä ja heikkotuulisina öinä pitkäaaltosäteilyn karkaaminen avaruuteen teiden pinnoilta on voimakasta. Tällöin tienpinta jäähtyy ilmaa nopeammin. Mikäli tien yllä on este, kuten silta, säteilyn ja lämmön karkaaminen hidastuu. Tällöin tienpinnan lämpötila esteen alla on korkeampi kuin ympäristön lämpötila.



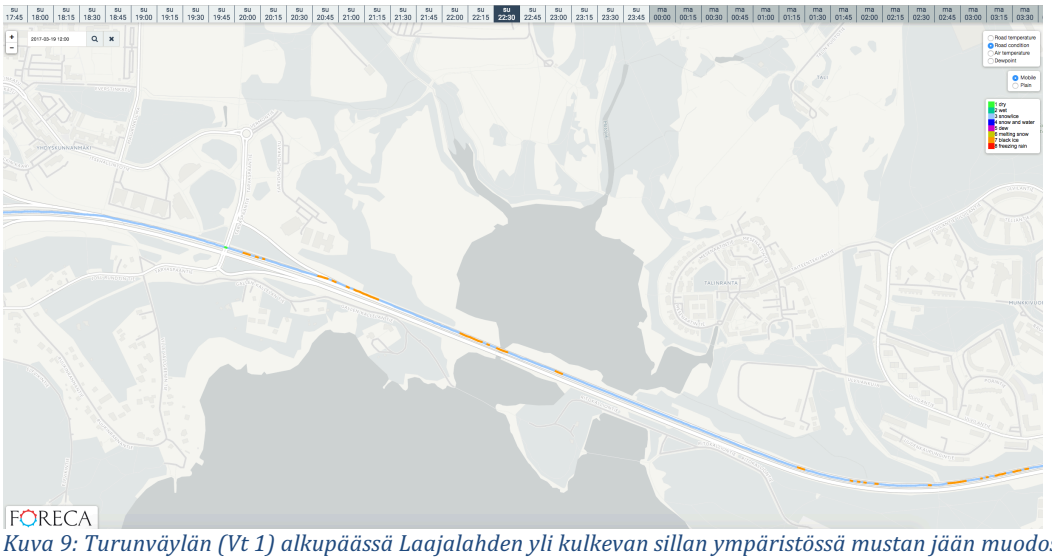
Kuva 7: Paikka, jossa Turunväylä (Vt 1) alittaa Kehä I:n (tie 101)



Kuva 8: Kohdalla, jossa Turunväylä (Vt 1) alittaa Kehä I:n (tie 101), näkyy vihreää väriä, eli kuivaa tienpintaa. Lähes kaikkialla muualla avoimilla paikoilla tien pintaan muodostuu kuuraa. Poikkeavuus johtuu siitä, että tie jää sillan alla ympäristöään lämpimämmäksi.

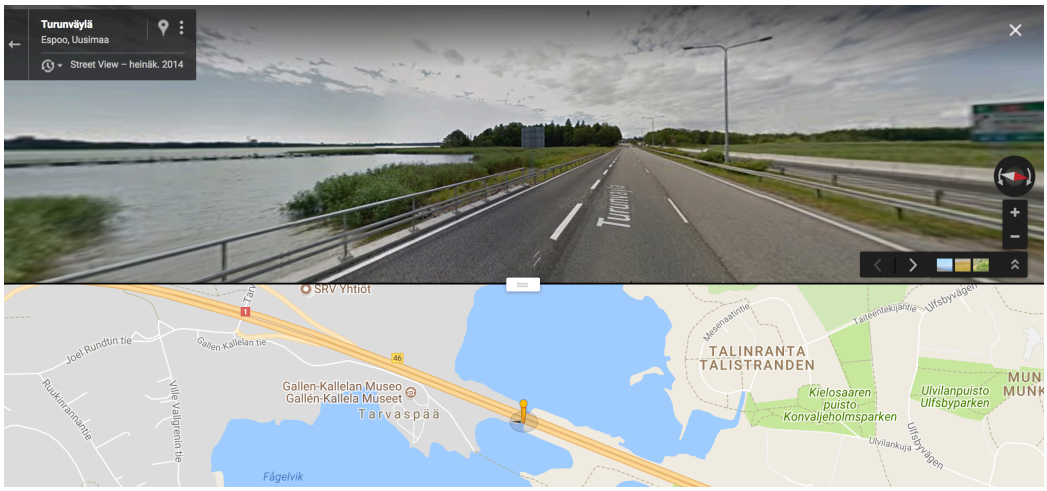
Tapaus 2: Avoimen ja varjostetun alueen vaihtelua (vesistön läheisyydessä)

Yöllä 19.–20.3. Turunväylän alkupäässä Espoon Laajalahden sillalla ajanhetkellä 22.30 ennustekartassa havaitaan paikoin oranssia väriä, joka kertoo, että musta tie alkaa kuuraantua. Ympäröivät alueet ovat ennusteessa sinisiä, mikä tarkoittaa, että ne ovat jo tukevasti jäässä. Tienpinnan lämpötilassa on sen verran paikallisia eroja, että paikoin tienpinta on ennusteen mukaan ollut pakkasella ja kastepisteen alapuolella jo jonkin aikaa ja paikoin vasta viilenemässä pakkasen puolelle. Lämpötilaerot selittyvät osin erilaisella varjostuksella, mutta osin myös sillä, että ennusteeseen on integroitu mobiilihavaintoja, jotka ovat tuoneet esiin paikallisia eroja, joita tarkempikaan tiesäämalli ei olisi pystynyt mallintamaan.



Kuva 9: Turunväylän (Vt 1) alkupäässä Laajalahden yli kulkevan sillan ympäristössä mustan jään muodostuminen alkoi 20.3.2017 illalla. Kuvassa näkyvät oranssit alueet kuvastavat mustan jään ilmestymistä ja siniset alueita, joilla jäätä tai kuuraa on jo ollut pidempään.

19.–20.3.2017 oli selkeä ja heikkotuulinen yö. Tienpinnan lämpötila oli normaalin keliennusteen mukaan muutaman asteen pakkasen puolella, ja meri oli sula.



Kuva 10: Turunväylän (Vt 1) alkupäässä sijaitseva Laajalahden silta

Johtopäätökset ja suositukset

Liikenneturvallisuuden vuoksi on tärkeää, että myös paikalliset tekijät pystytään ottamaan huomioon tiesäätä ennustettaessa. Vaaratilanteita voivat aiheuttaa vallitsevasta kelistä poikkeavat pienialaiset keliolosuhteet, kuten ramppien ja siltojen ylle tai vesistöjen läheisyyteen muodostuva kuuran tai mustan jään kerros. Tässä kokeilussa on kehitetty konenäköön perustuva horisonttia hyödyntävä supertarkka tiesään ennustusmalli, joka kykenee ennustamaan myös paikallisia poikkeamia tiesäässä. Kvalitatiivisesti tarkastellen – ja yksittäisiin mobiilihavaintoihin verraten – mallin tulokset vaikuttavat oikeansuuntaisilta ja kuvaavat tienpinnan tilaa uskottavasti.

Käyttöjakson aikana korkearesoluutioinen tiesäämalli on toiminut operatiivisesti erittäin luotettavasti ja tuottanut uuden ennusteen 15 minuutin välein koko testijakson ajan ilman ainoatakaan katkosta.

Palvelusta ei saatu tien kunnossapidolta palautetta tämän kokeilun aikana pyynnöistä huolimatta. Kesän 2017 aikana käyttöliittymästä kehitettiin seuraava versio, josta on jo saatu asiakaskokemuksia, joiden mukaan se on selkeä, helppokäyttöinen ja intuitiivinen. Tätä käyttöliittymän seuraavaa versiota on myös käytetty operatiivisesti vastaavanlaisen supertarkan ennustedatan visualisoimiseen, ja asiakas on ollut tuloksiin tyytyväinen.

Suositus 1: Jo kertyneen asiakaskokemuksen perusteella on helppo suositella kokeilun laajentamista laajemmalle alueelle, tai jopa suoraan operatiiviseen käyttöön.

Suositus 2: Koska samalta ajanjaksolta on tallessa myös useita mobiilimittauksia, tuntuisi järkevältä suorittaa myös kattava numeerinen vertailu mobiilihavaintojen ja tässä kokeilussa tuotettujen ennusteiden välillä. Vertailu olisi luultavasti haastava ja työläs mobiilihavaintojen satunnaisen aikajakauman ja aineiston ison koon vuoksi.

Suositus 3: Tutkimus mobiilihavaintojen integroinnin vaikutuksesta ennusteiden laatuun olisi erittäin kiinnostava.