

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Rakennustekniikka
Infratekniikka

Lauri Falkman

Päällysteen kulumisen seuranta
Case:Elinkaarimallihanke E18 Koskenkylä - Kotka

Opinnäytetyö 2018

Tiivistelmä

Lauri Falkman

Päällysteen kulumisen seuranta

Case: Elinkaarimallihanke E18 Koskenkylä - Kotka, 34 sivua

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennustekniikka

Infratekniikka

Opinnäytetyö 2018

Ohjaajat: lehtori Eija Mertanen, Saimaan ammattikorkeakoulu, työpäällikkö Kari Kytömäki, Destia Oy

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää E18 Koskenkylä - Kotka elinkaarimallihankkeen päällysteen kuluneisuutta. Työn tavoite oli saada työn tilaajalle työyhteisöliittymä Pulterille tietoa päällysteen kuluneisuudesta, siihen vaikuttavista tekijöistä sekä siitä kuinka eri tekijät ovat vaikuttaneet päällysteen epätasaisuuteen. Lisäksi päällysteen kuluneisuuden tutkimuksen oli tarkoitus tuottaa tausta-aineisto tulevan päällystyksen tasausmassakohteiden kartoittamiseen.

Opinnäytetyö tehtiin seurantatutkimuksena, jossa aineistona päällysteen kuluneisuudesta käytettiin vuosina 2014 – 2017 hankkeella tehtyjä palvelutasomittauksia. Tiedot kuluneisuuteen vaikuttaneista ilmastorasituksista kerättiin Ilmatieteenlaitoksen historiatiedoista ja tiedot liikennesituksista Liikenneviraston liikennemittaustiedoista.

Aineiston perusteella pystyttiin luomaan kokonaiskuva päällysteen kuluneisuudesta sekä havaitsemaan yhteyksiä kuluneisuuden ja rasituksien välillä. Yhteenvetona saatiin pohdintoja päällysrakenteen mitoituksen onnistumisesta sekä tasausmassakohteiden kartoituksen tausta-aineisto.

Asiasanat: palvelutasomittaus, ajoneuvorasitus, ilmastorasitus, päällysteen epätasaisuus

Abstract

Lauri Falkman

Pavement wear monitoring

Case: E18 Koskenkylä - Kotka life cycle model project, 34 pages

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Construction and civil engineering

Civil engineering

Bachelor's Thesis 2018

Instructor(s): Ms Eija Mertanen, Saimaa University of Applied Sciences. Mr Kari Kytömäki, construction manager, Destia Oy.

The purpose of this thesis was to find out the E18 Koskenkylä - Kotka life cycle model of the project pavement wear. The aim of the work was to inform the job consignor Pulter about the weariness of the pavement, the factors influencing it and how different factors influenced the unevenness of the pavement. In addition, the investigation of the wear on the pavement was intended to provide background material for the alignment of future coatings to map objects.

The thesis was carried out as a follow - up research where the service level measurements carried out during the years 2014 - 2017 were used as material for the wear of the pavement. Data on the climatic stresses affecting wear and tear were collected from the Finnish Meteorological Institute's historical data and information on traffic oversight at the Finnish Transport Agency's traffic measurement data.

Based on the material, it was possible to create an overall picture of the weariness of the pavements and to detect connections between wear and tear. In summary, discussions were made on the success of dimensioning of the overlay structure and the background material for mapping the compensator sites.

Keywords: Service level measurement, vehicle load, weather load, unevenness of the pavement

Sisällys

1	Johdanto	5
2	E18 Koskenkylä - Kotka -elinkaarihanke.....	6
	E18 Koskenkylä - Kotka moottoritien päällysrakenne	7
3	Päällysteen vaurioitumista aiheuttavat tekijät	10
3.1	Ilmastolliset rasitukset.....	10
	Ilmastorasitukset hankkeen kannalta	11
3.2	Ajoneuvorasitukset	13
	Ajoneuvorasitukset hankkeen kannalta	14
3.3	Rakenteen omanpainon rasitukset	17
	Rakenteen omanpainorasitukset hankkeen kannalta	17
4	Päällysteen kuluneisuus ja vauriot.....	17
4.1	Palvelutasomittaus.....	18
4.2	Hankkeen PTM-mittaustulokset	20
5	Yhteenveto.....	29
5.1	Pohdinta päällysteen kuluneisuudesta.....	29
5.2	Tasausmassakohteiden kartoitus	31
	Kuvat	33
	Kuviot	33
	Taulukot	33
	Lähteet	34

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä selvitetään E18 Koskenkylä - Kotka -hankkeen päällysteen kuluneisuutta. Tarve tähän opinnäytetyöhön syntyi työyhteisöliittymä Pulterilla kesällä 2017, kun ajankohtaiseksi tuli tulevan päällystystyön suunnittelun aloittaminen. Tuleva päällystys on osa hankkeeseen suunniteltua päällystyskiertoa. Työn tavoitteena on tuottaa työn tilaajalle tietoa päällysteen kuluneisuudesta, jota he voivat hyödyntää tulevan päällystystyön suunnittelussa ja vertailutietona tulevissa samankaltaisissa hankkeissa.

Työssä kerrotaan teoriaa päällysteen kulumisesta ja päällystettä vaurioittavista tekijöistä sekä tutkitaan minkälaisia kyseiset tekijät ovat olleet tällä hankkeella. Lisäksi kerrotaan teoriaa päällysteen palvelutasomittauksista ja vertaillaan hankkeella eri aikoina tehtyjä palvelutasomittautuloksia keskenään niin, että niiden avulla voidaan luoda kuva päällysteen kulumisesta eri vuosina ja eri tieosilla. Yhteenvedona pohditaan eri tekijöiden vaikutusta päällysteen kuluneisuuteen tällä hankkeella sekä tulevaan päällystykseen liittyen kartoitetaan tasausmassakohteita palvelutasomittautuloksia hyödyntäen.

Työ on rajattu niin, että päällysteen kulumisen ja vaurioitumisen tekijöistä on keskitytty ajoneuvo- ja ilmastorasitukseen. Rakenteen omanpainonrasituksien teoria on esitelty ainoastaan, koska omanpainonrasituksien vaikutuksista on niin vähän varmaa mitattua tietoa tämän hankkeen osalta. Palvelutasomittautulosten osalta on päädytty tutkimaan IRI, urasyvyys, megakarkeus ja sivukaltevuus, sillä nämä muuttujat ovat hankkeen päällysteen tasaisuuden tarkastelussa kaikkein olennaisimmat.

2 E18 Koskenkylä - Kotka -elinkaarihanke

E18 Koskenkylä – Kotka hankkeessa(kuva 1, s.7) rakennettiin kaiken kaikkiaan 53 kilometriä moottoritietä, joista 17 km oli vanhan moottoriliikennetien parantamista moottoritieksi ja 36 km täysin uuden moottoritien rakentamista. Moottoritien yhteyteen rakennettiin lisäksi kuusi uutta eritasoliittymää sekä parannettiin kahta vanhaa. Lisäksi hankkeessa rakennettiin yksi moottoritietunneli, 68 kpl siltoja, kolme levähdysaluetta, 35 km meluntorjuntaa, 19 km kevyenliikenteenväyliä sekä 52 km muita tiejärjestelyitä. (1, s. 3.)

E18 Koskenkylä – Kotka -hanke on toteutettu elinkaarimallilla, jossa tiehankkeen toteuttajana toimii yksityinen yritys Tieyhtiö Valtatie7 Oy. Tieyhtiö vastaa hankkeen rakennussuunnittelusta, rakentamisesta, rahoituksesta ja ylläpidosta. Tieyhtiöllä on palvelusopimus Liikenneviraston kanssa ja sen perusteella tieyhtiö saa korvauksen rakentamisesta ja ylläpidosta palvelumaksuina. Palvelusopimus on voimassa aina vuoteen 2026 asti, jonka jälkeen moottoritie luovutetaan Liikennevirastolle. Tieyhtiö Valtatie 7 Oy:n omistajia ovat Meridiam infrastructure, Keskinäinen vakuutusyhtiö Ilmarinen sekä Destia Oy. (1, s. 11.)

Hankkeen rakentamisesta vastasivat YIT rakennus Oy:n ja Destia Oy:n muodostama työyhteisöliittymä Pulteri. Moottoritien rakentaminen toteutettiin kuudessa lohossa vuosien 2011 – 2014 aikana. Lopulliset tiejärjestelyt valmistuivat lokakuussa 2015, josta alkoi moottoritien ylläpitovaihe vuoteen 2026 asti. Ylläpidosta vastaavat myös YIT rakennus Oy sekä Destia Oy. Hankkeen kokonaiskustannukset ovat 623 miljoonaa euroa, joista rakentamisen osuus on 340 miljoonaa euroa. (1, s. 4-5.)

E18 Koskenkylä – Kotka -moottoritie on osa niin kutsuttua Pohjolan kolmion liikennejärjestelmää, jossa Suomen osuus on toteuttaa moottoritie Turusta Vaalimaalle. Moottoritien rakentamisella pyritään lisäämään liikenteen turvallisuutta ja sujuvuutta sekä parantamaan elinkeinoelämän toimintamahdollisuuksia. (2.)



Kuva 1. Hankkeen sijoittuminen kartalle (1, s. 4-5)

E18 Koskenkylä - Kotka moottoritien päällysrakenne

E18 Koskenkylä – Kotka hankkeen päällysrakennesuunnitelmat perustuvat elinkaarimallin palvelusopimuksessa esitettyihin teknisiin vaatimuksiin. Teknisiin vaatimuksiin kuuluvat toimivuusvaatimukset eli rakenteen vaaditut ominaisuudet. Tuotevaatimukset määrittelevät rakenteen laadullisia vaatimuksia sekä antavat määritelmiä rakenteista ja järjestelmistä. Menetelmävaatimukset kertovat rakenteen valmistuksessa käytettävistä työmenetelmistä. Edellä esitetyt tekniset vaatimukset toimivat rakennussuunnittelun reunaehtoina. (3, s. 19.)

Kun tekniset vaatimukset ovat tiedossa, päällysrakenne voidaan mitoittaa vaaditun kantavuuden ja routimattomuuden mukaisesti. Mitoituksessa on huomioitu tielinjan pohjamaan laatu, liikennemäärät ja liikenteenlaatu sekä

niiden tulevaisuuden ennusteet. Päälyysrakenteen mitoittaminen on taloudellista optimointia niin, että rakenne voidaan toteuttaa mahdollisimman kustannustehokkaasti tekniset vaatimukset täyttäen.

E18 Koskenkylä – Kotka -hankkeessa päälyysrakenteen alaosa on pääosin tehty louheesta, jonka paksuus vaihtelee pohjamaan laadun mukaisesti. Ensisijaiseksi vaihtoehdoksi hankkeella valittiin taulukossa 1. lihavoidulla esitetty vaihtoehto. Hankkeen ensisijainen vaihtoehto on louherakenne, jonka routivuusvaatimus on V1, joka on vaatimusluokaltaan kaikista vaativin. Alusrakenne on tasalaatuinen mutta heikosti kantavimmasta päästä, maalaji vaihtelee silttimoreenista saveen tH ... tl, rakenteen paksuus on 1700 mm ja maksimi lohkarekoko on 600 mm. (4, s. 3-4.)

2.1.1 Kuivat, tasalaatuiset lievästi routivat maapenkereet

Murskerakenne (jos louheesta on pulaa)	V1-tE-750-M1
Louherakenne (maks. lohkarekoko 400 mm)	V1-tE-1200-LØ400
Louherakenne (maks. lohkarekoko 600 mm)	V1-tE-1600-LØ600

2.1.2 Tasalaatuiset lievästi routivat maaleikkaukset ja nollatasaukset

Murskerakenne (jos louheesta on pulaa)	V1-tF...tG-1200-M1
Louherakenne (maks. lohkarekoko 400 mm)	V1-tF...tG-1300-LØ400
Louherakenne (maks. lohkarekoko 600 mm)	V1-tF...tG-1600-LØ600

2.1.3 Tasalaatuiset routivat maaleikkaukset

Murskerakenne (jos louheesta on pulaa)	V1-tH...tl-1550-M1
Louherakenne (maks. lohkarekoko 600 mm)	V1-tH...tl-1700-LØ600

2.1.4 Sekalaatuiset routivat maaleikkaukset sekä pohjavesisuojausalueet

Murskerakenne (jos louheesta on pulaa)	V1-sE...sl-1750-M1
Louherakenne (maks. lohkarekoko 600 mm)	V1-sE...sl-1900-LØ600

Taulukko 1. Päälyysrakenne vaihtoehtoja yleisimmille alusrakenteille (4, s. 4)

Päälyysrakenteen yläosa eli kantavakerros ja kulutuskerros on mitoitettu pääkaistalle ja ohituskaistalle eri paksuisiksi niiden erilaisten liikennemäärien vuoksi. Moottoritien päällystys tehdään vaiheittaisesti niin, että kulutuskerroksena on asfalttibetoni maksimiraekoolla 22 mm (AB 22) ensimmäiset 4 vuotta liikenteelle oton jälkeen. Tämän jälkeen tie päällystetään kivimastikiasfaltilla (SMA). Näistä asfalttilaaduista SMA kestää enemmän kulutusta erilaisen rakeisuuden ja sideaineen ansiosta kuin AB. Tällä päällystyskierrolla pyritään kustannustehokkuuteen siten, että mahdolliset rakenteen alkuvaiheessa tapahtuva jälkitiivistyminen sekä alkuvaiheen

urautuminen vaurioittaisivat edullisempaa AB-päällystettä SMA:n sijasta. Päällysrakenteen yläosien kerrokset ja kerrospaksuudet on esitetty taulukoissa 2. ja 3.

Pääkaistan päällysteet

Kerroksen nimi	Kerrosmateriaali	Paksuus, mm	Toimenpiteen alustava ajoitus
Kulutuseros 2	SMA 18	50	4 v. kuluttua liikenteelle otosta
Kulutuseros 1	AB 22	60	Rakennetaan ennen liikenteelle ottoa. Pohjavesisuojausalueella tiiviiksi suhteitettuna
Sidottu kantava	ABK 22	60	
Kantava	KaM	150	
Yhteensä		320	Päällysteitä 170 mm

Taulukko 2. Pääkaistan päällysteet (4, s. 4.)

Ohituskaistan päällysteet

Kerroksen nimi	Kerrosmateriaali	Paksuus, mm	Toimenpiteen alustava ajoitus
Kulutuseros 2	SMA 18	50	4 v. kuluttua liikenteelle otosta
Kulutuseros 1	AB 22	60	Rakennetaan ennen liikenteelle ottoa. Pohjavesisuojausalueella tiiviiksi suhteitettuna
Kantava	KaM	210	
Yhteensä		320	Päällysteitä 110 mm

Taulukko 3. Ohituskaistan päällysteet (4, s. 5.)

Päällysrakenteissa on pyritty käyttämään mahdollisimman paljon tielinjalta saatavia materiaaleja. Rakennekerrosten materiaalit ja osittain päällysteen kiviaines on pääosin saatu tielinjalta murskatusta kalliosta. Tielinjalta saatavan kiviaineksen käytössä säästetään kuljetusmatkojen lyhentyessä ympäristöä ja kustannuksia. (4, s. 5-6.)

3 Päällysteen vaurioitumista aiheuttavat tekijät

Päällysteen vaurioitumisella tarkoitetaan tässä opinnäytetyössä eri syistä johtuen syntyneitä vauriota asfalttipäällysteessä. Tyypillisimmät vauriotyypit ovat päällysteen pituus- ja poikittaissuuntaiset epätasaisuudet sekä erityyppiset halkeamat. Päällysteen vauriot syntyvät usein monen tekijän summana ja ovat luonteeltaan kertaantuvia, eli jo vaurioitunut päällysteen kohta on myös paljon alttiimpi muille vaurioille kuin päällysteen ehjä kohta. (5, s. 7-8.)

Päällyste vaurioiden tekijöitä ovat ajoneuvoista johtuvat rasitukset, ilmastosta johtuvat rasitukset sekä rakenteen omapaino. Näistä erityisesti ajoneuvo- ja ilmastorasitukset aiheuttavat suurimman osan päällysteen vaurioista ja kulumisesta. Ilmastorasitukset ovat luonteeltaan pitkäkestoisia ja vuodenaikasta riippuvaisia kun taas ajoneuvorasitukset ovat lyhytkestoisia ja ajoneuvomääristä ja laadusta riippuvaisia. Tärkeää on kuitenkin ymmärtää, että rasitukset toimivat yhdessä, yhtäaikaisesti, ja ovat näin ollen kovempia kuin yksistään. (6, s. 23.)

3.1 Ilmastolliset rasitukset

Ilmastorasituksen muodostavat ilmanlämpötila, vesi ja routa. Vuodenaikojen mukaiset ilmanlämpötilaerot vaikuttavat asfalttikerrosten jäykkyyteen siten, että kesäisin korkeammilla lämpötiloilla asfaltin sideaine bitumi notkistuu ja asfalttikerroksen jäykkyys ja kyky jakaa kuormia alemmille rakennekerroksille heikkenee talven alhaisempiin lämpötiloihin nähden. Ilman lämpötila vaikuttaa myös päällysteen kulumiseen talvihoitoaikoina, sillä lämpötiloiltaan leudot talvet lisäävät tyypillisesti tiehoidossa käytetyn suolan määrää, mikä tarkoittaa päällysteen pinnan pysymistä paljaana ja märkänä. Päällysteen tiedetään kuluvan märkänä noin 3 - 7 kertaa enemmän kuin kuivana. (6, s. 20-26; 3, s. 7.)

Veden vaikutukset kohdistuvat pääasiassa tien sitomattomiin rakennekerrokseen ja heijastuvat sitä kautta päällysteen pintaan vaurioina. Liiallinen määrä vettä aiheuttaa sitomattomissa kerroksissa lujuuden heikkenemistä, mikä altistaa tien pinnan pysyville muodonmuutoksille eli deformaatiolle. Veden haitalliset

vaikutukset pystytään estämään huolehtimalla riittävän hyvästä tienpinnan ja sivuojen kuivatuksesta. (5, s. 13-14.)

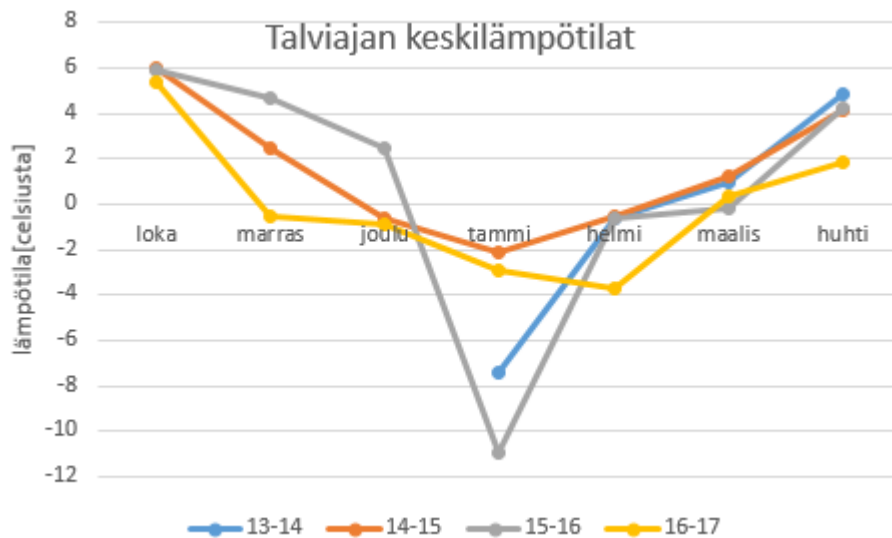
Mikäli tierakenteessa toteutuvat kaikki kolme routimisen ehtoa (routiva maalaji, pakkaneen ja veden saanti), on riskinä, että tienpintaan muodostuu pituussuuntaista epätasaisuutta ja halkeamia. Roudan haitallisia vaikutuksia voidaan estää kasvattamalla tien rakennekerrosten paksuutta tai estämällä jokin routimisen ehdoista. (6, s. 26-27.)

Ilmastorasitukset hankkeen kannalta

Hankeeseen kohdistuvia ilmastorasituksia tarkastellaan tässä opinnäytetyössä kuukausittaisten ilman keskilämpötilojen vaihtelun, kuukausittaisten keskimääräisten sademäärien sekä talviajan kuukausittaisen suolankäytön avulla. Kuukausitason tarkastelulla päästään tarvittavaan tarkkuuteen ilmastorasituksista, jotta nähdään kausittaiset vaihtelut ja voidaan löytää yhteyksiä päällysteen kulumiseen.

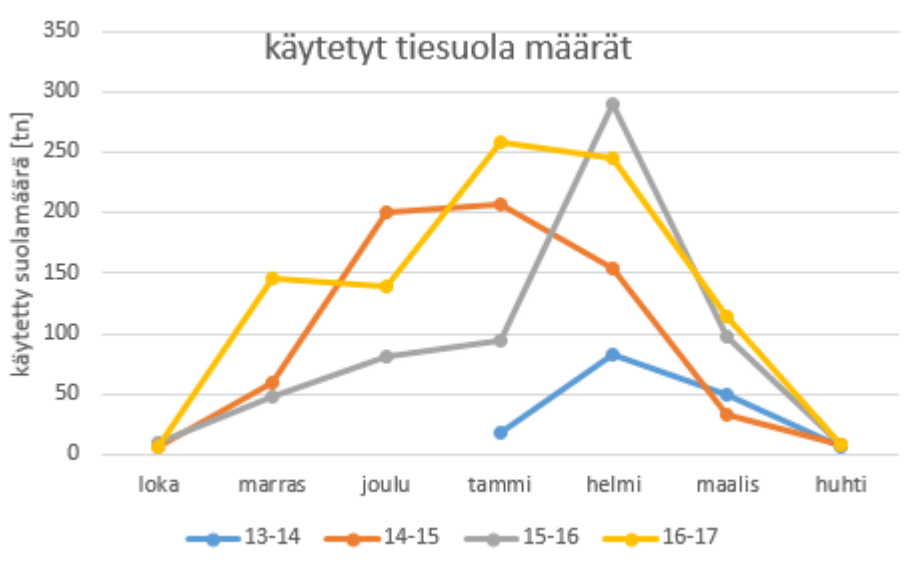
Kuukausittaiset ilmanlämpötila- ja sademäärätiedot ovat peräisin ilmatieteenlaitoksen tilastoista ja niiden mittauspaikkana on ollut Kotka. Vaikka tielinja on pitkä ja sen alueella saattaa olla ajoittain paikallisia vaihteluita sääolosuhteissa, antaa tämä yksittäinen mittauspiste kuitenkin tarpeeksi tietoa sääolosuhteiden kokonaiskuvan muodostamiseksi. Talvikaudella käytetyn suolan määrästä on raportoinut palveluntuottajalle hoitourakoitsija.

Kuviossa 1 on esitetty talviajalta lokakuusta huhtikuuhun keskilämpötilojen vaihtelua eri vuosina. Kuvaajasta nähdään keskilämpötilojen olleen tyypillisesti +6 ja -4 celsiusen välillä lukuun ottamatta 2013 - 2014 ja 2015 - 2016 talvien tammikuuta, jolloin pakkasta on ollut enemmän.



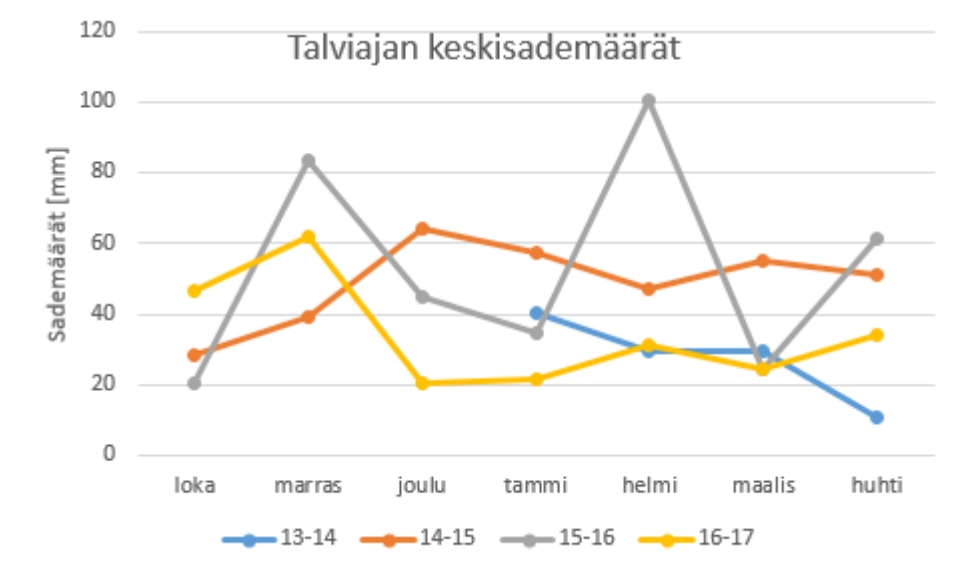
Kuvio 1. Talviajan keskilämpötilat (7.)

Kuviossa 2 on esitetty talviajan suolankäyttö tonneina eri kuukausille. Tuloksista nähdään, että eniten suolaa on kulunut talvella 2016 - 2017 ja vähiten talvella 2015 - 2016. Talvella 2013 - 2014 hankkeen lohkoista oli liikenteelle käyttöön otettu vasta osa, jolloin sen tulokset eivät ole vertailukelpoisia muiden talvien kanssa. Käytettyjen suolaustonnien ja talven keskilämpötilojen välillä on nähtävissä yhteys, jossa suolaa kuluu eniten silloin, kun keskilämpötilat ovat 0 asteen alapuolella ja -4 asteen yläpuolella.

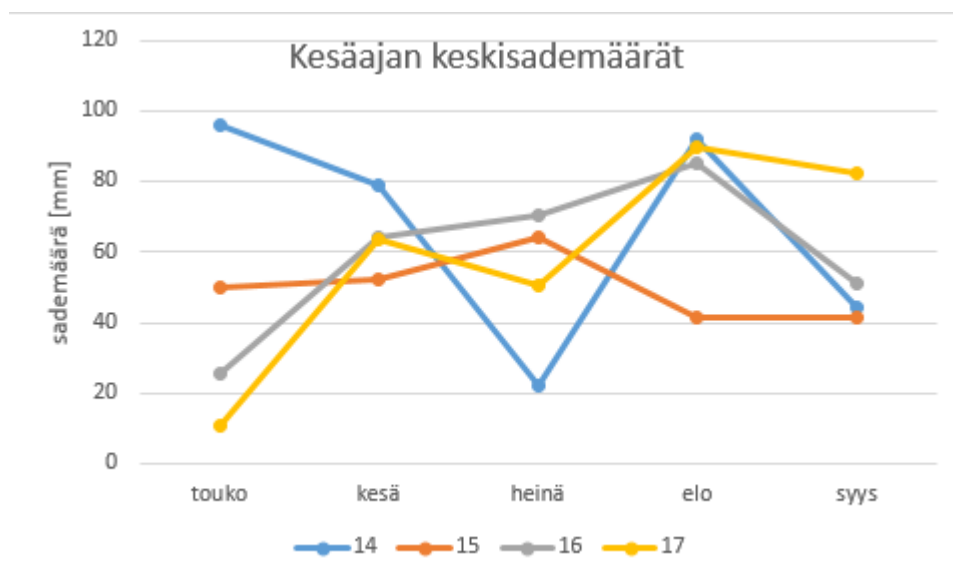


Kuvio 2. Käytetyt tiesuola määrät

Talvi- ja kesäajan keskimääräiset sademäärät on esitetty kuvioissa 3. ja 4. Talvista sateisin on ollut 2015 - 2016 ja vähiten on satanut talvella 2016 - 2017. Kesistä sateisin on ollut vuoden 2014 kesä ja vähiten on satanut kesällä 2015.



Kuvio 3. Talviajan keskisademäärät (7.)



Kuvio 4. Kesäajan keskisademäärät (7.)

3.2 Ajoneuvorasitukset

Ajoneuvoista aiheutuvat rasitukset muodostuvat pääasiassa raskaanliikenteen kuormitusrasituksesta sekä henkilöautojen aiheuttamasta nastarenkaiden kulumisrasituksesta. Ajoneuvorasitukset määräytyvät liikennemäärien,

liikenteenlaadun, ajoneuvonopeuksien ja tien geometrian muuttujista. Ajoneuvojen aiheuttamista päällysteen vaurioista tyypillisin on urautuminen. Urautuminen on käytännössä raskaiden ajoneuvojen aiheuttaman deformaatiouran sekä henkilöautojen aiheuttaman nastarenkaiden kulumisuran summa. (6, s. 17-18; 5. s. 12.)

Raskaan liikenteen kuormitusrasitukset aiheuttavat tien rakennekerrokseen deformaatioita eli pysyviä muodonmuutoksia, jotka näkyvät yleensä päällysteessä haitallisena poikittaissuuntaisena epätasaisuutena. Deformaatiota tulee, kun tien rakennekerrokset jälkitiivistyvät ja/tai leikkaantuvat kuormituksen johdosta. Deformaation syntyä edesauttavat korkea ilmanlämpötila sekä liiallinen kosteus sitomattomissa rakennekerroksissa. Deformaation syntymistä voidaan pienentää ja ennalta ehkäistä mitoittamalla rakennekerrokset riittävän paksuiksi ja jäykiksi, tuotantovaiheen huolellisella rakennekerrosten tiivistämisellä sekä huolehtimalla tien hyvästä kuivatuksesta. Deformaatiota voidaan myös hallita vaiheittaisella rakentamisella, jossa tien alemmat rakennekerrokset altistetaan liikenteen kuormitukselle jo ennen lopullisen päällystepinnan tekoa, sillä suurin osa deformaatiosta tapahtuu alkuvaiheen jälkitiivistymisenä. (8, s. 15-20.)

Henkilöautot aiheuttavat päällysteen kulumista pääasiassa nastarenkaiden käytöllä, josta aiheutuu päällysteen urautumista. Nastarenkaiden käytöstä johtuva urautuminen riippuu hyvin paljon talven keliolosuhteista ja päällysteen märkänä olon ajasta. Nastarenkaan tien kuluttavuuteen vaikuttavat renkaan profiili, nastojen lukumäärä, ajoneuvon massa sekä ajonopeus. Nastarenkaiden tien kuluttavuutta voi vähentää toteuttamalla talvihoidon pienemmillä suolausmäärillä, mikä vähentää tien pinnan märkänä olon aikaa. (9; 11, s.39-48.)

Ajoneuvorasitukset hankkeen kannalta

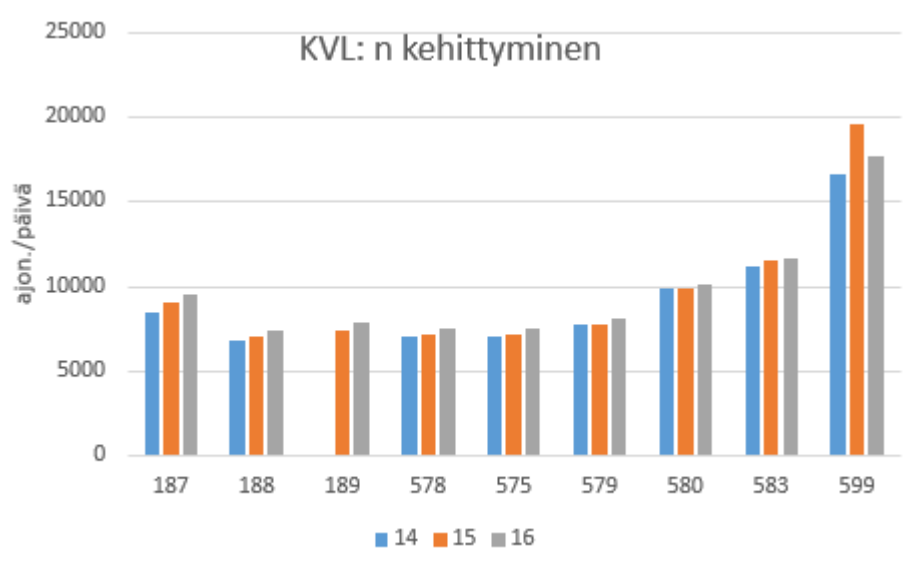
Hankeeseen liittyvät ajoneuvorasitukset käsitellään tässä työssä tarkastelemalla vuoden keskimääräisten vuorokausiliikennemäärien (kvl) ja raskaan liikenteen osuuden kehittymistä vuosina 2014 – 2016. Tiedot liikenteen määristä ja laadusta ovat peräisin liikenneviraston automaattisilta liikenteenmittausjärjestelmän mittauspisteiltä, joiden sijainti on esitetty kuvassa

2. Mittauspisteet antavat riittävän kattavan kuvan liikennemäärien ja laadun vaihteluista moottoritien eri osissa.



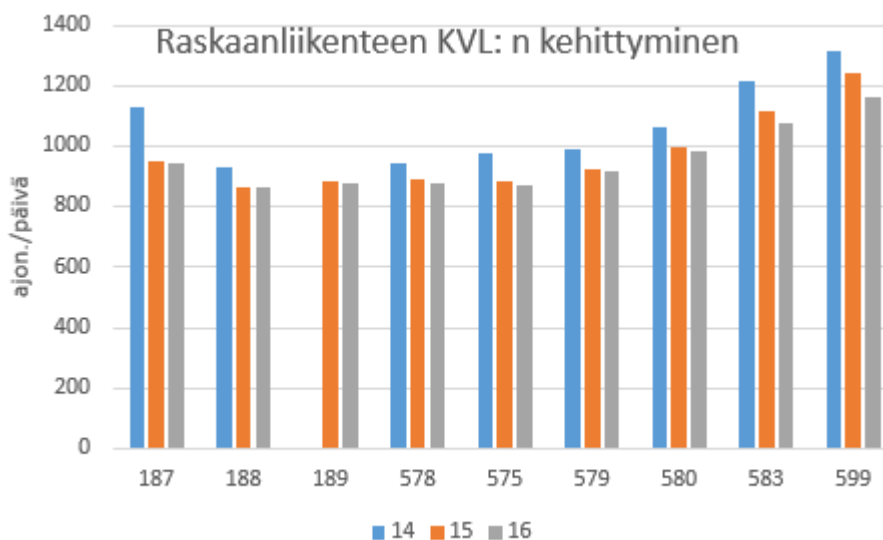
Kuva 2. LAM - mittauspisteet kartalla

Kuviossa 5 on esitetty keskimääräisen vuorokausiliikenteen määrät ja niiden vaihtelu moottoritien mittauspisteillä eri vuosina. Kuvaajasta nähdään, kuinka liikenne on jakautunut moottoritielle. Pisteeltä 187 lähdettäessä itään päin määrissä tapahtuu pieni pudotus, jonka jälkeen liikennemäärät pysyvät Siltakylään pisteelle 579 asti tasaisina. Pisteeltä 579 liikennemäärät lähtevät kasvamaan itään päin mentäessä niin, että selkeästi korkeimmat vuorokautiset liikennemäärät ovat Sutelan eritasoliittymän jälkeen. Liikennemäärien vuotuista vaihtelua tarkasteltaessa huomataan, että liikennemäärät ovat pääasiassa nousseet vähän tai pysyneet samoina vuosittain. Vuotuisessa vaihtelussa ainoan poikkeuksen tekee pisteeltä 599 mitatut vaihtelut, joissa määrät ensin nousevat reippaammin vuonna 2015 ja laskevat vuonna 2016.



Kuvio 5. Kvl:n kehittyminen (10.)

Raskaanliikenteen keskimääräinen vuorokaisittainen liikenteen määrä ja sen vuotuinen vaihtelu on esitetty kuviossa 6. Raskaanliikenteen kvl:n jakautuminen moottoritiele on samankaltainen koko liikenteen kvl:n kanssa mutta huomattavasti tasaisempi. Tästä voidaankin päätellä, että suurin osa raskaasta liikenteestä kulkee koko hankealueen moottoritien läpi. Raskaanliikenteen keskimääräiset vuorokausiliikennemäärät ovat laskeneet vuosittain jokaisella mittauspisteellä poiketen koko liikenteen kvl:stä.



Kuvio 6. Raskaanliikenteen kvl:n kehittyminen (10.)

3.3 Rakenteen omanpainon rasitukset

Rakenteen omapaino saattaa aiheuttaa ajomukavuuteen ja liikenneturvallisuuteen haitallisesti vaikuttavia pituussuuntaisia heittoa. Heittojen todennäköisiä syntyäpaikkoja ovat alueet, joissa tie on rakennettu heikommin kantavalle pohjamaalle, ja paikat joissa pohjamaan laatu vaihtuu heikommin kantavasta kantavammaksi tai toisinpäin, sekä kohdat, joissa tien rakennekerrokset muuttuvat. Heitot ovat myös luonteeltaan kertaantuvia ja pahenevat ajan myötä, koska heittopaikan ajoneuvorasitukset muuttuvat staattisista dynaamisemmiksi, mikä moninkertaistaa rasituksen voiman. (5, s. 14-15.)

Rakenteen omanpainonrasitukset hankkeen kannalta

Rakenteen omanpainonrasituksista aiheutuvan epätasaisuuden syntymisen riskipaikkoja ovat tällä hankkeella kohdat, joissa moottoritie on perustettu heikommin kantavalle pohjamaalle ja joissa on käytetty pohjanvahvistusta. Erityisesti riskipaikkoja ovat pohjanvahvistuksen reunakohdat ja paikat joissa pohjanvahvistusmenetelmä vaihtuu toiseen esimerkiksi paalulaatata stabilointiin. Tässä opinnäytetyössä ei kuitenkaan perehdytä sen tarkemmin rakenteen omanpainonrasitukseen kuin että niiden olemassaolo tiedostetaan ja niiden erityiset riskinpaikat tunnistetaan. Näin rakenteen omanpainonrasituksien vaikutusta osataan arvioida päällysteen tasaisuuden tarkastelussa.

4 Päällysteen kuluneisuus ja vauriot

Hankkeen ylläpitovaiheessa valmiiden rakenteiden laatua ja sen toteutumista seurataan pääasiassa palveluntuottajan tekemällä raportoinnilla. Raportointitapa ja sen taajuus on määritelty hankkeen teknisissä vaatimuksissa. Päällysteen laadun mittaamiseen käytetään tällä hankkeella palvelutasomittausta (PTM). PTM-mittaus suoritetaan keväällä toukokuussa ja syksyllä syyskuussa. Mittauksista palveluntuottaja laatii tilaajalle raportin, josta käy ilmi mahdolliset laatu-poikkeamat sekä yleinen kuva päällysteen kunnosta. Lisäksi hankkeen tilaaja suorittaa omaa valvontaa valmiiden rakenteiden laadun

toteutumisesta. Tilaajan suorittama valvonta on pääasiassa silmämääräistä ja pistokoeluontoista. (3, s.20-34.)

Valmiille rakenteille on määritelty teknisissä vaatimuksissa tietty palvelutaso ja laatu, joihin palveluntuottajan tekemää raportointia esimerkiksi päällysteen kunnosta voidaan verrata. Mikäli palveluntuottajan tekemässä raportoinnissa tai tilaajan tekemässä/tilaamassa valvonnassa havaitaan laatupoikkeama tai laadun alitus, joka ei täytä sille teknisissä vaatimuksissa asetettuja teknisiä tai toiminnallisia vaatimuksia, voi tilanne johtaa palveluntuottajalta perittävään palvelutasovähennykseen. Palvelutasovähennys on palveluntuottajalle rahallinen sanktio sovitun laadun alittamisesta. Sen suuruus ja peruste on tarkemmin määritelty hankkeen maksumekanismissa. (12, s.4-12.)

4.1 Palvelutasomittaus

Palvelutasomittauksilla tuotetaan tietoa päällystettyjen teiden tasaisuudesta. Mittaus suoritetaan ptm-mittausautolla (kuva 3), joka voi suorittaa mittauksen muun liikenteen mukana 80 km/h nopeudessa. Mittaus perustuu lasertekniikkaan, joka tuottaa erilaisia tunnuslukuja päällysteen tasaisuudesta. Mittauslaserit (17 kpl) sijaitsevat PTM-mittausauton edessä olevassa palkissa ja ovat jakautuneet 3,2 m leveydelle niin, että oletettujen urien kohdalla niitä on eniten. Yksittäinen mittauslaseri tekee 10 cm matkalla 128 havaintoa, joiden perusteella eri tunnusluvut lasketaan. Lasereiden lisäksi PTM-mittausautossa on myös muita erilaisia antureita, joiden avulla voidaan määrittää mittauksen tarkka paikka ja aika. (13, s.13-14.)



Kuva 3. Destia Oy:n PTMauto

PTM-mittauksista saadaan tuotettua monia erilaisia päällysteen tasaisuutta kuvaavia tunnuslukuja kuten IRI, IRI4m, mega- ja makrokarkeus, dynaaminen rasisuusiindeksi, pituusprofiilin poikkeamaindeksi, urasyvyys, harjanne, kaarevuus, pituuskaltevuus ja sivukaltevuus. Tässä opinnäytetyössä käsitellään kuitenkin ainoastaan hankkeen kannalta olennaisimmat tunnusluvut, jotka ovat IRI, megakarkeus, urasyvyys sekä sivukaltevuus.

IRI-arvo on tunnusluku, joka kertoo tien pinnan pituussuuntaisesta epätasaisuudesta. IRI määrittäytyy 10 cm mittaushavaintojen keskiarvoista, jotka muunnetaan IRI:n matemaattisen mallin mukaisiksi aallonpituuksiksi. Matemaattinen malli on laadittu niin, että se korostaa 2 – 23 m epätasaisuuksia, jotka ovat kaikkein haitallisimpia ajomukavuuden ja turvallisuuden kannalta. Arvot ilmoitetaan yksikössä mm/m ja ne edustavat jonkin jakson keskiarvoa riippuen siitä mihin käyttötarkoitukseen tieto on. Hyvänä IRI-arvona voidaan vilkasliikenteisellä tiellä pitää arvoja, jotka ovat pienempiä kuin 1,4 mm/m ja huonoina suurempia kuin 1,81 mm/m. (13, s. 19-23.)

Megakarkeus kertoo päällysteen pinnan lyhytaaltoisesta epätasaisuudesta aallonpituuksilla 50 – 500 mm. Megakarkeus annetaan RMS-lukuna, joka kuvaa

korkeuseroja pinnan huippujen ja matalien kohtien välillä. Yksikkönä käytetään millimetriä ja tulokset ovat yleensä esitettyinä keskiarvona halutulle matkalle. Megakarkeuden arvot ovat sitä huonompia mitä suurempia ne ovat. Suuret megakarkeuden arvot johtuvat yleensä kiviaineksen irtoamisesta päällysteestä ja se aiheuttaa renkaiden kulumista sekä lisää rengasmelua. Yleisimmällä 100 m:n tarkastelujaksolla pidetään arvoja liian korkeina, kun ne ylittävät 0,9 keskiarvon. (13, s. 24-26.)

Urasyyvyys on yksi keskeisimmistä tunnusluvuista tien poikittaisen epätasaisuuden arvioinnissa ja päällysteen suunnittelussa. Liian syviksi päässeet urat aiheuttavat ajoon epämukavuutta sekä kasvattavat vesiliirto-riskiä. Urasyyvyys määritetään yksittäisten lasereiden 10 cm:n matkan havaintojen keskiarvoista ja ilmoitetaan halutun matkan keskiarvona. Määrittämisessä käytetään niin sanottua lankamallia, jossa kuvitteellinen lanka on tien poikkileikkauksen yläpuolelle kiristettynä ja suurin etäisyys siitä tiehen on maksimiurasyyvyys. Syyvyksien arvot annetaan millimetreinä ja vilkasliikenteisillä teillä hyvänä arvona voidaan pitää arvoja, jotka ovat pienempiä kuin 8 mm ja huonoina suurempia kuin 13,1 mm. (13, s. 28-31.)

Sivukaltevuustunnusluku antaa tietoa tienpinnan kuivatusominaisuuksista sekä kertoo mahdollisista muutoksista tien rakenteessa. Tunnusluku määritetty regressiomallilla jossa jokainen laseri laskee etäisyyttä tienpintaan 10 cm:n välein ja tietokone muodostaa pisteiden välille regressiosuoran, joka kertoo tien sivukaltevuuden. Sivukaltevuus ilmoitetaan prosentteina halutun tarkastelujakson keskiarvona. Kaltevuuden arvon muutos nähdään haitallisena, kun se poikkeaa +/- 1 prosenttiyksikköä suunnitellusta kaltevuudesta. (14, s. 13, 24.)

4.2 Hankkeen PTM-mittaustulokset

E18 Koskenkylä - Kotka -hankkeella on tehty PTM-mittauksia kevästä 2014 lähtien, jolloin tie oli avattu liikenteelle osittain ja PTM-mittaukset on tehty lohkoille 2 ja 3. Koko hankkeen moottoritien pituuden kattavia PTM-mittauksia on tehty kevästä 2015 alkaen. Tuloksista on laadittu vuosittain palveluntuottajan toimesta raportti, josta on todettu päällysteen oikean ajouran IRI-arvo, oikean ajouran megakarkeus, maksimiurasyyvyys ja sivukaltevuus sekä

näistä muuttujista ilmenevät laatupoikkeamat tai laadunalitukset. Taulukosta 4. nähdään, minkälaisia vaatimuksia päällysteen tasaisuudelle on teknisissä vaatimuksissa annettu PTM-mittaus tuloksiin liittyen sekä kuinka hankkeen maksumekanismi toimii päällysteen tasaisuuden osalta. Taulukosta on poistettu vähennyksen suuruus euroina.

Teknisten vaatimusten kohta	palvelu tai vaatimus	palvelutasovähennyksen peruste	vähennys euroa
4.1.4	a) ajourien maksimiurasyvyys	yli 8,0 % jaksoja, joissa ajourien maksimiurasyvyys on yli 15,0 mm	€/jokainen 8 %:n ylittävä 100m jakso /kaista
		yksittäisen jakson ajourien maksimiurasyvyys on yli 18,0 mm	€/jokainen ylittävä 100m jakso/ kaista
		toimenpidealuetta välittömästi edeltävän tai seuraavan jakson ajourien maksimiurasyvyys on yli 13,0 mm	€/jokainen ylittävä 100m jakso/ kaista
		yksittäisen jakson ajourien maksimiurasyvyys on yli 20,0 mm	€/jokainen ylittävä 100m jakso/ kaista
	b) oikean ajoradan tasaisuus, IRI	yli 8,0 % jaksoja, joissa oikean ajouran IRI on yli 2,20 mm/m	€/jokainen 8 %:n ylittävä 100m jakso/ kaista
		yksittäisen jakson oikean ajouran IRI on yli 3,20 mm/m	€/jokainen ylittävä 100m jakso/ kaista
	c) megakarkeus	yksittäisen jakson oikean ajouran megakarkeus on yli 0,90	€/jokainen ylittävä 100m jakso/ kaista
	d) uuden päällysteen tasaisuus	jaksoja, joissa uuden päällysteen IRI-4 ylittää 1,1 mm/m tai jaksoja, joissa uuden päällysteen IRI ylittää 1,4 mm/m.	€/jokainen ylittävä 100m jakso/ kaista
	e) sivukaltevuus	yksittäisen jakson sivukaltevuus poikkeaa yli 1,0% -yksikköä suunnitellusta arvosta	€/jokainen ylittävä 100m jakso/kaista

Taulukko 4. Vaatimukset ptm-muuttujille (12, s. 18)

Palveluntuottajan raporteista on tähän asti löytynyt seuraavia päällysteen tasaisuuteen liittyviä huomioita. Tulokset ovat 100 m:n tarkastelujakson keskiarvoja.

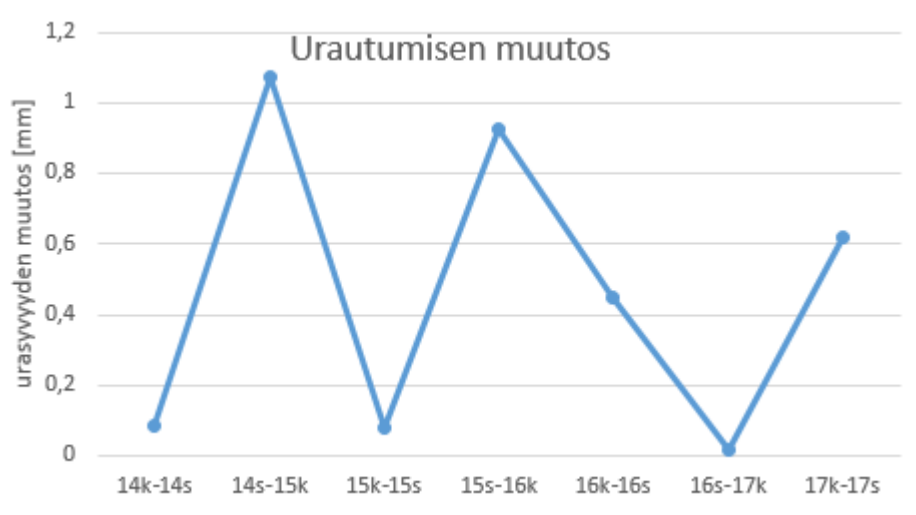
- Vuonna 2015 17 kpl IRI-arvoja jotka olivat yli 2,2 mm/m ja 1 kpl yli 1 % sivukaltevuuden muutoksia.

- Vuonna 2016 havaittiin 3 kpl yli 15 mm uria, 1 kpl yli 18 mm uria, 1 kpl yli 3,2 mm/m IRI-arvoja, 35 kpl yli 2,2 mm/m IRI-arvoja sekä 1 kpl yli 1 % sivukaltevuuden muutoksia.
- Vuonna 2017 1 kpl yli 18 mm uria, 11 kpl yli 15 mm uria, 42 kpl yli 2,2 mm/m IRI-arvoja sekä 1 kpl yli 1 % sivukaltevuuden muutoksia.

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan hankkeen ptm-mittaustuloksia ja hyödynnetään niitä päällysteen kokonaisvaltaisen kulumisen seurantaan ja tutkitaan, miten eri ptm-muuttujat ovat kehittyneet vuosittain. Erityisesti urautumisen kehittyminen ja urautuneisuus on mielenkiintoinen muuttuja sen suuren vaikutuksen takia päällysteen kuntoa määritettäessä ja tulevaa 4. vuoden SMA päällystyksen pohjantasausta suunniteltaessa. PTM-muuttujat on esitetty 100 m tarkastelujakson keskiarvoina.

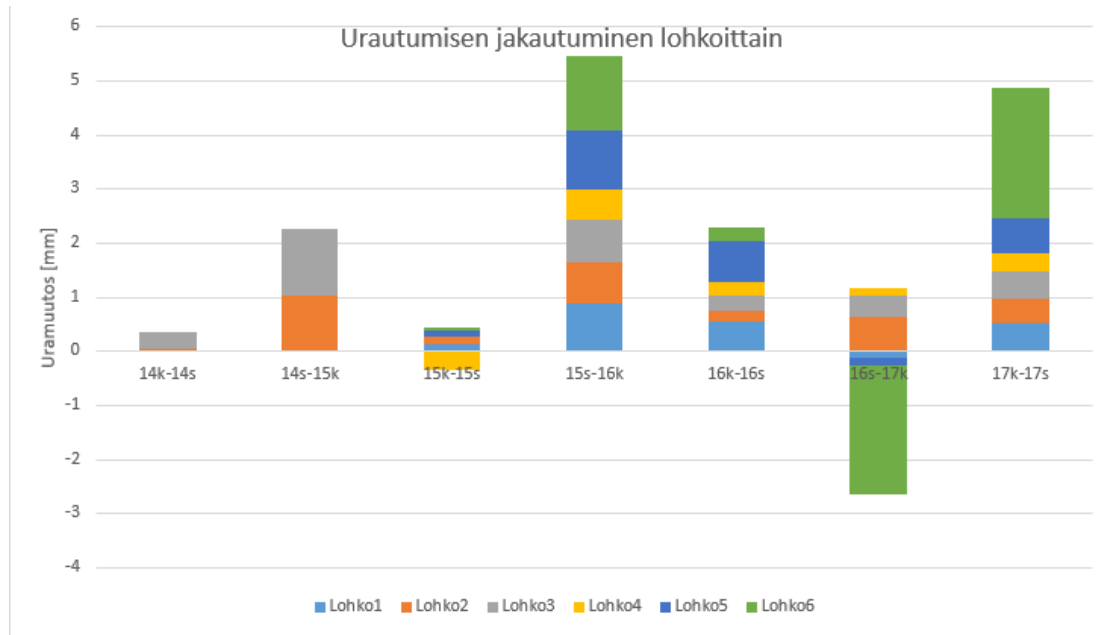
Urautuneisuutta tarkastellaan tässä opinnäytetyössä ptm-tuloksista laskettujen 100 m:n keskiarvojen mittauskertojen välisten muutosten keskiarvojen avulla. Urautuneisuus saattaa vaihdella paikallisesti hyvinkin suuresti mutta keskiarvot antavat kuvan sen yleisestä kehitystrendistä. Urasyvyyden mittaustuloksia vääristää joillekin tienosille tehdyt urapaikkaukset, mikä näkyy tuloksissa urasyvyyden pienenemisenä.

Kuviossa 7. on nähtävissä hankkeen urautumisen kokonaiskuva. Kuvaajassa on esitetty eri mittausajankohtien välisten muutosten keskiarvojen vaihtelua. Keskiarvoissa on huomioitu kummatkin ajosuunnat ja molemmat ajoradat. Tuloksista voi huomata urautumisen suuren kausivaihtelun talvi- ja kesäaikojen välillä. Talviajan urautuminen näyttää laskeneen tasaisesti lukuun ottamatta 2016 syksyn ja 2017 kevään väliä, jolloin urautuminen on laskenut huomattavasti muihin talviajan tuloksiin nähden. 2016 syksyn – 2017 kevään urautumisen laskua selittää hankkeella tehdyt urapaikkaukset. Kesäajan urautuminen taas on ollut kasvusuunnassa. Hankkeen kumulatiivinen urautuminen on keskimäärin ollut 3,25 mm vuoden 2014 keväästä 2017 syksyyn asti.



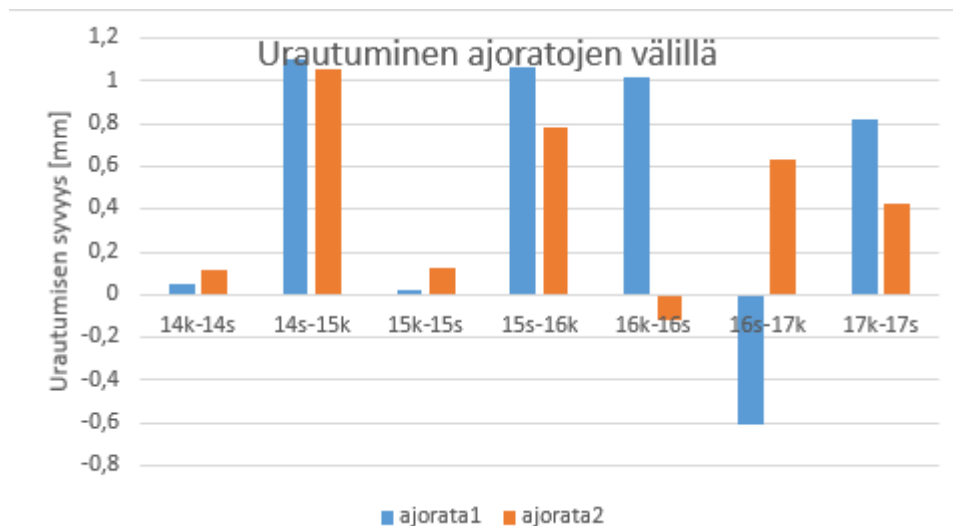
Kuvio 7. Urautumisen muutos mittausten välillä

Kuviossa 8. on esitetty, kuinka urautuminen on jakautunut hankkeen eri lohkojen välillä. Urausvyysmuutokset on laskettu lohkoittain keskiarvoina eri mittausajankohtien välillä. Kuvasta näkee, että urautuminen on suurempaa lohkoilla 5 ja 6 muihin lohkoihin verrattuna. 2016 syyskuu – 2017 keuhä välillä lohkojen 1, 5 ja 6 uramuutos on negatiivinen, mikä tarkoittaa, että niissä urasyvyys on keskimääräisesti pienentynyt. Urautumisen pienentyminen selittyy hankkeella tehdyillä päällysteen paikkauksilla. Urautumisen jakautuneisuustuloksia lohkojen välillä katseltaessa pitää muistaa, että lohkot ovat eri mittaisia jolloin yhden 100 m jakso saa suuremman painoarvon lyhyemmällä lohkoilla kuten esimerkiksi lohko 6:lla.



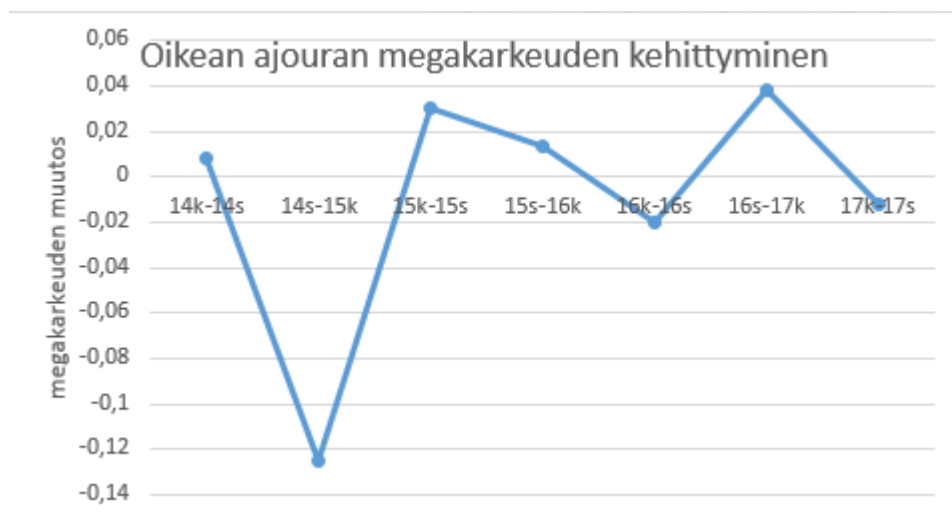
Kuvio 8. Urautumisen jakautuminen lohkoittain

Kuviossa 9. on esitetty urautumisen jakautuminen ajoratojen välillä. Tulokset on otettu keskiarvoina mittausajankohtaisista muutoksista ajoratakohtaisesti koko tien matkalta. Tuloksista nähdään, että ajoratojen välinen ero urautumisessa on verrattain pieni mutta kasvamaan päin. Ajoratojen urautumisessa on myös eroa talvi- ja kesäajan välillä. Ajorata 1 urautuu vähemmän kesäaikana kuin ajorata 2 kun taas talviaikana tilanne on päinvastainen. Vuoden 2016 keväästä eteenpäin tulosten tulkintaa vaikeuttaa tiellä tehdyt päällysteen paikkaukset.



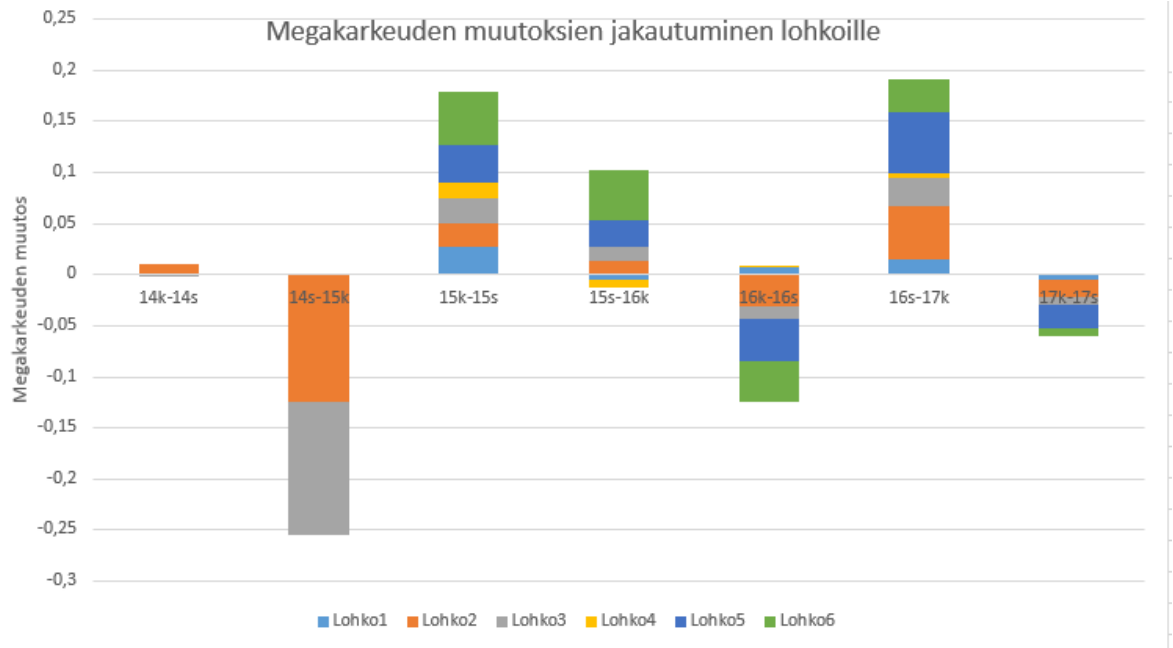
Kuvio 9. Urautumisen jakautuminen ajoratojen välillä

Oikean ajouran megakarkeuden mittausajankohtien välinen muutos on esitetty Kuviossa 10. Tulokset kuvaajaan on laskettu eri mittausajankohtien välisten muutosten keskiarvoista koko tien matkalta ja molemmilta ajoradoilta. Megakarkeuden arvot saattavat vaihdella hyvinkin suuresti yksittäisen 100 m:n jakson sisällä ja toisten 100 m:n jaksojen välillä mutta keskiarvot antavat myös tässä hyvän yleiskuvan oikean ajouran megakarkeuden kehityksestä. Kuvion 10 kuvaajasta nähdään, kuinka megakarkeus on pienentynyt lohkoilla 2 ja 3 2014 syksyn ja 2015 kevään välisenä aikana. Muutoin keskimääräinen muutosten vaihtelu on ollut melko tasaista. 2015 keväästä lähtien mittauksissa on ollut mukana kaikki lohkot. Vuoden 2016 keväästä eteenpäin muutoksissa näkyy normaali kausivaihtelu, jossa arvot hieman keskimääräisesti laskevat kesäaikana ja talviaikana hieman nousevat. Oikean ajouran megakarkeuden keskimääräinen kumulatiivinen muutos on ollut -0,06 kevään 2014 ja syksyn 2017 välisenä aikana.



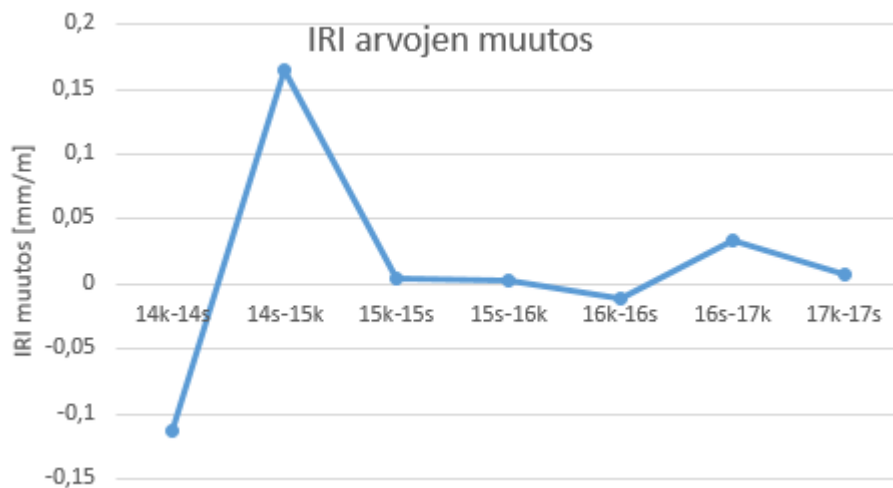
Kuvio 10. Oikean ajouran megakarkeuden kehittyminen

Kuviossa 11 on esitetty megakarkeuden muutosten jakautuminen hankkeen eri lohkojen välille. Tulokset on kerätty lohko-kohtaisista oikean ajouran megakarkeuden muutoksien keskiarvoista. Tuloksissa on huomioitu molemmat ajoradat ja ajosuunnat. Suurimmat keskimääräiset muutokset ovat olleet lohkoilla 2, 5 ja 6. Mielenkiintoista on huomata, että mittausajankohdalliset muutokset ovat olleet saman suuntaisia joka lohko-kohtaisesti kahta poikkeusta lukuun ottamatta.



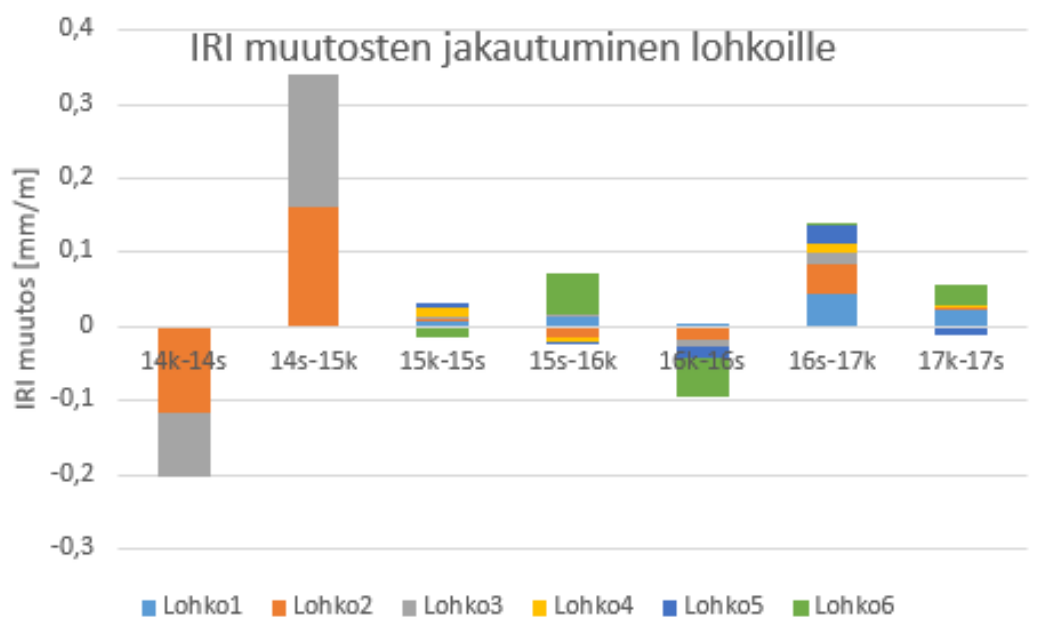
Kuvio 11. Megakarkeuden muutoksien jakautuminen lohkoille

Oikean ajouran IRI-arvojen muutokset eri mittausajankohtien välillä näkyvät kuviossa 12. Vuoden 2014 keväästä vuoden 2015 kevääseen tuloksissa on mukana ainoastaan lohkot 2 ja 3. Vuoden 2015 keväästä eteenpäin tuloksissa on mukana kaikki lohkot. Muutoksien arvot on saatu ottamalla keskiarvo eri mittausajankohtien välisistä muutoksista. Muutoksissa on huomioitu molemmat ajoradat ja ajosuunnat. Kuvion 12 kuvaajasta nähdään IRI-arvojen vaihtelun olleen 2014 kevään ja 2015 kevään välisenä aikana lohkoilla 2 ja 3 hiukan suurempaa, jonka jälkeen 2015 keväästä eteenpäin keskimääräinen arvojen muutos on ollut hyvin pientä. Muutoksissa on havaittavissa kausittaista vaihtelua kesän ja talven välillä niin, että arvot ovat talvella nousseet ja kesän aikana laskeneet tai nousseet vähemmän kuin talvella. Oikean ajouran IRI-arvon keskimääräinen kumulatiivinen muutos on ollut 0,09 mm/m 2014 kevään ja 2017 syksyn välisenä aikana.



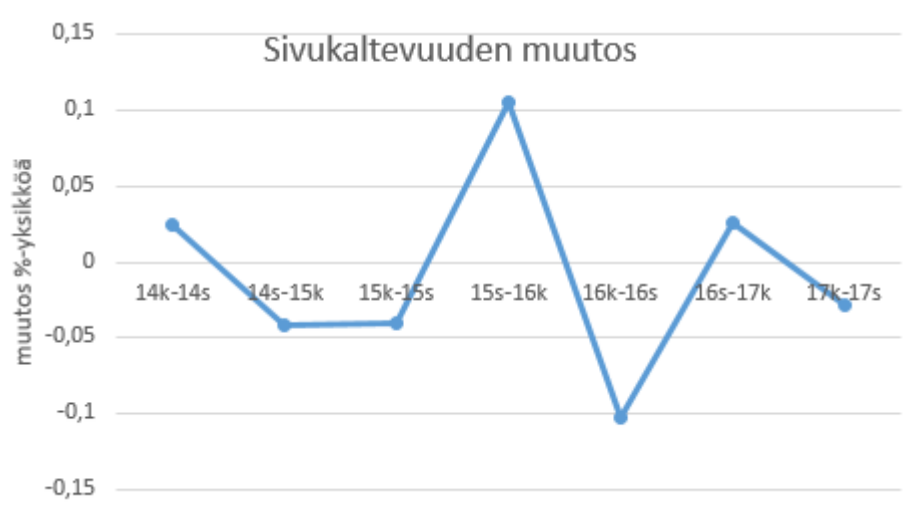
Kuvio 12. IRI-arvojen muutokset

Oikean ajouran IRI arvojen muutoksien jakautuminen hankkeen eri lohkojen välille on esitetty kuviossa 13. Muutoksien arvot on saatu ottamalla keskiarvo lohko-kohtaisista muutoksista. Tuloksista nähdään, että kun kaikki lohkot ovat olleet mittauksissa mukana vuoden 2015 kevästä eteenpäin, niin lohkoilla 6 on ollut suuremmat keskimääräiset muutokset muihin lohkoihin nähden. Muutokset ovat olleet pääsääntöisesti saman suuntaisia tai niin pieniä, että ovat jakautuneet tasaisesti nollan molemmin puolin lohkojen kesken.

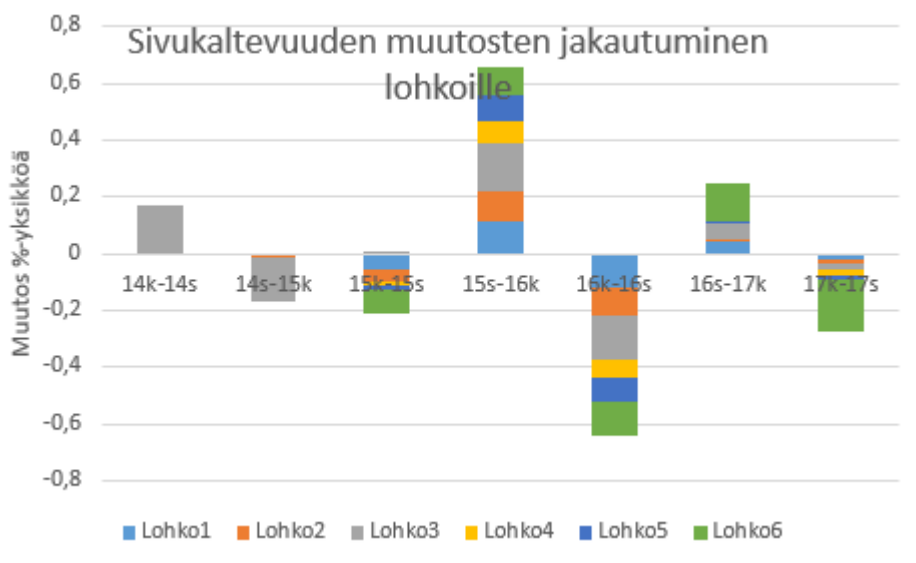


Kuvio 13. IRI-muutosten jakautuminen lohkoille

Sivukaltevuuden muutoksia on mitattu 100 m:n jakson keskiarvoina, joiden keskiarvollisia muutoksia on esitetty kuviossa 14. Kuvion 14 tuloksissa on mukana molemmat ajoradat ja ajosuunnat. Kuvaajassa esitetyt keskiarvolliset muutokset antavat kuvan yleisesti sivukaltevuuden muutoksista koko tien matkalla eivätkä kerro yksittäisistä sivukaltevuuden muutoksista. Tuloksista huomataan, miten useiden eri peräkkäisten mittausajankohtien väliset tulokset ovat lähes saman suuruiset mutta eri suuntaiset. Tämän näkee myös kuviosta 15, jossa on esitetty sivukaltevuuden muutokset lohko-kohtaisesti ja arvon muutokset ovat perättäisinä mittauskertoina myös lohko-tasolla saman suuruisia mutta eri suuntaisia. Ainut tästä käyttäytymisestä poikkeava mittauskerta on 2015 kevät - 2015 syksyn muutosta ilmaiseva mittaus. 2015 kevät - 2015 syksyn ilmiötä varmasti osin selittää se, että se on ensimmäinen mittauksista missä on kaikki lohkot mukana.



Kuvio 14. Sivukaltevuuden muutos



Kuvio 15. Sivukaltevuuden muutosten jakautuminen lohkoille

5 Yhteenveto

5.1 Pohdinta päällysteen kuluneisuudesta

Hankkeen päällysteen kuluneisuuden ja vaurioituneisuuden tarkastelussa on syytä kiinnittää huomio siihen vaikuttaneisiin tekijöihin. Tässä opinnäytetyössä huomioituja tekijöitä ovat liikenne- ja ilmastorasitukset.

Liikennesitukset ovat olleet yksi päällysrakenteen mitoittamiseen vaikuttavista tekijöistä, jonka perusteella eri rakennekerroksia on mitoitettu. Päällysrakenteen mitoituksen perustana ovat olleet aikaisempien vuosien LAM-pisteiden tiedot ja niiden pohjalta laaditut ennusteet. Ennusteissa raskaanliikenteen vuotuiseksi kasvuksi on arvioitu 3 % ja kokonaisliikennemäärille on arvioitu 1,7 % vuotuista kasvua. Vuosina 2014 – 2016 todetut raskaanliikenteen määrät ovat laskeneet keskimäärin 4,8 % vuosittain ja kokonaisliikennemäärät ovat nousseet keskimäärin 3,6 % vuosittain. Liikennesitusten alueellinen jakautuminen on ollut odotetun kaltaista ja selkeästi suurimmat liikennemäärät sijoittuvat tien Kotkan päähän.

Liikennesitusten alueellinen jakautuminen näkyy päällysteen epätasaisuutta kuvaavissa PTM-muuttujissa. PTM-muuttujista ura, IRI, megakarkeus ja sivukaltevuus laadituissa kuvioissa, jotka kuvaavat epätasaisuuden

jakautumista eri lohkojen välillä korostuu lohkojen 5 ja 6 suuri osuus, joissa suurimmat liikennesitukset myös ovat. Ptm-tuloksia osittain vääristää hankkeella tehdyt päällystekorjaukset. Tämä näkyy esimerkiksi lohkolla 6 vuoden 2016 syksyn – 2017 kevään välisenä urautumisen selkeänä pienenemisenä. Toisaalta päällystekorjaukset kertovat myös omalla tavallaan päällysteen kuluneisuudesta.

Ilmastorasituksen osalta yhteyksiä päällysteen kulumiseen ja vaurioitumiseen voi löytää talviajan ilmanlämpötilan ja sivukaltevuuden muutoksien väliltä. 2015 Syksyn ja 2016 kevään välisenä talvena on tammikuussa ollut selkeästi muita tammikuuta enemmän pakkasta, minkä voi olettaa näkyvän kyseisen aikavälin ptm-mittauksissa suurempina sivukaltevuuden muutoksina. Sivukaltevuuden muutoksien voi olettaa johtuvan tasaisesta tien routaantumisen, sillä muutokset ovat pääsääntöisesti saman suuruisia mutta eri suuntaisia syksyn ja kevään PTM-mittauksien välillä. Muutoin ilmastorasituksista on vaikea löytää yksittäisiä tekijöitä tai vuositasonvaihteluita, jotka olisivat merkittävästi vaikuttaneet päällysteen epätasaisuuteen.

Päällysrakenteen mitoituksen voidaan katsoa onnistuneen tällä hankkeella siinä mielessä, että päällysteen pinnan tasaisuus on pysynyt pääasiassa sille teknisissä vaatimuksissa asetetuissa rajoissa. Päällysteessä ilmenneet korjaukset vaatineet epätasaisuudet ovat tulleet esille vasta AB-päällysteen käyttöön loppuvaiheessa. Tämä kertoo siitä, että päällystekierto on ajoitettu oikein. Päällysrakenteen päällysteen paksuudet on mitoitettu eri paksuisiksi pääkaistalle ja ohituskaistalle, eikä niiden välillä ole ilmennyt suurempia eroja epätasaisuuden suhteen. Tämä voidaan laskea myös mitoituksen kannalta onnistumiseksi.

Ainoaksi pohdittavaksi asiaksi jää, olisiko tällä hankkeella tai mahdollisesti tulevaisuudessa muilla vastaavanlaisilla voinut päällysrakenteen mitoittaa erilaiseksi myös eri tienosille niiden erilaisten liikennesitusten vuoksi. Tällä hankkeella suurimmat päällysteen epätasaisuudet syntyivät sinne, missä tiedettiin jo etukäteen kovimpien liikennesitusten tulevan. Mitoittamalla tieosuus suuremmille kuormille olisi saatettu välttää liikenteelleoton jälkeiset päällysteen korjaukset.

5.2 Tasausmassakohteiden kartoitus

Tasausmassa kohteiden kartoituksella pyritään selvittämään PTM-tulosten avulla ne kohteet, joita kannattaa korjata tasausmassalla ennen vuoden 2018 SMA:la päällystystä. Tasausmassakorjauksella pyritään saamaan SMA:le mahdollisimman tasainen pohja, jolloin kalliimman SMA-päällysteen menekki pienenee.

PTM-tuloksien muuttujista tasausmassa kohteiden kartoituksessa käyttökelpoisimpia ovat urasyvyys, IRI sekä sivukaltevuus. Korjattavien kohteiden kartoituksessa päädyttiin käyttämään 5 m:n tarkastelujakson keskiarvoja. 5 m:n keskiarvoilla korjauskohteet pystytään paikallistamaan riittävällä tarkkuudella ja ylipäättänsä havaitsemaan yksittäisiä puutteita päällysteen tasaisuudesta, mikä esimerkiksi 100 m:n keskiarvoilla ei onnistu.

5 m:n PTM-tulokset toimivat tausta-aineistona korjauskohteiden määrittämisessä ja tarvitsevat rinnalleen vielä lisäksi havainnot maastosta. Tälle hankkeelle onkin suunniteltu tasausmassatyö siten, että mittamies kulkee päällystysryhmän edellä ja vielä varmistaa sekä merkitsee oikeat kohteet hyödyntäen 5 m ptm:stä saamaansa tietoa päällysteen tasaisuudesta.

Hankkeen 5 m:n PTM-tulokset on arvioitu eri muuttujien osalta arvoväleillä jotka perustuvat hankkeen teknisissä vaatimuksissa esitettyihin vaatimuksiin päällysteen tasaisuudesta. Tulokset on esitetty Excel-taulukkona, jossa päällysteen tasaisuuden puutteita ilmaisevien muuttujien arvovälit on esitetty värikoodein. Esimerkki Excel-taulukosta on kuvassa 18. Arvovälien ja värikoodien avulla on helppo tunnistaa, minkä tasoisesta puutteesta on missäkin kohteessa kysymys.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
601	1	1	1	999	62175	999	62180	17.9.2017 14:43	5	2,27	17,02	-2,91	0,44	3445840	6708875	31,51	2,91
602	1	1	1	999	62180	999	62185	17.9.2017 14:43	5	1,7	17,65	-2,88	0,41	3445844	6708872	32,97	2,88
603	1	1	1	999	62185	999	62190	17.9.2017 14:43	5	0,93	17,79	-2,9	0,44	3445848	6708869	32,97	2,9
604	1	1	1	999	62190	999	62195	17.9.2017 14:43	5	1,34	16,45	-2,95	0,44	3445853	6708867	32,97	2,95
605	1	1	1	999	62195	999	62200	17.9.2017 14:43	5	1,02	13,41	-2,92	0,42	3445857	6708864	32,97	2,92
606	1	1	1	999	62200	999	62205	17.9.2017 14:43	5	1,8	14,39	-3,08	0,4	3445861	6708861	32,97	3,08
607	1	1	1	999	62205	999	62210	17.9.2017 14:43	5	1,73	14,95	-3,31	0,46	3445865	6708858	32,68	3,31
608	1	1	1	999	62210	999	62215	17.9.2017 14:43	5	0,95	13,87	-3,17	0,45	3445869	6708855	32,68	3,17
609	1	1	1	999	62215	999	62220	17.9.2017 14:43	5	1,74	15,16	-3,07	0,39	3445873	6708852	32,68	3,07
610	1	1	1	999	62220	999	62225	17.9.2017 14:43	5	3,69	18,92	-3,29	0,47	3445877	6708849	32,68	3,29
611	1	1	1	999	62225	999	62230	17.9.2017 14:43	5	4,18	17,2	-3,26	0,5	3445881	6708846	33,25	3,26
612	1	1	1	999	62230	999	62235	17.9.2017 14:43	5	1,07	15,2	-3,14	0,55	3445885	6708843	33,25	3,14
613	1	1	1	999	62235	999	62240	17.9.2017 14:43	5	2,02	16,78	-3,07	0,5	3445889	6708840	33,25	3,07
614	1	1	1	999	62240	999	62245	17.9.2017 14:43	5	1,24	17,84	-3,3	0,59	3445893	6708837	33,25	3,3
615	1	1	1	999	62245	999	62250	17.9.2017 14:43	5	1,8	17,24	-3,5	0,52	3445897	6708834	33,25	3,5
616	1	1	1	999	62250	999	62255	17.9.2017 14:43	5	1,16	18,07	-3,72	0,51	3445901	6708831	33,88	3,72
617	1	1	1	999	62255	999	62260	17.9.2017 14:43	5	1,92	18,51	-4,01	0,4	3445905	6708828	33,88	4,01
618	1	1	1	999	62260	999	62265	17.9.2017 14:43	5	1,08	18,12	-4,21	0,62	3445909	6708825	33,88	4,21
619	1	1	1	999	62265	999	62270	17.9.2017 14:43	5	1,47	19,39	-4,06	0,42	3445913	6708822	33,88	4,06
620	1	1	1	999	62270	999	62275	17.9.2017 14:43	5	4,59	18,69	-3,7	0,46	3445917	6708819	34,59	3,7
621	1	1	1	999	62275	999	62280	17.9.2017 14:43	5	1,48	15,68	-3,21	0,5	3445921	6708816	34,59	3,21
622	1	1	1	999	62280	999	62285	17.9.2017 14:43	5	2,82	16,03	-3,35	0,45	3445925	6708813	34,59	3,35
623	1	1	1	999	62285	999	62290	17.9.2017 14:43	5	1,33	15,63	-3,5	0,52	3445929	6708810	34,59	3,5
624	1	1	1	999	62290	999	62295	17.9.2017 14:43	5	1,83	15,03	-3,31	0,4	3445933	6708807	34,59	3,31
625	1	1	1	999	62295	999	62300	17.9.2017 14:43	5	1,4	15,18	-3,35	0,35	3445937	6708804	35,34	3,35
626	1	1	1	999	62300	999	62305	17.9.2017 14:43	5	1,65	15,26	-3,13	0,31	3445941	6708801	35,34	3,13
627	1	1	1	999	62305	999	62310	17.9.2017 14:43	5	1,11	14,49	-2,94	0,38	3445945	6708798	35,34	2,94
628	1	1	1	999	62310	999	62315	17.9.2017 14:43	5	1	14,73	-2,84	0,45	3445949	6708795	35,34	2,84
629	1	1	1	999	62315	999	62320	17.9.2017 14:43	5	0,6	14,85	-2,63	0,36	3445953	6708791	36,05	2,63
630	1	1	1	999	62320	999	62325	17.9.2017 14:43	5	1,32	14,32	-2,54	0,45	3445956	6708788	36,05	2,54

Kuva 4. Esimerkki tasausmassakohteen kartoitus Excel-taulukosta

Arvovälit päällysteen urautumisen kannalta ovat 10 – 15 mm ja suuremmat kuin 15 mm. IRI-muuttujan arvovälejä ovat 1,8–2,2, 2,2-2,5 ja suurempi kuin 2,5 mm/m. Sivukaltevuuden muutoksista pyrittiin löytämään ne jotka poikkesivat +-1%-yksikköä suunnitellusta arvosta.

5 m:n PTM-tuloksia käytettäessä tausta-aineistona tasausmassakohteiden kartoituksessa tulee muistaa, että lopullinen tasausmassakohteiden täytyy varmistaa aina maastossa tehtävillä mittauksilla. Lisäksi tasausmassakohteita etsittäessä täytyy tapauskohtaisesti arvioida päällysteen epätasaisuuden laajuus ja kannattaako sitä varten ryhtyä toimenpiteisiin. Näin toimimalla päästään laadullisesti ja taloudellisesti tyydyttävään lopputulokseen.

Kuvat

- Kuva 1. Hankkeen sijoittuminen kartalle, s. 7
- Kuva 2. LAM-pisteiden sijainti kartalla, s. 15
- Kuva 3. Destia Oy: n ptmauto, s. 19
- Kuva 4. Esimerkki tasausmassa kohteen kartoitus excel-taulukosta, s. 32

Kuviot

- Kuvio 1. Talviajan keskilämpötilat, s. 12
- Kuvio 2. Käytetyt tiesuola määrät, s. 12
- Kuvio 3. Talviajan keskisademäärät, s. 13
- Kuvio 4. Kesäajan keskisademäärät, s.13
- Kuvio 5. Kvl: n kehittyminen, s. 16
- Kuvio 6. Raskaanliikenteen kvl: n kehittyminen, s. 16
- Kuvio 7. Urautumisen muutos mittauksen välillä, s. 23
- Kuvio 8. Urautumisen jakautuminen lohkoittain, s. 24
- Kuvio 9. Urautumisen jakautuminen ajoratojen välillä, s. 24
- Kuvio 10. Oikean ajouran megakarkeuden kehittyminen, s. 25
- Kuvio 11. Megakarkeuden muutosten jakautuminen lohkoille, s. 26
- Kuvio 12. IRI arvojen muutokset, s. 27
- Kuvio 13. IRI muutosten jakautuminen lohkoille, s. 27
- Kuvio 14. Sivukaltevuuden muutos, s. 28
- Kuvio 15. Sivukaltevuuden muutosten jakautuminen lohkoille, s. 28

Taulukot

- Taulukko 1. Päällysrakenne vaihtoehdot yleisimmille alusrakenteille, s. 8
- Taulukko 2. Pääkaistan päällysteet, s. 9
- Taulukko 3. Ohituskaistan päällysteet, s. 9
- Taulukko 4. Vaatimukset PTM-muuttujille, s. 21

Lähteet

1. Liikennevirasto 2015. E18 Koskenkylä – Kotka hankejulkaisu. <http://www.liikennevirasto.fi/documents/20473/23087/E18+Koskenkyl%C3%A4-Kotka+julkaisu/55dc94fa-9902-4cb3-a5d0-cae2876aeb56>. Luettu 1.10.2017
2. Liikennevirasto. 2015. Koskenkylä – Kotka. <https://www.liikennevirasto.fi/e18koskenkyla-kotka#.WilbfLpuKM9>. Luettu 7.12.2017
3. Liikennevirasto 2010. Tekniset vaatimukset. E18 Koskenkylä – Kotka EKM palvelusopimus. Palvelusopimuksen liite10. Helsinki: Liikennevirasto
4. Tarjousryhmittymä YIT rakennus Oy ja Destia Oy 2011. E18 Koskenkylä – Kotka EKM palvelusopimus. Liite4 A. Liite1 Päälysrakenteen mitoitus.
5. Belt, J., Kolisoja, P., Alatyyppö, V. & Valtonen, J. 2006. Tierakenteen rappeutuminen ja kunnan ennustaminen. Oulu: Oulun Yliopisto
6. Belt, J., Lämsä, V., Savolainen, M. & Ehrola, E. 2002. Tierakenteen vaurioituminen ja tiestön kunto. Tiehallinnon selvityksiä 15/2002. Helsinki: Tiehallinto
7. Ilmatieteenlaitos. 2017. Ilmastotilastoja. <http://ilmatieteenlaitos.fi/tilastoja-vuodesta-1961>. Luettu 8.11.2017
8. Laaksonen, R., Kivikoski, H., Pienimäki, M., Korkiala-Tanttu, L. & Törnqvist, J. 2004. Deformaation hallinta tien rakennekerroksissa. Tiehallinnon selvityksiä 57/2004. Helsinki: Tiehallinto
9. Kurki, T. 1994. Rajoitetun suolan käytön vaikutus asfalttibetonin kulumiseen. Tielaitoksen selvityksiä 46/1994. Helsinki: Tielaitos
10. Liikennevirasto. 2017. LAM-kirjat. <https://www.liikennevirasto.fi/tilastot/tietilastot/lam-kirjat#.WkODwN9I-M8>. Luettu 16.11.2017
11. Heikkinen, H. 2012. Nastarenkaiden vaikutus päällysteen kulumiseen taajama nopeuksissa. Licensiaattityö. Espoo: Aalto-yliopisto
12. Liikennevirasto 2011. Maksumekanismi. E18 Koskenkylä - Kotka EKM palvelusopimus. Palvelusopimuksen liite1. Helsinki: Liikennevirasto
13. Äijö, J. 2007. Käsikirja päällysteiden pinnan kunnan mittaamiseen. Tiehallinnon selvityksiä 21/2007. Helsinki: Tiehallinto
14. Suikki, L., Rantanen, T. 2009. Sivukaltevuus tunnusluku. Sivukaltevuuden parantaminen päätieverkon ylläpidon hankkeissa. Tiehallinnon selvityksiä 34/2009. Helsinki: Tiehallinto