



Väylävirasto
Trafikledsverket

Väyläviraston julkaisu
12/2022

Uusien päällysteiden laatu

Päällysteskaneroin mittaustuloksia
2018–2021



Harri Ahola, Christian Glantz, Peter Sandbacka

Uusien päällysteiden laatu

Päällysteskanerinin mittaustuloksia
2018–2021

Väyläviraston julkaisuja 12/2022

Kannen kuva: Ramboll Finland Oy

Verkkajulkaisu pdf (www.vayla.fi)

ISSN 2490-0745

ISBN 978-952-317-948-6

Väylävirasto
PL 33
00521 HELSINKI
puh. 0295 343 000

Harri Ahola, Christian Glantz, Peter Sandbacka: Uusien päällysteiden laatu - Päällysteskaneroin mittaus tuloksia 2018–2021. Väylävirasto Helsinki 2022. Väyläviraston julkaisuja 12/2022. 55 sivua ja 1 liite. ISSN 2490–0745, ISBN 978–952–317–948-6.

Avainsanat: Tasalaatuisuus, ura, MPD ja RMS

Tiivistelmä

Uusien päällysteiden laatuominaisuuksista alku-urat mitataan 3–6 viikon kuluessa päällysteen valmistumisesta lukuun ottamatta uusiopintauksia (REM/REMO), joiden alku-urat mitataan 1–6 viikon kuluessa päällysteen valmistumisesta. IRI/IRI4-tasaisuusmittaus tehdään tienpäällystysurakoissa kahden kuukauden kuluessa päällysteen valmistumisesta ja investointikohteilla 2–6 viikon kuluessa päällysteen valmistumisesta. Mittaamisessa käytetään pistelaser-tekniikkaa, jota on käytetty uusien päällysteiden laatuominaisuuksien mittaamisessa vuodesta 2003 lähtien. Uusien päällysteiden tasalaatuisuutta arvioidaan (mitataan) silmämääräisesti ja tässä työssä on selvitetty koneellisen mittaamisen mahdollisuuksia uuden päällysteen tasalaatuisuuden arvioimiseen (mittaamiseen). Pistelaser-tekniikan tuottamasta aineistosta on kehitetty menetelmä uusien päällysteiden tasalaatuisuuden arviointiin (PANK-5212). Menetelmällä mitataan uuden päällysteen tasalaatuisuutta, lajittumia ja sideaineen pintaan nousua. Sideaineen pintaan nousu tekee päällysteen pinnasta liukkaana heikentäen liikenneturvallisuutta, varsinkin sateella. Rakeisuuslajittumat heikentävät päällysteen kestävyttä/elinkaarta ja johtavat päällysteen ennenaikaiseen kunnostamiseen. Menetelmä perustuu 17 piste- ja kahden toistolaserin käyttöön mittauslevyden ollessa 3,2 metriä. Päällysteiden mittauksiin on tullut uusi tekniikka, 3D-laserskannaus. Tässä työssä tutkittiin uusien päällysteiden tasalaatuisuutta laserskannauksella saatujen tunnuslukujen avulla. Vuonna 2018 vertailtiin myös alku-uratuloksia pistelaserin ja laserskannauksen kesken.

Harri Ahola, Christian Glantz, Peter Sandbacka: Kvalitet hos nya beläggningar - 3D Laser scanner mätresultat. Trafikledsverket. Helsingfors 2022. Trafikledsverkets publikationer 12/2022. 55 sidor och 1 bilaga. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-948-6.

Sammanfattning

För kvalitetsegenskaperna hos nya beläggningar mäts de initiala spåren inom 3 till 6 veckor efter det att beläggningen färdigställts, med undantag för återvunna nya beläggningar (REM/REMO), vars initiala spår mäts inom 1 till 6 veckor efter beläggningen. färdigställande av beläggningen. IRI/IRI4 jämnhetsmätning utförs för vägbeläggningkontrakt inom två månader efter det att beläggningen är färdigställd och för investeringsobjekt inom 2–6 veckor efter beläggningens färdigställande. Vid mätningen används punktlaserteknik, som sedan 2003 har använts för att mäta kvalitetsegenskaperna för hos beläggningar. Homogeniteten hos nya beläggningar utvärderas (mäts) visuellt och i detta arbete har undersökts möjligheterna till mekanisk mätning för att bedöma homogeniteten hos en ny beläggning. En metod för att bedöma homogeniteten hos nya beläggningar har utvecklats av det material som produceras med punktlasertekniken (PANK-5212). Metoden mäter homogeniteten hos den nya beläggningen, koncentrerings av grova material och stigningen av bindemedel till ytan. Stigningen av bindemedel gör att beläggningens yta blir hal, vilket försämrar trafiksäkerheten, särskilt i regn. Koncentrerings av grövre asfaltmaterial försämrar beläggningens hållbarhet/livscykel och leder till för tidig beläggningsrestaurering. Metoden bygger på användning av 17-punktlasrar och två repeterande lasrar med en mät bredd på 3,2 meter. En ny teknik för beläggningmätningar har introducerats, 3D-laserskanning. I det här arbetet undersöktes nya beläggningar homogenitet med parametrar erhållna från laserskanning. Under 2018 jämfördes även initiala spårighetsresultat mellan punktlaser och laserskanning.

Harri Ahola, Christian Glantz, Peter Sandbacka: New asphalt quality - measurement results of the 3D laser scanner. Finnish Transport Infrastructure Agency Helsinki 2022. Publications of the FTIA 55 pages and 1 appendix. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-948-6.

Abstract

For the quality properties of new asphalt layers, initial rut depths measured within 3 to 6 weeks of the completion. However, new surface courses which are renovated by hot-in-place methods (REM/REMO), are measured within 1 to 6 weeks after the completion of the new pavement. The IRI/IRI4 evenness measurement is performed for road paving contracts within two months of the completion of the pavement and for investment sites within 2–6 weeks of the completion of the pavement. The measurement uses the dot laser technique, which has been used to measure the quality properties of new pavement since 2003. The uniformity of new pavements is evaluated (measured) visually, and in this work the possibilities of 3D laser scan measurement for assessing the uniformity of a new pavement are investigated. A method for assessing the uniformity of new pavements has been developed from the data by the dot laser technology (PANK-5212). The method measures the uniformity of the new pavement, the ravelling and the bleeding of bitumen. Bleeding makes the surface of the pavement slippery, impairing traffic safety, especially in the rain. Granularity deposits impair the durability / life cycle of the pavement and lead to premature pavement restoration. The method is based on the use of 17 point and two repeat lasers with a measurement width of 3,2 meters. A new technology for 3D measurements has been introduced, 3D laser scanning. In this work, the homogeneity of the new pavements was investigated using the parameters obtained by laser scanning. In 2018, the initial rut results were also compared between a dot laser and a laser scan.

Esipuhe

Tässä työssä mitattiin vuonna 2018 uusien päällysteiden alku-uria pistelasertekniikalla ja 3D-laserskannauksella. Vuosina 2019–2021 mitattiin uusien päällysteiden tasalaatuisuutta 3D-laserskannauksella. Työssä selvitettiin, miten uuden tekniikan 3D-laserskannauksella tuotetut alku-urat vastaavat pistelasereilla mitattuja. Lisäksi selvitettiin, miten 3D laserskannauksella tuotettuja tunnuslukuja voidaan käyttää uuden päällysteen tasalaatuisuuden arvioinnissa. Työssä käytettiin Rambollin 3D-päällysteskaneria, jonka tuloksista laskettiin päällysteen pinnan tasalaatuisuutta kuvaavia muuttujia: MPD, MTD, RMS. Maksimiurasyvyydet määritettiin sekä 3,2 m että 2,6 m leveyksiltä, joita käytetään uusien päällysteiden laadun arvioinnissa. Työssä tutkittiin myös eri päällysteiden ja päällystysmenetelmien mahdollista vaikutusta päällysteen pinnan tasalaatuisuuteen.

Työn on tilannut Väylävirasto ja sitä on ohjannut Katri Eskola. Työn on toteuttanut Ramboll Finland Oy, jossa projektipäällikkönä on toiminut Harri Ahola ja asiantuntijoina Christian Glantz, Peter Sandbacka, Mikael Sulonen ja Juha Äijö.

Helsingissä helmikuussa 2022

Väylävirasto
Kunnossapidon ohjaus ja kehittäminen

Sisältö

1	MITTAUSTEKNIIKAT	8
1.1	Pistelasertekniikka	8
1.2	3D-päällysteskaneri	9
1.2.1	Pintatekstuurin määrittäminen	10
1.2.2	Urasyvyyksien määrittäminen poikkiprofiilista	16
2	ALKU-URAVERTAILU 2018	17
2.1	Mittaukset	17
2.1.1	Kohteet	17
2.2	Uratulosten vertailu	18
2.2.1	SMA-päällyste	18
2.2.2	AB päällysteet	19
2.2.3	PAB-päällysteet	21
2.2.4	Alku-uramittausten vertailu	23
3	TASALAATUISUUSMITTAUKSET 2019	25
3.1	Aikaisemmat raportit aiheesta	25
3.2	Mittauskohteet	25
3.2.1	Havaintoja mittauskohteiden tuloksista	26
4	SEURANTAKOHTEIDEN PÄÄLLYSTEIDEN LAATUTUNNUSLUKUJEN TARKASTELUT	32
4.1	Karkeusarvojen ja uran muutos 2019–2020	32
4.2	Karkeusarvojen ja uran muutos 2020–2021	34
4.3	MPD-arvojen tarkastelu Trafikverketin tapaan	39
4.4	Pistelaserin ja päällysteskanerin MPD-arvot	40
4.5	MPD-arvon ja urasyvyyden kehittyminen	41
5	RUOTSIN TUTKIMUKSIA JA KÄYTÄNTÖÄ	49
6	PÄÄTELMIÄ	52
6.1	Alku-urat	52
6.2	Tasalaatuisuus	52
6.3	Jatkotoimenpiteet	54
	LÄHDELUETTELO	55

LIITTEET

Liite 1	Kohteet ja MPD:n mittaustuloksia vuosilta 2019–2021
---------	---

1 Mittaustekniikat

1.1 Pistelasertekniikka

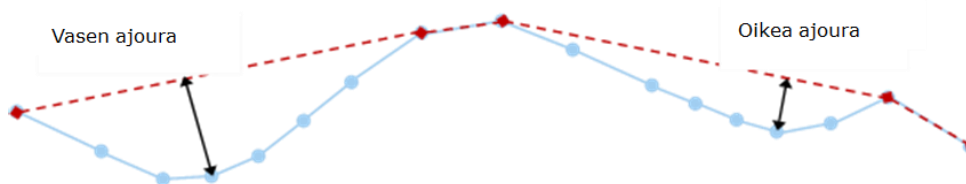
Maksimiurasyvyys määritetään ns. lankamallin perusteella (kuva 2). 17 laserpisteen perusteella luodaan poikkiprofiili, jonka yli luodaan kuvan 2 mukainen linja. Suurin etäisyys mittauspisteestä tuohon linjaan on raportoitava maksimiurasyvyys (mm). Mittaustarkkuus on +/-0,5 mm 50 % havainnoista 3,2 m mittausleveydellä.

Pistelasertekniikalla mitattavat päällysteen laatuominaisuudet:

- IRI, IRI4, Ura, Karkeus, Poikkiprofiili ja Sivukaltevuus
- Resoluutio (mm)
 - 100–300 poikkisuunnassa
 - 0,25 korkeussuunnassa
 - 0,067 ajosuunnassa
- Mittausleveys 3,2 metriä, 17 pistettä



Kuva 1. Pistelasertekniikkaa käyttävä PTM-mittausauto.



Kuva 2. Urasyvyyden laskenta pistelasereiden poikkiprofiilista lankamallin mukaan.

Uusien päällysteiden laatumittauksissa poikkiprofiilin tunnusluvut lasketaan PTM-mittauksen maksimileveydeltä (3,2 m), jolloin mittaaja sijoittaa auton keskelle

päällystettyä kaistaa. Jos tie on kapea, pidetään oikeanpuoleisin mittauspiste päällysteen päällä ja jos tiellä on reunaviivat, reunaviivan sisäpuolella.

Teillä, joilla ajokaistan leveys on alle 3,5 metriä, käytetään 2,6 metrin mittausleveyttä, jolloin laitimmaiset mittauspisteet jätetään pois.

1.2 3D-päällysteskaneri

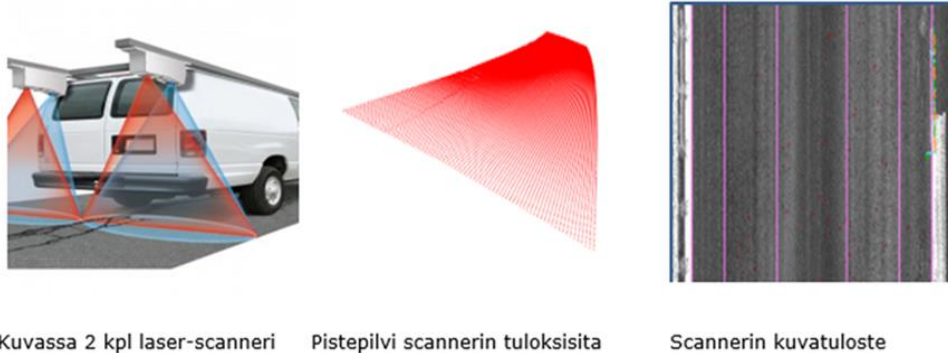
Tässä työssä päällystyskohteiden tasalaatuisuutta mitattiin Ramboll RST:n 3D-päällysteskanerilla, joka perustuu Pavematrix Inc:n tekniikkaan.



Kuva 3. 3D-laserskannaukseen perustuva päällysteskaneri.

Päällysteskanerissa on 2 linjalaserskaneria (LCMS), joilla mitataan päällysteenpinta ja mittausaineistosta lasketaan mm. seuraavat uusien päällysteen laatuominaisuudet.

- Pituusprofiilista IRI ja IRI4
- Poikkiprofiilista urat, maksimiurasyvyys ja sivukaltevuus
- Pintatekstuuri (MPD, RMS, MTD, BI- ja RI-indeksit)
- Mittausleveys 4 metriä, 4160 pistettä poikkiprofiilissa
- Mittauksen resoluutio (mm)
 - 1 mm poikkisuunnassa
 - 0,25 mm korkeussuunnassa
 - 5 mm ajosuunnassa



Kuvassa 2 kpl laser-scanneri

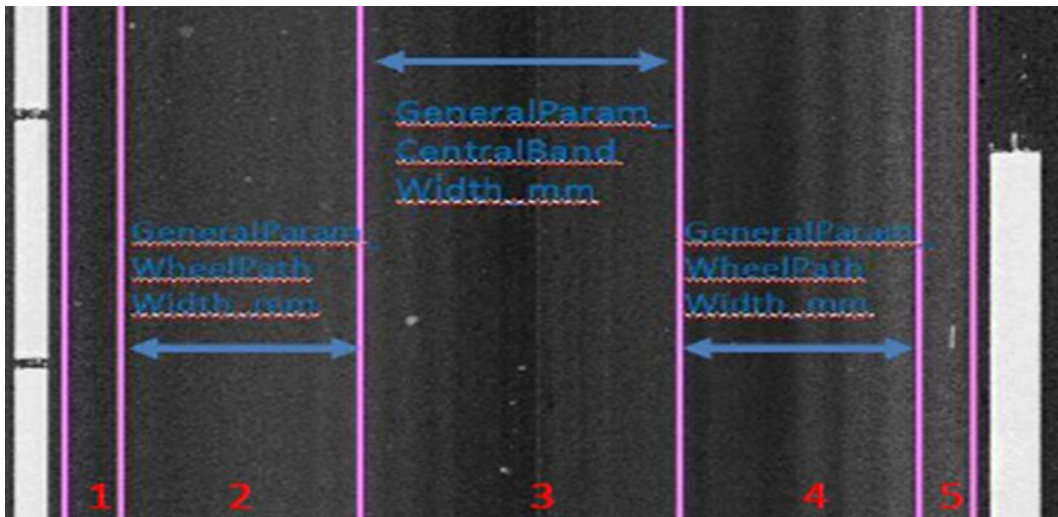
Pistepilvi scannerin tuloksista

Scannerin kuvatuloste

Kuva 4. Päällysteskannerin mittauksen periaatekuvat.

1.2.1 Pintatekstuurin määrittäminen

Päällysteskanneri LCMS mittaa ja laskee erilaisia parametreja päällysteen pinta-tekstuurille. LCMS jakaa mitattavan ajokaistan poikkileikkauksen viiteen mittausalueeseen (band).



Kuva 5. Mittausalueet 1–5 (band).

1.2.1.1 Mittausalueet

Käyttäjä päättää mittausalueiden 2, 3 ja 4 leveyden ja loput mittausalueesta jaetaan tasan mittausalueiden 1 ja 5 kesken. Tässä työssä mittausalueiden 2, 3 ja 4 leveys oli 760 mm ja loppu mitattavasta osuudesta jaettiin tasan mittausalueiden 1 ja 5 kesken.

1.2.1.2 Mittausohjelman asetukset

Ohjelman asetuksilla mittausalueet 2, 3 ja 4 jaetaan 0,76 m x 1 m ruutuihin (MPD-, MTD- ja RMS-laskennassa) ja ruuduille lasketaan keskiarvotulokset. Mittausalueiden 1 ja 5 ruudut ovat 1 m x leveys $((\text{mittausleveys} - 3 \text{ m})/2)$.

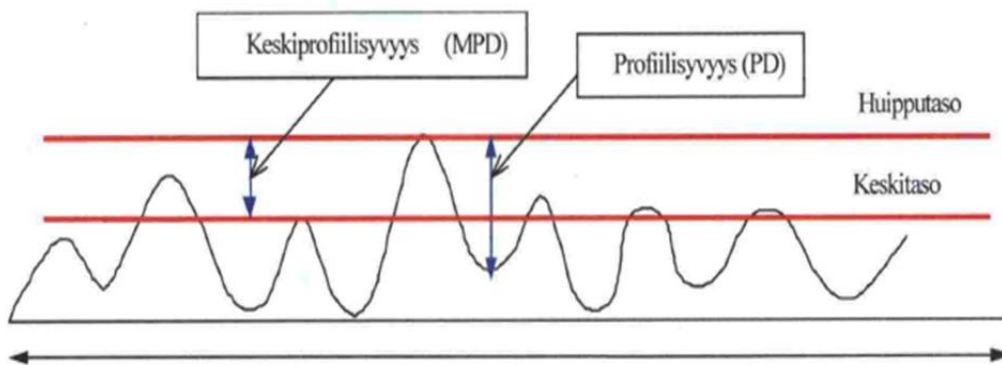
Tässä työssä on tarkasteltu ensisijaisesti mittausalueiden 2, 3 ja 4 tuloksia.

1.2.1.3 Pintatekstuuria kuvaavia parametrejä

Mitattavia parametrejä olivat MPD (Mean Profile Depth), RMS (Root Mean Square) ja MTD (mean Texture Depth) sekä BI- ja RI indeksit. Jokaisesta kohteesta/mittausalueesta laskettiin edellä mainitut kolme ensimmäistä tunnuslukua. BI- ja RI-indeksit laskettiin vain mitta-alueille 2, 3 ja 4.

1.2.1.4 Mean Profile Depth (MPD)

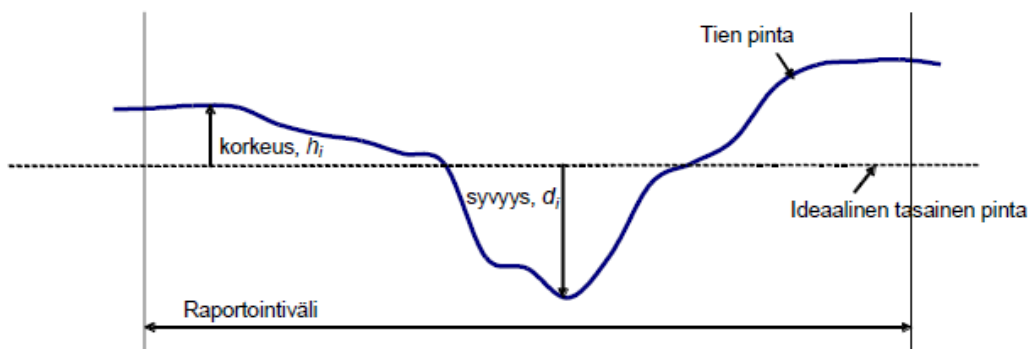
Tämä tekstuuriparametri on laskettu standardin ASTM E1845 mukaisesti, joka on sama kuin EN ISO 13473-1. MPD kuvaa päällysteen pintatekstuurin keskiprofiilin syvyyttä, kuva 6. Pituusprofiilin perusviivan pituus on 10 cm ja jokainen profiili on keskitetty kunkin mitta-alueen keskelle (kuva 5). Tässä työssä lasketut MPD-arvot ovat keskiarvoja 1 m matkalle (jotta havaitaan päällysteen pinnan muutokset). MPD-profiilinmittauksen periaate esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. Pituusprofiilin syvyyksimitat MPD ja PD.

1.2.1.5 Root Mean Square (RMS)

Tämä tekstuuriparametri lasketaan samalla tavalla kuin MPD, mutta sillä erolla, että RMS-arvo lasketaan pituusprofiilista MPD-algoritmin sijasta. EN ISO 13473-2 määrittellään tekstuuriparametrin laskennan eri tavat.



Kuva 7. RMS arvon laskentaperiaate.

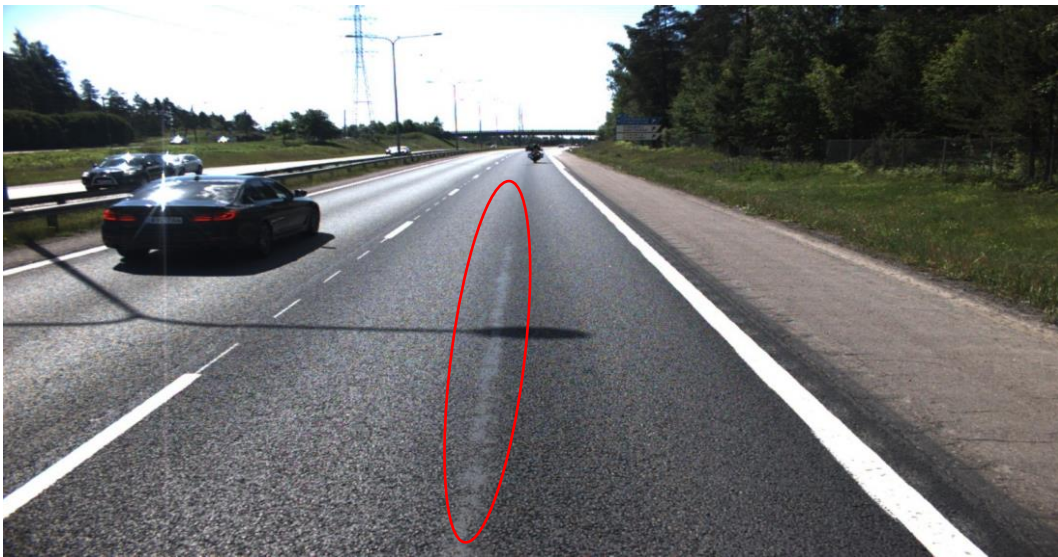
1.2.1.6 Mean Texture Depth (MTD)

Tämä tekstuuriparametri on laskettu mittausalueen pisteistä 0,76 m x 1 m alueelta.

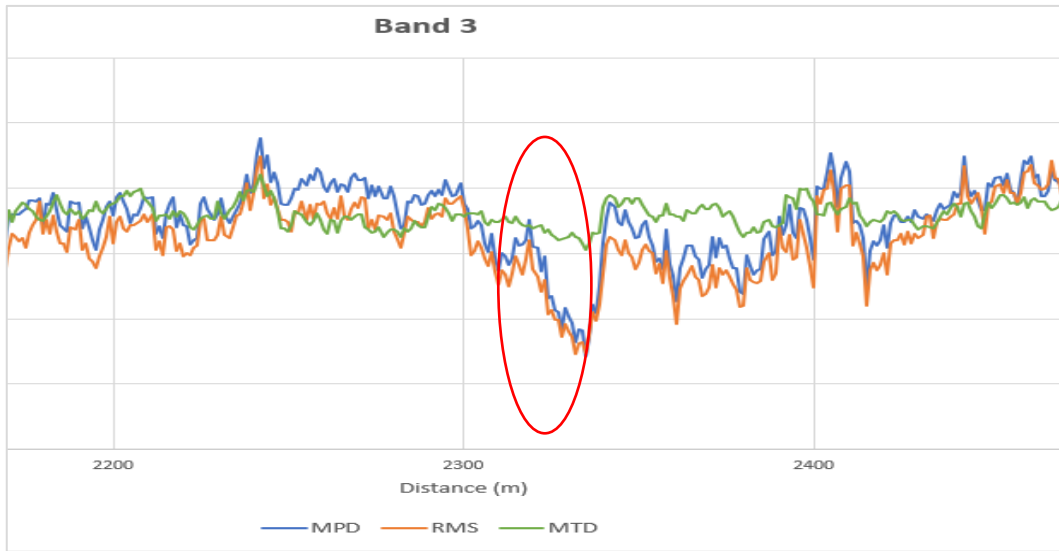
Algoritmi perustuu ”digitaaliseen sand patch -menetelmään”, joka laskee päällysteen pinnan avoimuuden tilavuuden perusteella digitaalisen 3D-pinnan avulla. Tulos on samanlainen kuin ASTM E965:ssä kuvattu manuaalinen ”sand patch” -menetelmä (EN 13036-1). Menetelmässä hiekka (#0,15–0,3 mm) levitetään ympyrän muotoiseen pintaan, minkä jälkeen hiekkamenekki ja ympyrän pinta-ala mitataan. Keskiarvosyvyys lasketaan jakamalla mitattu hiekan tilavuus mitatulla pinta-alalla. Mitattu ajokaista on jaettu viiteen eri mittausalueeseen (band). Kolmen keskimäisen mittamittausalueen leveyden määrittää käyttäjä ja kaksi muuta mittausaluetta (reunimmaiseta) saavat leveyden, joka on jäljellä mittauksen kokonaisleveyden perusteella. Jokainen kaista on jaettu 250 mm x 250 mm ruutuihin ja MTD lasketaan jokaiselle ruudulle.

1.2.1.7 MTD/MPD ero tietyissä tilanteissa

Kuten edellä on kerrottu, niin MTD-arvo lasketaan alueelta ja MPD-arvo käyttämällä vain pientä osaa samalta alueelta. Tämä tarkoittaa, että nämä kaksi arvoa eivät ole vertailukelpoisia. Kohdassa 3.2.1 on esimerkki tieltä 45, jossa matalat MPD-arvot antavat ”normaalin” MTD-arvon. Kuvassa 8 näkyy ”kapea” sideaineen pintaan nousu ajokaistan keskellä.



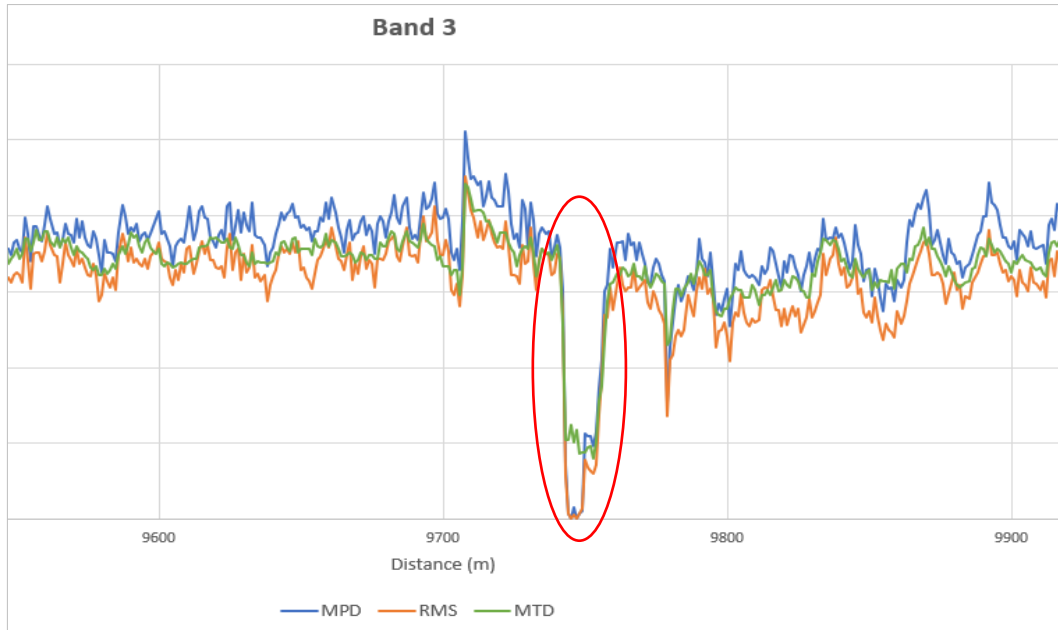
Kuva 8. Sideaineen pintaan nousu tiellä 45, SMA/REM.



Kuva 9. Kuvan 8 sideaineen pintaan nousukohtan MTD- ja MPD-arvot.



Kuva 10. Sideaineen pintaan nousu ajokaistan keskellä tiellä 45, SMA/REM.



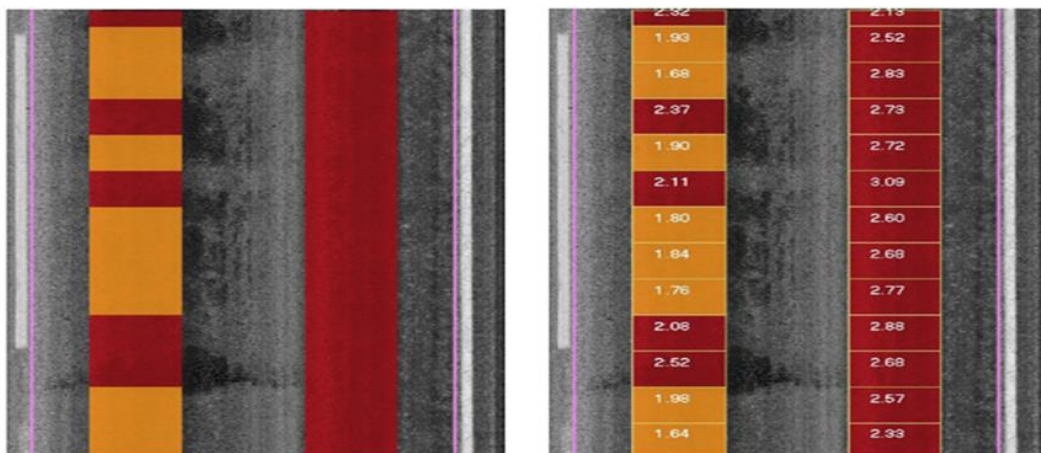
Kuva 11. Kuvan 10 sideaineen pintaan nousukohdan MTD- ja MPD-arvot.

1.2.1.8 Pavematrixin algoritmi sideaineen pintaan nousulle, BI-indeksi

BI-indeksi on kehitetty sideaineen pintaan nousun määrittämiseksi "vanhalta" päällysteeltä. Sideaineen pintaan nousua voi esiintyä uusilla päällysteillä ja sen toteamiseen tutkittiin BI-indeksin käyttömahdollisuutta. BI-indeksin laskennan vaiheet:

- Mitattu ajokaista jaetaan kolmeen mittausalueeseen 2, 3 ja 4 (ajourat ja ajourien välinen keskikaista), käyttäjä määrittelee mittausalueen leveyden.
- Mittausalue jaetaan 1 m x 1 m ruutuihin.
- Algoritmi vertaa yksinkertaisesti ajourien "sileyttä" keskikaistan "sileyteen" oletuksella, että keskikaistalla ei ole pintaan nousua.

Kuvassa 12 esimerkki BI-indeksin tuloksista mittausalueilla 2 ja 4, vasemmassa kuvassa tulos värein ja oikeassa värein ja numeroin.



Kuva 12. Sideaineen pintaan nousua kuvaava BI-indeksi (LCMS).

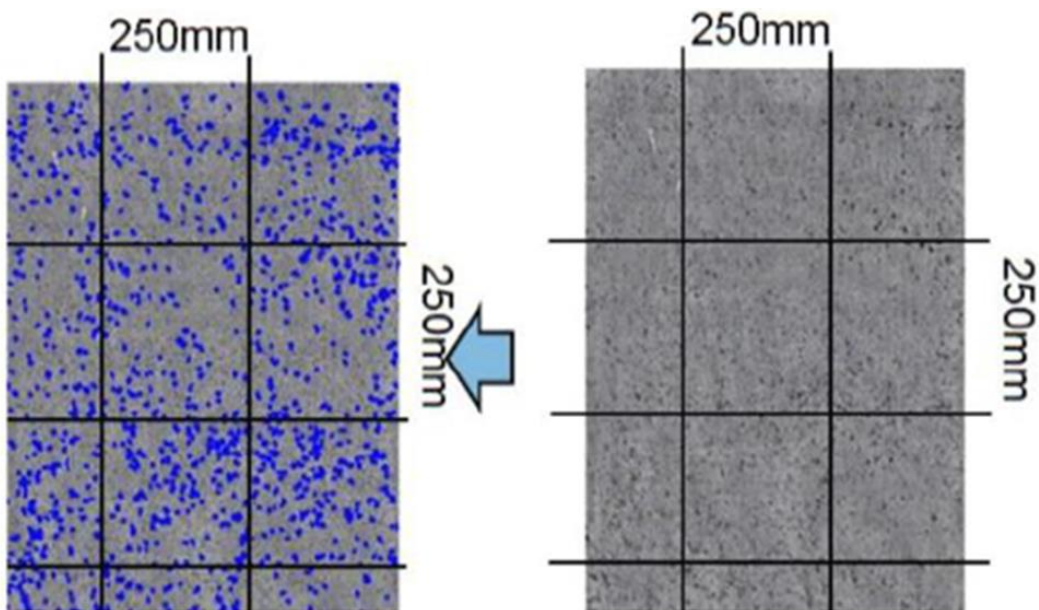
Käyttäjä voi määrittää pintaan nousun havaitsemiseksi käytetyn alueen pituus-suuntaisen pituuden ja vähäisen-, keskimääräisen- ja vakavan pintaan nousun raja-arvot. Kun tätä menetelmää käytetään pintaan nousun määrittämiseen, tällöin ei ole mahdollista havaita pieniä yksittäisiä pintaan nousuja, eikä ajourien ulkopuolella olevia pintaan nousuja. Pintaan nousun havaitseminen voi myös olla vaikeaa, jos se kattaa suuren osan tienosasta.

1.2.1.9 Pavematrixin algoritmi rakeisuuslajittumille, RI-indeksi

RI-indeksi on kehitetty rakeisuuslajittumien määrittämiseksi vanhalta päällysteeltä ja sen laskenta tapahtuu kuudessa vaiheessa:

1. 10 metrin osuudelle (tai mitä tahansa käyttäjä valitsee tien osan pituudeksi) 3D-käyrän sovitusalgoritmia sovelletaan 3D-sileän pinnan sovittamiseksi teksturoidun päällystepinnan yli.
2. Mitattu tienosa jaetaan 250 mm x 250 mm ruutuihin, kuva 13.
3. Jokaisesta ruudusta mitataan AVC-tilavuus, joka tarkoittaa 3D-sileän pinnan ja 3D-päällysteen pinnan välille jäävää tyhjää tilaa.
4. LCMS-alueen kuvista tunnistetaan lajittuneet kohdat (= kivien/mastiksin häviäminen), kuva 12.
5. AVC-tilavuus mitataan uudelleen, tällä kertaa ottamatta huomioon lajittuneita kohtia. Tämä arvo antaa "Tien huokoisuusindeksi" (RPI)
6. Lajittumaindeksi (RI) = AVC - RPI.
7. Tulosten vertailussa RI-indeksin arvo on esitetty keskiarvona 1 m x 1 m alueelta.

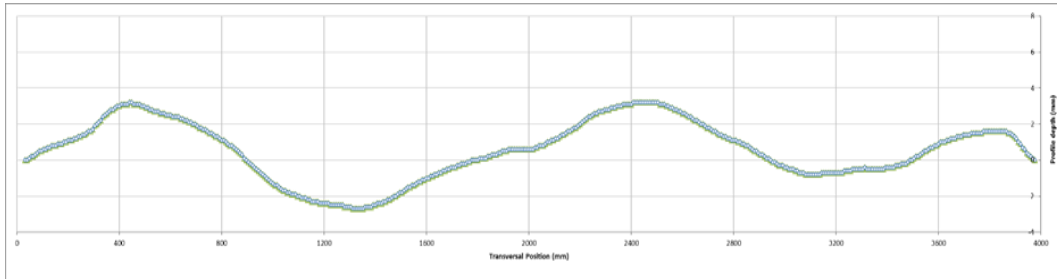
RI-indeksi kuvaa lajittuma-alueelta irronneiden kivien/mastiksin määrää. On tärkeätä muistaa, että algoritmi on kehitetty etsimään paikkoja, joista puuttuu kiviä/mastiksia ja jota ei yleensä tapahdu uusilla asfalttipäällysteillä.



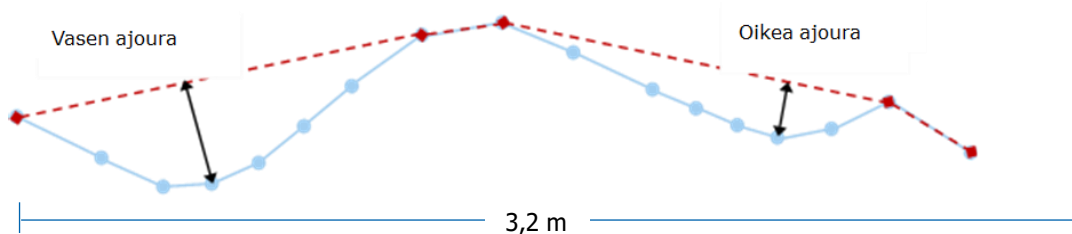
Kuva 13. Vasemmassa kuvassa vaihe 4 ja oikeanpuoleisessa kuvassa vaihe 2.

1.2.2 Urasyvyyksien määrittäminen poikkiprofilista

Päällysteskanerin mittausleveys on 4,0 metriä, jolloin uramittauksessa voidaan huomioida päällystekaistan leveys aina 4 metriin saakka (kuva 14).



Kuva 14. Päällysteskanerin poikkiprofiili.

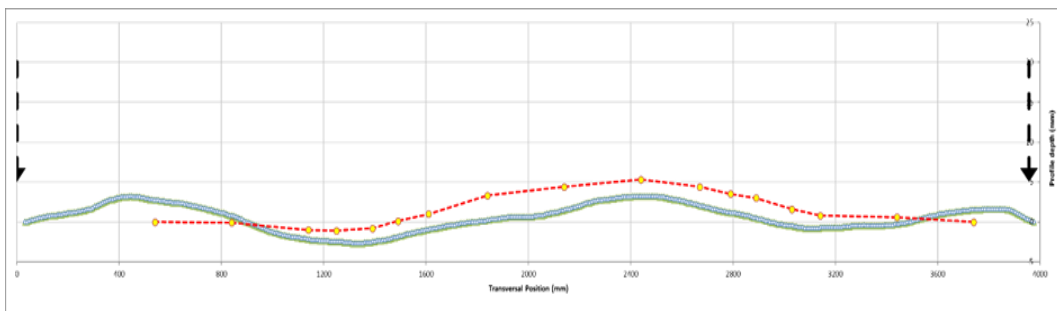


Kuva 15. Pistelaserin poikkiprofiili.

Pistelaserilla poikkiprofiilin mittauksessa (kuvassa 15) maksimileveys on 3,2 m, jolloin mittaja sijoittaa auton keskelle päällystettyä kaistaa. Jos tie on kapea, pidetään oikeanpuoleisin mittauspiste päällysteen päällä ja jos tiellä on reunaviivat, reunaviivan sisäpuolella.

Teillä, joilla ajokaistan leveys on alle 3,5 metriä, käytetään 2,6 metrin mittausleveyttä, jolloin laitimmaisat mittauspisteet jätetään pois.

Kuvassa 16 on esitetty molempien mittausmenetelmien poikkiprofiilit samasta kohdasta, **punainen pistekatkoviiva** on pistelaser ja **vihreä viiva** on päällysteskaneri.



Kuva 16. Pistelaserin ja päällysteskanerin poikkiprofiilit.

2 Alku-uravertailu 2018

Työn tavoitteena oli selvittää, miten nykyisin käytössä olevan pistelasertekniikan ja uuden 3D-lasertekniikkaan perustuvan päällysteskaneroin tuottamat poikkiprofiilin tunnusluvut eroavat toisistaan alku-uran osalta. Työssä mitattiin uusien päällysteiden alku-uria pistelaser-tekniikalla sekä päällysteskanerilla. Mittauskohteet valittiin tilaajan toimesta vuoden 2018 päällysteohjelmista niin, että mitattiin AB-, SMA- ja PAB-B-päällysteitä, jotka oli levitetty asfaltinlevittimellä sekä kohteita, joissa AB-massaa oli levitetty REM- ja MP-menetelmillä.

Lisäksi tarkasteltiin, onko eri päällystetyypillä, työmenetelmällä tai mittausleveydellä vaikutusta mahdollisiin eroihin alku-urissa.

2.1 Mittaukset

Päällystyskohteen mittaukset tehtiin perättäisinä mittauksina molemmilla mittaus-tekniikoilla saman työvuoron aikana ja saman mittaajan toimesta kesäkuussa 2018. Näin olosuhteet ja mittaajat eivät vaikuttaneet mittaustuloksiin.

Tuloksissa "ura32" tarkoittaa 3,2 metrin mittausleveyttä ja "ura26" 2,6 metrin mittausleveyttä.

Kohdassa 2.2 on tulosten kuvaajia. Harmaa viiva kuvaa päällysteskaneroin tuloksia ja oranssi pistelaserin tuloksia.

2.1.1 Kohteet

Työtä varten valittiin 12 päällystyskohdetta, yhteispituus 148,6 km vuoden 2018 päällysteohjelmasta. Tässä selvityksessä esitetään alku-uratuloksia 127 kaistakm.

Taulukko 1. Vertailumittausten kohde päällyste/työmenetelmä, KVL ja pituus.

Kohde	Päällyste/menetelmä	KVL	Pituus
A	AB/LTA	5 957	18 800
B	AB/LTA	11 660	11 800
C	SMA/LTA	4 036 – 5 682	13 200
E	AB/REM	1 876 – 2 504	16 900
F	AB/REM	1 136 – 5 021	12 400
G	AB/MP	4 212 – 4 915	6 200
H	AB/LTA	3 508 – 1 830	9 900
I	PAB-B	600	12 400
J	PAB-B	560	5 100
K	PAB-B	305	13 600
Ramppi	AB/LTA	-	400
T	AB/LTA	4 764	6 400
		Yhteensä (km)	127

2.2 Uratulosten vertailu

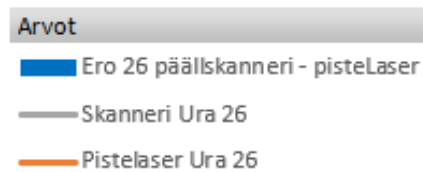
Molempien mittaustekniikoiden aineistoista laskettiin tulokset kahdelta mittaussleveydeltä (3,2 m ja 2,6 m) ja eri mittaustekniikoiden sekä mittaussleveyksien tuloksien vertailu tehtiin 100 metrin keskiarvoista ja tuloksista poistettiin vajaat 100-metriset.

Seuraavassa on verrattu pistelaserin ja päällysteskannerin tuloksia eri päällystetyypeillä sekä eri työmenetelmillä 3,2 metrin ja 2,6 metrin mittaussleveyksillä.

2.2.1 SMA-päällyste

Kuvissa 17 ja 18 esitetään SMA-kohteiden maksimiurasyvyudet pistelaserilla ja päällysteskannerilla kahdella eri mittaussleveydellä (2,6 m ja 3,2 m), mittausspituus 13,2 km.

Mittaustulosten kuvissa olevat värit ja niiden merkitys selitetään kuvassa 17.

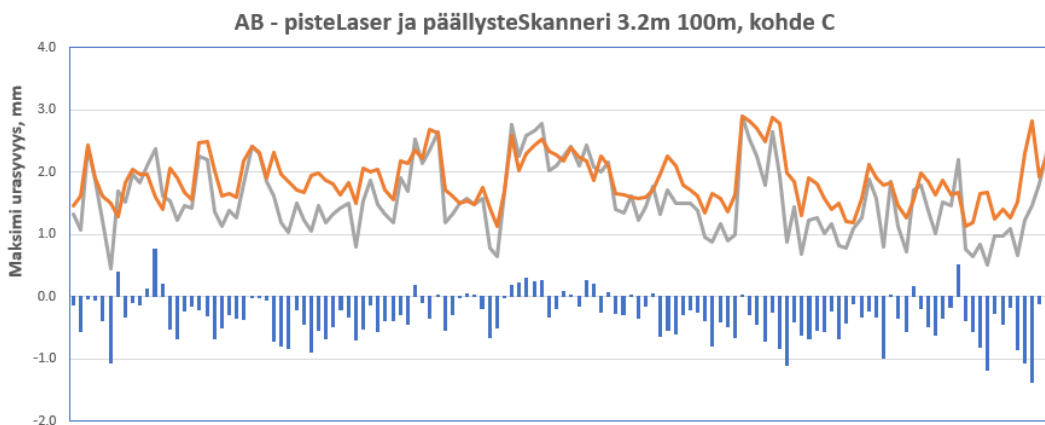


Kuva 17. Mittaustulosten värit ja merkitykset.

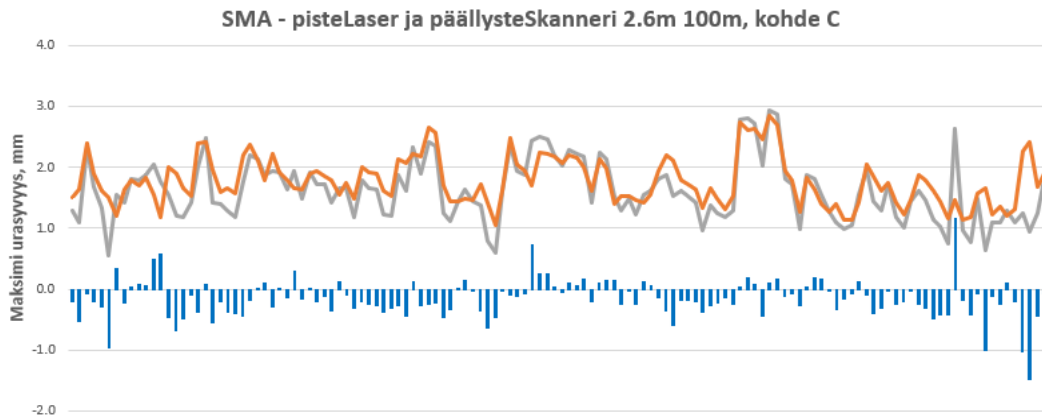
Taulukossa 2 on esitetty kohteen mittaustulokset sekä päällysteskannerin ja pistelaserimenetelmän 100 m tulosten erotusten keskiarvot ja hajonnat molemmilla mittaussleveyksillä. SMA-kohteella päällysteskannerin ja pistelaserin uratulosten ero on pieni ja keskiarvo on myös hyvä, alle 2 mm.

Taulukko 2. SMA, kohde C, mittaustulosten keskiarvot, -erot ja hajonnat.

Kohde C	Pistelaser	Päällysteskanneri		Pistelaser	Päällysteskanneri		
SMA	rst21 ura32 100m	rst57 ura32 100m	ero	rst21 ura26 100m	rst57 ura26 100m	ero	
ka	1.9	1.6	-0.3	1.8	1.6	-0.2	mm
hajonta	0.2	0.3	0.1	0.2	0.2	0.1	mm



Kuva 18. SMA, kohde C, mittaussleveys 3,2 m.



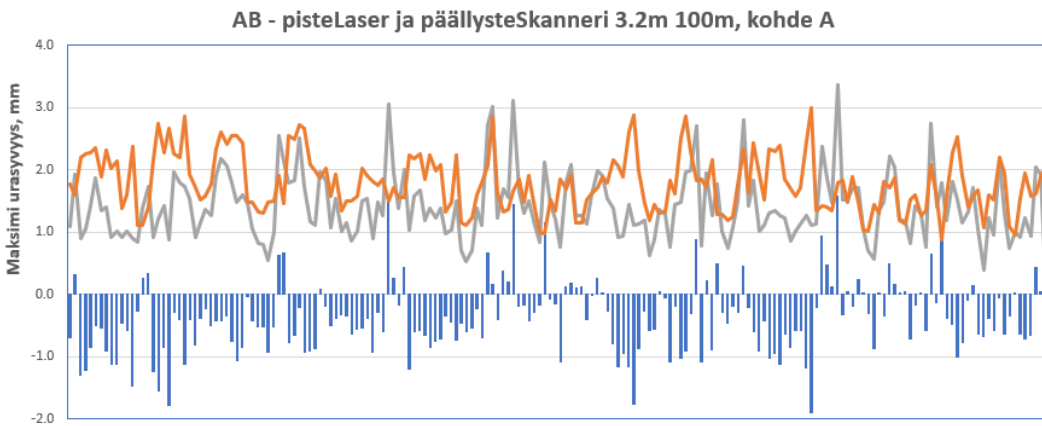
Kuva 19. SMA, kohde C, mittausleveys 2,6 m.

2.2.2 AB päällysteet

Massapintauksena toteutettuja AB-kohteita on vertailussa mukana useita, yhteensä 53 km.

Taulukko 3. AB, kohde A, mittau tulosten keskiarvot, -erot ja hajonnat.

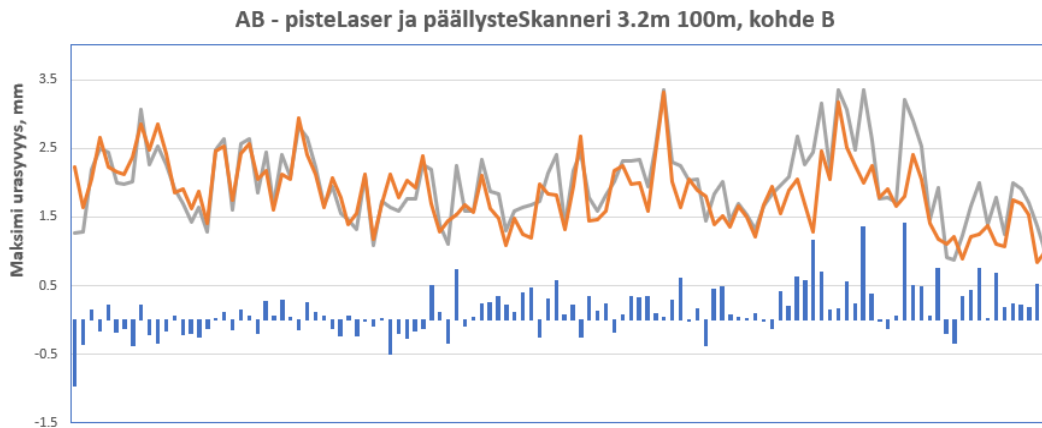
Kohde A	Pistelaser	PäällysteSkanneri		Pistelaser	PäällysteSkanneri		
AB	rst21 ura32 100m	rst57 ura32 100m	ero	rst21 ura26 100m	rst57 ura26 100m	ero	
ka	1.8	1.4	-0.4 mm	1.6	1.8	0.2 mm	
hajonta	0.2	0.3	0.3 mm	0.2	0.3	0.1 mm	



Kuva 20. AB, kohde A, mittausleveys 3,2 m.

Taulukko 4. AB, kohde B, mittau tulosten keskiarvot, -erot ja hajonnat.

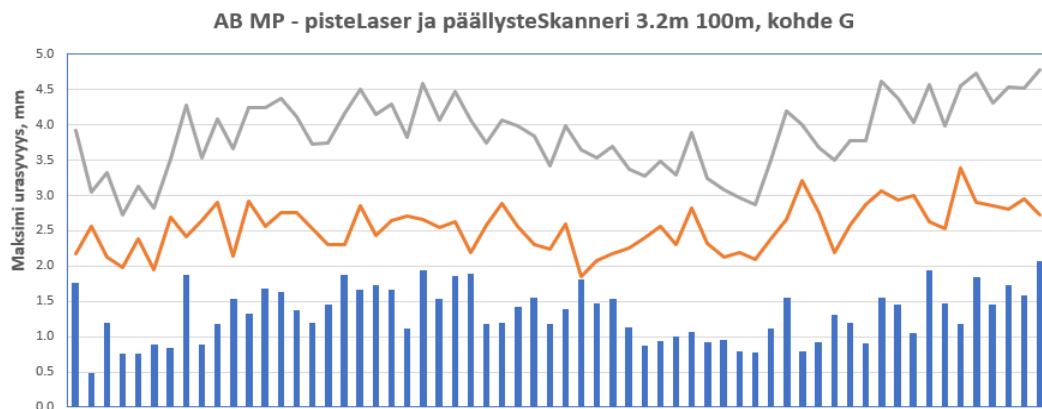
Kohde B	Pistelaser	PäällysteSkanneri		Pistelaser	PäällysteSkanneri		
AB	ura32 100m	ura32 100m	ero	ura26 100m	ura26 100m	ero	
ka	1.85	1.99	0.1 mm	1.52	1.35	-0.2 mm	
hajonta	0.24	0.30	0.1 mm	0.15	0.19	0.0 mm	



Kuva 21. AB, kohde B, mittausleveys 3,2 m.

Taulukko 5. AB, kohde G, mittaustulosten keskiarvot, -erot ja hajonnat.

Kohde G	Pistelaser	Päällysteskaneri		Pistelaser	Päällysteskaneri		
AB MP	rst21 ura32 100m	rst57 ura32 100m	ero	rst21 ura26 100m	rst57 ura26 100m	ero	
ka	2.5	3.9	1.3 mm	1.6	1.8	0.2 mm	
hajonta	0.1	0.3	0.1 mm	0.2	0.3	0.1 mm	

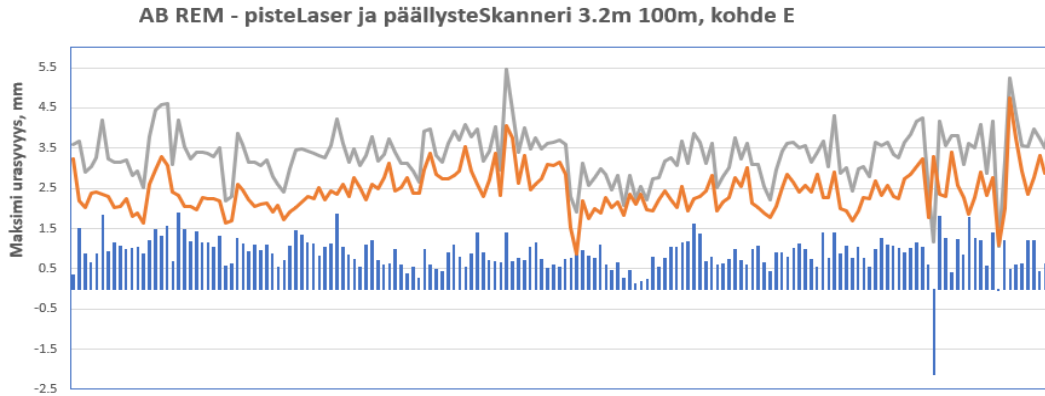


Kuva 22. AB, kohde G, mittausleveys 3,2 m.

Taulukko 6. AB/REM, kohde E, mittaustulosten keskiarvot, -erot ja hajonnat.

Kohde E	Pistelaser	Päällysteskaneri		Pistelaser	Päällysteskaneri		
AB REM	rst21 ura32 100m	rst57 ura32 100m	ero	rst21 ura26 100m	rst57 ura26 100m	ero	
ka	2.4	3.3	0.9 mm	1.6	1.8	0.2 mm	
hajonta	0.3	0.4	0.2 mm	0.2	0.3	0.1 mm	

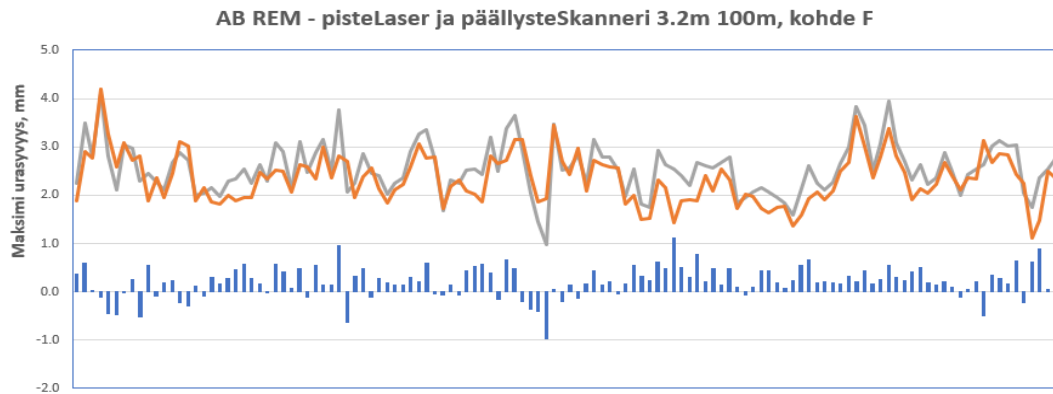
Kohteissa G ja E ajokaistan päällysteleveys oli alle 3,5 m, mistä johtuen 3,2 m mittausleveys antaa molemmilla menetelmillä suuremmat alku-uran arvot kuin 2,6 m mittausleveys.



Kuva 23. AB/REM, kohde E, mittausleveys 3,2 m.

Taulukko 7. AB/REM, kohde F, mittaustulosten keskiarvot, -erot ja hajonnat.

Kohde F	Pistelaser	Päällysteskaneri		Pistelaser	Päällysteskaneri		
AB REM	rst21 ura32 100m	rst57 ura32 100m	ero	rst21 ura26 100m	rst57 ura26 100m	ero	
ka	2.3	2.6	0.2 mm	1.6	1.8	0.2 mm	
hajonta	0.3	0.3	0.1 mm	0.2	0.3	0.1 mm	



Kuva 24. AB/REM, kohde F, mittausleveys 3,2 m.

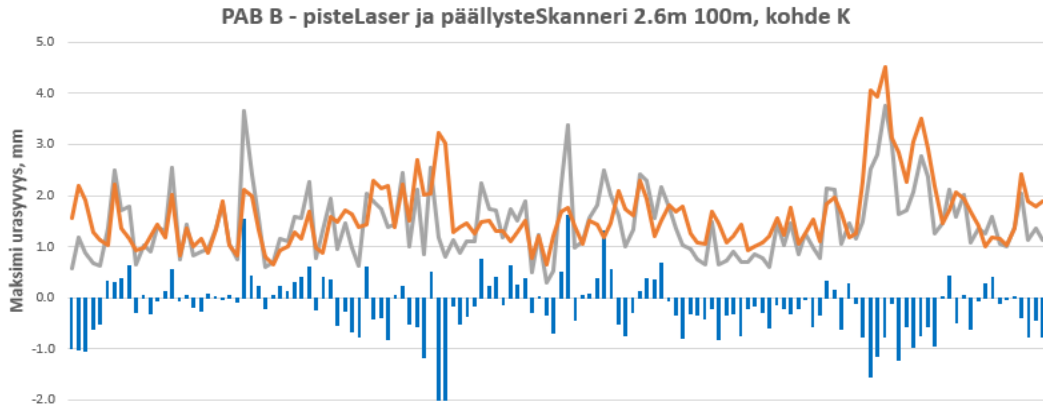
AB kohteiden uratulosten erot olivat pieniä lukuun ottamatta kohdetta G.

2.2.3 PAB-päällysteet

PAB-kohteilla 2,6 m profiilit sopivat tarkastelun kohteeksi, koska tiet ovat kapeita. PAB-päällysteiden mittauspituus oli 31,1 km.

Taulukko 8. PAB, kohde K, mittaustulosten keskiarvot, -erot ja hajonnat.

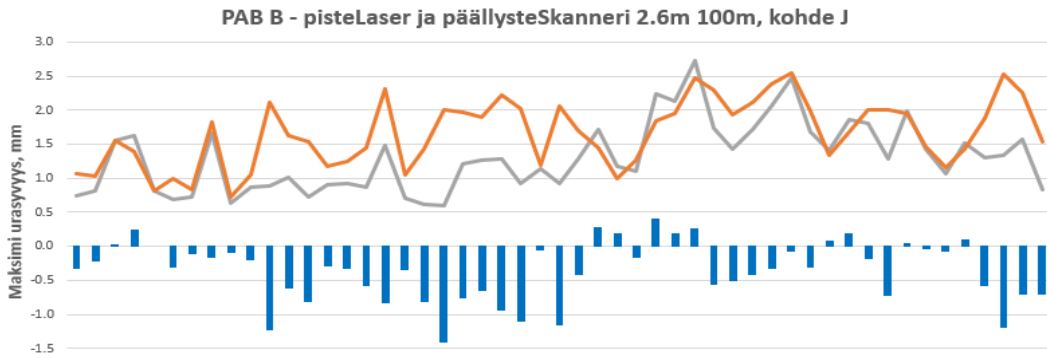
Kohde K	Pistelaser	Päällysteskaneri		Pistelaser	Päällysteskaneri		
PAB B	rst21 ura32 100m	rst57 ura32 100m	ero	rst21 ura26 100m	rst57 ura26 100m	ero	
ka	2.4	1.6	-0.8 mm	1.6	1.4	-0.2 mm	
hajonta	0.9	0.5	0.7 mm	0.5	0.4	0.3 mm	



Kuva 25. PAB, kohde K, mittausleveys 2,6 m.

Taulukko 9. PAB, kohde J, mittau tulosten keskiarvot, -erot ja hajonnat.

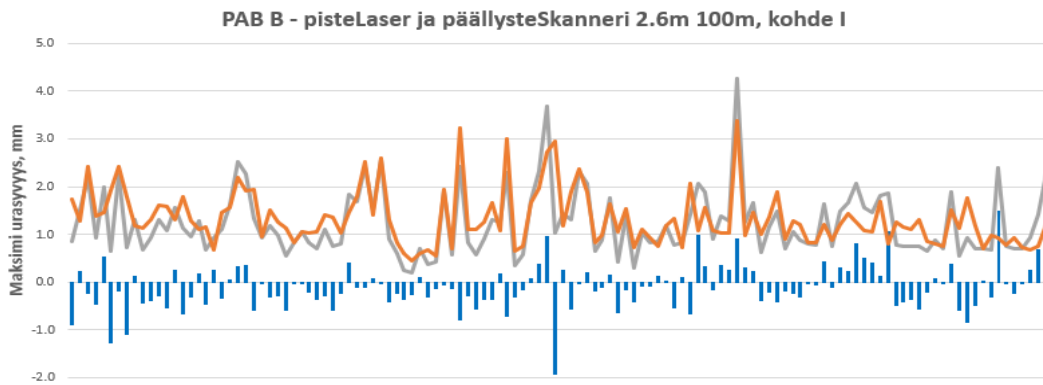
Kohde J	Pistelaser	Päällysteskanteri		Pistelaser	Päällysteskanteri		
PAB B	rst21 ura32 100m	rst57 ura32 100m	ero	rst21 ura26 100m	rst57 ura26 100m	ero	
ka	2.7	1.2	-1.4 mm	1.7	1.3	-0.4 mm	
hajonta	0.5	0.2	0.5 mm	0.2	0.3	0.2 mm	



Kuva 26. PAB, kohde J, mittausleveys 2,6 m.

Taulukko 10. PAB, kohde I, mittau tulosten keskiarvot, -erot ja hajonnat.

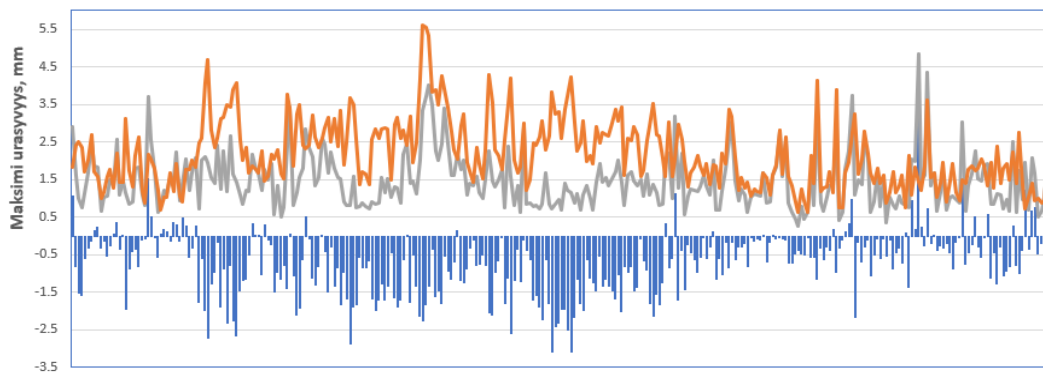
Kohde J	Pistelaser	Päällysteskanteri		Pistelaser	Päällysteskanteri		
PAB B	rst21 ura32 100m	rst57 ura32 100m	ero	rst21 ura26 100m	rst57 ura26 100m	ero	
ka	1.7	1.4	-0.3 mm	1.3	1.3	-0.1 mm	
hajonta	0.4	0.8	0.6 mm	0.3	0.5	0.3 mm	



Kuva 27. PAB, kohde I, mittausleveys 2,6 m.

Taulukko 11. PAB, kohteiden K, J ja I, yhdistettyjen mittaustulosten keskiarvot, erot ja hajonnat.

Kohtien K, J ja I	Pistelaser			Päällysteskanteri		
	PAB B	rst21 ura32 100m	ero	rst21 ura26 100m	rst57 ura26 100m	ero
ka	2.2	1.5	-0.7 mm	1.5	1.3	-0.2 mm
hajonta	0.8	0.5	0.7 mm	0.4	0.4	0.3 mm



Kuva 28. PAB, kohteet K, J ja I, mittausleveys 2,6 m.

PAB-kohteilla uratulokset ovat hyvin lähellä toisiaan 2,6 m mittausleveydellä.

2.2.4 Alku-uramittausten vertailu

Mittaustulosten perusteella voidaan todeta, että eri päällystetyypeillä tai työmenetelmillä ei ole merkittävää vaikutusta uratuloksiin ja erot ovat normaalin mittaus-toleranssin sisällä. Molemmat menetelmät tuottavat lähes samanlaisia tuloksia eri mittausleveyksillä (2,6/3,2 m). Tien leveyden vaikutus on sama, mutta päällysteskanterilla on mahdollisuus mitata koko päällysteleveys (max. 4,0 m).

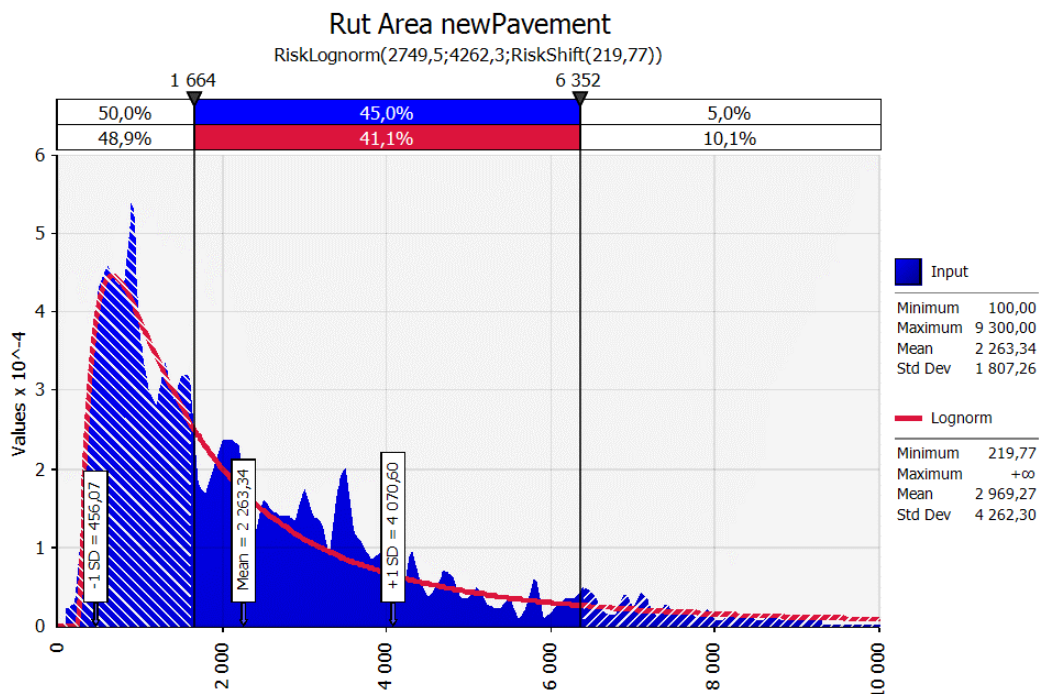
Mittaustulosten perusteella voidaan todeta, että uusille päällysteille tyypillisillä urasyvyyksillä pistelaser- ja päällysteskanterin tulokset ovat normaalin mittaushajonnan sisällä. Tässä työssä tehtyjen mittausvertailujen perusteella voidaan todeta, että päällysteskanterin käyttö ei aiheuta muutostarvetta uusien päällysteiden laatuvaatimuksiin.

Eri mittausleveyksien tunnuslukuja vertailtaessa voidaan todeta, että mittausleveys vaikuttaa mitattuun uran syvyyteen. Mittausleveyden ollessa 3,2 metriä urasyvyys kasvaa hieman verrattuna 2,6 metrin mittausleveyteen.

Lähtökohtaisesti uuden päällysteen ajokaistan poikkiprofiili pitää olla suora ja kaltevuus ao. kohdan poikkileikkauksen mukainen.

Päällysteskaneri mahdollistaa ajokaistan poikkiprofiilin tarkemman tarkastelun. Poikkiprofiilista on mahdollista tehdä poikkileikkauksen luokittelu suoraan, koveraan tai kuperaan poikkiprofiiliin ja yhdistämällä eri ajokaistojen sekä suuntien poikkiprofiilit saadaan koko päällysteen poikkiprofiili.

Päällysteskaneri mahdollistaa myös uuden päällysteen alku-uran pinta-alan ja tilavuuden tarkastelun (kuva 29).



Kuva 29. Esimerkki uuden päällysteen alku-urien pinta-alan jakaumasta.

Nyt tehdyn selvityksen aikana tuli esille mm. seuraavia asioita, joita tulisi tarkastella lisää:

- Millä mittausleveydellä mitataan tulevaisuudessa?
- Mitataanko vain "osa" uuden päällysteen poikkiprofiilista (2,6 m tai 3,2 m) vai koko uuden päällysteen leveys?
- Olisiko perusteltua mitata ajoneuvoliikenteelle tarkoitettu "osa", keskiviivan ja reunaviivan väli?
- Mikä merkitys ajokaistan päällysteen poikkiprofiililla on
 - liikenneturvallisuudelle
 - päällysteen elinkaarelle?

3 Tasalaatuisuusmittaukset 2019

Tilaaaja oli valinnut mittauskohteet UUD- ja PIR ELY 2019 -päällysteohjelmista. Mittauskohteille oli levitetty AB-massaa REM- ja MPKJ-työmenetelmillä sekä SMA-massaa LTA- ja REM-työmenetelmillä. Työn tavoitteena oli selvittää, miten 3D-laserskannaustekniikkaan perustuvan päällysteskaneroin tuottamia tunnuslukuja (MTD, MPD, RMS, BI- ja RI-indeksit) voidaan käyttää uuden päällysteen tasalaatuisuuden arviointiin. Työssä tarkasteltiin myös sitä, onko eri päällystetyypillä tai työmenetelmällä vaikutusta mahdollisiin eroihin makrokarkeuden tunnusluvuissa.

3.1 Aikaisemmat raportit aiheesta

Ruotsin liikennehallinnossa (Trafikverket) on vuodesta 2017 lähtien ollut menetelmä asfalttipäällysteen pinnan tasalaatuisuuden määrittämiseksi uusilla asfalttipäällysteillä. Menetelmä on kuvattu asiakirjassa TDOK 2016: 0271 (Kontroll av nya beläggningars makrotextur med mätbil, TDOK 2016:0271, version 1.0 2017-04-01). Menetelmässä mitataan kolmesta kohtaa, ajourista ja niiden välistä päällysteen makrotekstuuri pistelaserilla, joista lasketaan päällysteen MPD. Kullekin kolmesta pistelaserista lasketaan arvo jokaiselle metrille. Menetelmällä saadaan makrotekstuurin minimiarvo (tiivis pinta), maksimiarvo (karkea pinta) ja keskihajonta (epähomogeenisuus). Jokaiselle kolmelle vaatimukselle asetetut rajat riippuvat asfalttityypistä, rakeisuudesta ja tien nopeusrajoituksesta. Raja-arvojen määrittämistä varten on mitattu ja analysoitu makrotekstuurin arvot sadoilta päällystyskohteilta ennen lopullisten arvojen asettamista. Lisätietoja on esitetty luvussa 5.

Pistelaseritekniikkaan perustuvan uusien päällysteiden tasalaatuisuuden mittausmenetelmän (PANK 5212) kehitystä on kuvattu julkaisuissa *SMA-päällysteen lajitumavirheiden mittaaminen* (Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 1/2017) ja *Päällysteen tasalaatuisuuden mittaaminen* (Väyläviraston tutkimuksia 11/2019).

3.2 Mittauskohteet

Tasalaatuisuusmittauksia vuonna 2019 tehtiin kymmenellä päällystyskohteella ja mitattujen kohteiden yhteispituus oli 80 kaista-km.

Taulukko 12. Vuoden 2019 mittauskohteiden tiedot.

Päällyste valmistunut	Tie	Kaista	aosa	aet	losa	let	Pituus, m	Päällyste	Menetelmä	PTM-mittaus
14.5.2019	3	12	101	3026	102	2340	8 096	SMA	LTA	10.6.2019
14.5.2019	3	21	101	3100	101	5137	2 037	SMA	LTA	10.6.2019
14.5.2019	3	22	102	1103	102	2355	1 252	SMA	LTA	10.6.2019
31.5.2019	51	0	11	3615	14	650	12 100	SMA	LTA	4.6.2019
30.4.2019	45	11	1	3709	1	4683	974	SMA	REM	10.6.2019
30.4.2019	45	11	1	5210	2	800	1 123	SMA	REM	10.6.2019
7.5.2019	45	11	2	2100	3	5610	10 583	SMA	REM	10.6.2019
20.4.2019	45	21	2	6541	3	5425	5 957	SMA	REM	10.6.2019
30.4.2019	140	0	5	4973	5	9484	4 511	AB	MPKJ	10.6.2019
4.6.2019	338	0	1	3370	2	9250	8 400	AB	REM	10.6.2019

3.2.1 Havaintoja mittauskohteiden tuloksista

Kuvassa 30 näkyy AB/REM-kohteen lähtösauma piikkinä MPD-arvoissa.



Kuva 30. AB/REM, tie 338, lähtösauma.

Kuvassa 31 AB/MPKJ-kohteella ajokaistalla olevat ajokaistan nuolimerkinnyt 3 kpl näkyvät piikkeinä RMS-arvoissa.



Kuva 31. AB/MPKJ, tie 140, nuolimerkinnyt.

Kuvassa 32 SMA/REM-kohteella sideaineen pintaan nousut näkyvät piikkeinä RMS-arvoissa.



Kuva 32. SMA/REM, tie 45, sideaineen pintaan nousu.

Kuvassa 33 SMA/REM-kohteella sideaineen pintaan nousut näkyvät piikkeinä RMS-arvoissa.



Kuva 33. SMA/REM, tie 45, sideaineen pintaan nousu.

Kuvassa 34 SMA/REM-kohteella sideaineen pintaan nousut näkyvät piikkeinä RMS-arvoissa.



Kuva 34. SMA/REM, tie 45, sideaineen pintaan nousu.

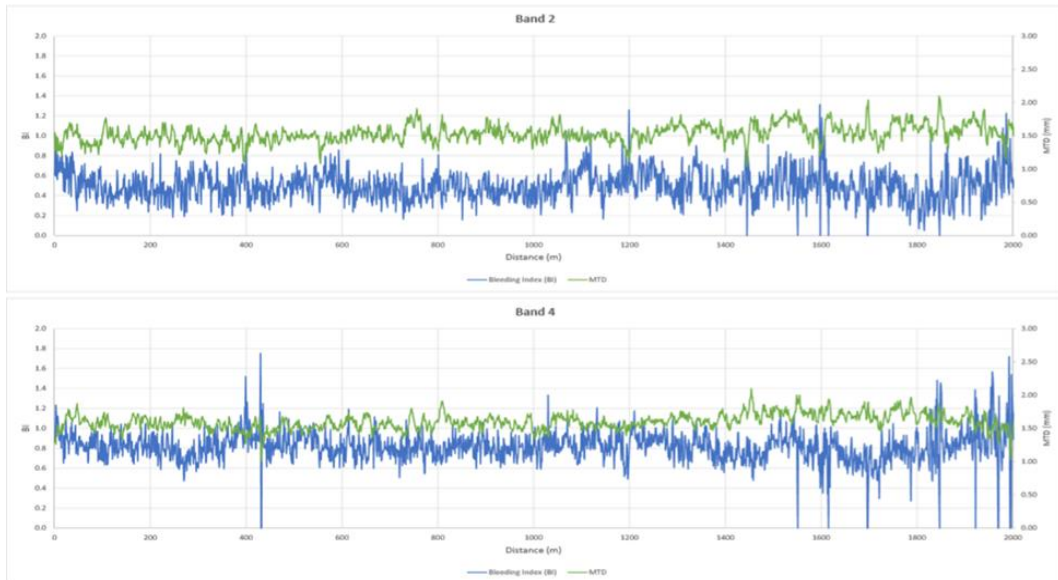
Kuvassa 35 SMA/LTA-kohteella rakeisuuslajittuma näkyy piikkinä MPD-arvossa.



Kuva 35. SMA/LTA, tie 51, rakeisuuslajittuma.

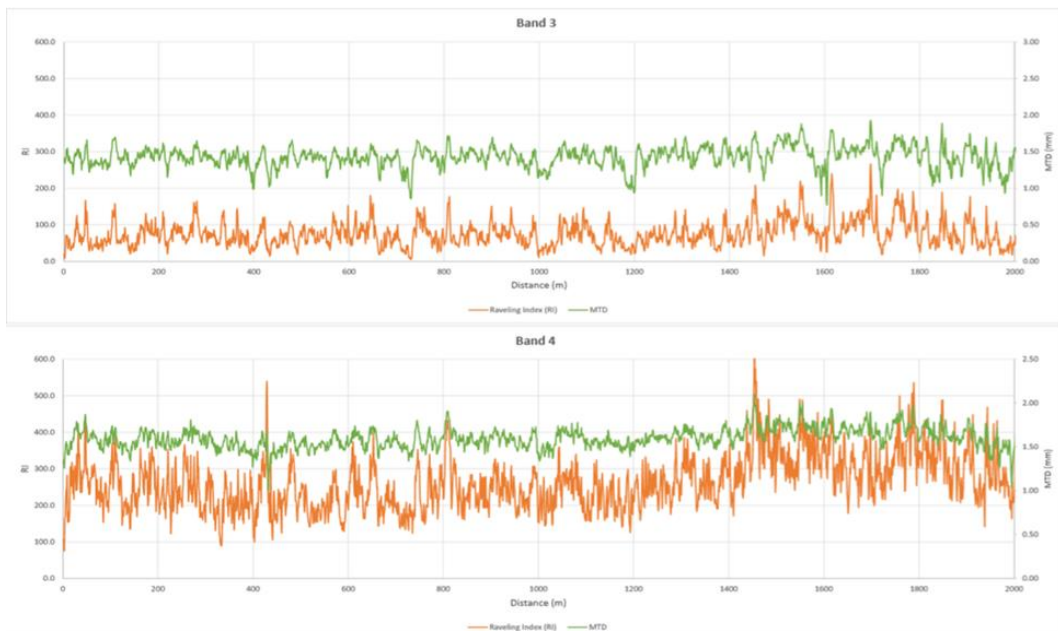
3.2.1.1 *Indeksi BI, sideaineen pintaan nousu*

Kuvassa 36 näkyy sideaineen pintaan nousua kuvaavan indeksin BI suhde päällysteen MTD-arvoon SMA/LTA-kohteella, mitta-alueet 2 (vasen ajoura) ja 4 (oikea ajoura).



Kuva 36. SMA/LTA-kohte, *BI*-indeksin suhde *MTD* arvoon.

Kuvassa 37 näkyy lajittumia kuvaavan indeksin RI suhde päällysteen MTD-arvoon SMA/LTA-kohteella, mitta-alueet 2 (vasen ajoura) ja 4 (oikea ajoura).



Kuva 37. *RI*-indeksin suhde *MTD*-arvoon.

Molempien indeksien (RI ja BI) osalta voidaan kuvista 36 ja 37 nähdä samankaltaista käyttäytymistä suhteessa päällysteen MTD-arvoon. Kuvista nähdään, että BI- ja RI-indeksit reagoivat päällysteen pintatekstuuriin muutoksiin "herkemmin" kuin MTD.

3.2.1.2 MPD- ja RMS-arvojen keskiarvoja

Taulukoissa 13–22 on esitetty 2019 mittauskohteiden MPD- ja RMS-arvojen keskiarvoja mittauskohteittain. S1 on tierekisterisuunta 1 ja S2 on tierekisterisuunta 2. Band 2 on vasen ajoura ja band 4 on oikea ajoura.

Taulukko 13. AB/REM, tie 338.

	MPD Band 1	MPD Band 2	MPD Band 3	MPD Band 4	MPD Band 5	RMS Band 1	RMS Band 2	RMS Band 3	RMS Band 4	RMS Band 5
S1	0,99	1,22	0,89	1,23	1,12	0,73	0,92	0,71	0,85	0,83
S2	0,85	1,20	0,86	1,16	1,06	0,66	0,91	0,68	0,84	0,79

Taulukko 14. AB/MPKJ, tie 140.

	MPD Band 1	MPD Band 2	MPD Band 3	MPD Band 4	MPD Band 5	RMS Band 1	RMS Band 2	RMS Band 3	RMS Band 4	RMS Band 5
S1	0,85	0,86	0,87	0,91	0,88	0,67	0,64	0,71	0,64	0,71
S2	0,80	0,83	0,82	0,83	0,80	0,62	0,63	0,66	0,61	0,69

Taulukko 15. SMA/REM, tie 45/2/2/1.

	MPD Band 1	MPD Band 2	MPD Band 3	MPD Band 4	MPD Band 5	RMS Band 1	RMS Band 2	RMS Band 3	RMS Band 4	RMS Band 5
S2	1,71	1,78	1,88	1,71	1,70	1,60	1,49	1,76	1,43	1,56

Taulukko 16. SMA/REM, tie 45/2/1/1.

	MPD Band 1	MPD Band 2	MPD Band 3	MPD Band 4	MPD Band 5	RMS Band 1	RMS Band 2	RMS Band 3	RMS Band 4	RMS Band 5
S1	1,70	1,74	1,79	1,75	1,79	1,54	1,33	1,57	1,32	1,46

Taulukko 17. SMA/REM, tie 45/1/1/1.

	MPD Band 1	MPD Band 2	MPD Band 3	MPD Band 4	MPD Band 5	RMS Band 1	RMS Band 2	RMS Band 3	RMS Band 4	RMS Band 5
S1	1,95	2,10	1,90	2,08	2,00	1,83	1,83	1,69	1,78	1,79

Taulukko 18. SMA/REM, tie 45/1/1/1.

	MPD Band 1	MPD Band 2	MPD Band 3	MPD Band 4	MPD Band 5	RMS Band 1	RMS Band 2	RMS Band 3	RMS Band 4	RMS Band 5
S1	1,64	1,84	1,76	1,86	1,71	1,46	1,53	1,52	1,53	1,47

Taulukko 19. SMA/LTA, tie 51.

	MPD Band 1	MPD Band 2	MPD Band 3	MPD Band 4	MPD Band 5	RMS Band 1	RMS Band 2	RMS Band 3	RMS Band 4	RMS Band 5
S1	1,61	1,77	1,59	1,70	1,66	1,45	1,40	1,35	1,32	1,40
S2	1,61	1,77	1,59	1,70	1,66	1,45	1,40	1,35	1,32	1,40

Taulukko 20. SMA/LTA, tie 3/102/2/2.

	MPD	MPD	MPD	MPD	MPD	RMS	RMS	RMS	RMS	RMS
	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5
S2	1,67	1,42	1,55	1,78	1,74	1,50	1,22	1,34	1,56	1,47

Taulukko 21. SMA/LTA, tie 3/101/2/1.

	MPD	MPD	MPD	MPD	MPD	RMS	RMS	RMS	RMS	RMS
	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5
S2	1,76	1,52	1,64	1,55	1,68	1,62	1,27	1,44	1,27	1,47

Taulukko 22. SMA/LTA, tie 3/101/1/2.

	MPD	MPD	MPD	MPD	MPD	RMS	RMS	RMS	RMS	RMS
	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5
S1	1,83	1,64	1,65	1,87	1,97	1,54	1,30	1,38	1,52	1,71

3.2.1.3 Havaintoja vuoden 2019 mittaustuloksista

Massatyypeillä ja kiviaineen raekoolla on selkeä vaikutus MPD- ja RMS-arvoihin ja samaa voidaan sanoa myös työmenetelmien osalta, joskin työmenetelmien kohdalla vaikutus em. arvoihin ei ole yhtä selvä.

REM-kohteilla oli MPD- ja RMS arvoissa paikoittain isoja vaihteluita, joihin voi vaikuttaa mm.

- vanhan päällysteen laatu ja tasalaatuisuus (lajittumat?)
- ajourien syvyys => lisämäärän vaihtelu
- alusmassan vaihtelu (kulunut/purkautunut/paikattu jne.)
- alusmassan (vanha päällyste) lämpötila remixer-työn aikana

AB/REM-kohteen MPD- ja RMS-arvot vaihtelevat eri mittausalueilla päällysteen poikkileikkauksessa. Mittausalueiden arvot 1, 3 ja 5 ovat pienempiä kuin mittausalueiden arvot 2 ja 4. Ilmeisesti liikenne saa aikaan em. arvojen vaihtelun, koska mittausalueet 2 ja 4 ovat ajourien kohdalla. Mittausalueiden sijainti on esitetty kuvassa 5.

Vastaavasti AB/MPKJ-kohteella ei ole havaittavissa AB/REM-kohteella havaittua MPD- ja RMS-arvojen vaihtelua.

SMA/REM- ja SMA/LTA-kohteilla MPD- ja RMS-arvot olivat merkittävästi suurempia verrattuna AB-kohteiden vastaaviin arvoihin.

SMA/REM- ja SMA/LTA-kohteiden välillä MPD- ja RMS-arvoissa oli pientä vaihtelua.

SMA-kohteilla oli muutamissa kohdin nähtävissä RMS-arvojen avulla sideaineen pintaan nousuja, joita ei etukamerankuvista juurikaan havaitse.

4 Seurantakohteiden päällysteiden laatu- ja tunnuslukujen tarkastelut

4.1 Karkeusarvojen ja uran muutos 2019–2020

Vuonna 2020 mitattiin vuoden 2019 kohteet. Lisäksi otettiin mukaan uusia kohteita vuoden 2020 päällysteohjelmasta. Mittauskohteet esitetty liitteessä 1.

Talvella 2020–2021 vertailtiin vuosina 2019 ja 2020 tehtyjen mittausten tuloksia ja katsottiin, miten MPD, MTD, RMS ja urat olivat muuttuneet vuoden aikana.

Seuraavissa taulukoissa on esitetty kohteiden MPD, MTD, RMS ja urien keskiarvo- tulokset.

Taulukko 23. MPD-arvon muutos 2019 => 2020.

Kohteet 2019		MPD-arvon muutos 2019–2020		
Tierekisteriosoite	Työmenetelmä	Vasen	Keski	Oikea
51_211_2020	SMA/LTA	-0.41	-0.36	-0.39
1003a_121_3_2020	SMA/LTA	-0.49	-0.29	-0.50
1003b_211_3_2020	SMA/LTA	-0.46	-0.42	-0.39
1003c_221_3_2020	SMA/LTA	-0.39	-0.28	-0.51
1015_111_140_2020	AB/MPKJ	-0.02	-0.06	0.07
1301a_111_45_2020	SMA/REM	-0.53	-0.35	-0.44
1301b_111_45_2020	SMA/REM	-0.82	-0.52	-0.73
1301c_111_45_2020	SMA/REM	-0.54	-0.50	-0.44
1301d_211_45_2020	SMA/REM	-0.59	-0.53	-0.38
2_111_338_2020	AB/REM	-0.23	0.01	-0.08
2_211_338_2020	AB/REM	-0.22	0.00	-0.09

Taulukko 24. RMS arvon muutos 2019 => 2020.

Kohteet 2019		RMS-arvon muutos 2019–2020		
Tierekisteriosoite	Työmenetelmä	Band 2	Band 3	Band 4
51_211_2020	SMA/LTA	-0.56	-0.51	-0.56
1003a_121_3_2020	SMA/LTA	-0.57	-0.44	-0.66
1003b_211_3_2020	SMA/LTA	-0.60	-0.61	-0.58
1003c_221_3_2020	SMA/LTA	-0.55	-0.47	-0.75
1015_111_140_2020	AB/MPKJ	-0.16	-0.19	-0.09
1301a_111_45_2020	SMA/REM	-0.69	-0.54	-0.65
1301b_111_45_2020	SMA/REM	-1.01	-0.76	-0.92
1301c_111_45_2020	SMA/REM	-0.59	-0.70	-0.51
1301d_211_45_2020	SMA/REM	-0.73	-0.84	-0.61
2_111_338_2020	AB/REM	-0.33	-0.12	-0.17
2_211_338_2020	AB/REM	-0.32	-0.11	-0.20

Taulukko 25. MTD arvon muutos 2019 => 2020.

Kohteet 2019		MTD-arvon muutos 2019–2020		
Tierekisteriosoite	Työmenetelmä	Band 2	Band 3	Band 4
51_211_2020	SMA/LTA	-0.41	-0.29	-0.37
1003a_121_3_2020	SMA/LTA	-0.41	-0.32	-0.43
1003b_211_3_2020	SMA/LTA	-0.46	-0.41	-0.42
1003c_221_3_2020	SMA/LTA	-0.36	-0.31	-0.43
1015_111_140_2020	AB/MPKJ	-0.06	-0.04	0.01
1301a_111_45_2020	SMA/REM	-0.45	-0.39	-0.43
1301b_111_45_2020	SMA/REM	-0.73	-0.64	-0.71
1301c_111_45_2020	SMA/REM	-0.48	-0.48	-0.43
1301d_211_45_2020	SMA/REM	-0.54	-0.54	-0.43
2_111_338_2020	AB/REM	-0.14	-0.02	-0.05
2_211_338_2020	AB/REM	-0.15	-0.04	-0.06

Taulukko 26. Urasyvyyden muutos 2019 => 2020.

Kohteet 2019		Uran muutos 2019–2020		
Tierekisteriosoite	Työmenetelmä	ura_vas	ura_oik	ura_max
51_211_2020	SMA/LTA	1.39	0.44	0.69
1003a_121_3_2020	SMA/LTA	2.47	2.41	2.76
1003b_211_3_2020	SMA/LTA	2.53	2.80	3.09
1003c_221_3_2020	SMA/LTA	1.79	1.31	1.74
1015_111_140_2020	AB/MPKJ	1.93	2.84	2.80
1301a_111_45_2020	SMA/REM	1.80	1.35	1.75
1301b_111_45_2020	SMA/REM	2.91	2.72	3.03
1301c_111_45_2020	SMA/REM	5.18	4.14	5.56
1301d_211_45_2020	SMA/REM	2.95	2.32	2.96
2_111_338_2020	AB/REM	2.38	2.90	3.37
2_211_338_2020	AB/REM	2.72	3.29	3.55

Taulukoista 23, 24 ja 25 voidaan nähdä, että MPD-, MTD- ja RMS-arvot ovat pienentyneet vuodesta 2019 vuoteen 2020. Vasemman ajouran kohdalla arvojen pienentyminen on ollut hieman suurempaa oikeaan ajouraan verrattuna.

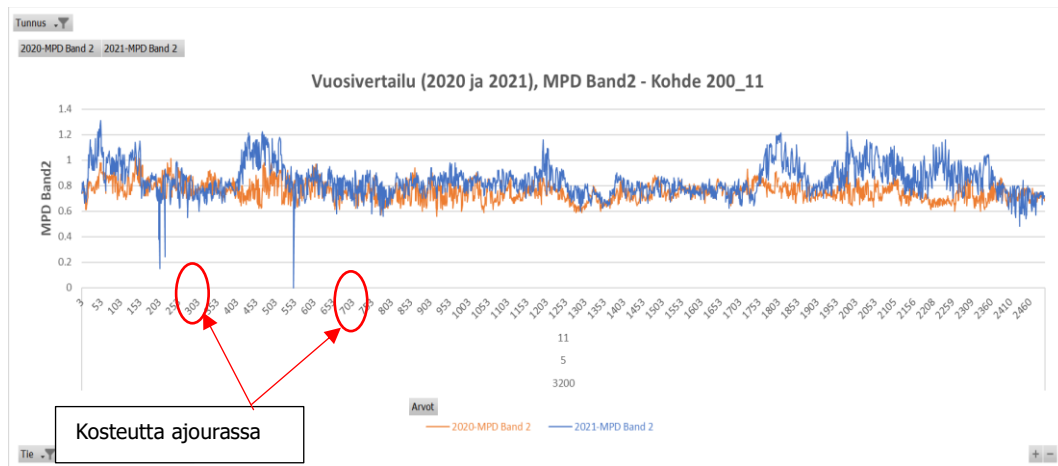
Taulukosta 26 voidaan nähdä, että ajourien osalta uran kasvu on ollut vasemmassa ajourassa hieman suurempaa oikeaan ajouraan verrattuna.

SMA REM kohteilla ajourien muutokset ovat olleet hieman suurempia SMA/LTA kohteisiin verrattuna.

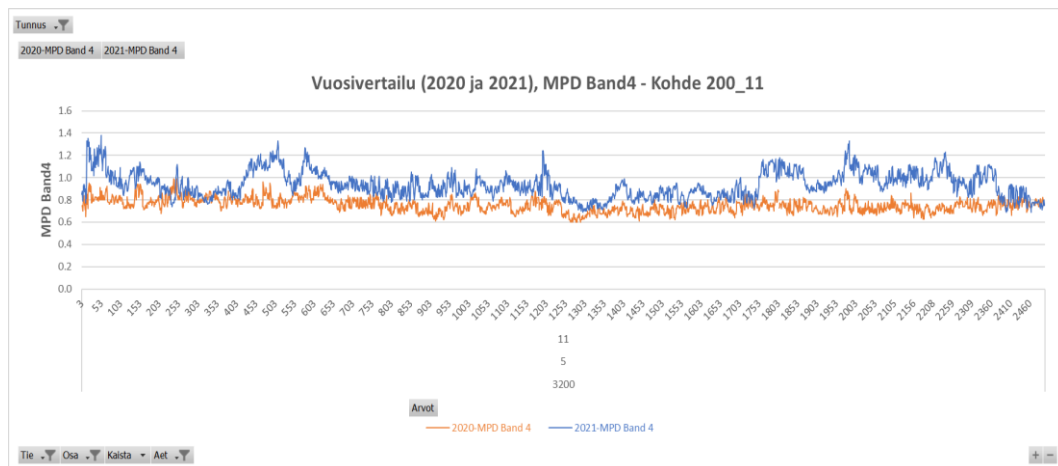
4.2 Karkeusarvojen ja uran muutos 2020–2021

Vuosien 2020–2021 mittausten vertailussa MPD-, MTD- ja RMS-arvojen muutos oli samankaltainen kuin 2019–2020 mittausten vertailussa. Mittauskohteet esitetty liitteessä 1.

Kuvissa 38-41 esitetään esimerkkejä MPD-arvojen muutoksesta (1 m tuloksista).

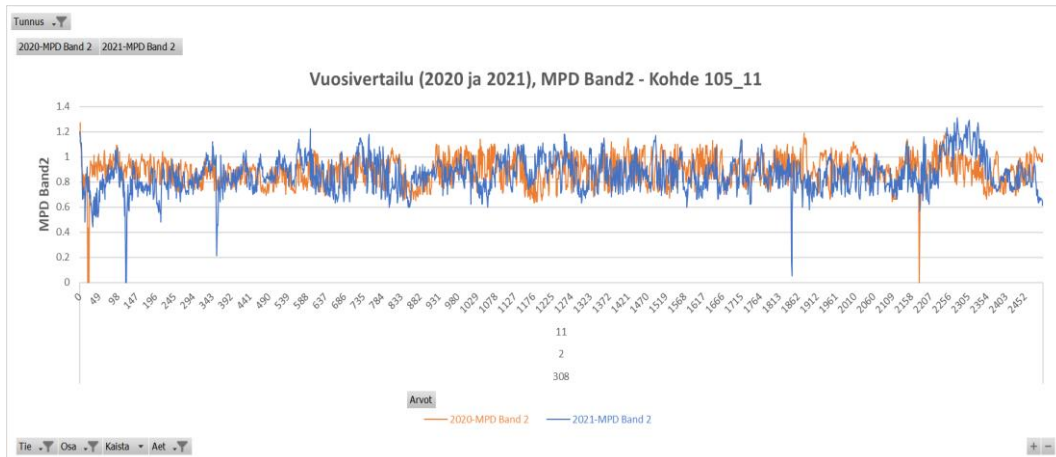


Kuva 38. MPD-arvoja tieltä 3200, vasen ajoura.

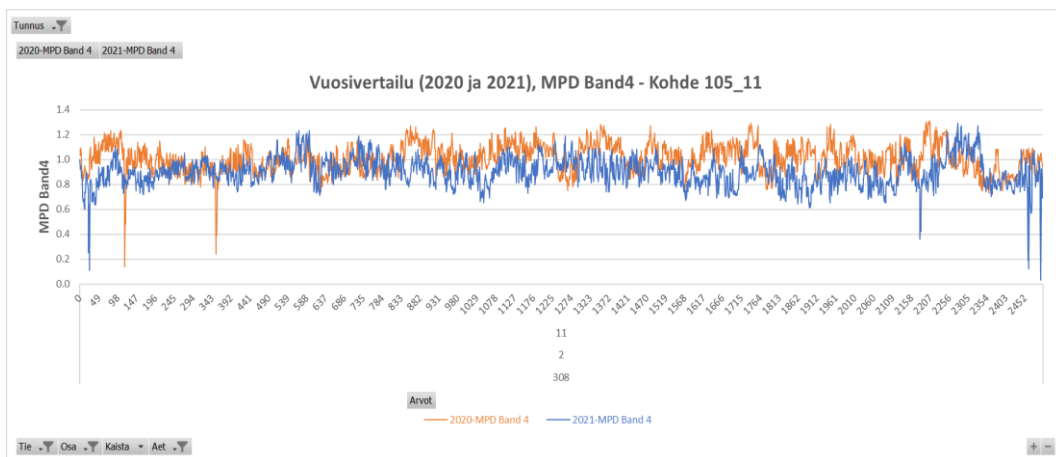


Kuva 39. MPD-arvoja tieltä 3200, oikea ajoura.

Kuvista 38 ja 39 on nähtävissä, että MPD-arvon muutos on oikeassa ajourassa suurempi kuin vasemmassa. Vasemmassa ajourassa on kolme kohtaa (piikit), joissa on ollut mittaushetkellä kosteutta. Kosteus laskee MPD-arvon nolllaan.



Kuva 40. MPD-arvoja tieltä 308, vasen ajoura.



Kuva 41. MPD-arvoja tieltä 308, oikea ajoura.

Kuvista 40 ja 41 on nähtävissä pieniä MPD-arvojen ”piikkejä”, joista neljä tulee suojatiemerkinnoistä ja kolme ajourassa olevasta kosteudesta. Liitteessä 1 on esitetty kaikkien kohteiden MPD-arvojen muutokset 2019–2021 ja vuoden 2020 kohteiden osalta vuosien 2020–2021 muutokset.

Seuraavissa taulukoissa on tarkasteltu kohteiden MPD-, MTD-, RMS-arvojen ja urasyvyysien keskiarvoissa tapahtuneet muutokset vuosien 2019–2021 aikana.

Taulukko 27. MPD-arvojen muutos 2020–2021.

Kohteet 2020		MPD-arvon muutos 2020–2021		
Tierekisteriosoite	Työmenetelmä	Vasen	Keski	Oikea
4_11_102–103	LTA/SMA	-0.34	-0.21	-0.37
7_12_7_8	LTA/SMA	-0.20	-0.23	-0.59
7_22_8_11	LTA/SMA	-0.21	-0.13	-0.40
51_11_6_7	LTA/SMA	-0.33	-0.17	-0.42
308_11_2	LTA/AB	-0.02	-0.04	-0.06
308_21_2	LTA/AB	0.00	-0.07	-0.07
3200_11_5	LTA/AB	0.10	0.10	0.18
3200_21_5	LTA/AB	0.09	0.14	0.28
4_11_326	MPKJ/SMA	-0.24	-0.16	-0.24
4_21_326	MPKJ/SMA	-0.27	-0.14	-0.22
4_11_318–319	MPKJ/SMA	-0.33	-0.12	-0.35
4_21_318–319	MPKJ/SMA	-0.45	-0.20	-0.38
3022_11_2	MP/SMA	-0.09	-0.02	-0.10
3022_21_2	MP/SMA	-0.11	-0.10	-0.15
249_11_6–8	MP/SMA	0.21	0.25	0.32
249_21_6–8	MP/SMA	0.17	0.20	0.30
58_11_23–25	MPKJ/AB	0.15	0.11	0.15
58_21_23–25	MPKJ/AB	-0.04	0.01	-0.01
58_11_1–2	MP/AB	0.21	0.03	0.23
58_21_1–2	MP/AB	0.20	0.02	0.21
346_11_1–3	MP/AB	-0.10	-0.07	-0.06
346_21_1–3	MP/AB	-0.10	-0.03	-0.04

Taulukko 28. RMS-arvojen muutos 2020–2021.

Kohteet 2020		RMS-arvon muutos 2020–2021		
Tierekisteriosoite	Työmenetelmä	Band 2	Band 3	Band 4
4_11_102–103	LTA/SMA	-0.28	-0.20	-0.26
7_12_7_8	LTA/SMA	-0.16	-0.18	-0.31
7_22_8_11	LTA/SMA	-0.12	-0.10	-0.23
51_11_6_7	LTA/SMA	-0.26	-0.16	-0.28
308_11_2	LTA/AB	-0.03	-0.04	-0.05
308_21_2	LTA/AB	-0.03	-0.06	-0.05
3200_11_5	LTA/AB	0.04	0.03	0.07
3200_21_5	LTA/AB	0.03	0.05	0.11
4_11_326	MPKJ/SMA	-0.09	-0.13	-0.13
4_21_326	MPKJ/SMA	-0.12	-0.11	-0.13
4_11_318–319	MPKJ/SMA	-0.13	-0.08	-0.17
4_21_318–319	MPKJ/SMA	-0.21	-0.15	-0.21
3022_11_2	MP/SMA	-0.07	-0.05	-0.08
3022_21_2	MP/SMA	-0.10	-0.10	-0.11
249_11_6–8	MP/SMA	0.04	0.07	0.11
249_21_6–8	MP/SMA	0.03	0.04	0.11
58_11_23–25	MPKJ/AB	0.07	0.06	0.07
58_21_23–25	MPKJ/AB	-0.03	0.00	-0.02
58_11_1–2	MP/AB	0.08	-0.01	0.09
58_21_1–2	MP/AB	0.07	-0.02	0.08
346_11_1–3	MP/AB	-0.06	-0.05	-0.05
346_21_1–3	MP/AB	-0.05	-0.03	-0.03

Taulukko 29. MTD-arvojen muutos 2020–2021.

Kohteet 2020		MTD arvon muutos 2020–2021		
Tierekisteriosoite	Työmenetelmä	Band 2	Band 3	Band 4
4_11_102–103	LTA/SMA	-0.26	-0.16	-0.30
7_12_7_8	LTA/SMA	-0.10	-0.16	-0.36
7_22_8_11	LTA/SMA	-0.11	-0.09	-0.27
51_11_6_7	LTA/SMA	-0.27	-0.20	-0.34
308_11_2	LTA/AB	0.02	-0.03	-0.04
308_21_2	LTA/AB	0.02	-0.04	-0.04
3200_11_5	LTA/AB	0.07	0.09	0.12
3200_21_5	LTA/AB	0.09	0.13	0.18
4_11_326	MPKJ/SMA	-0.12	-0.12	-0.16
4_21_326	MPKJ/SMA	-0.15	-0.11	-0.14
4_11_318–319	MPKJ/SMA	-0.17	-0.12	-0.23
4_21_318–319	MPKJ/SMA	-0.29	-0.20	-0.27
3022_11_2	MP/SMA	-0.04	-0.01	-0.07
3022_21_2	MP/SMA	-0.06	-0.08	-0.12
249_11_6–8	MP/SMA	0.17	0.17	0.24
249_21_6–8	MP/SMA	0.13	0.14	0.21
58_11_23–25	MPKJ/AB	0.19	0.14	0.16
58_21_23–25	MPKJ/AB	0.01	0.03	0.01
58_11_1–2	MP/AB	0.19	0.08	0.19
58_21_1–2	MP/AB	0.18	0.06	0.17
346_11_1–3	MP/AB	-0.07	-0.05	-0.05
346_21_1–3	MP/AB	-0.06	-0.03	-0.04

Taulukko 30. Uramuutos 2020–2021.

Kohteet 2020		Uramuutos 2020–2021		
Tierekisteriosoite	Työmenetelmä	ura vas	ura oik	ura max
4_11_102–103	LTA/SMA	1.75	2.30	1.66
7_12_7_8	LTA/SMA	-0.13	0.90	0.44
51_11_6_7	LTA/SMA	2.84	4.22	3.49
308_11_2	LTA/AB	1.11	1.10	1.36
308_21_2	LTA/AB	1.53	1.54	1.79
3200_11_5	LTA/AB	0.10	-0.35	-0.14
3200_21_5	LTA/AB	0.16	-0.22	-0.16
4_11_326	MPKJ/SMA	1.02	1.15	1.06
4_21_326	MPKJ/SMA	0.58	0.99	0.72
4_11_318–319	MPKJ/SMA	0.88	0.59	0.72
4_21_318–319	MPKJ/SMA	1.12	1.13	1.29
3022_11_2	MP/SMA	1.26	1.21	1.21
3022_21_2	MP/SMA	1.20	1.04	1.07
249_11_6–8	MP/SMA	0.94	0.74	0.92
249_21_6–8	MP/SMA	0.80	0.66	0.79
58_11_23–25	MPKJ/AB	1.68	1.44	1.05
58_21_23–25	MPKJ/AB	1.49	1.48	1.02
58_11_1–2	MP/AB	1.32	0.91	1.32
58_21_1–2	MP/AB	1.33	0.80	1.22
346_11_1–3	MP/AB	0.94	0.59	0.79
346_21_1–3	MP/AB	0.85	0.91	0.96

Taulukossa 30 on teillä 7 ja 3200 negatiivista uramuutosta (merkitty taulukkoon keltaisella), joka tarkoittaisi urasyvyyden pienentymistä 2020–2021 välillä. Todellisuudessa ura ei ole pienentynyt, vaan negatiivinen uramuutos johtuu mittauksessa tapahtuneesta ajolinjan muutoksesta.

Taulukko 31. MPD-arvon muutos 2019 => 2021.

Kohteet 2019			MPD-arvon muutos 2019–2021		
Tierekisteriosoite	Vuosi	Työmenetelmä	Band 2	Band 3	Band 4
51_21_11–14	2021	SMA/LTA	1.22	1.25	1.20
	2020		1.23	1.15	1.21
	2019		1.34	1.26	1.26
3_21_101–102	2021	SMA/LTA	0.98	1.09	1.05
	2020		1.15	1.27	1.21
	2019		1.29	1.24	1.22
3_21_101	2021	SMA/LTA	0.92	0.99	0.96
	2020		1.01	1.06	1.06
	2019		1.12	1.08	1.04
3_21_102	2021	SMA/LTA	1.03	1.15	1.13
	2020		1.02	1.21	1.15
	2019		1.08	1.10	1.07
140_11_5	2021	AB/MPKJ	0.83	0.79	0.86
	2020		0.82	0.76	0.87
	2019		0.75	0.70	0.71
45_11_1	2021	SMA/REM	1.22	1.31	1.44
	2020		1.25	1.32	1.35
	2019		1.37	1.31	1.38
45_11_1–2	2021	SMA/REM	1.01	1.08	1.13
	2020		1.22	1.28	1.28
	2019		1.45	1.34	1.40
45_11_2–3	2021	SMA/REM	1.01	1.08	1.06
	2020		1.19	1.25	1.27
	2019		1.37	1.25	1.25
45_21_2–3	2021	SMA/REM	1.05	1.16	1.08
	2020		1.14	1.23	1.26
	2019		1.30	1.16	1.24
338_11_1	2021	AB/REM	1.10	1.01	1.22
	2020		1.03	0.89	1.11
	2019		0.98	0.75	0.90
338_21_1	2021	AB/REM	1.05	0.89	1.14
	2020		0.98	0.83	1.03
	2019		0.94	0.72	0.84

Taulukon 31 kohteiden MPD-arvojen muutoksen kuvaajat mittausalueilta (band) 2 ja 4 on esitetty liitteessä 1.

4.3 MPD-arvojen tarkastelu Trafikverketin tapaan

Taulukossa 32 on esitetty SMA- ja AB-kohteiden oikean ajouran MPD-arvon keskiarvot, hajonta, mediaani sekä 75 % ja 95 % osuuksien MPD-arvot Ruotsin Trafikverketin käytännön mukaisesti. Se on esitetty tarkemmin luvussa 5.

Taulukko 32. MPD-arvojen tarkastelu SMA- ja AB-kohteilta Trafikverketin tapaan.

Kohteet 2019	Päällyste	Keski-arvo	Hajonta	Mediaani	75 %	95 %	Havaintoja kpl
1003a_121_3_101-102	SMA/LTA	1,22	0,13	1,22	1,30	1,45	8100
1003b_211_3_101	SMA/LTA	1,04	0,15	1,02	1,11	1,29	2098
1003c_221_3_102	SMA/LTA	1,07	0,12	1,06	1,14	1,30	1244
uud51_211_51_11-14	SMA/LTA	1,26	0,12	1,26	1,34	1,47	11987
1015_111_140_5	AB/MPKJ	0,71	0,11	0,7	0,76	0,86	4560
Kohteet 2020							
1003a_121_3_101-102	SMA/LTA	1,21	0,14	1,20	1,30	1,45	8083
1003b_211_3_101	SMA/LTA	1,06	0,14	1,06	1,16	1,29	2091
1003c_221_3_102	SMA/LTA	1,15	0,11	1,15	1,23	1,34	1290
uud51_211_51_11-14	SMA/LTA	1,21	0,13	1,20	1,29	1,42	11966
1015_111_140_5	AB/MPKJ	0,74	0,07	0,74	0,79	0,86	4531
105_111_308_1-2	AB/LTA	1,01	0,09	1,01	1,08	1,17	3733
105_212_308_1-2	AB/LTA	1,02	0,13	1,01	1,11	1,25	3724
200_111_3200_5	AB/LTA	0,75	0,06	0,75	0,78	0,84	5427
200_211_3200_5	AB/LTA	0,78	0,06	0,78	0,82	0,90	5427
Kohteet 2021							
1003a_121_3_101-102	SMA/LTA	1,05	0,15	1,04	1,15	1,28	8109
1003b_211_3_101	SMA/LTA	0,96	0,15	0,94	1,04	1,23	2090
1003c_221_3_102	SMA/LTA	1,13	0,15	1,13	1,25	1,38	1263
uud51_211_51_11-14	SMA/LTA	1,20	0,10	1,19	1,30	1,35	11997
1015_111_140_5	AB/MPKJ	0,86	0,11	0,85	0,93	1,06	4563
105_111_308_1-2	AB/LTA	0,95	0,16	0,94	1,03	1,26	3766
105_212_308_1-2	AB/LTA	0,95	0,15	0,94	1,05	1,22	3767
200_111_3200_5	AB/LTA	0,93	0,13	0,92	1,02	1,16	5456
200_211_3200_5	AB/LTA	1,06	0,13	1,07	1,15	1,26	5448

4.4 Pistelaserin ja päällysteskanerinin MPD-arvot

Tässä työssä ja raportissa esitetyt MPD-arvot on laskettu päällysteskanerinin mitaustuloksista mitta-alueiden keskeltä (band 2 on vasen ura, band 3 on keskellä ja band 4 oikea ura). Taulukoissa 33–35 on vertailtu kolmelta kohteelta mitattuja päällysteskanerinin MPD-arvoja pistelaserilla mitattuun MPD-arvoon. Tulosten vertailussa on huomioitava se, että mittaustulokset eivät ole käytännössä tarkalleen samalla kohtaa poikkileikkausta, joka osaltaan aiheuttaa eroa tuloksiin.

Taulukko 33. MPD-arvojen vertailu (päällysteskanerini/pistelaser) tiellä 3.

Tie 3	Päällysteskanerini			Pistelaser		
S1	MPD vas	MPD kesk	MPD oik	MPD vas	MPD kesk	MPD oik
Keskiarvo	1,15	1,27	1,21	1,06	1,41	1,02
Hajonta	0,12	0,19	0,14	0,15	0,21	0,16
	Päällysteskanerini			Pistelaser		
S2	MPD vas	MPD kesk	MPD oik	MPD vas	MPD kesk	MPD oik
Keskiarvo	1,01	1,06	1,06	1,03	1,39	1,00
Hajonta	0,11	0,19	0,14	0,19	0,26	0,22

Taulukko 34. MPD-arvojen vertailu (päällysteskanerini/pistelaser) tiellä 45.

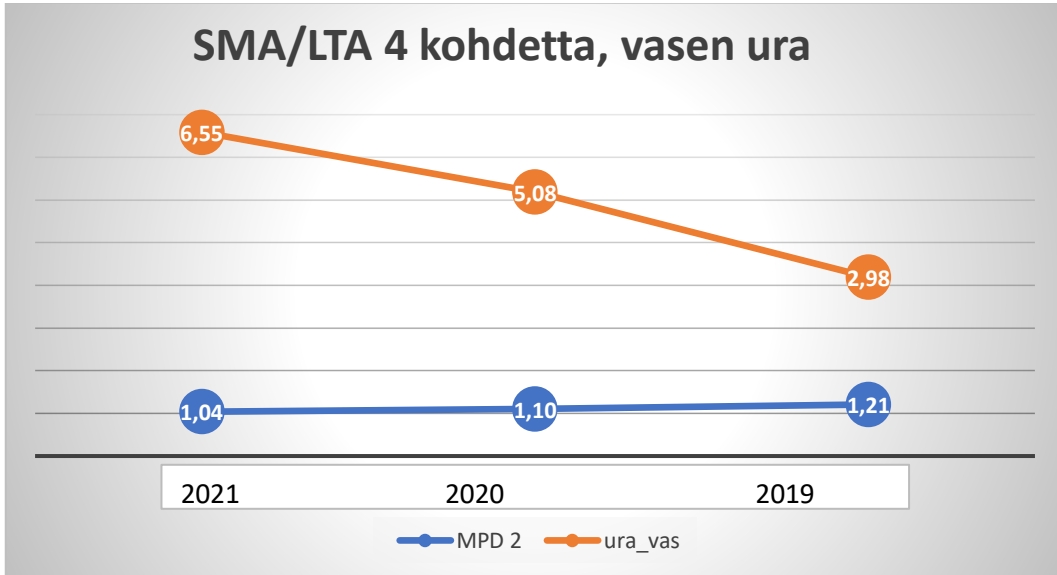
Tie 45	Päällysteskanerini			Pistelaser		
S1	MPD vas	MPD kesk	MPD oik	MPD vas	MPD kesk	MPD oik
Keskiarvo	1,22	1,28	1,28	1,23	1,64	1,28
Hajonta	0,21	0,23	0,19	0,25	0,43	0,27
	Päällysteskanerini			Pistelaser		
S2	MPD vas	MPD kesk	MPD oik	MPD vas	MPD kesk	MPD oik
Keskiarvo	1,14	1,23	1,26	1,27	1,61	1,37
Hajonta	0,18	0,22	0,18	0,24	0,27	0,26

Taulukko 35. MPD-arvojen vertailu (päällysteskanerini/pistelaser) tiellä 3200.

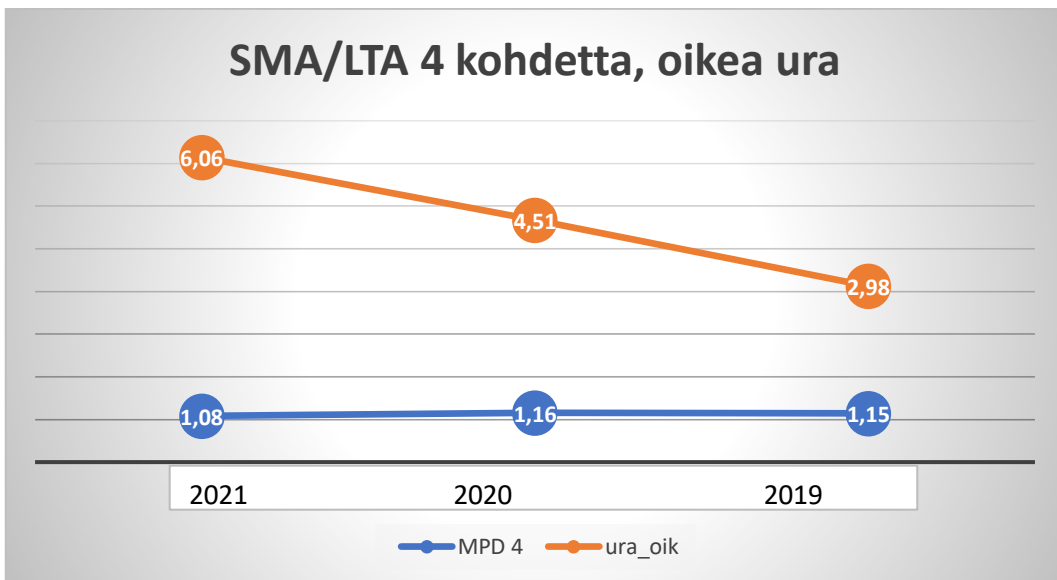
Tie 3200	Päällysteskanerini			Pistelaser		
S1	MPD vas	MPD kesk	MPD oik	MPD vas	MPD kesk	MPD oik
Keskiarvo	0,74	0,60	0,75	0,62	0,59	0,54
Hajonta	0,06	0,09	0,06	0,25	0,24	0,27
	Päällysteskanerini			Pistelaser		
S2	MPD vas	MPD kesk	MPD oik	MPD vas	MPD kesk	MPD oik
Keskiarvo	0,79	0,63	0,78	0,75	0,67	0,67
Hajonta	0,08	0,10	0,06	0,21	0,26	0,26

4.5 MPD-arvon ja urasyvyyden kehittyminen

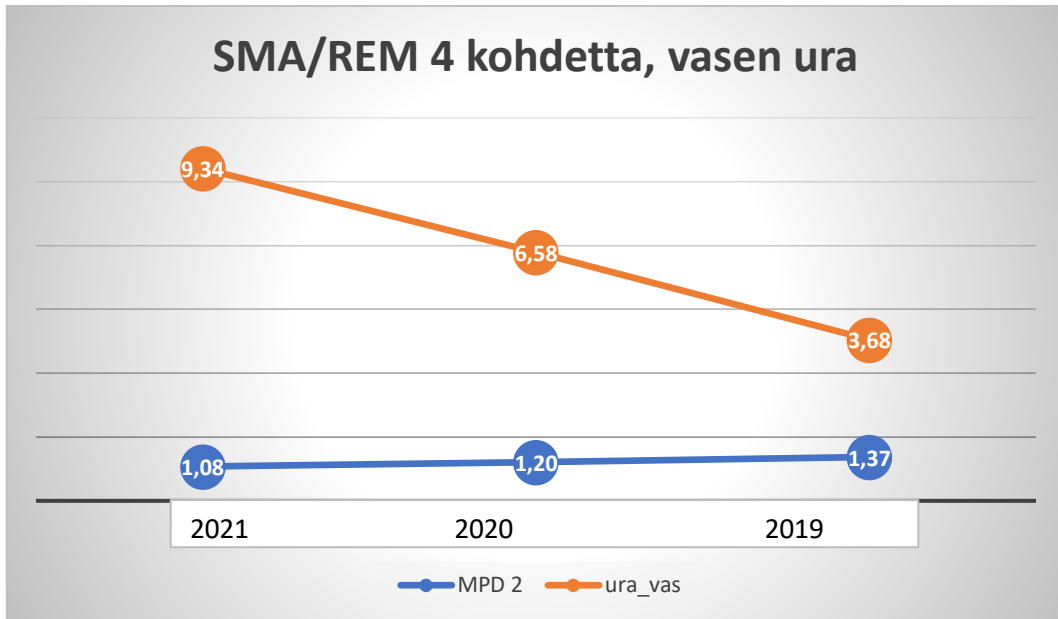
Kuvissa 42–47 on esitetty esimerkkejä MPD-arvon ja sitä vastaavan uran muutoksesta eri päällysteillä ja menetelmillä vuosina 2019–2021.



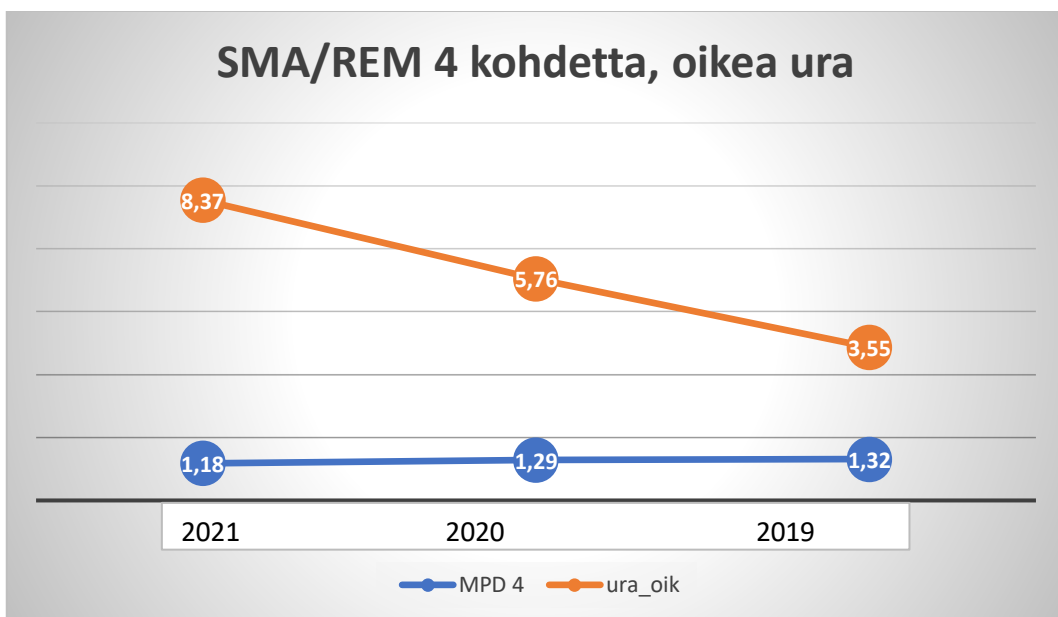
Kuva 42. Vasemman uran syvyyden ja karkeuden muutos neljän SMA/LTA-kohteen keskiarvona.



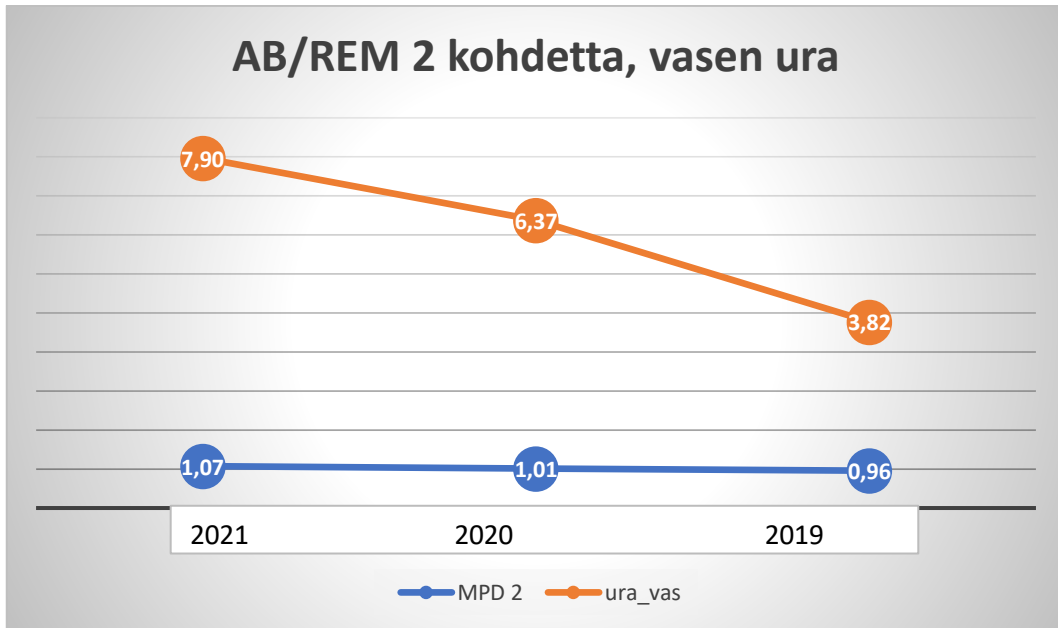
Kuva 43. Oikean uran syvyyden ja karkeuden muutos neljän SMA/LTA-kohteen keskiarvona.



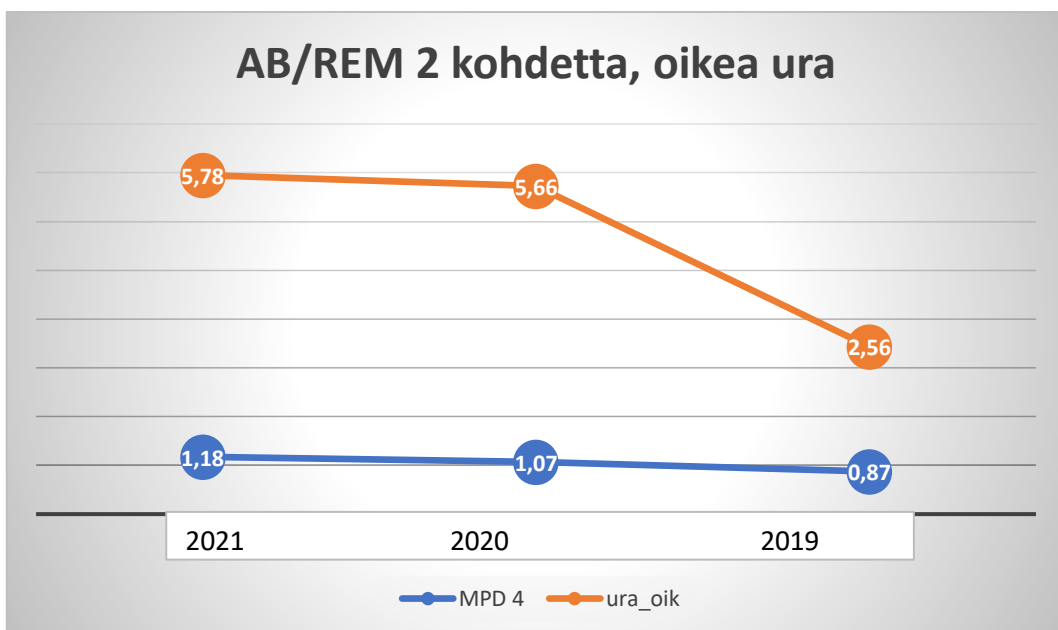
Kuva 44. Vasemman uran syvyyden ja karkeuden muutos neljän SMA/REM-kohteen keskiarvona.



Kuva 45. Oikean uran syvyyden ja karkeuden muutos neljän SMA/REM-kohteen keskiarvona.



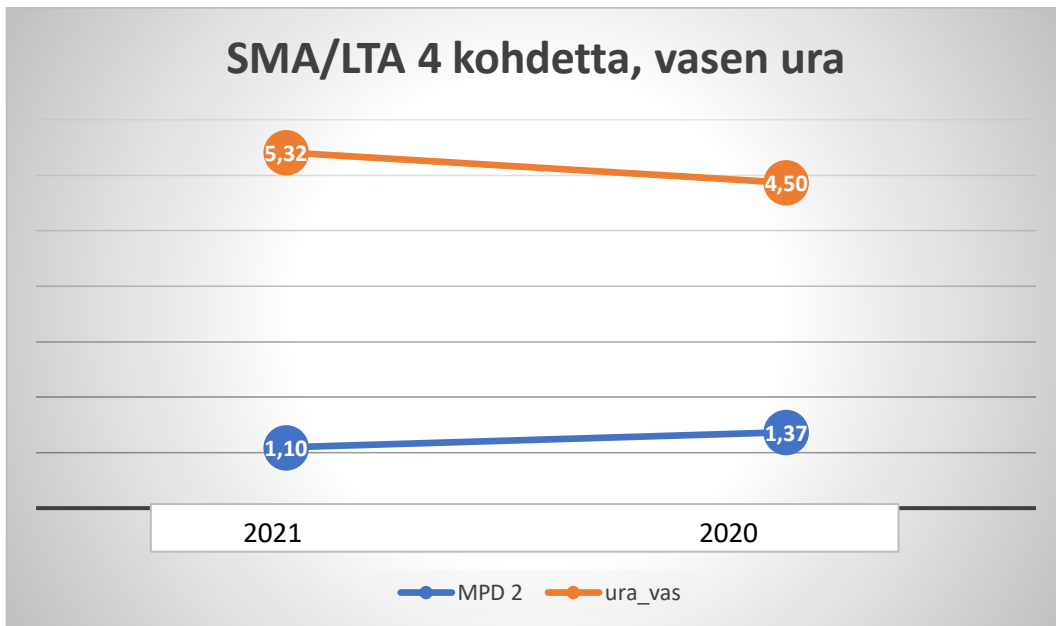
Kuva 46. Vasemman uran syvyyden ja karkeuden muutos kahden AB/REM-kohteen keskiarvona.



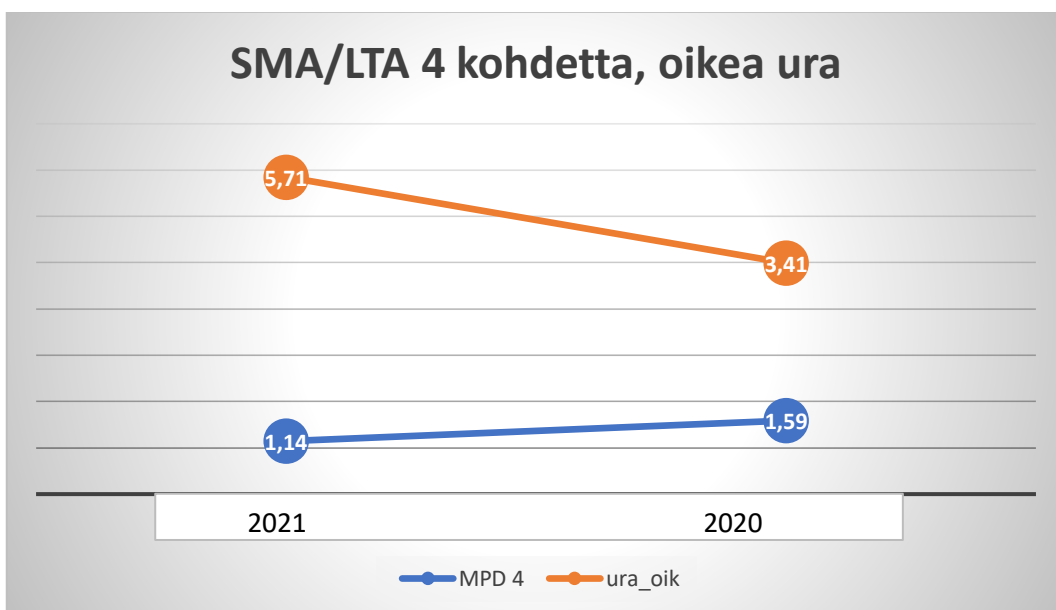
Kuva 47. Oikean uran syvyyden ja karkeuden muutos kahden AB/REM-kohteen keskiarvona.

Kuvien 42–47 kohteilla vasemman ajouran urakehitys on ollut hieman suurempaa kuin oikean ajouran. Vasemman uran hieman suuremmalle urakehitykselle ei tunnistettu syytä. Kuvista 42–47 voidaan nähdä, että SMA-kohteilla urasyvyyden kasvu pienentää vähän MPD-arvoa ja AB-kohteilla MPD-arvo hieman suurenee urasyvyyden kasvaessa.

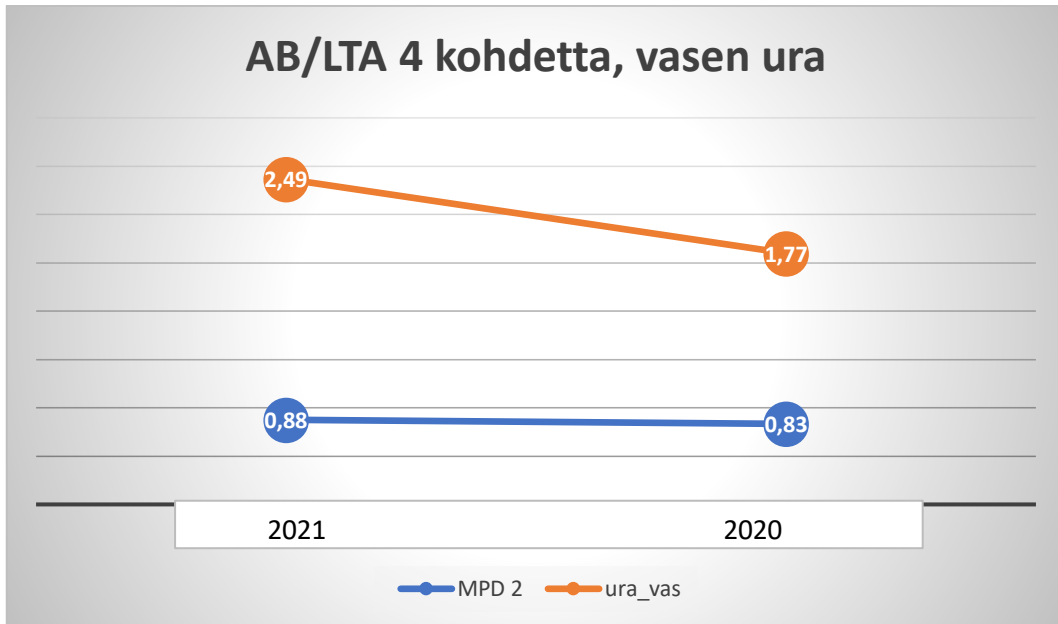
Kuvissa 48–57 on esitetty esimerkkejä MPD-arvon ja sitä vastaavan uran muutoksesta eri päällysteillä ja menetelmillä vuosina 2020–2021.



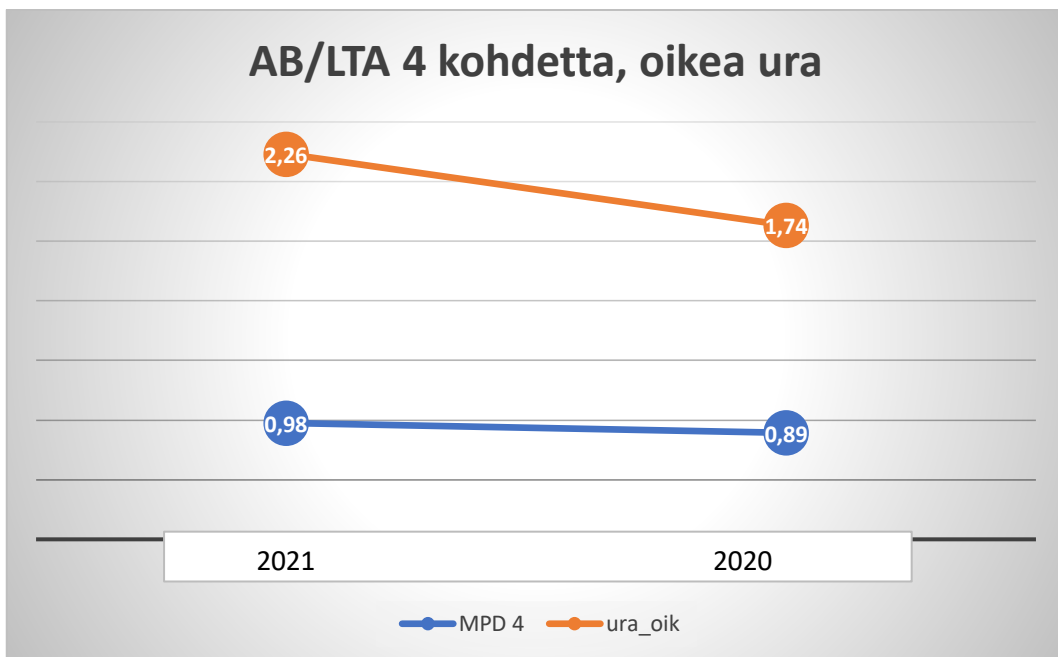
Kuva 48. Vasemman uran syvyyden ja karkeuden muutos neljän SMA/LTA-kohteen keskiarvona.



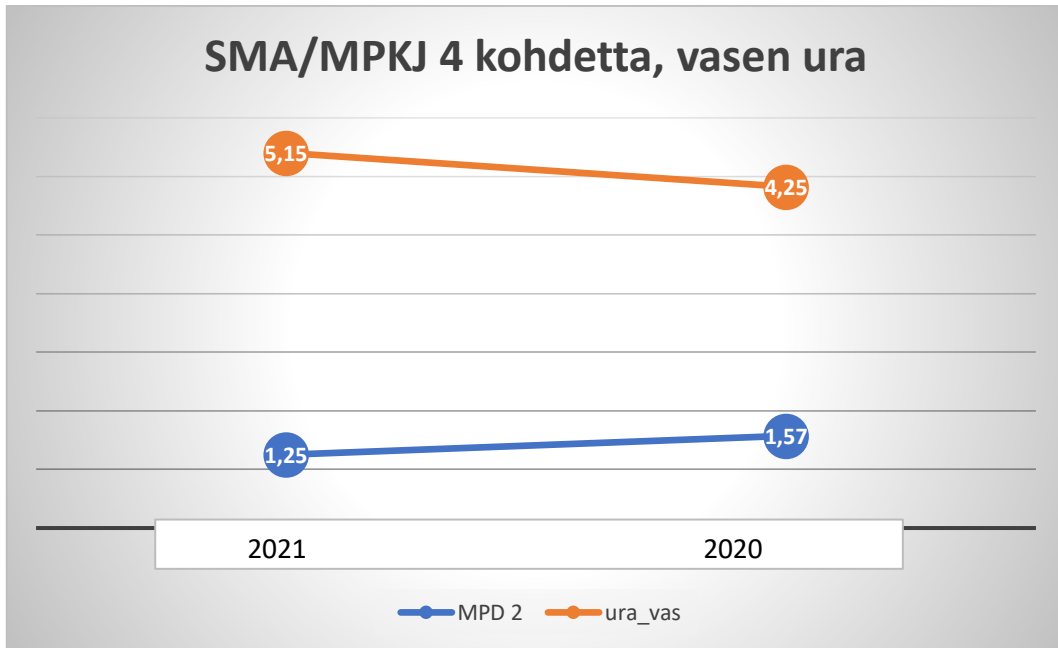
Kuva 49. Oikean uran syvyyden ja karkeuden muutos neljän SMA/LTA-kohteen keskiarvona.



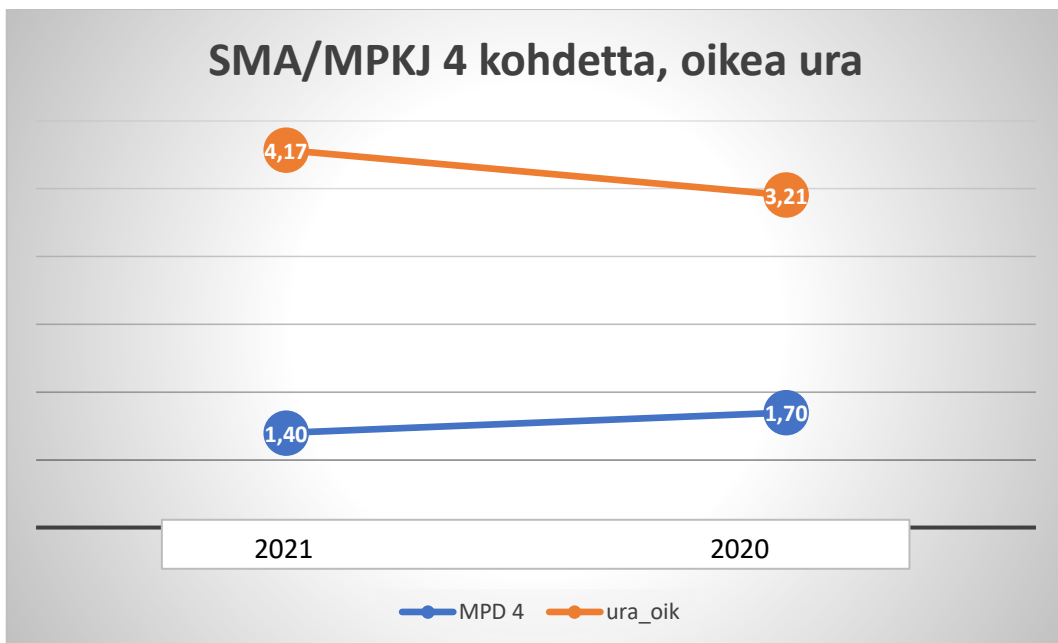
Kuva 50. Vasemman uran syvyyden ja karkeuden muutos neljän AB/LTA-kohteen keskiarvona.



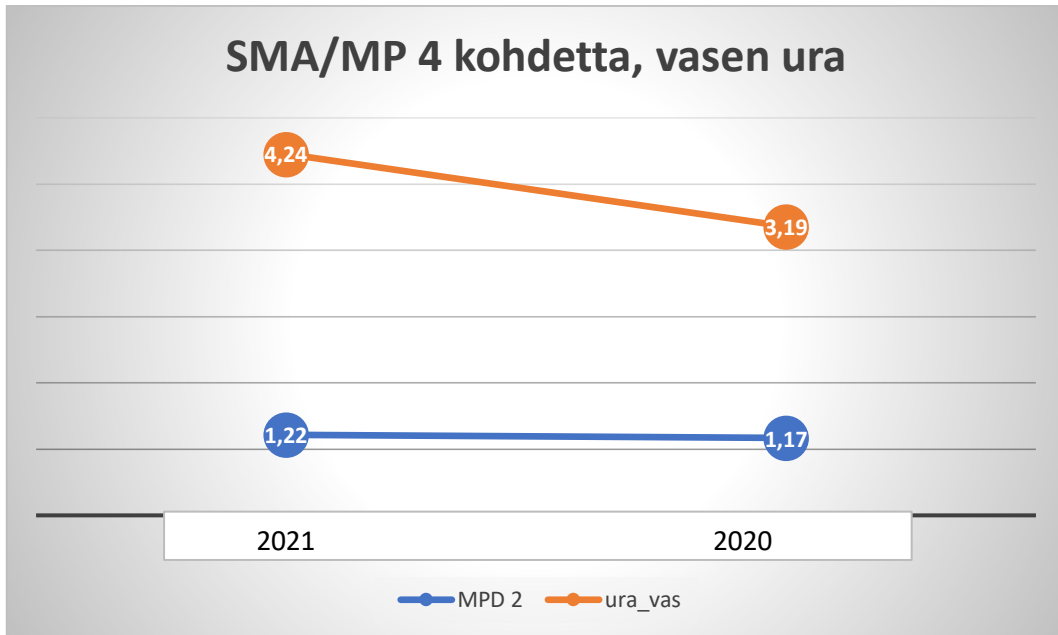
Kuva 51. Oikean uran syvyyden ja karkeuden muutos neljän AB/LTA-kohteen keskiarvona.



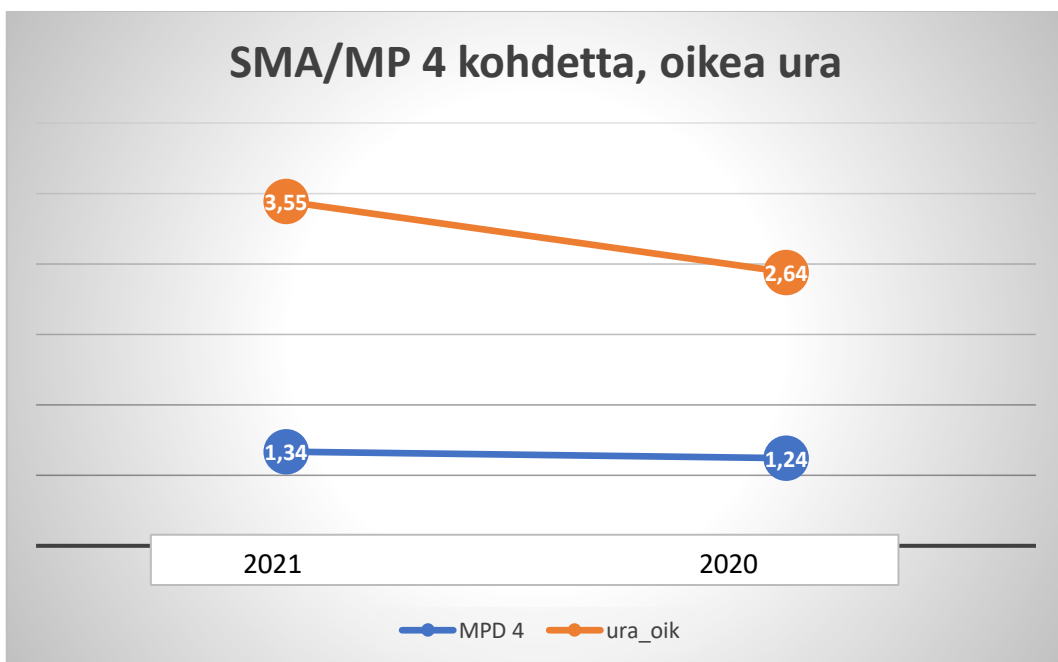
Kuva 52. Vasemman uran syvyyden ja karkeuden muutos neljän SMA/MPKJ-kohteen keskiarvona.



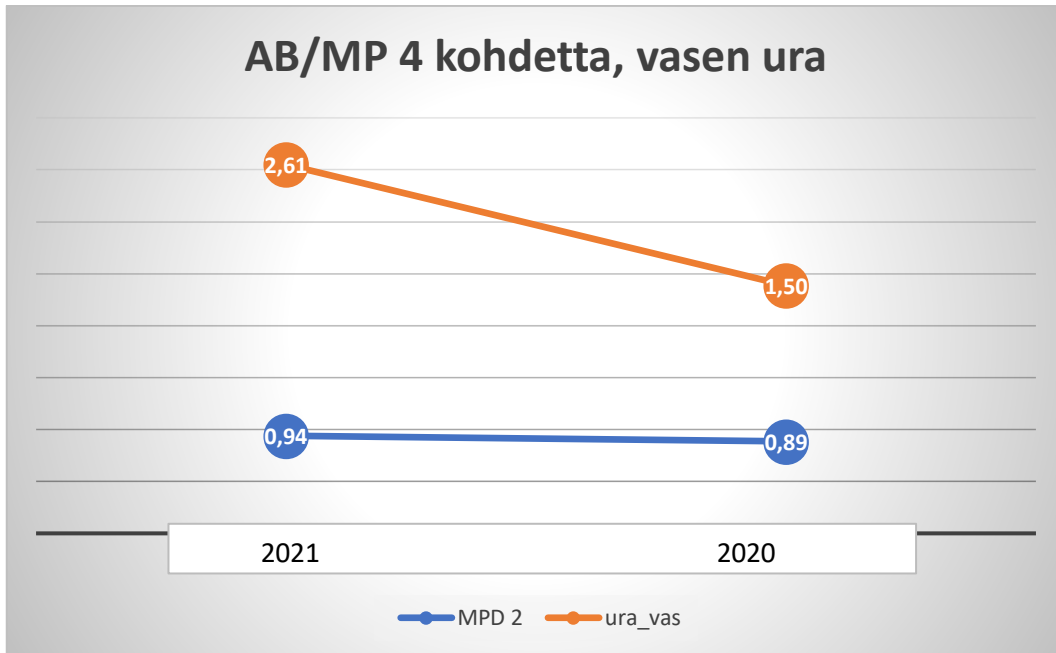
Kuva 53. Vasemman uran syvyyden ja karkeuden muutos neljän SMA/MPKJ-kohteen keskiarvona.



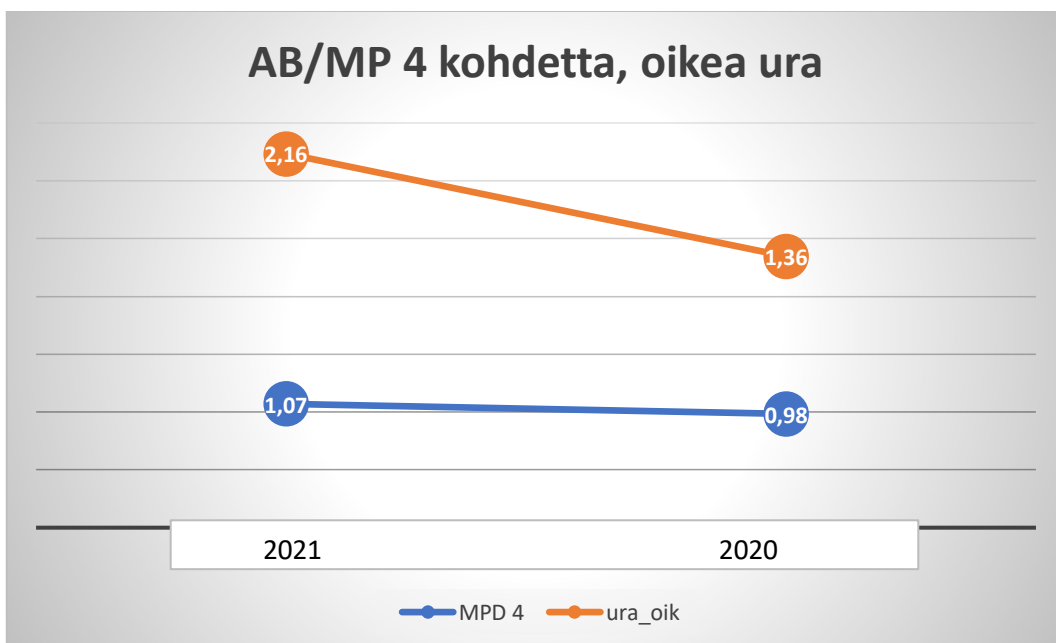
Kuva 54. Vasemman uran syvyyden ja karkeuden muutos neljän SMA/MP-kohteen keskiarvona.



Kuva 55. Oikean uran syvyyden ja karkeuden muutos neljän SMA/MP-kohteen keskiarvona.



Kuva 56. Vasemman uran syvyyden ja karkeuden muutos neljän AB/MP-kohteen keskiarvona.



Kuva 57. Oikean uran syvyyden ja karkeuden muutos neljän AB/LTA-kohteen keskiarvona.

Kuvien 48–57 kohteilla vasemman ajouran urakehitys on ollut hieman suurempaa kuin oikean ajouran. Samanlainen urakehityksen muutos todettiin myös 2019 kohteiden osalla (kuvat 42–47), sekä 2018 tehdyssä alku-uraselityksessä pistelaser- ja skannausmenetelmillä.

5 Ruotsin tutkimuksia ja käytäntöä

Ruotsin tielaitos Trafikverket on yhteistyössä Ruotsin VTI:n kanssa määrittänyt mittausmenetelmät, vaatimukset ja raportoitavat muuttujat uusien päällysteiden tasalaatuisuudelle.

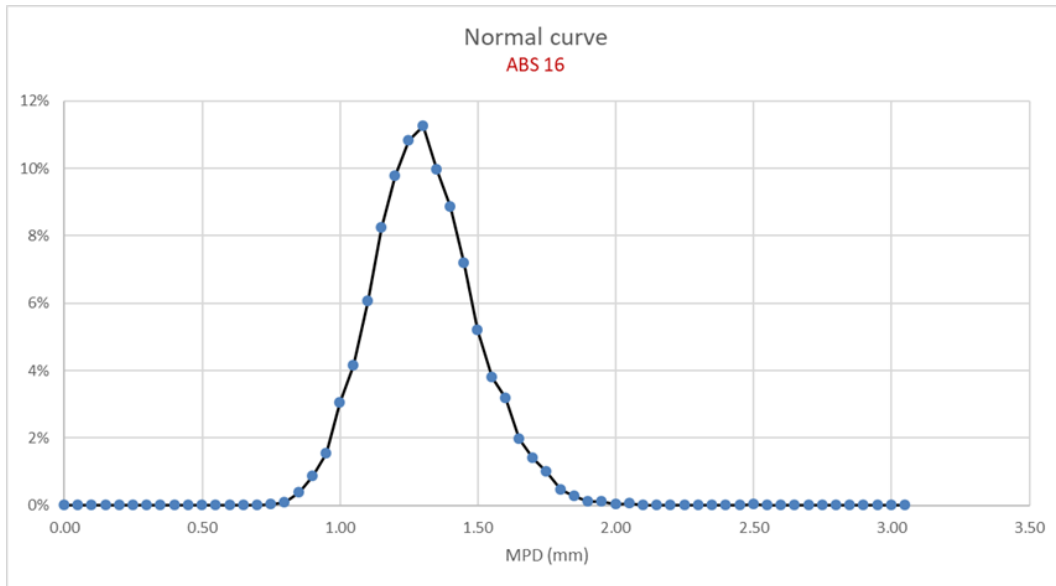
Ruotsissa päällysteen tasalaatuisuuden muuttujien määrittely tehtiin tutkimalla vuosina 2005–2009 suuri määrä uusia päällysteitä, joilla oli erilaiset asfalttityypit ja kiviaineen maksimiraekoko. Näin saatiin normaaliarvot jokaiselle asfalttityypille ja kiviaineen maksimiraekoolle. Päällysteen tasalaatuisuuden raja-arvojen määrittämiseksi on tärkeää tietää ”normaalit” arvot jokaiselle asfalttityypille. Alla olevassa taulukossa 36 on esitetty MPD-arvoja eri päällystetyypille.

Taulukossa 36 on esitetty 1 metrin MPD raja-arvot eri päällysteille. Sarake ”antal” oikeassa reunassa tarkoittaa 20 metrin jaksojen lukumäärää, joista keskiarvot muodostuvat. Asfalttityyppien lyhenteistä ABT vastaa Suomen AB:ta, ABS Suomen SMA:ta, IMT Suomen ABK:ta ja MJOG Suomen PAB-päällystettä.

Taulukko 36. Ruotsin MPD-keskiarvoja uusille päällysteille vuosina 2005–2014.

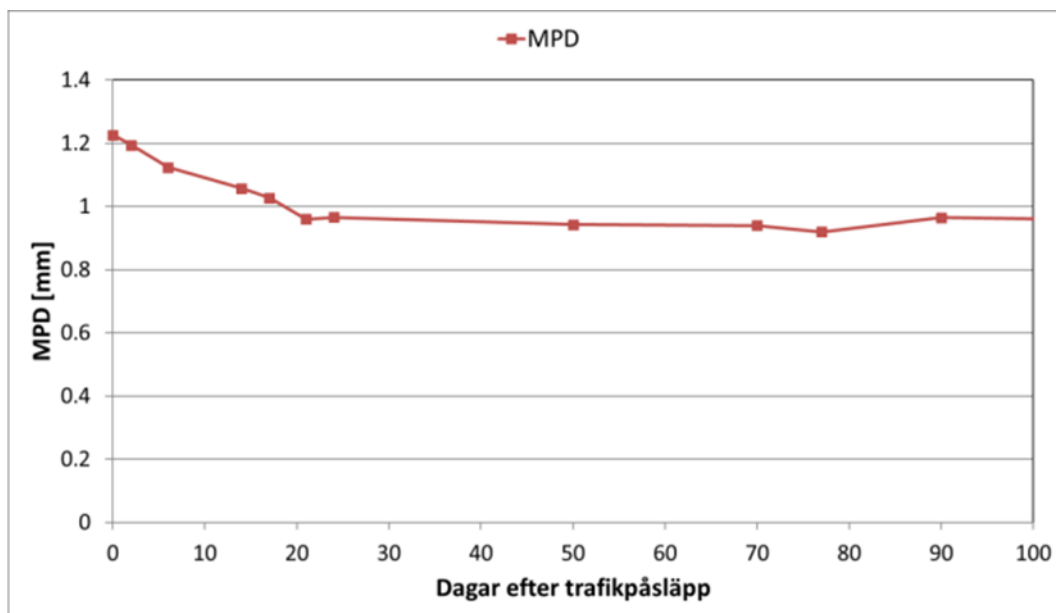
	2005-2009					Antal
	Medel	Stdav	Median	75%	95%	
ABS11	0.96	0.31	0.95	1.11	1.46	46186
ABS16	1.12	0.41	1.11	1.32	1.69	133460
ABT11	0.83	0.49	0.68	1.06	1.86	55685
ABT16	0.70	0.34	0.62	0.83	1.36	84504
IMT22	1.50	0.35	1.45	1.65	2.21	6005
MJOG16	0.81	0.26	0.79	0.92	1.31	55182

	2010-2014					Antal
	Medel	Stdav	Median	75%	95%	
ABS11	0.96	0.29	0.98	1.12	1.41	23954
ABS16	1.12	0.36	1.12	1.33	1.72	239338
ABT11	0.79	0.35	0.73	0.99	1.45	56662
ABT16	0.80	0.33	0.77	0.98	1.39	150761
IMT22	1.15	0.27	1.13	1.27	1.59	25937
MJOG16	0.77	0.20	0.76	0.89	1.12	62690



Kuva 58. Normaalikäyrä ABS 16 (SMA 16) MPD-arvon jakaumalle.

Ruotsissa tehdyt tutkimukset ovat osoittaneet, että aika päällysteen valmistumisesta tekstuurin mittaamiseen on melko tärkeää. Ruotsalaisten tutkimuksessa seurattiin uusien päällysteiden MPD-arvojen muutoksia heti päällysteen valmistumisen jälkeen tehtävillä mittauksilla. Vilkasliikenteisellä teillä MPD-arvot tasaantuivat noin 21 vrk (125 000 ajoneuvoa) jälkeen liikenteelle otosta. Kuvassa 59 on esitetty MPD-arvon muutos päällysteen valmistumisesta 100 päivään saakka.



Kuva 59. Uuden päällysteen MPD-arvon kehittyminen päällystämisen jälkeen, KVL yli 5 000.

Syitä tälle MPD-arvon alkumuutokselle voivat tutkimuksen mukaan olla:

- päällysteen pinnan sideainekalvo ja suurimmat epätasaisuudet ovat hioutuneet liikenteen vaikutuksesta
- päällysteen huokokset täyttyvät tiepölyllä
- liikenteen aiheuttama päällysteen jälkitivistyminen.

Ruotsissa MPD:n vasen, keski- ja oikea tulos arvostellaan erikseen 1 metrin keskiarvoina. Näitä 1 metrin arvoja tarkastellaan vielä 20 metrin osuuksissa. Yhdessä 20 metrin osuudessa saa olla 1 kpl raja-arvoista poikkeava 1 metrin tulos. Jos näitä on enemmän kuin 1 kpl, koko 20 metrin osuus hylätään.

Myös asfalttipinnan tasalaatuisuuden vaihtelua pituussuunnassa arvostellaan laskemalla 20 metrin matkalla 1 metrin MPD-tulosten keskihajonta. Tämä arvo jaetaan saman 20 metrin jakson keskiarvon kanssa. Jos laskennassa saatu raja-arvo ylittyy, koko 20 metrin osuus hylätään.

Taulukko 37. Ruotsin MPD raja-arvot.

Beläggningstyp	Normal- värde	Gräns- värde lågt ≤ 80 km/h	Gräns- värde lågt ≥ 90 km/h	Obser- vations -nivå höga värden	Gräns- värde högt	Gräns- värde homo- genitet
	MPD [mm]	MPD [mm] ≥	MPD [mm] ≥	MPD [mm] ≤	MPD [mm] ≤	Var.koef. [%] ≤
ABT11	0,72	0,45	0,45	1,22	1,45	22
ABT16	0,78	0,45	0,45	1,31	1,56	23
ABS11, TSK11	0,98	0,45	0,49	1,66	1,97	30
ABS16, TSK16	1,19	0,55	0,60	2,00	2,38	36
MJOG11	0,79	0,45	0,45	1,33	1,58	24
MJOG16	0,86	0,45	0,45	1,45	1,72	26

Ruotsissa uuden päällysteen MPD-arvojen tarkastelussa huomioidaan myös tiekoh-
tainen nopeusrajoitus.

6 Päätelmiä

6.1 Alku-urat

Vuoden 2018 alku-uramittausten perusteella voidaan todeta, että päällysteskanerilla mitatut uratulokset ovat vähän suuremmat kuin pistelaserilla mitatut, joskin erot ovat pieniä. Päällystetyypillä ja työmenetelmällä ei ole vaikutusta eri menetelmillä mitattuihin alku-uratuloksiin. Päällysteskaneri mittaa alku-uran tarkemmin, koska mittauspisteitä on 1 mm välien mittauslinjan poikkiprofiilissa. Kohteilla G ja E alku-ura oli molemmilla mittausmenetelmillä selvästi suurempi 3,2 m mittausleveydellä kuin 2,6 m mittausleveydellä mitattu, missä ero oli samaa luokkaa kuin muilla kohteilla. Tämä ero johtuu siitä, että 3,2 m mittausleveys on liian ”leveä” em. kohteiden päällysteille. Alku-uramittauksien tuloksissa havaittiin samankaltainen ero vasemman ja oikean uran tuloksissa kuin havaittiin uusien päällysteiden tasalaatuisuusmittauksissa. Vasen ura on hieman suurempi kuin oikea ura molemmilla mittausmenetelmillä. Tälle vasemman uran ”suuremmalle” urautumisilmiölle ei tunnistettu syytä tässä selvityksessä.

6.2 Tasalaatuisuus

Päällysteen tasalaatuisuudella on vaikutusta päällysteen keston, sen elinkaareen ja tienkäyttäjien liikenneturvallisuuteen. Tässä selvityksessä uuden päällysteen pinnan tasalaatuisuutta tarkasteltiin eri tunnuslukujen kautta (MPD, MTD, RMS sekä RI- ja BI-indeksit). Selvityksen perusteella MPD-arvo kuvaa parhaiten päällysteen pintakarkeutta, jonka avulla voidaan määrittellä päällysteen rakeisuuslajitumat. Vastaavasti RMS-arvon avulla voidaan määrittellä sideaineen pintaan nousu uudelta päällysteeltä. Tasalaatuisuuden tarkastelussa keskityttiin tarkastelemaan päällysteen pinnan muutosta vasemman- ja oikean ajouran alueilta (band 2 ja band 4), koska ajourien kohdalla muutos on nopeinta ja päällysteen keston kannalta merkittävintä.

Vuonna 2019 tasalaatuisuuden tarkasteluun valittiin 10 kohdetta vuoden 2019 päällysteohjelmasta. Vuonna 2020 tarkasteluun otettiin mukaan 13 uutta päällystyskohdetta vuoden 2020 päällysteohjelmasta. Vuoden 2019 kohteista on tehty tasalaatuisuusmittaukset kolmena vuotena ja niiden tuloksista on nähtävissä MPD-arvojen muutoksen ”tasaantuminen” toisen vuoden mittauksissa (ensimmäisen talven jälkeen). Mittausväli on ollut yksi vuosi, jonka vuoksi tuloksista ei voida nähdä tarkemmin sitä ajankohtaa, milloin MPD-arvo alkaa ”tasaantumaan”. ”Tasaantumisajankohdan” määrittäminen edellyttäisi useampia mittauksia päällysteen valmistumisen jälkeen muutaman viikon välein päällysteen valmistumisesta. MPD-arvon ”tasaantuminen” on tasalaatuisuuden tarkastelun kannalta tärkeä tieto, jotta tasalaatuisuuden tarkastelussa voidaan huomioida heti uutena tapahtuva lyhytaikainen karkeuden muutos ja sen vaikutus pitkäaikaisempaan muutokseen. Pitkäaikainen pintakarkeuden muutos vaikuttaa päällysteen keston, sen elinkaareen ja tienkäyttäjien liikenneturvallisuuteen. Ruotsissa tehdyissä mittauksissa MPD-arvon muutos tasaantui n. 20 päivän jälkeen päällysteen valmistumisesta tiellä missä KVL oli yli 5 000 (kuva 59).

Tässä työssä selvitettiin 3D-laserskannerin käyttökelpoisuutta päällysteen tasalaatuisuuden mittaamiseen. Lajittumille ja sideaineen pintaan nousuille ei ollut numeerisia raja-arvoja, joten mittauskohteilta ei laskettu lajittumien ja sideaineen pintaan nousujen määriä, eikä niitä luokiteltu. Edellä esitettyjen mittaustulosten perusteella 3D-laserskannerilla pystytään tuottamaan tarkkaa tietoa päällysteen pinnan tasalaatuisuudesta, lajittumien- ja sideaineen pintaan nousun määristä, sijainnista sekä luokittelemaan ne. Aikaisemmat aiheetta koskevat raportit ovat osoittaneet, että laserpohjainen tekstuurimittaus on hyvä tapa havaita epähomogeenisuus uusissa asfalttipäällysteissä. Mittaustulosten perusteella MPD-arvo kuvaa hyvin päällysteen pinnan rakeisuuslajittumia ja vastaavasti RMS-arvo kuvaa hyvin sideaineen pintaan nousua.

Tämän selvityksen perusteella vanhan päällysteen lajittumien määrittämiseen kehitetyt BI- ja RI-indeksit eivät sovellu uuden päällysteen tasalaatuisuuden arviointiin.

Tässä työssä käytetty mittausaluejako (5 mittausaluetta) mahdollistaa rakeisuuslajittumien ja sideaineen pintaan nousujen "vakavuuden" tarkastelun eli mikä merkitys on lajittuman tai sideaineen pintaan nousun sijainnilla tienkäyttäjille ja päällysteelle. Rakeisuuslajittuman sijainnilla päällysteen poikkileikkauksessa on luonnollisesti yhteys sen vaikutukseen päällysteen elinkaareen. Vastaava yhteys on myös sideaineen pintaan nousulla, erityisesti liikenneturvallisuuden kannalta.

6.3 Jatkotoimenpiteet

Uuden päällysteen alku-uran mittaamisessa esiin tulleelle erolle vasemman ja oikean uran suhteen ei tunnistettu syytä. Asian selvittäminen vaatii lisätutkimuksia uusien päällysteiden alku-uratuloksista/-mittauksesta.

Uuden päällysteen karkeusarvojen muutoksesta kolmen vuoden aikana saatiin tietoa 2019 mittauskohteiden osalta, joskin kohteiden määrä oli pieni. Tästä syystä mittauskohteita lisättiin vuonna 2020. Vuosina 2019 ja 2020 tehtyjen kohteiden seurantamittauksia tulisi vielä jatkaa, jotta tunnuslukujen muutoksesta saadaan laajempi otanta pidemmältä ajalta.

Tällä hetkellä uuden päällysteen pinnan tasalaatuisuutta rakeisuuslajittumien ja si-deaineen pintaan nousun osalta arvioidaan visuaalisesti, jolloin tarkastelua tehdään koko päällysteen leveydeltä. Koneelliset mittausmenetelmät, pistelaser ja skanneri tuottavat tunnusluvut päällysteen pinnan tasalaatuisuudesta niiden mittausalueilta; pistelaser siitä kohdasta, missä pistelaser sijaitsee, ja skanneri siltä mittausalueelta/pistetihedeltä, mitä se mittaa.

Jatkotoimenpiteitä tulevaisuutta varten:

- Onko mahdollista määritellä "normaalin" raja-arvot (MPD/RMS) eri päällysteille?
 - Voidaanko määritellä MPD-arvo(t), jonka perusteella päällystettä on syytä tarkastella/seurata tarkemmin takuuajana?
 - Voidaanko määritellä MPD-arvo(t) arvonmuutokselle/korjaukselle?
- Onko mahdollista määritellä "normaalin" raja-arvot (MPD/RMS) eri työmenetelmille?
 - LTA/REM?
- Miten uuden päällysteen pinnan tasalaatuisuutta mitataan jatkossa?
 - Visuaalisesti vai koneellisesti?
 - Vai molemmilla tavoilla?
- Mitataanko tasalaatuisuus koko päällysteen leveydeltä, vai tietyiltä kohdin poikkiprofiilia?
 - Miten arvostellaan, jos mitataan osasta leveyttä?
 - Miten arvostellaan, jos mitataan koko leveydeltä?

Lähdeluettelo

- /1/ Kontroll av nya belägningars makrotextur med mätbil, TDOK 2016:0271, version 1.0 2017-04-01.
- /2/ Gerardo W. Flintsch et al. (2003), Pavement Surface Makrotexture Measurement and Application.
- /3/ M. Stroup-Gardiner, E.R. Brown (2000), Report 441 Segregation in Hot-Mix Asphalt Pavements, Report 441.
- /4/ Espe E., Backløkk I.J., (2016), Measurement and analysis of homogeneity in asphalt pavements.
- /5/ Pertti Virtala, Pauli Alanaatu, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 1/2017, SMA-päällysteen lajittumavirheiden mittaaminen.
- /6/ Pertti Virtala, Pauli Alanaatu, Eeva Huuskonen-Snicker, Väyläviraston tutkimuksia 11/2019, päällysteiden tasalaatuisuuden mittaaminen.
- /7/ Thomas Lundberg, Kontrollmetod för nya vägbeläggningar. Makrotextur. VTI notat 23-2012.

UUSIEN PÄÄLLYSTEIDEN LAATU

2020 Mittauskohteet

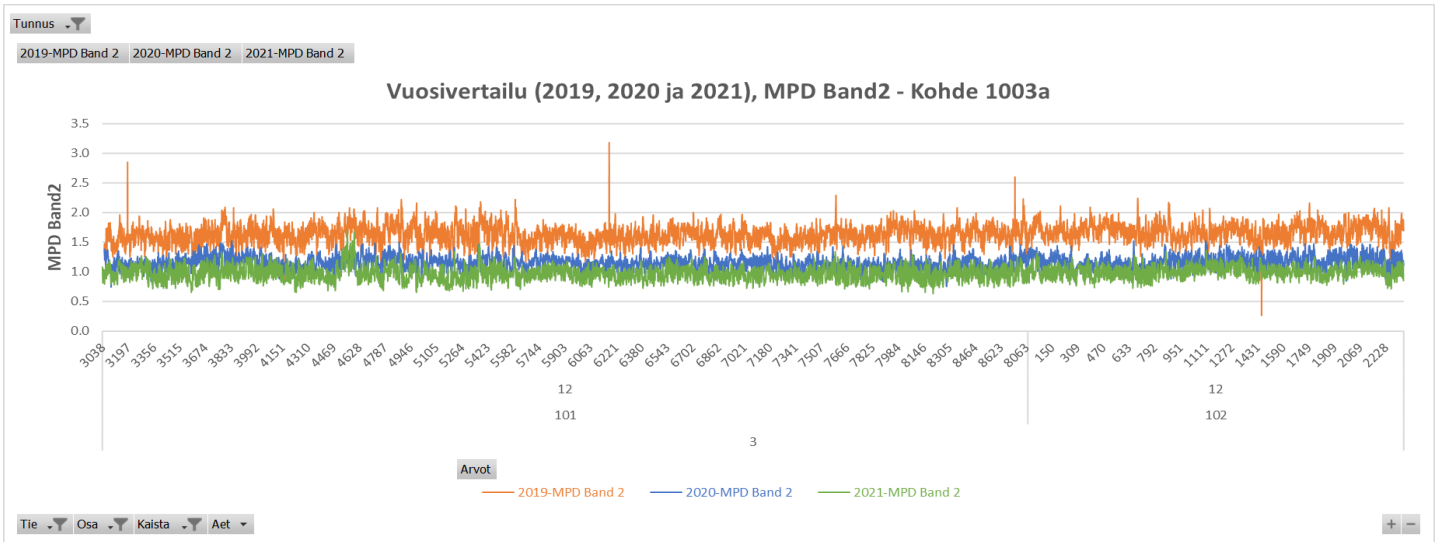
ELY	Tie	Kaista	Aosa	Aet	Losa	Let	Pituus, m	Menetelmä	Päällyste
UUD	3	12	101	3026	102	2340	8096	LTA	SMA
UUD	3	21	101	3100	101	5137	2037	LTA	SMA
UUD	3	22	102	1103	102	2355	1252	LTA	SMA
UUD	4	11	102	3000	103	1100	2453	LTA	SMA 16
UUD	7	12	8	1800	8	3200	1400	LTA	SMA 16
UUD	7	22	8	3200	11	500	7566	LTA	SMA 16
UUD	51	11	6	2300	7	0	2976	LTA	SMA16
UUD	51	21	11	3615	14	650	12060	LTA	SMA
UUD	50	21	6	7200	7	3500	3531	LTA	SMA
PIR	308	11	2	0	2	3772	3772	LTA	AB16
PIR	308	21	2	0	2	3772	3772	LTA	AB16
PIR	3200	11	5	0	5	5460	5460	LTA	AB16
PIR	3200	21	5	0	5	5460	5460	LTA	AB16
KES	4	11	326	2080	326	5194	3114	MPKJ	SMA 16
KES	4	21	326	2080	326	5194	3114	MPKJ	SMA 16
KES	4	11	318	0	319	3800	8254	MPKJ	SMA 16
KES	4	21	318	0	319	3800	8254	MPKJ	SMA 16
KES	4	11	319	3800	319	9323	5523	MPKJ	SMA 16
KES	4	21	319	3800	319	9323	5523	MPKJ	SMA 16
PIR	3022	11	2	125	2	6739	6614	MP	SMA16

PIR	3022	21	2	125	2	6739	6614	MP	SMA16
PIR	249	11	6	300	8	6236	12031	MP	SMA16
PIR	249	21	6	300	8	6236	12031	MP	SMA16
UUD	45	11	1	3709	1	4683	974	REM	SMA
UUD	45	11	1	5210	2	800	2663	REM	SMA
UUD	45	11	2	2100	3	5610	5957	REM	SMA
UUD	45	21	2	6541	3	5425	5957	REM	SMA
UUD	140	11	5	4973	5	9484	4511	MPKJ	AB
KES	58	11	23	4050	25	1070	9174	MPKJ	AB16
KES	58	21	23	4050	25	1070	9174	MPKJ	AB16
PIR	346	11	1	0	3	7413	17218	MP	AB16
PIR	346	21	1	0	3	7413	17218	MP	AB16
PIR	58	11	1	972	2	8240	13051	MP	AB16
PIR	58	21	1	972	2	8240	13051	MP	AB16
UUD	338	11	1	3370	2	9250	10579	REM	AB
UUD	338	21	1	3370	2	9250	10579	REM	AB
UUD	25	11	25	5000	27	3905	9415	MPKJ	AB
UUD	25	21	25	5000	27	3905	9415	MPKJ	AB

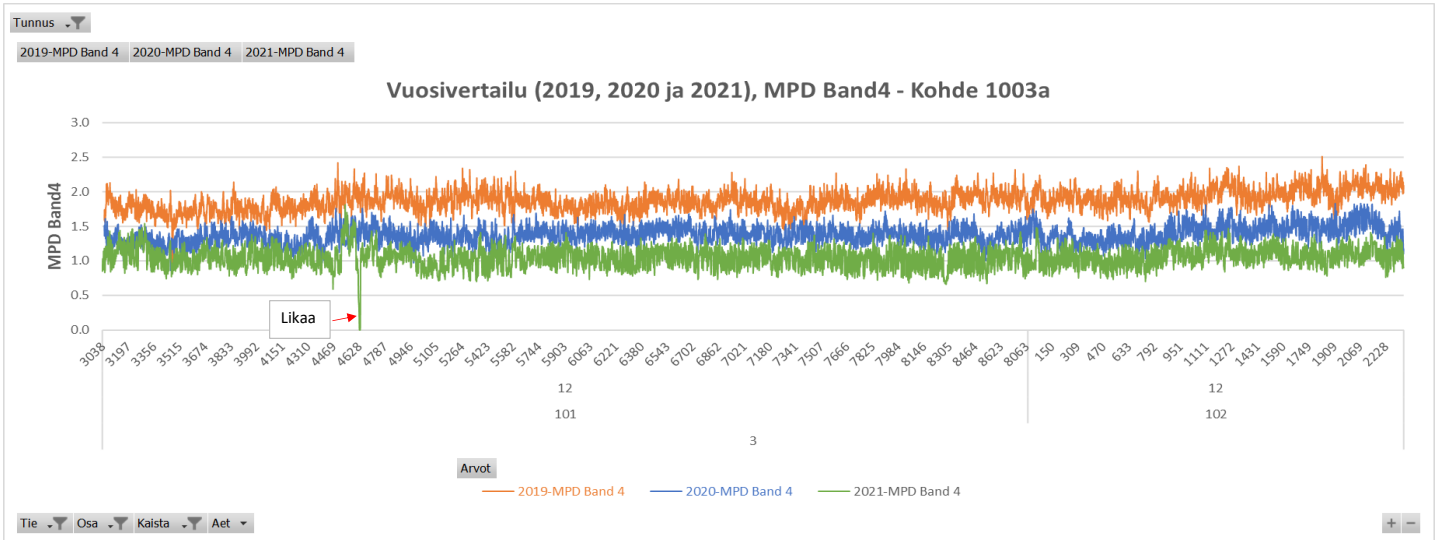
PIR	249	11	6	300	8	6236	12031	MP/SMA16	3800
									3900
PIR	249	21	6	300	8	6236	12031	MP/SMA16	3800
									3900
UUD	45	11	1	3709	1	4683	974	REM/SMA	35200
UUD	45	11	1	5210	2	800	2663	REM/SMA	35200
UUD	45	11	2	2100	3	5610	5957	REM/SMA	53300
									38500
UUD	45	21	2	6541	3	5425	5957	REM/SMA	53300
									38500
UUD	140	11	5	4973	5	9484	4511	MPKJ/AB	4800
									7700
KES	58	11	23	4050	25	1070	9174	MPKJ/AB16	1500
KES	58	21	23	4050	25	1070	9174	MPKJ/AB16	1500
PIR	346	11	1	0	3	7413	17218	MP/AB16	1300
									740
PIR	346	21	1	0	3	7413	17218	MP/AB16	1300
									740
PIR	58	11	1	972	2	8240	13051	MP/AB16	2800
									1800
PIR	58	21	1	972	2	8240	13051	MP/AB16	2800
									1800
UUD	338	11	1	3370	2	9250	10579	REM/AB	5000
									3200
UUD	338	21	1	3370	2	9250	10579	REM/AB	5000
									3200
UUD	25	11	25	5000	27	3905	9415	MPKJ/AB	4800
UUD	25	21	25	5000	27	3905	9415	MPKJ/AB	4800
						Yht:	269 843		

Päällysteskanerin mittaustuloksia 2018–2021

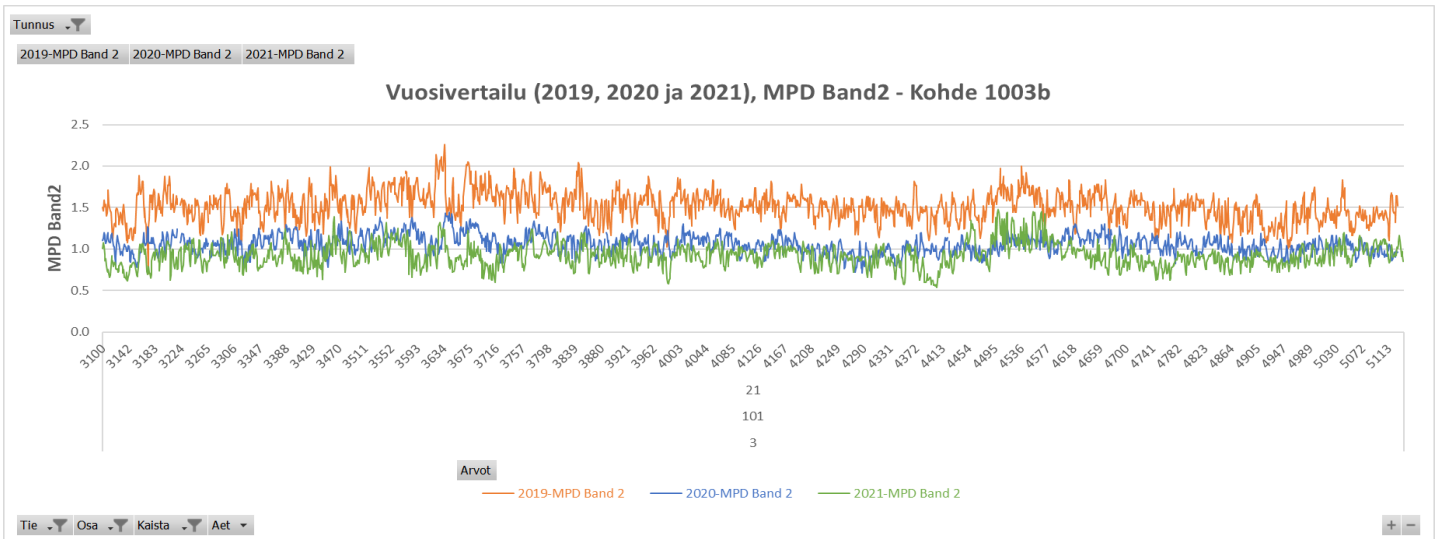
Kuvissa 1–18 näkyy MPD-arvojen (1 m) muutos vuosina 2019–2021. Band 2 on vasen ura ja band 4 oikea ura.



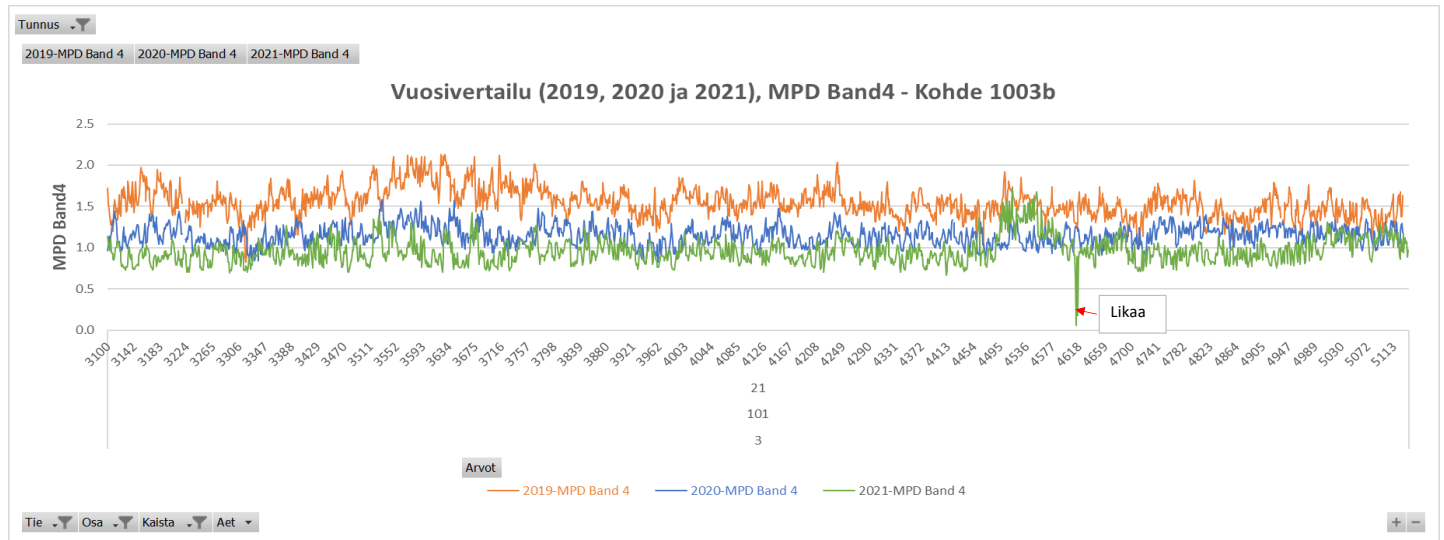
Kuva 1. Kohde 1003a, vasen ajoura tieltä 3, SMA/LTA.



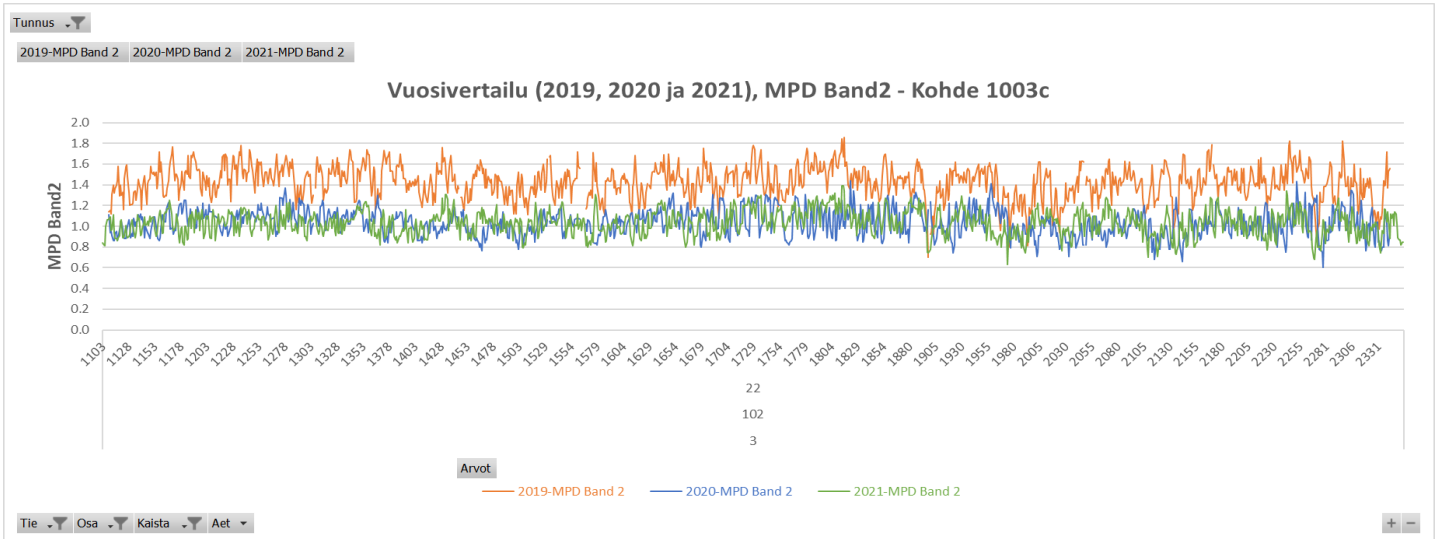
Kuva 2. Kohde 1003a, oikea ajoura tieltä 3, SMA/LTA.



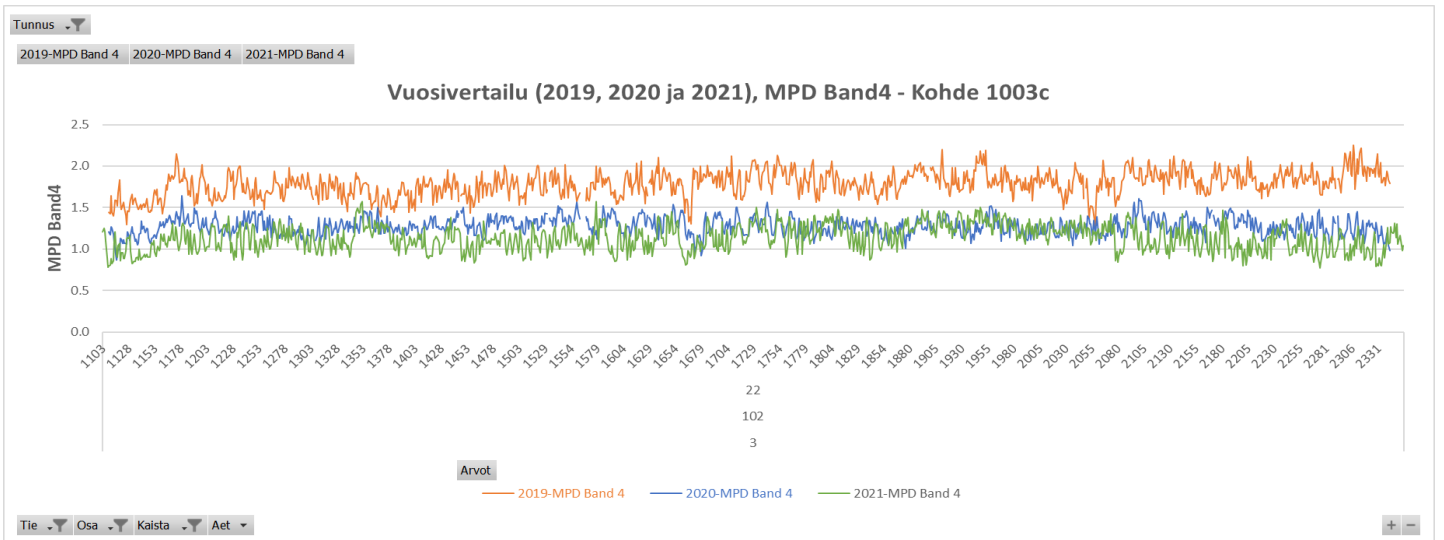
Kuva 3. Kohde 1003b, vasen ajoura tieltä 3, SMA/LTA.



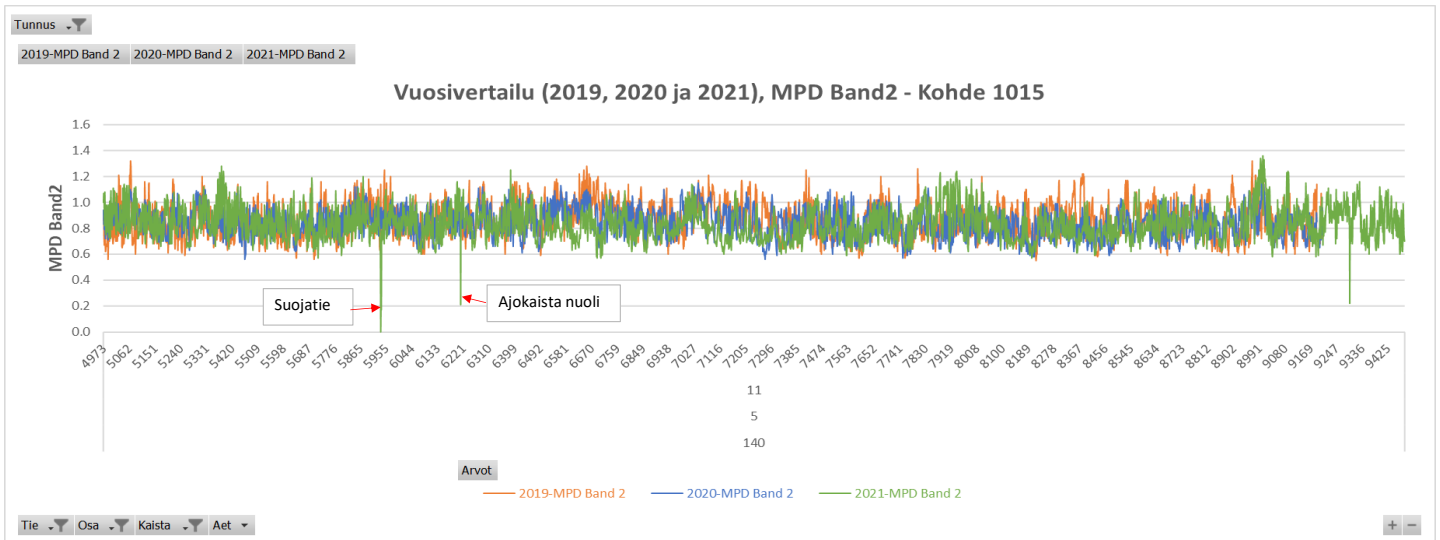
Kuva 4. Kohde 1003b, oikea ajoura tieltä 3, SMA/LTA.



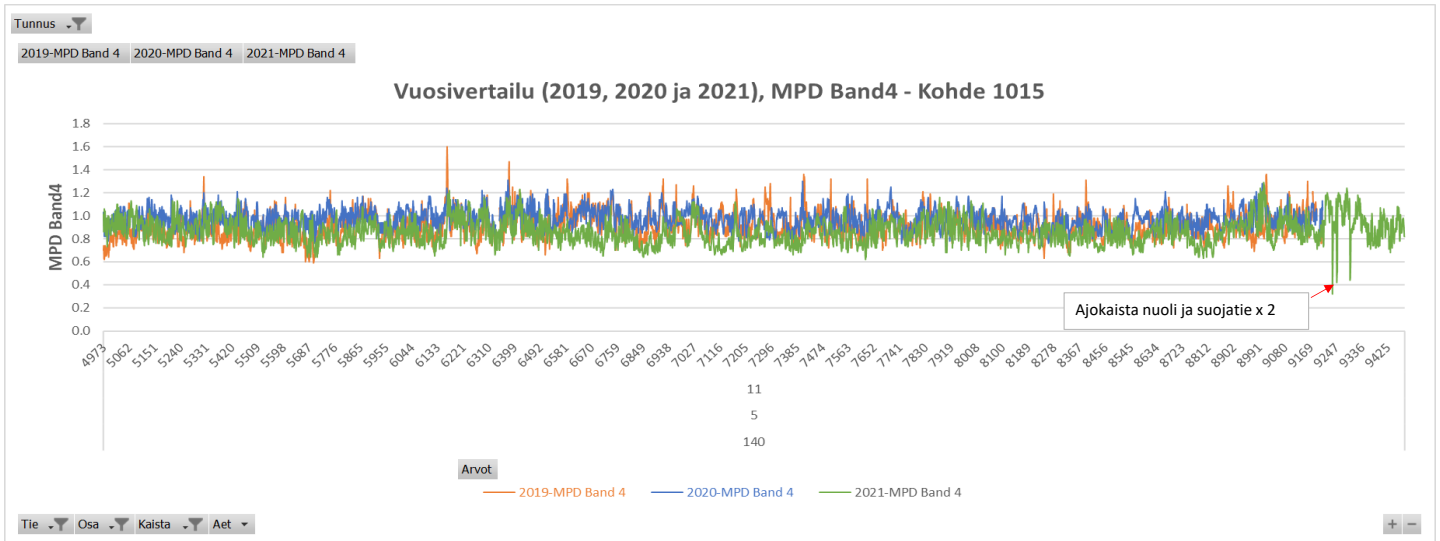
Kuva 5. Kohde 1003b, vasen ajoura tieltä 3, SMA/LTA.



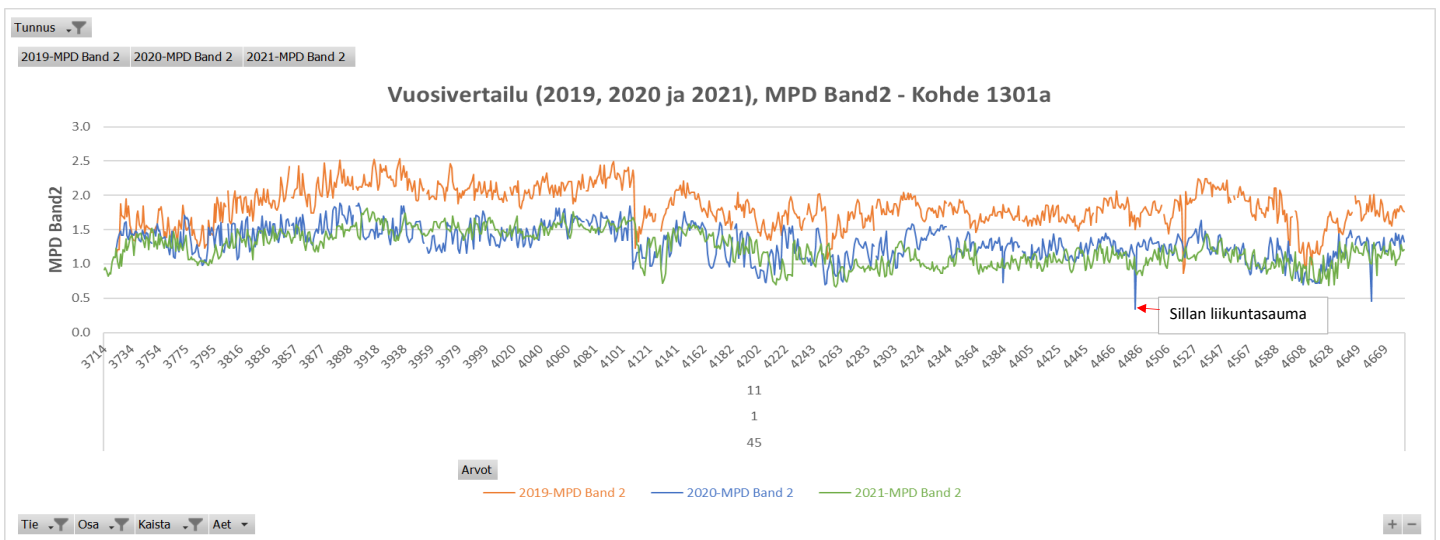
Kuva 6. Kohde 1003b, oikea ajoura tieltä 3, SMA/LTA.



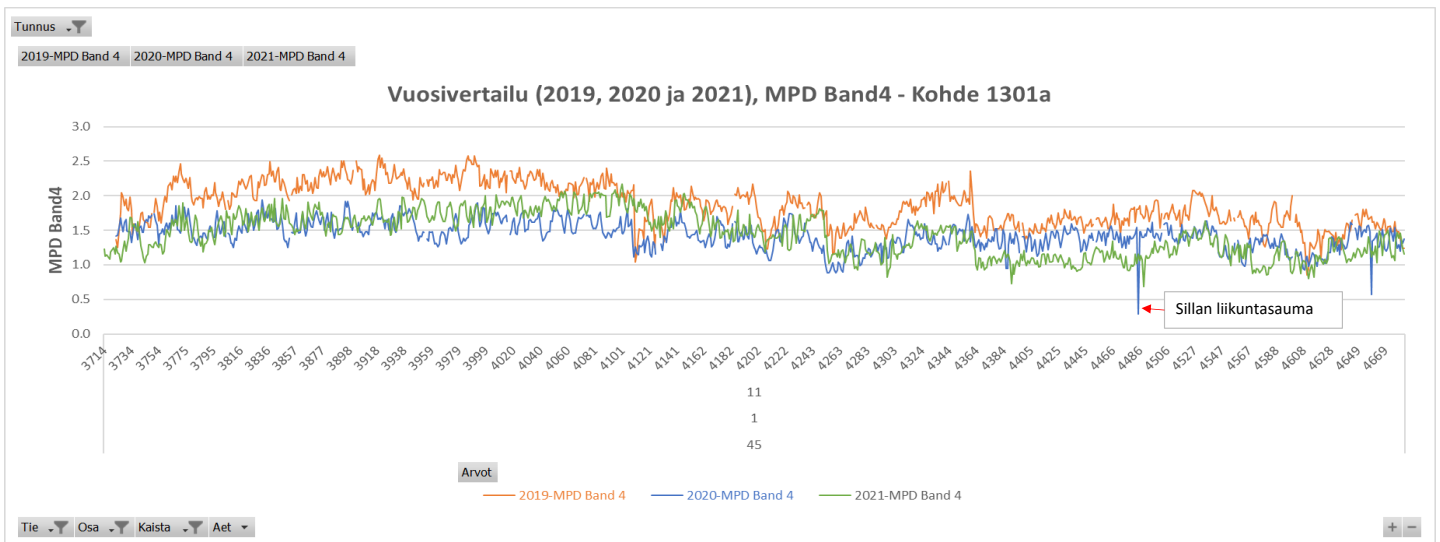
Kuva 7. Kohde 1015, vasen ajoura tieltä 140, AB/MPKJ.



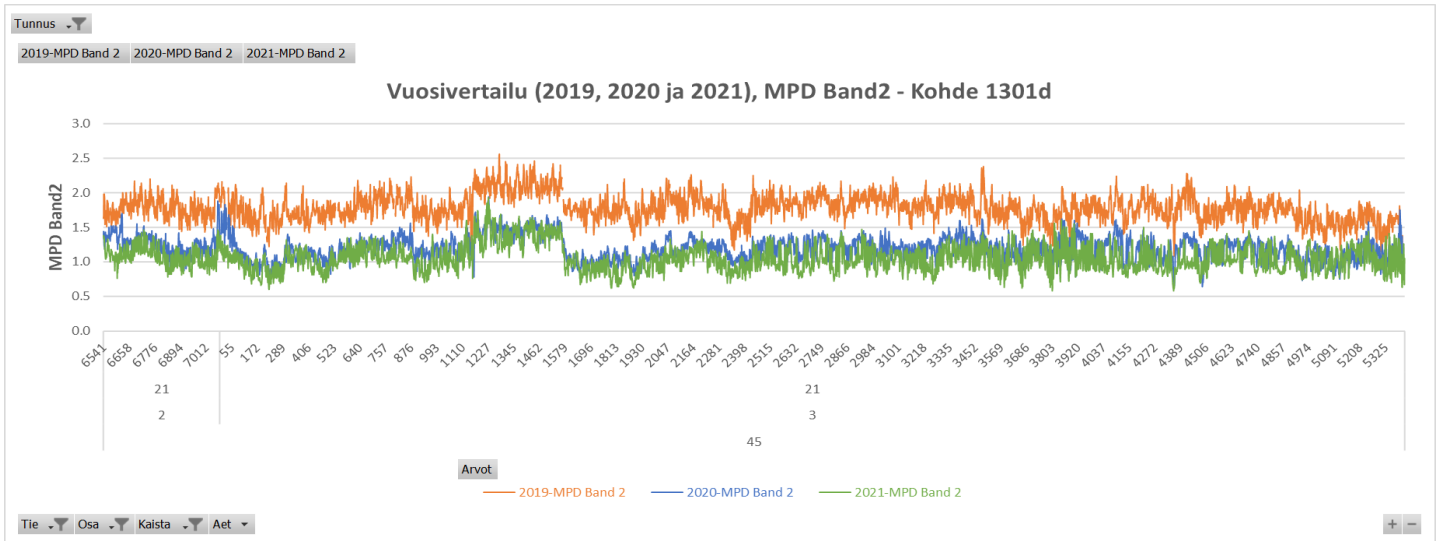
Kuva 8. Kohde 1015, oikea ajoura tieltä 140, AB/MPKJ.



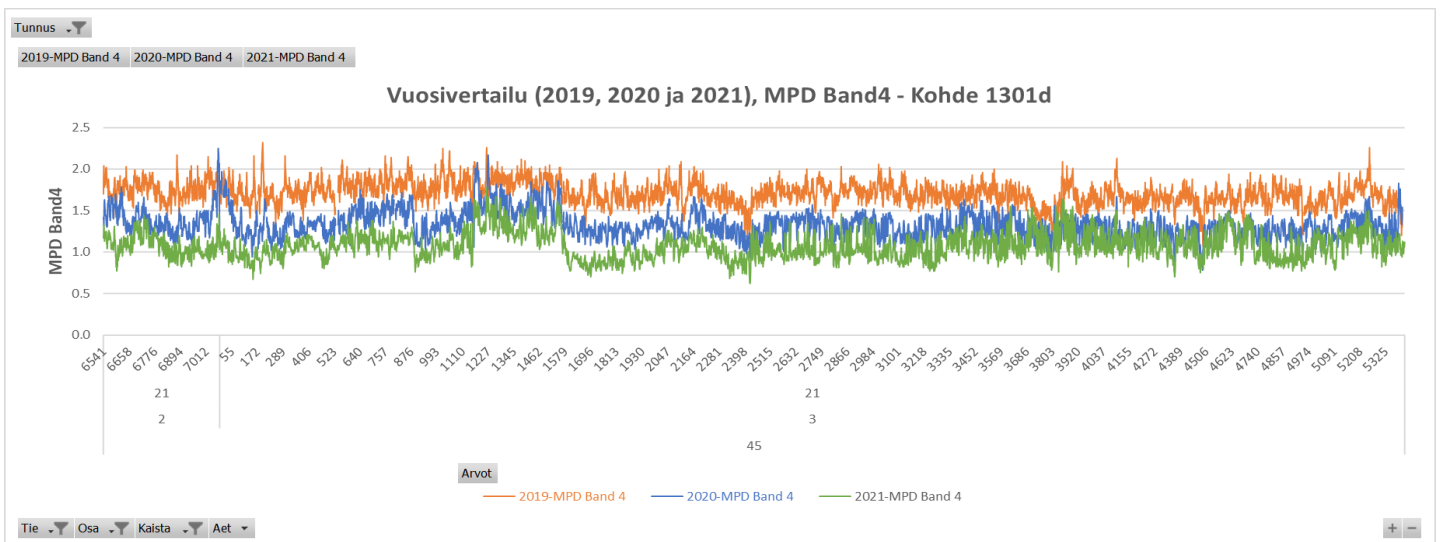
Kuva 9. Kohde 1301a, vasen ajoura tieltä 45, SMA/REM.



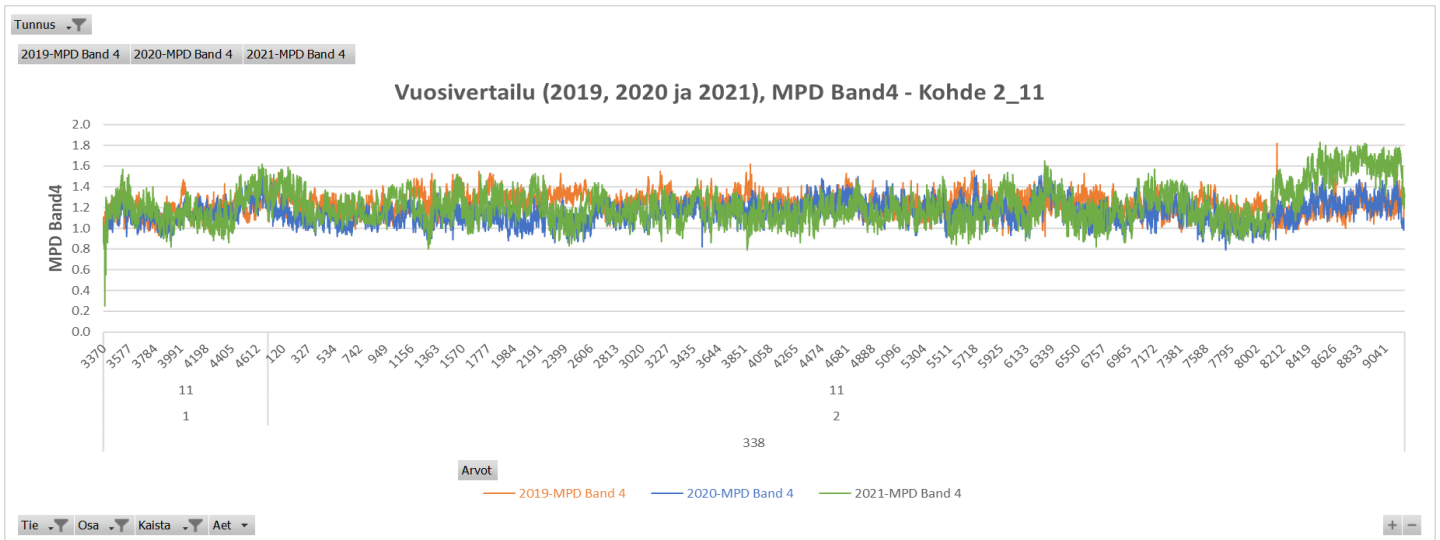
Kuva 10. Kohde 1301a, oikea ajoura tieltä 45, SMA/REM.



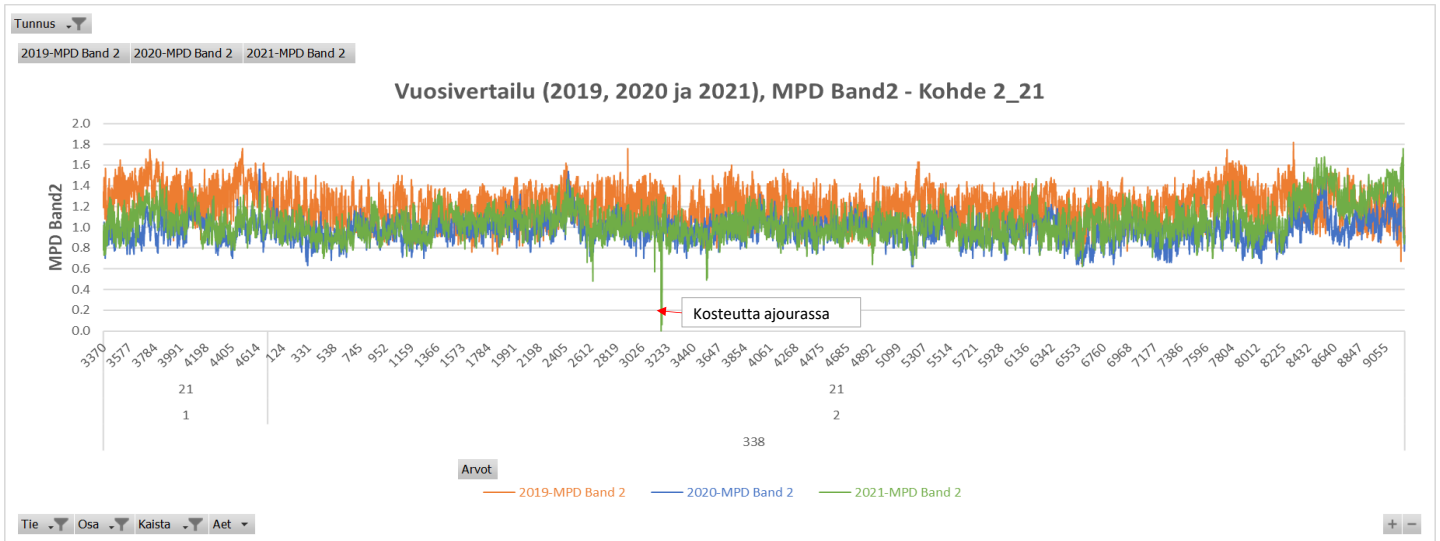
Kuva 11. Kohde 1301d, vasen ajoura tieltä 45, SMA/REM.



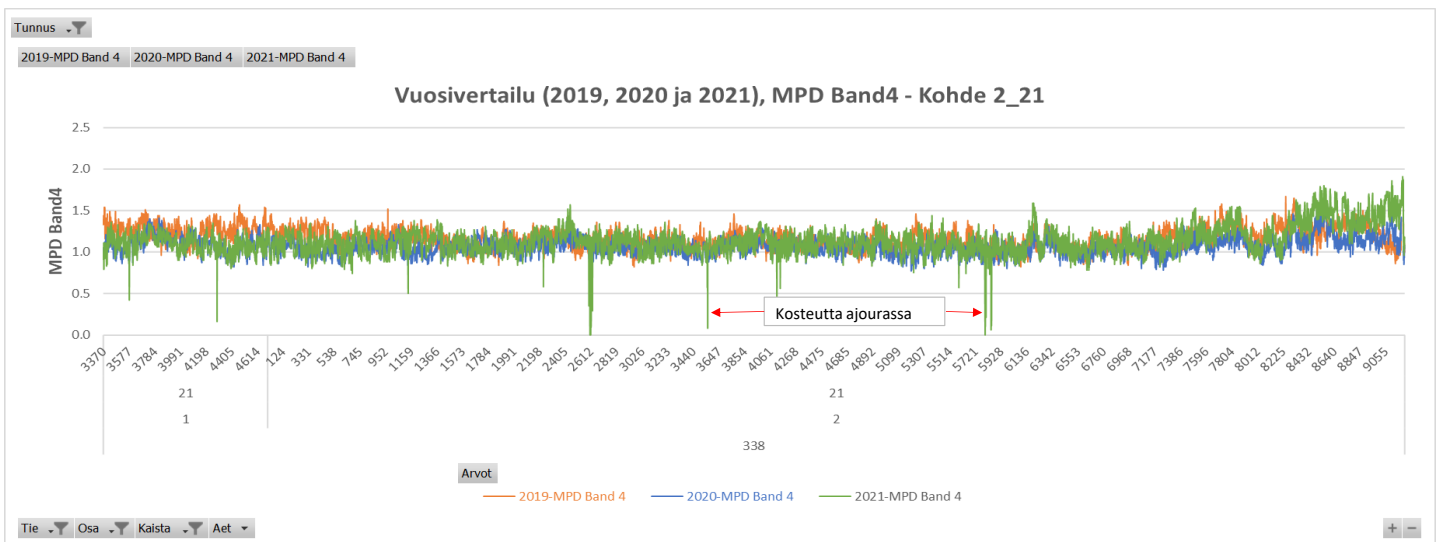
Kuva 12. Kohde 1301d, oikea ajoura tieltä 45, SMA/REM.



Kuva 16. Kohde 2_11, oikea ajoura tieltä 338, AB/REM.



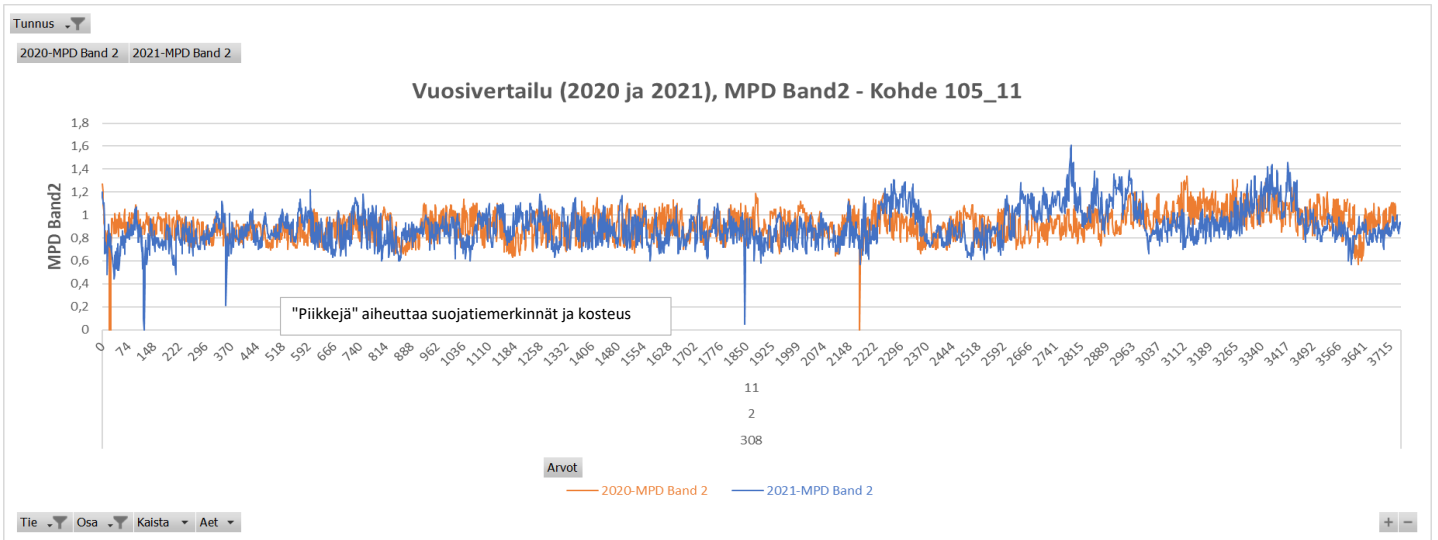
Kuva 17. Kohde 2_21, vasen ajoura tieltä 338, AB/REM.



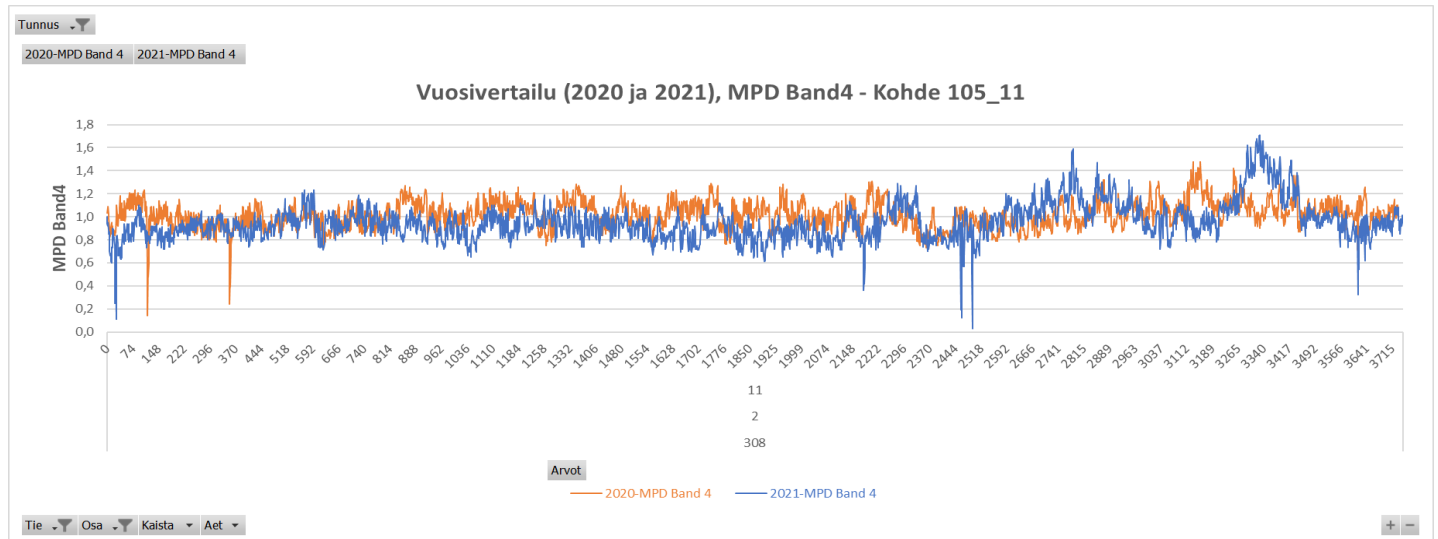
Kuva 18. Kohde 2_21, oikea ajoura tieltä 338, AB/REM.

Päällysteskannerin mittaustuloksia 2018–2021

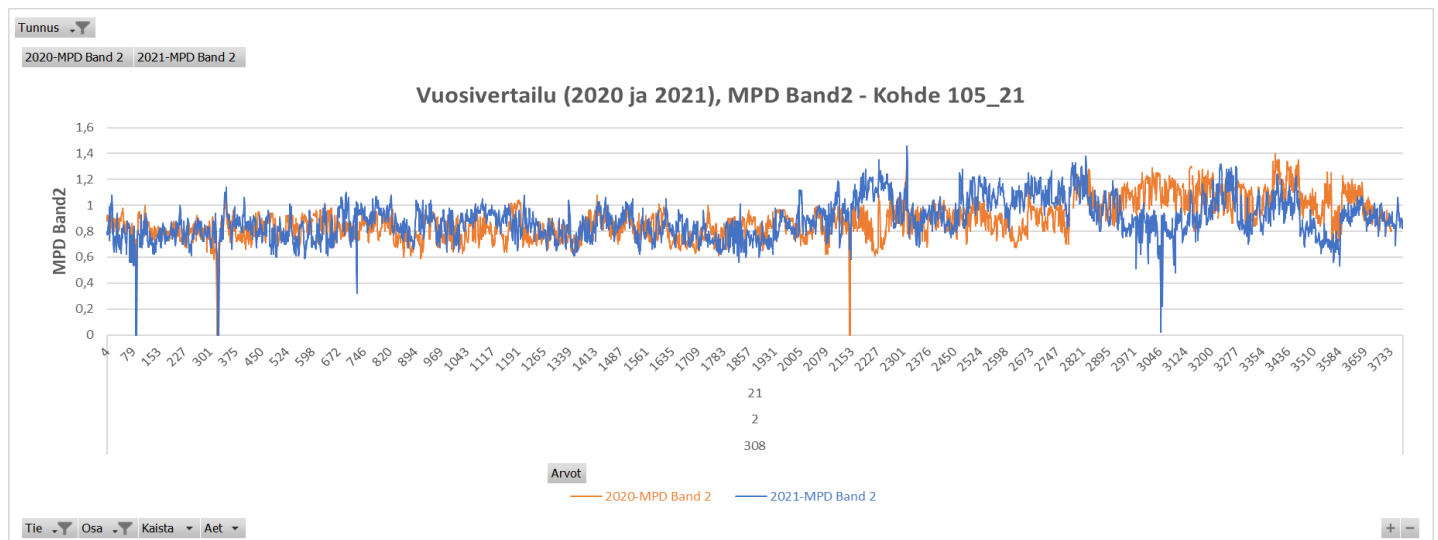
Kuvissa 1–36 näkyy MPD-arvojen (1 m) muutos välillä 2020–2021. Band 2 on vasen ura ja band 4 oikea ura.



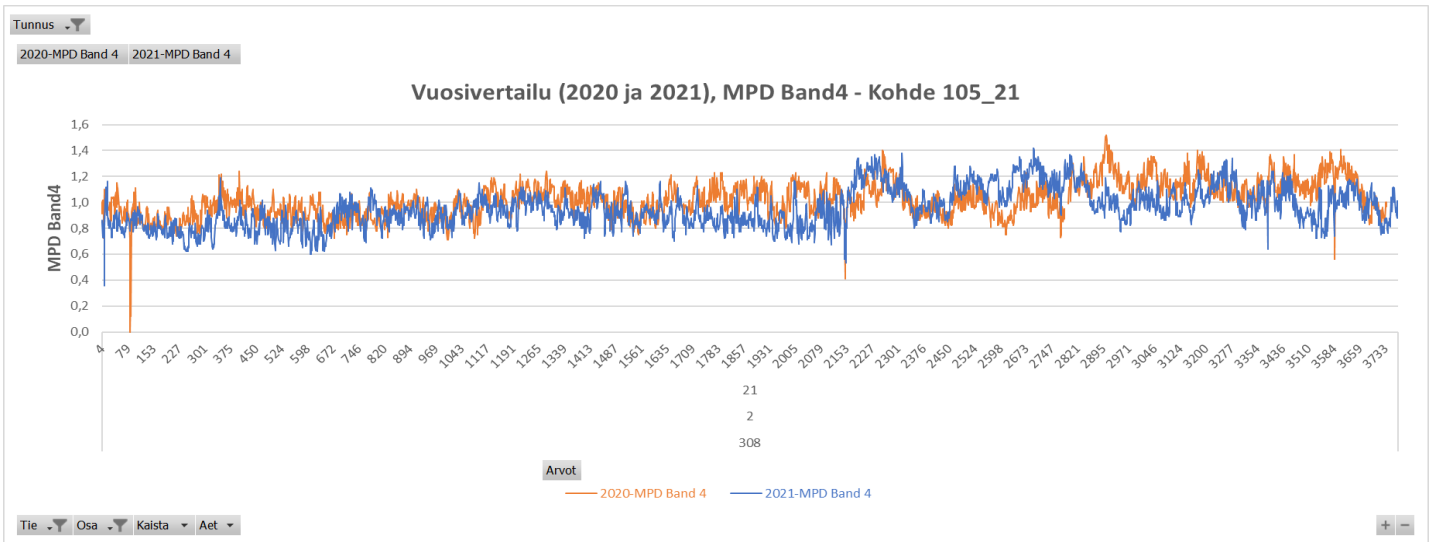
Kuva 1. Kohde 105_11, vasen ajoura tieltä 308, SMA/LTA.



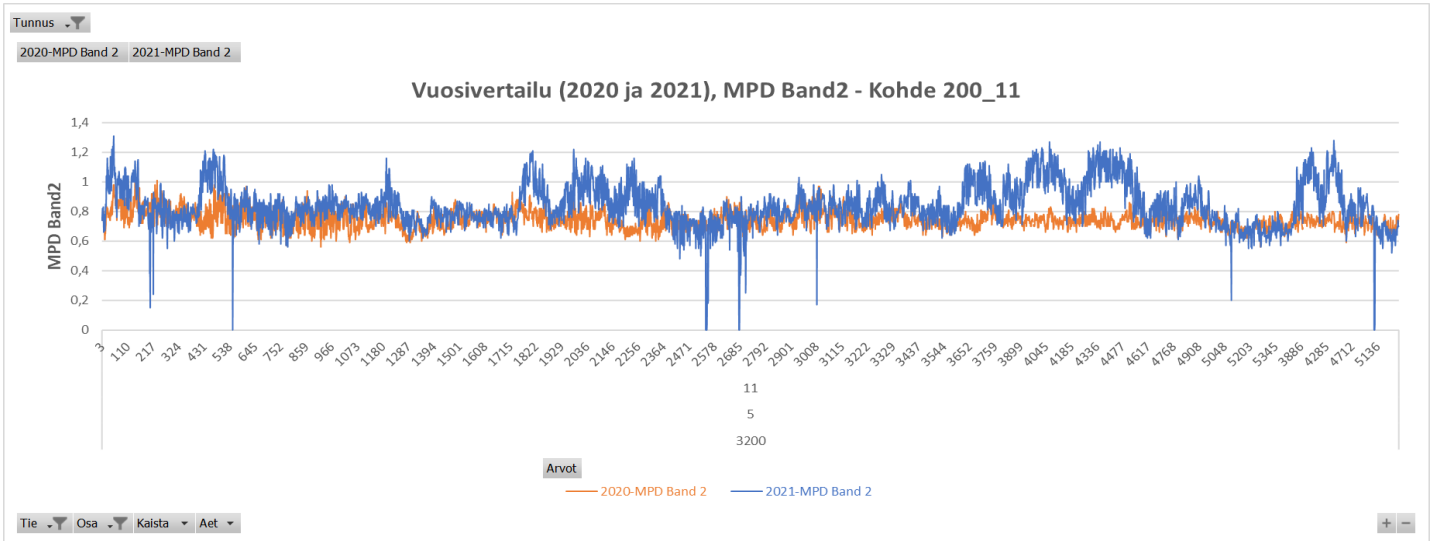
Kuva 2. Kohde 105_11, oikea ajoura tieltä 308, SMA/LTA.



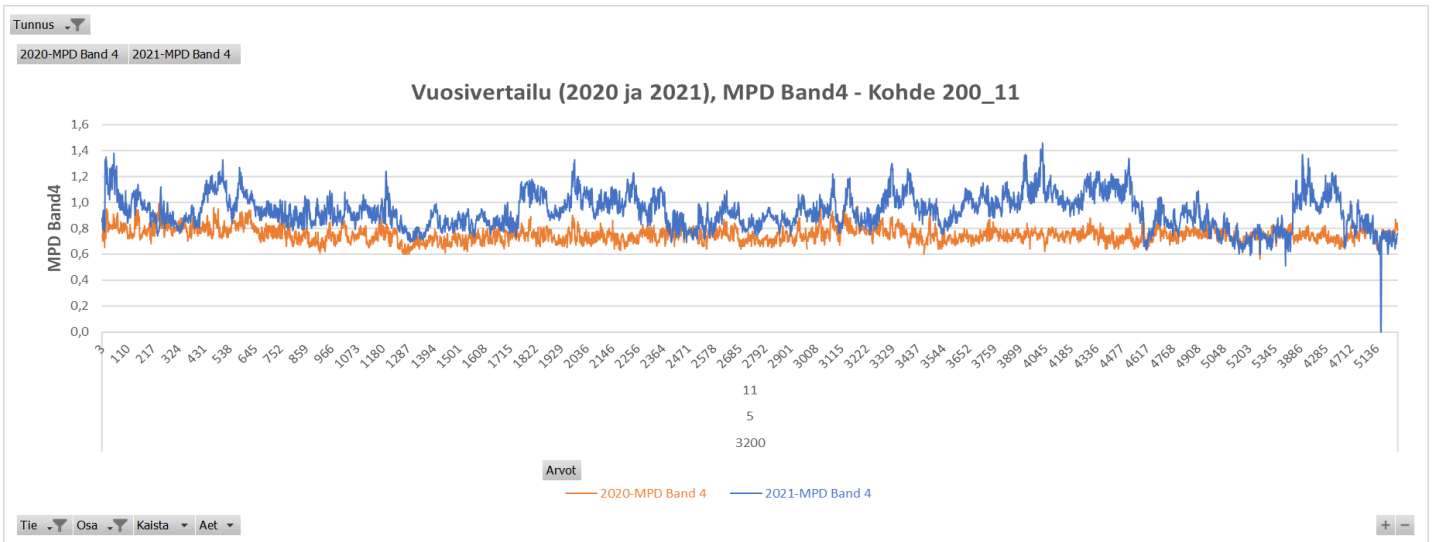
Kuva 3. Kohde 105_21, vasen ajoura tieltä 308, SMA/LTA.



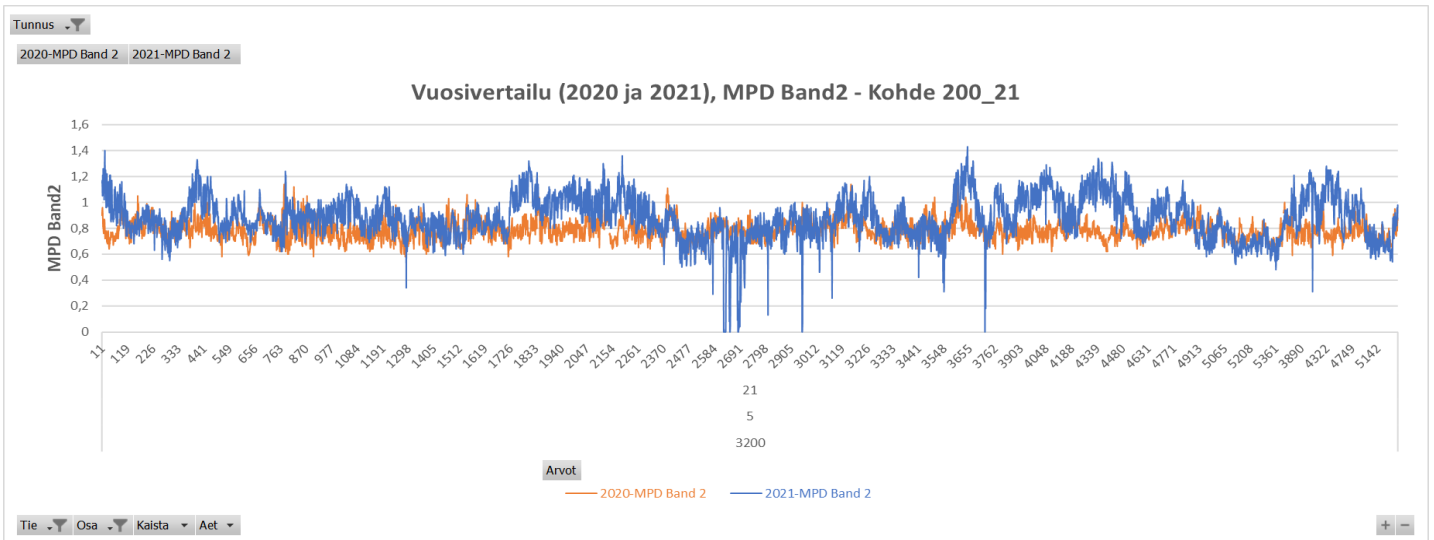
Kuva 4. Kohde 105_21, oikea ajoura tieltä 308, SMA/LTA.



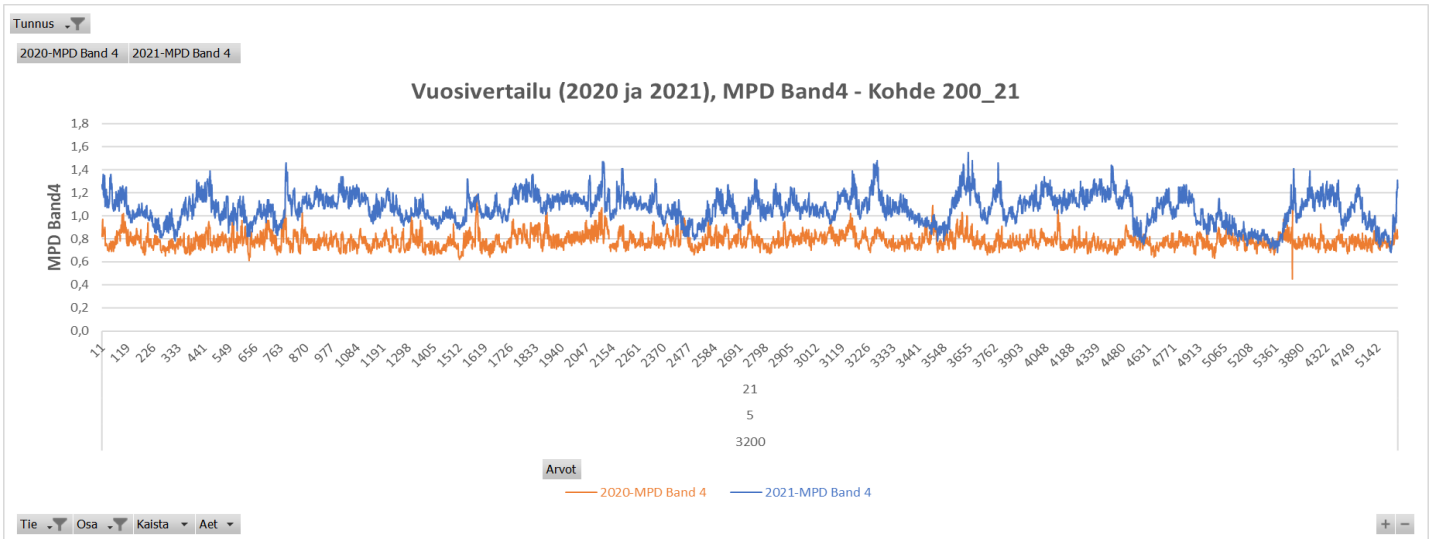
Kuva 5. Kohde 200_11, oikea ajoura tieltä 3200, AB/LTA.



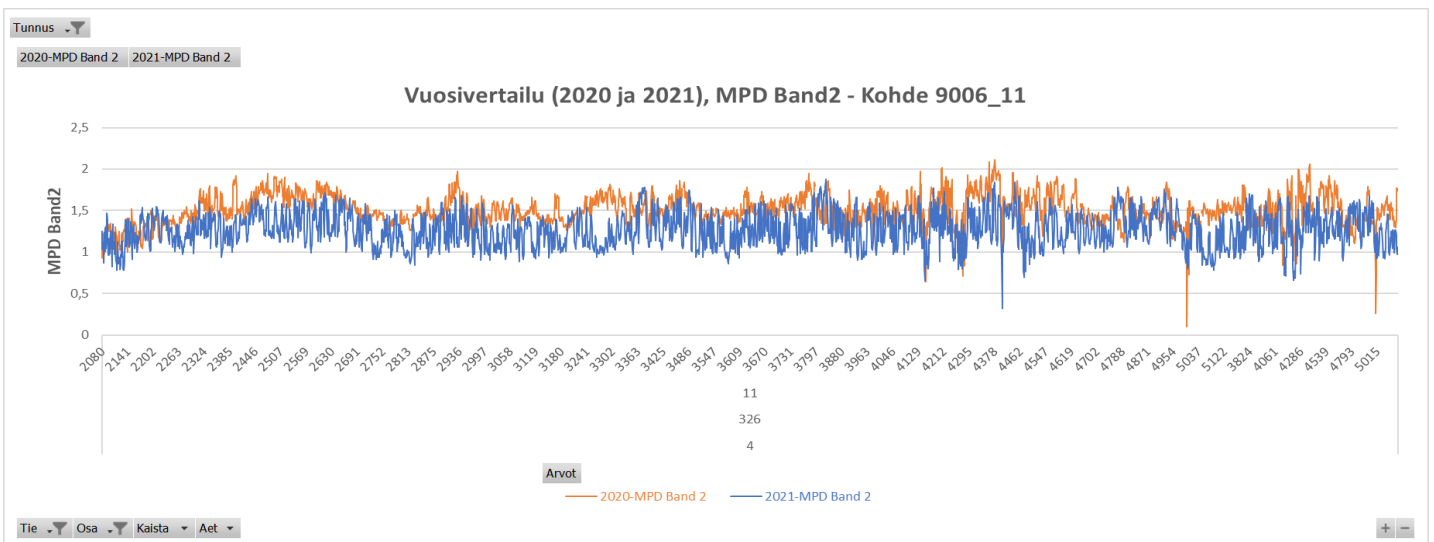
Kuva 6. Kohde 200_11, vasen ajoura tieltä 3200, AB/LTA.



Kuva 7. Kohde 200_21, vasen ajoura tieltä 3200, AB/LTA.

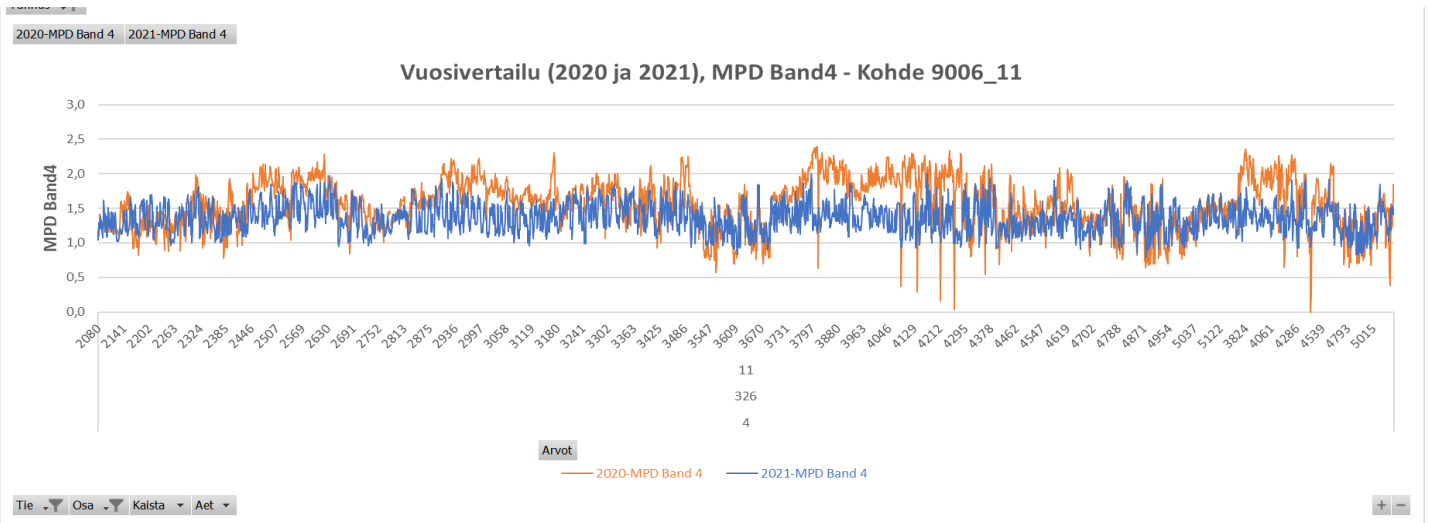


Kuva 8. Kohde 200_21, oikea ajoura tieltä 3200, AB/LTA.

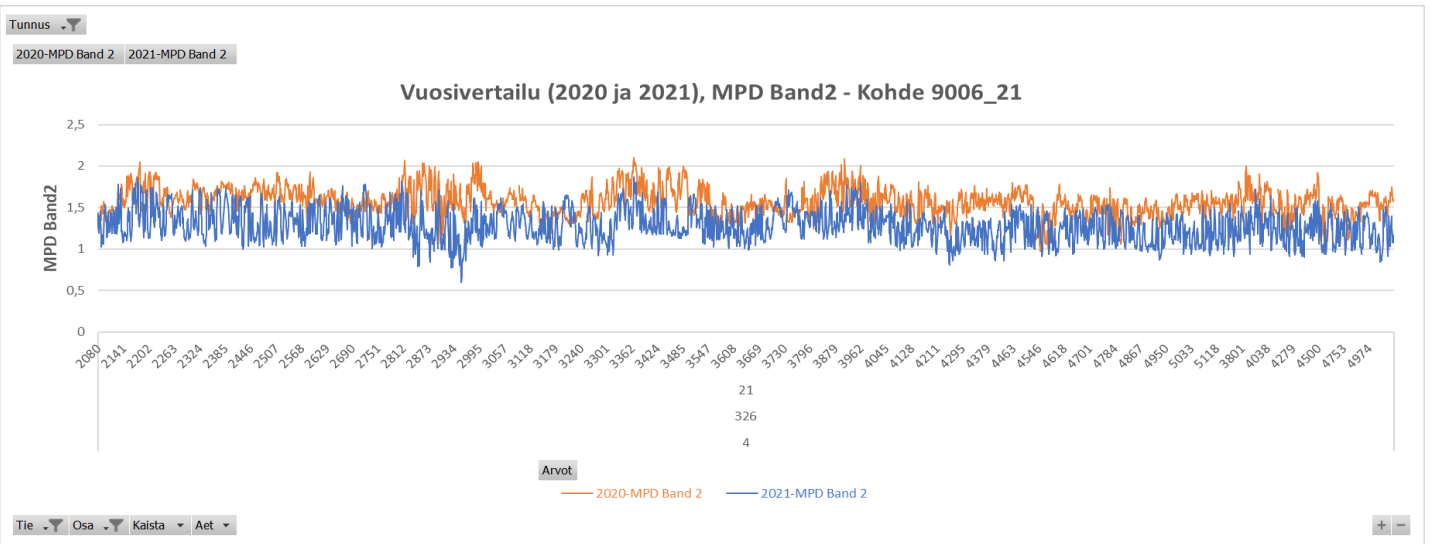


Kuva 9. Kohde 9006_11, oikea ajoura tieltä 4, SMA/MPKJ.

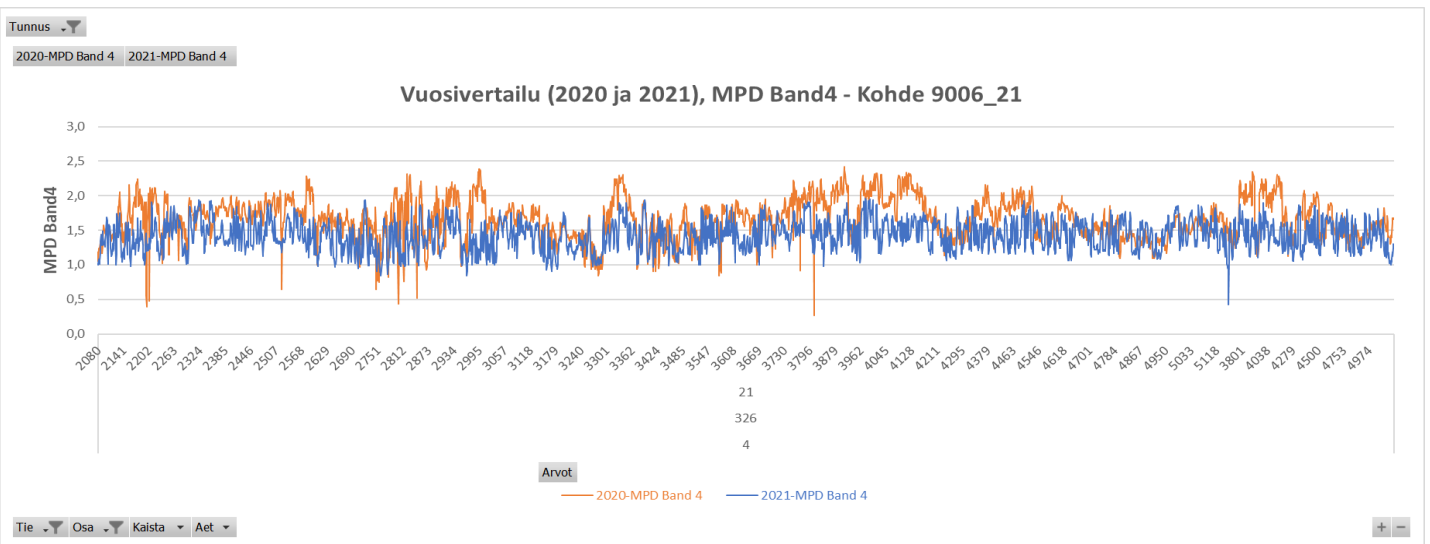
Tunnus ▾



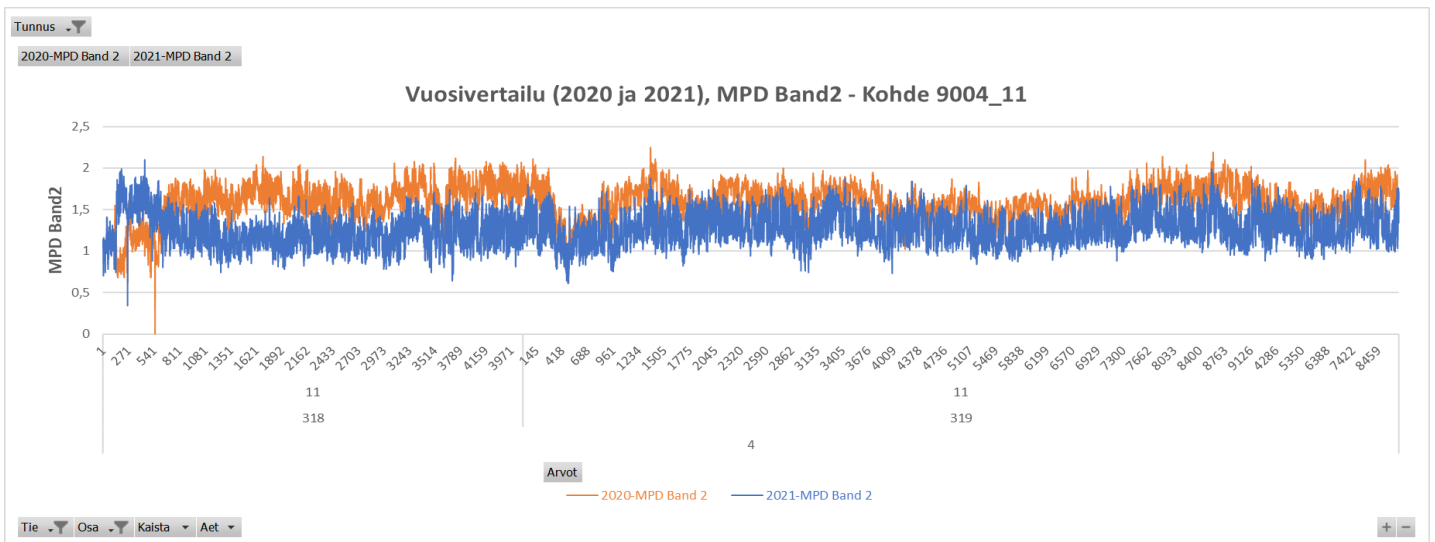
Kuva 10. Kohde 9006_11, vasen ajoura tieltä 4, SMA/MPKJ.



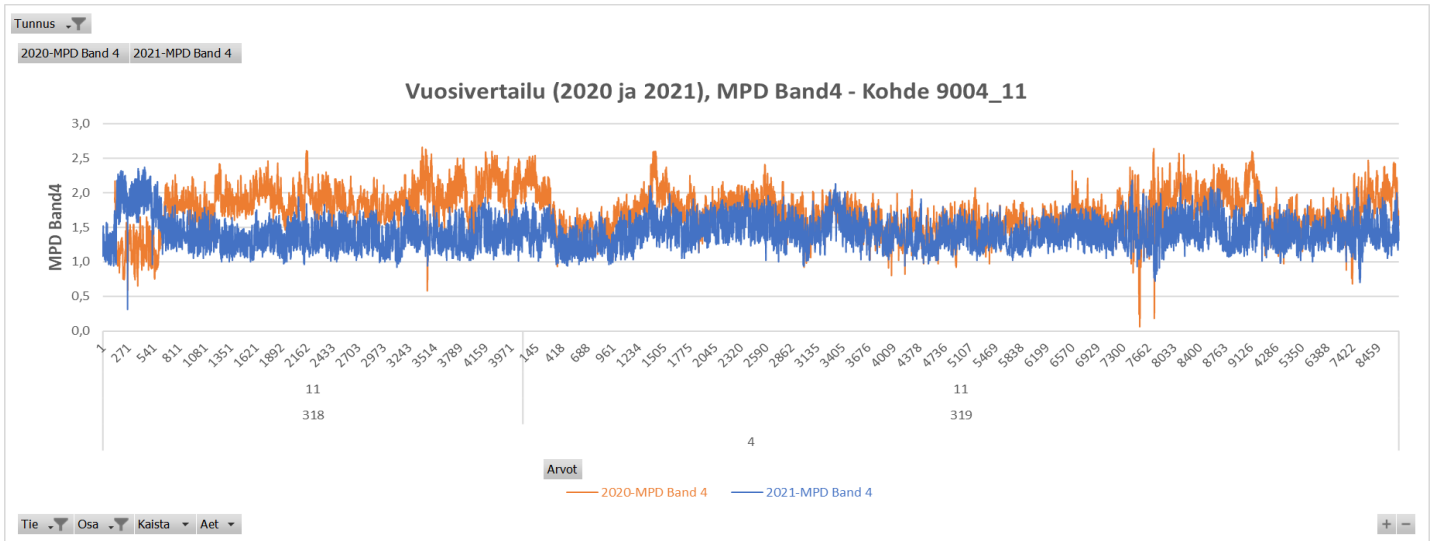
Kuva 11. Kohde 9006_21, vasen ajoura tieltä 4, SMA/MPKJ.



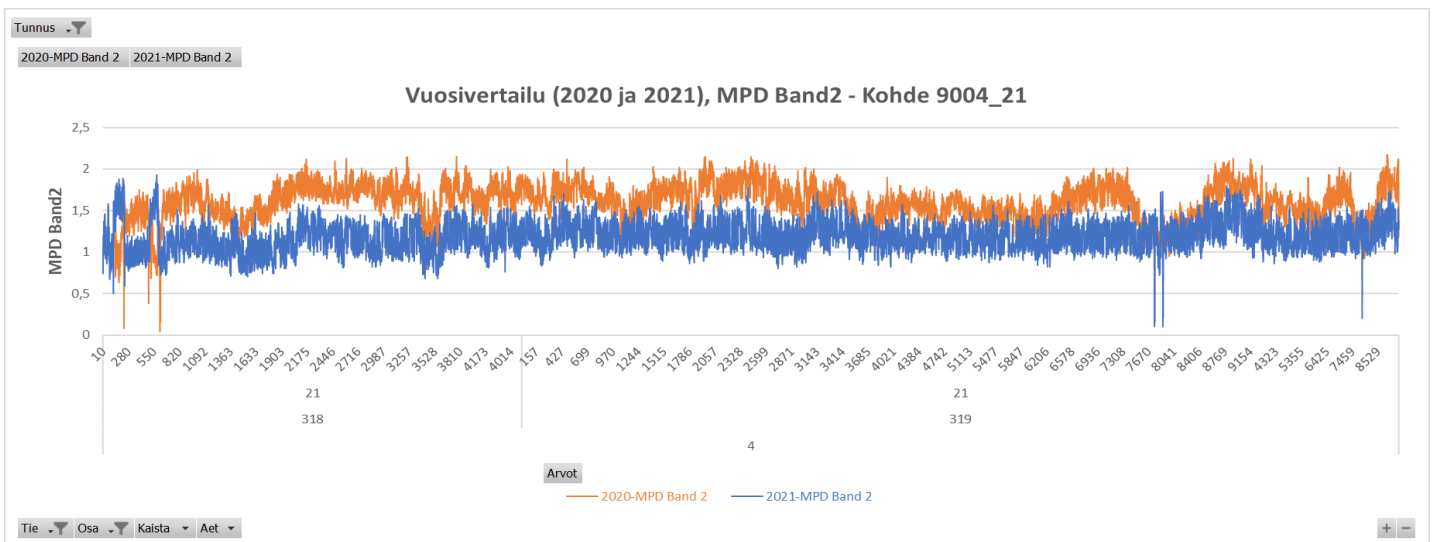
Kuva 12. Kohde 9006_21, oikea ajoura tieltä 4, SMA/MPKJ.



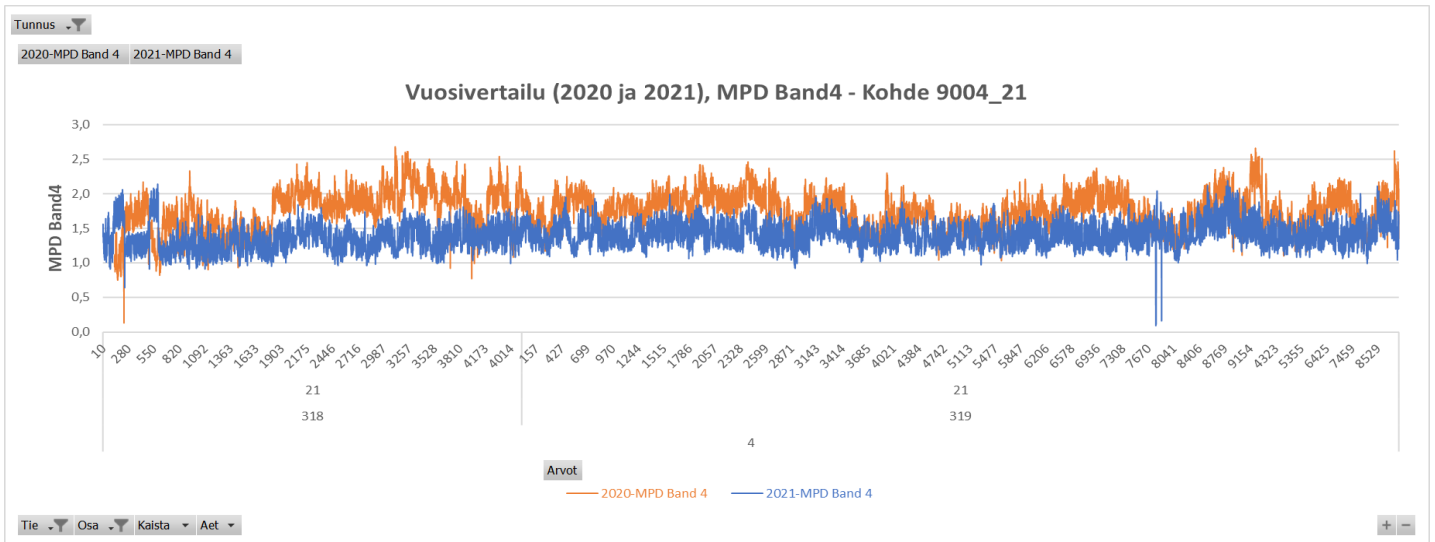
Kuva 13. Kohde 9004_11, vasen ajoura tieltä 4, SMA/MPKJ.



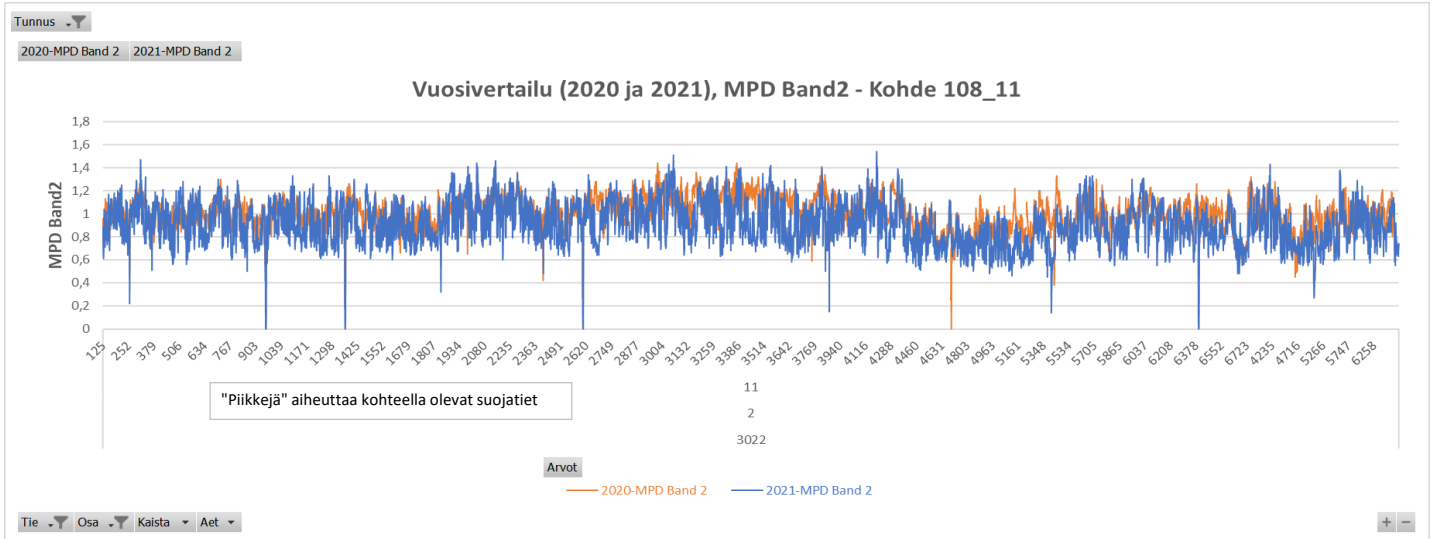
Kuva 14. Kohde 9004_11, oikea ajoura tieltä 4, SMA/MPKJ.



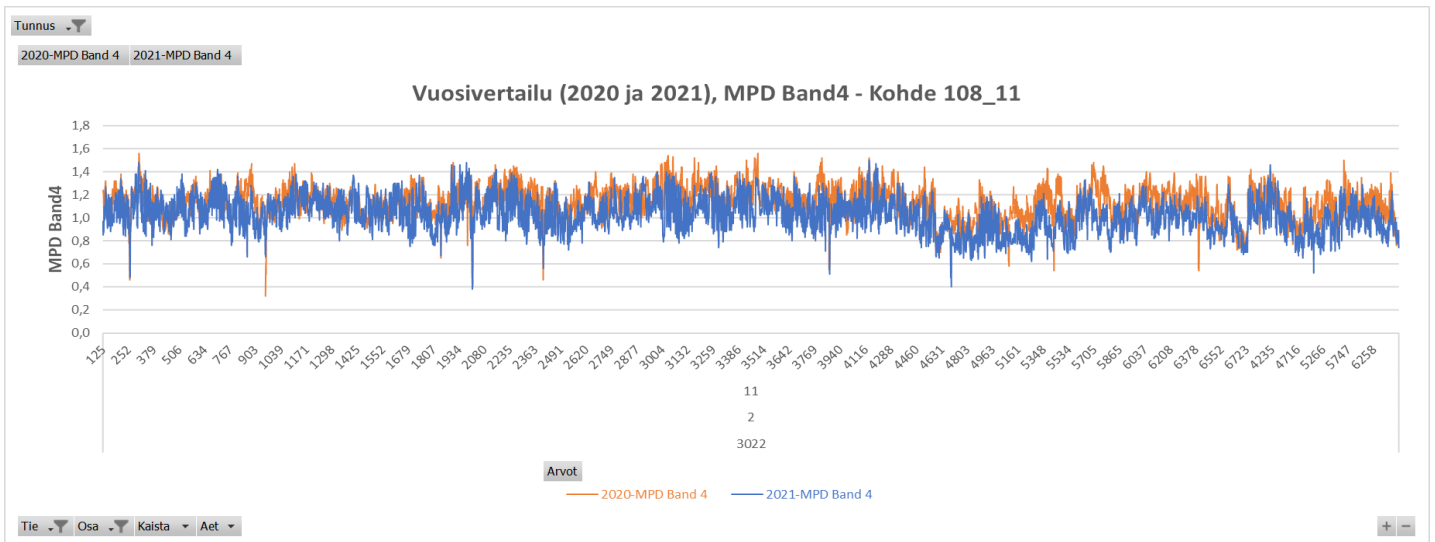
Kuva 15. Kohde 9004_21, vasen ajoura tieltä 4, SMA/MPKJ.



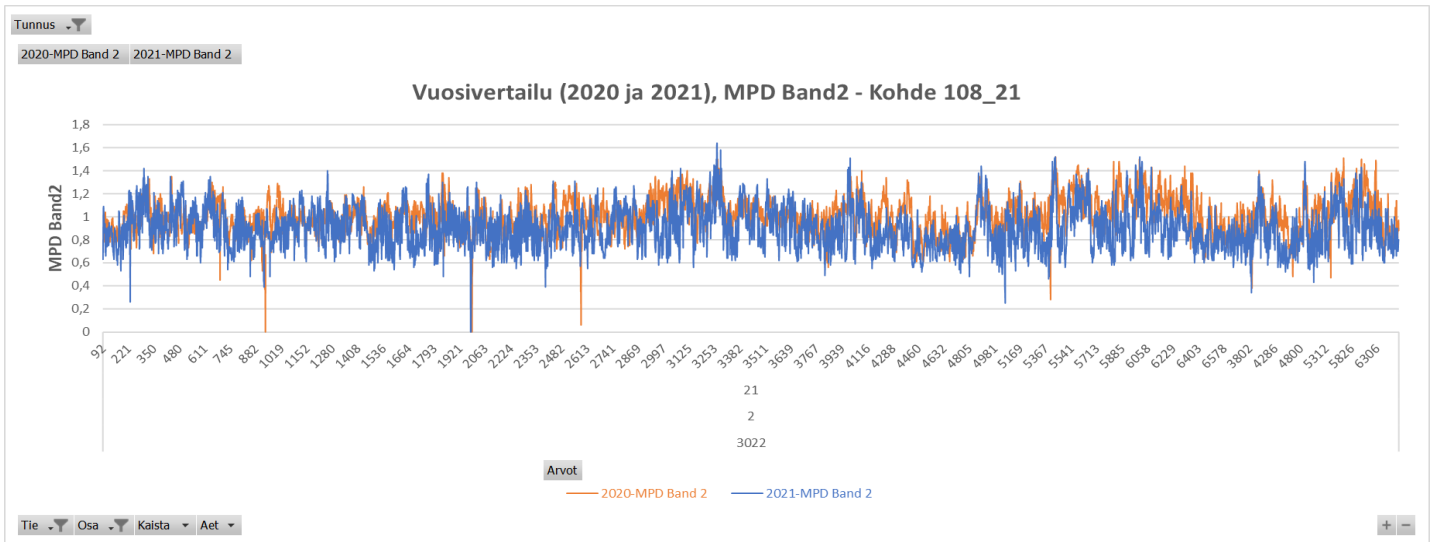
Kuva 16. Kohde 9004_21, oikea ajoura tieltä 4, SMA/MPKJ.



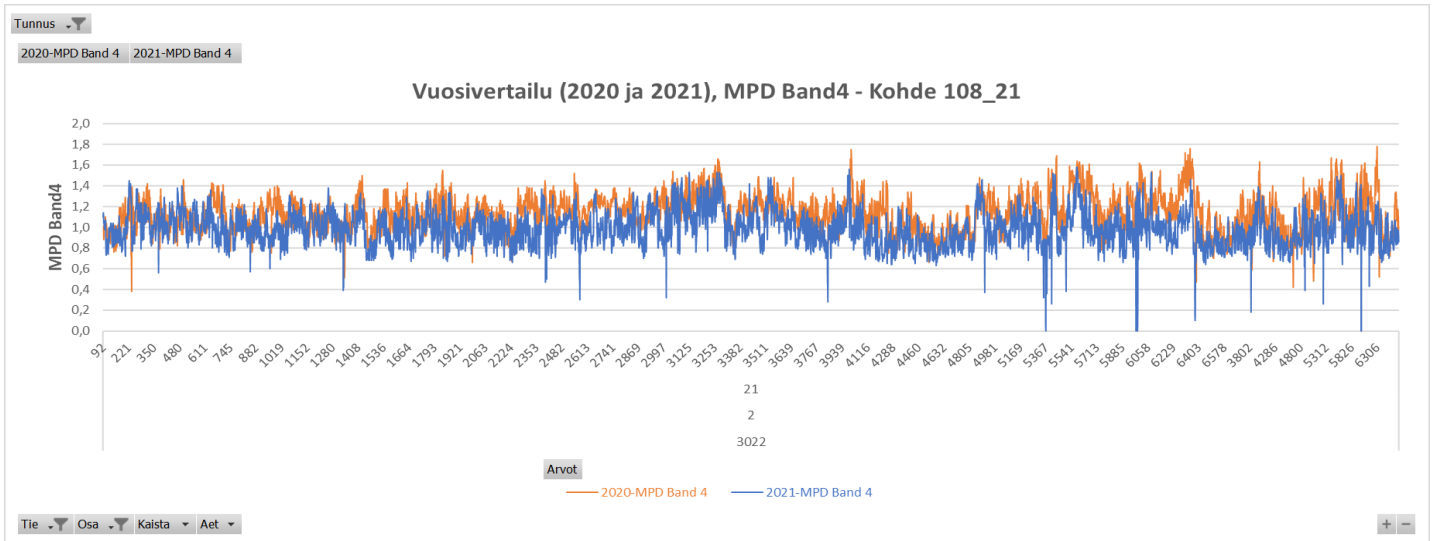
Kuva 17. Kohde 108_11, vasen ajoura tieltä 3022, SMA/MP.



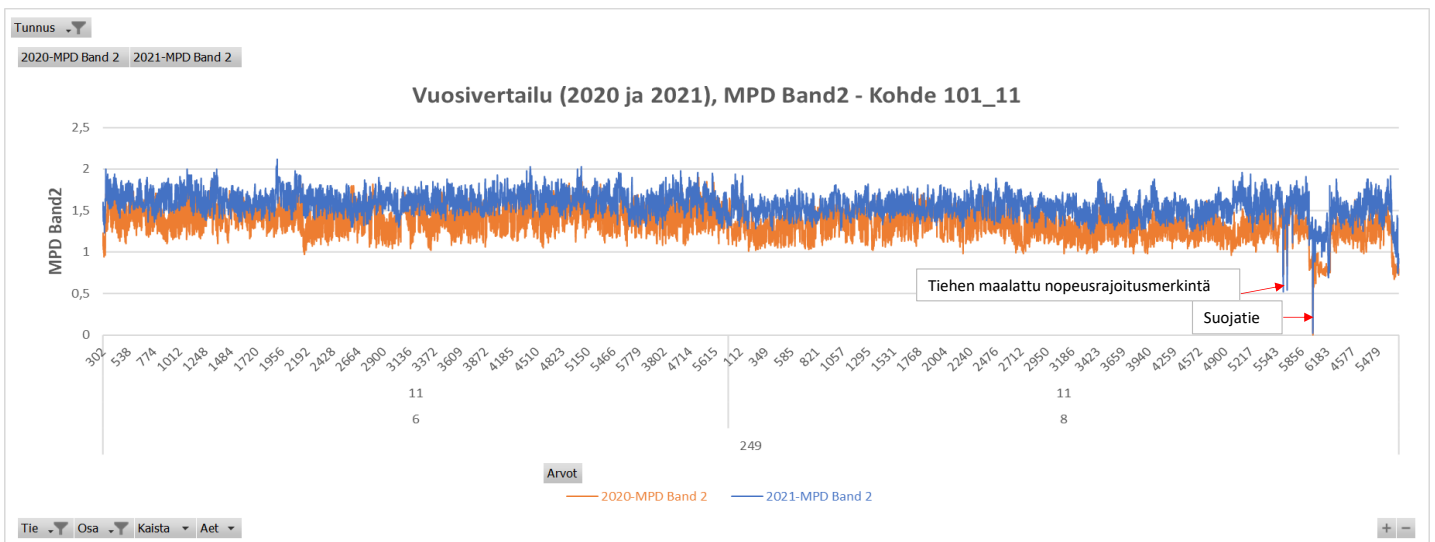
Kuva 18. Kohde 108_11, oikea ajoura tieltä 3022, SMA/MP.



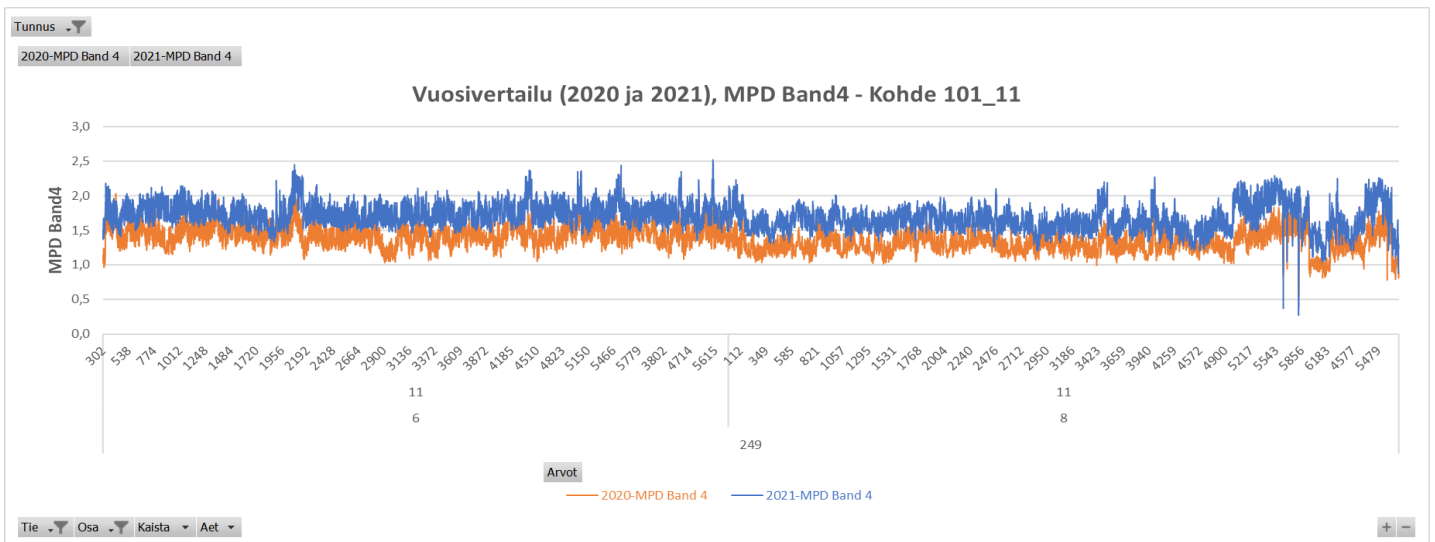
Kuva 19. Kohde 108_21, vasen ajoura tieltä 3022, SMA/MP.



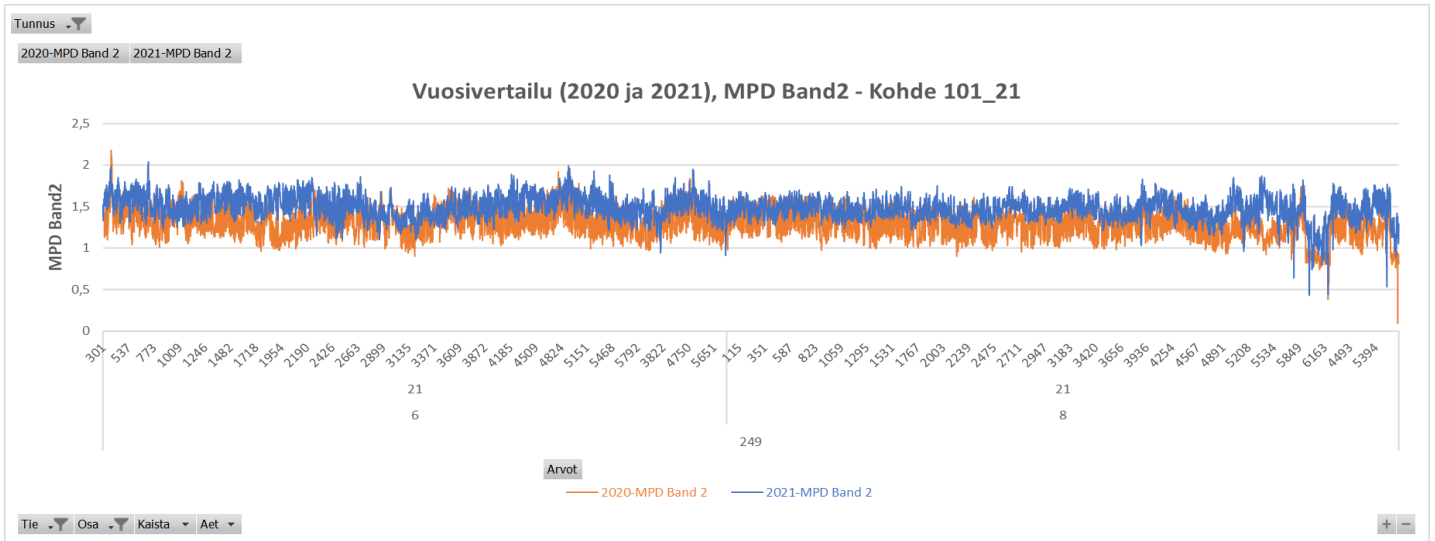
Kuva 20. Kohde 108_21, oikea ajoura tieltä 3022, SMA/MP.



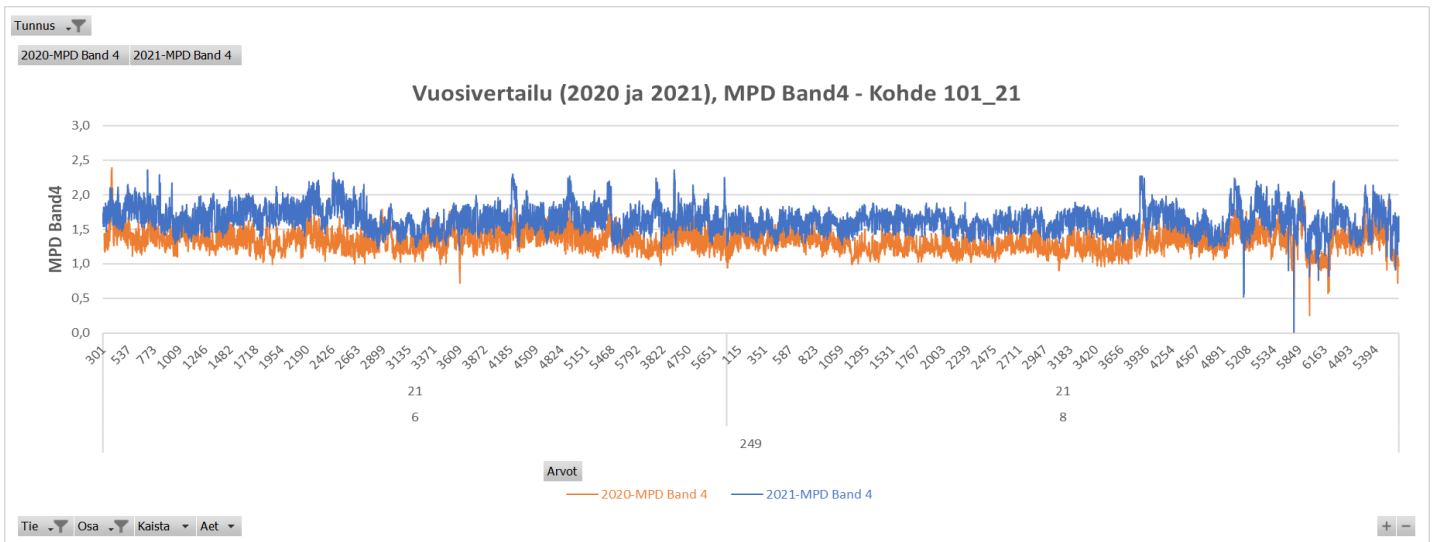
Kuva 21. Kohde 101_11, vasen ajoura tieltä 249, SMA/MP.



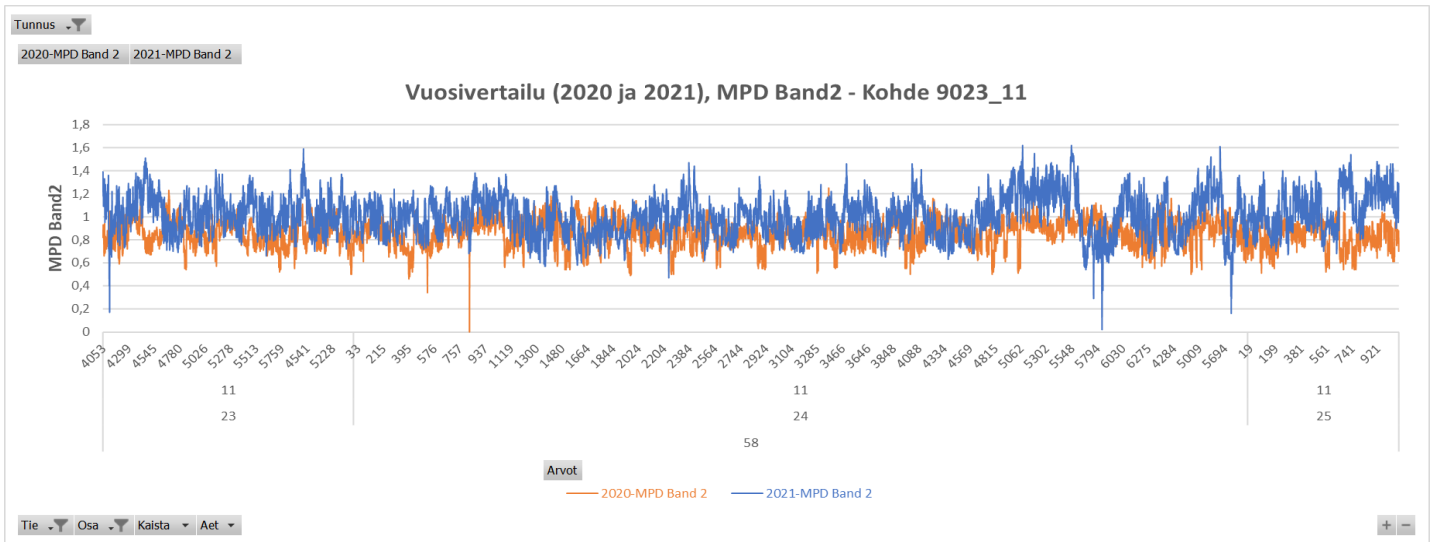
Kuva 22. Kohde 101_11, oikea ajoura tieltä 249, SMA/MP.



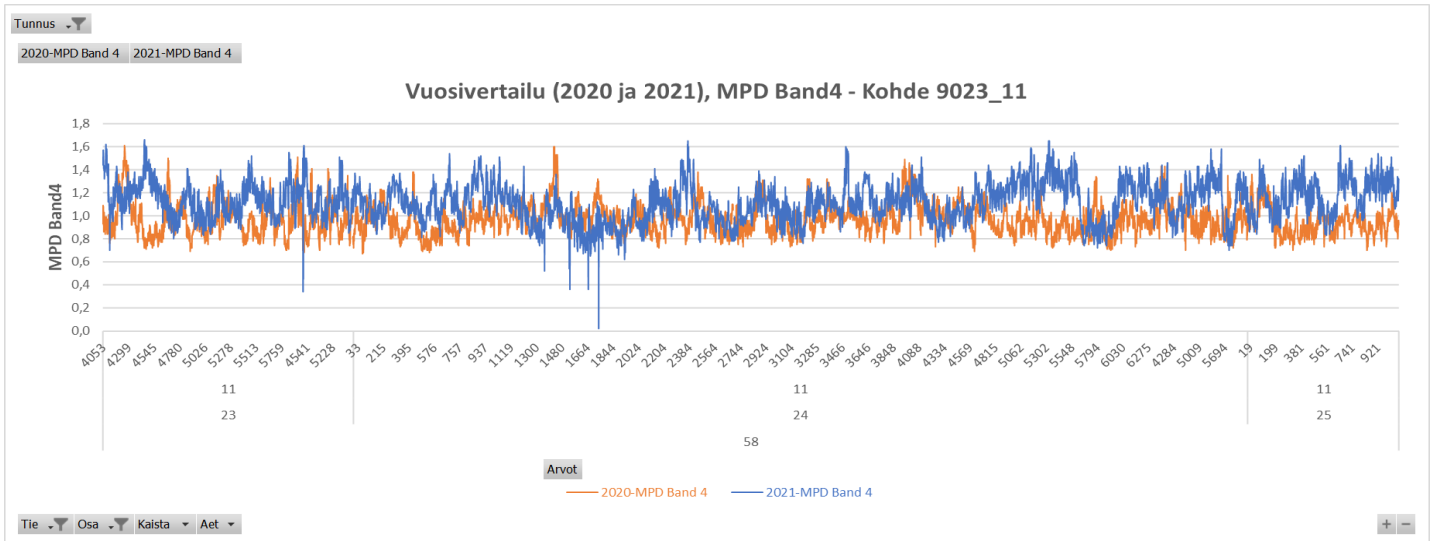
Kuva 23. Kohde 101_21, vasen ajoura tieltä 249, SMA/MP.



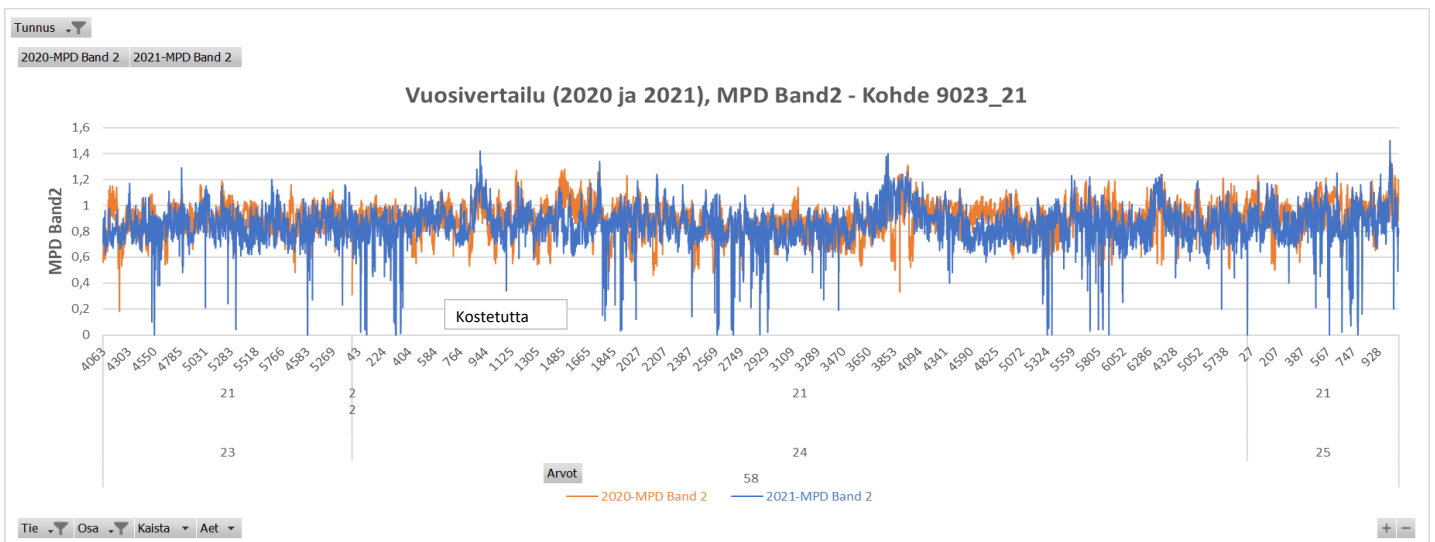
Kuva 24. Kohde 101_21, oikea ajoura tieltä 249, SMA/MP.



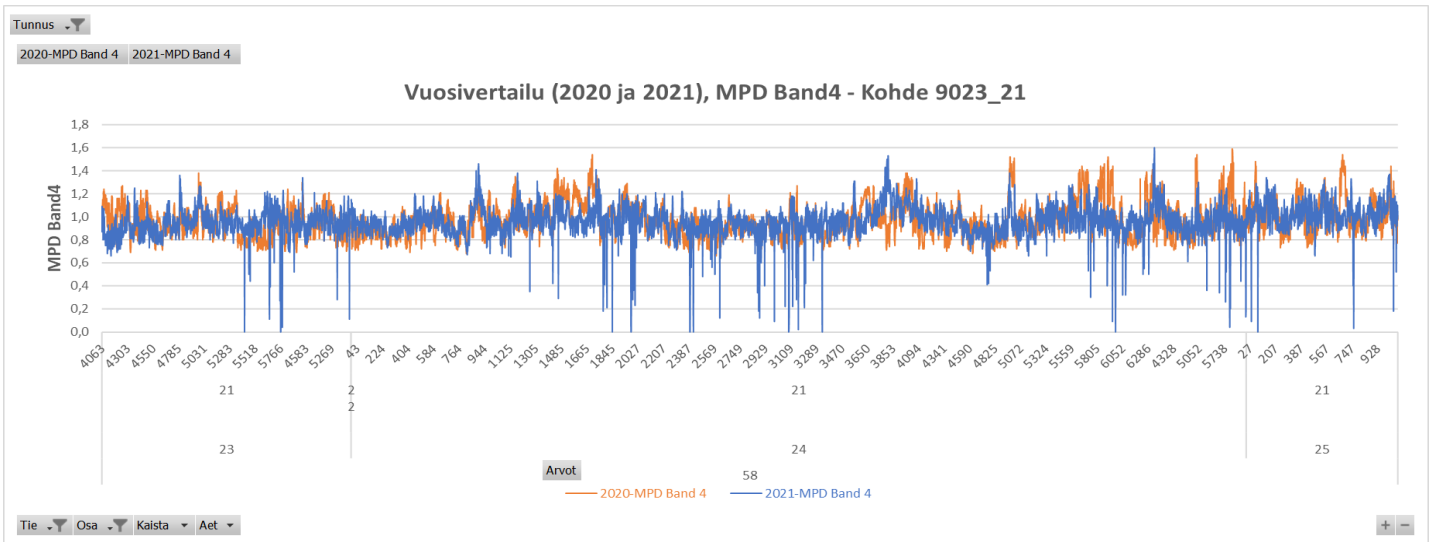
Kuva 25. Kohde 9023_11, vasen ajoura tieltä 58, AB/MPKJ.



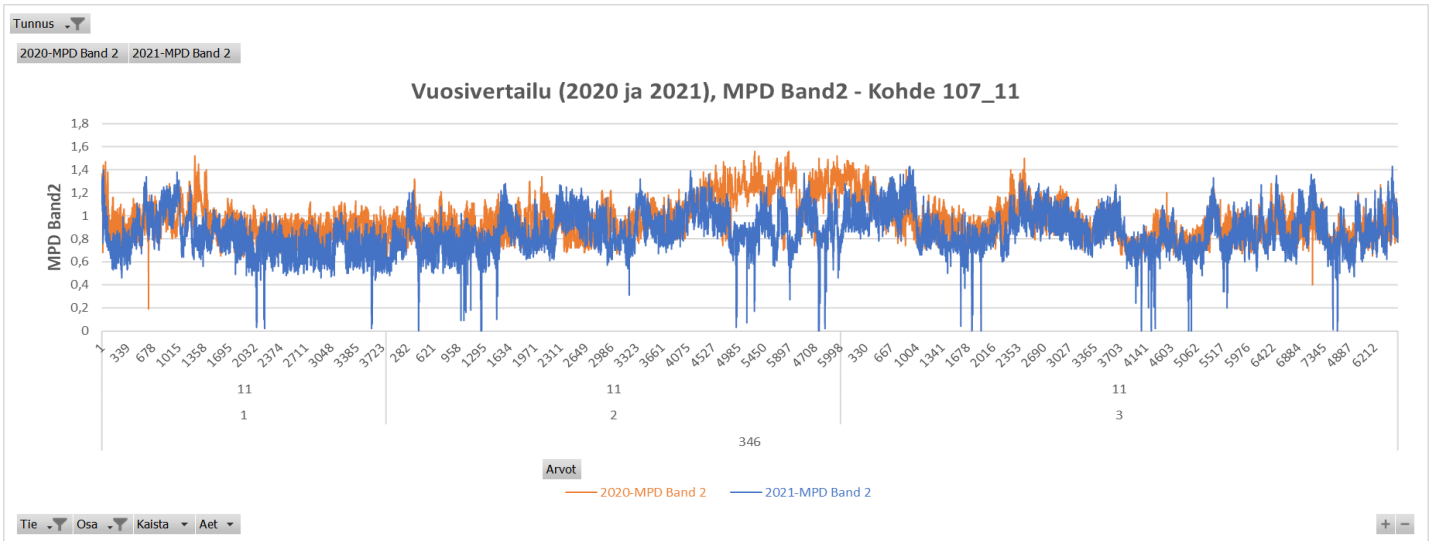
Kuva 26. Kohde 9023_11, oikea ajoura tieltä 58, AB/MPKJ.



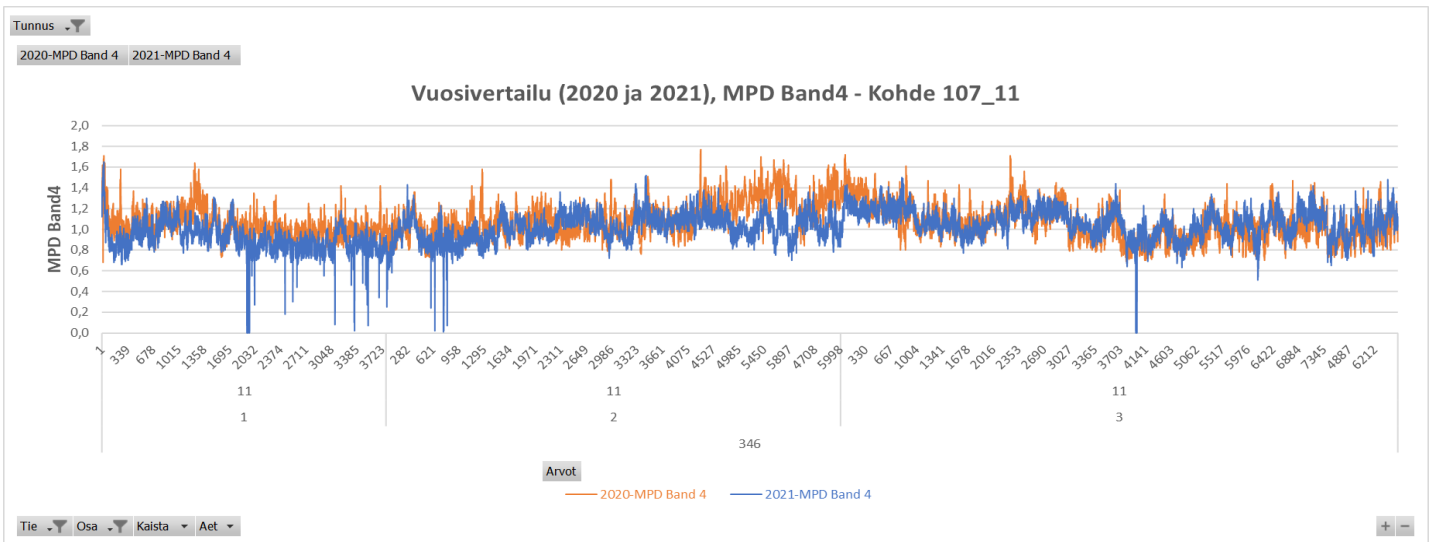
Kuva 27. Kohde 9023_21, vasen ajoura tieltä 58, AB/MPKJ.



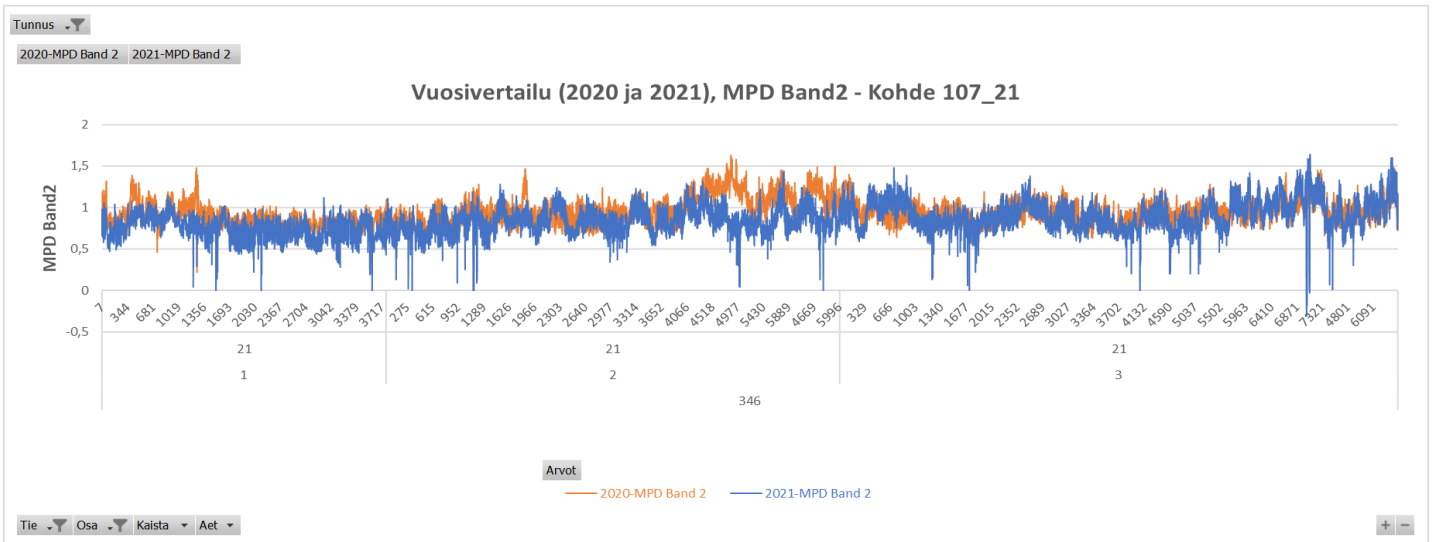
Kuva 28. Kohde 9023_21, oikea ajoura tieltä 58, AB/MPKJ.



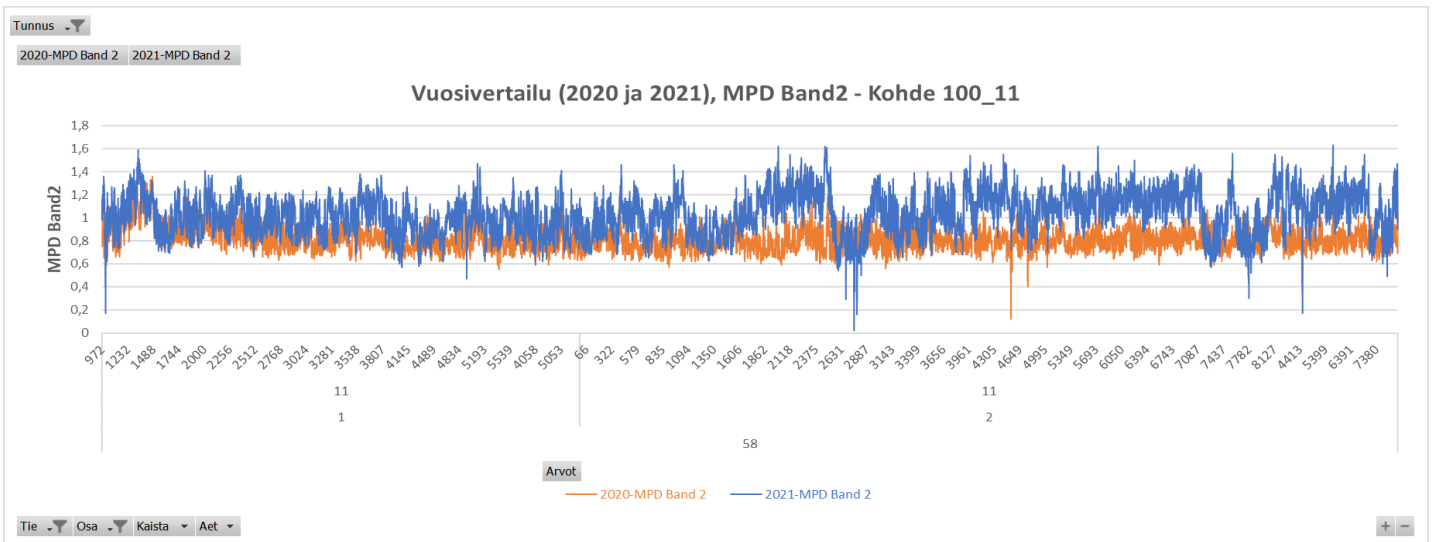
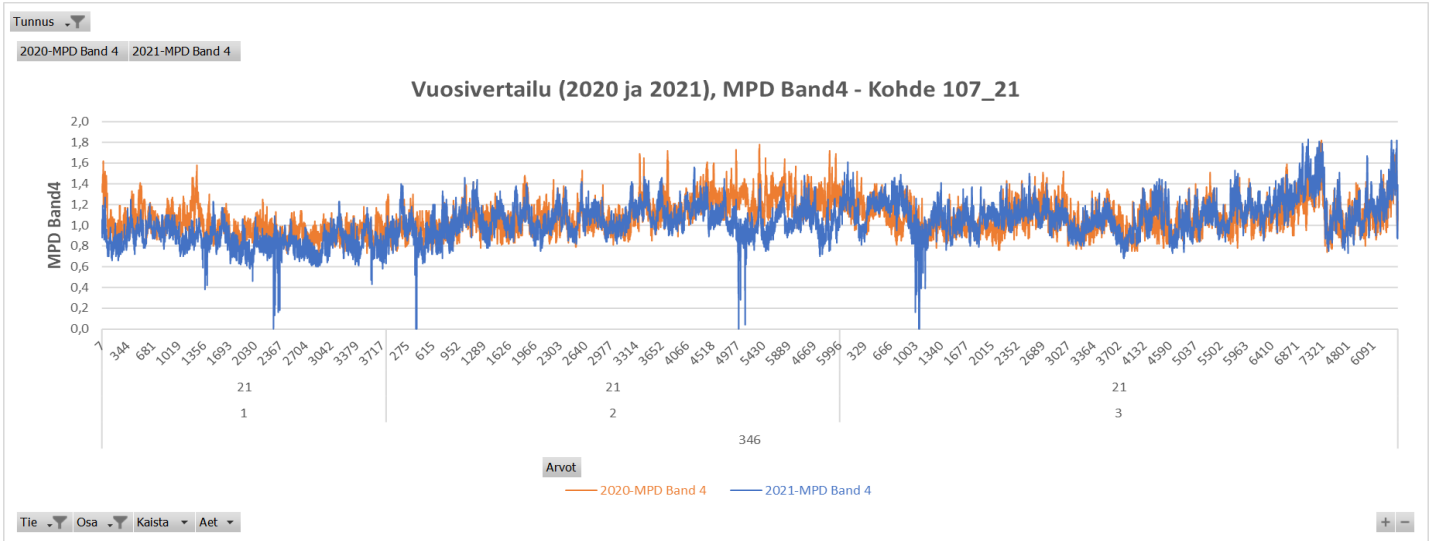
Kuva 29. Kohde 107_11, oikea ajoura tieltä 346, AB/MP.



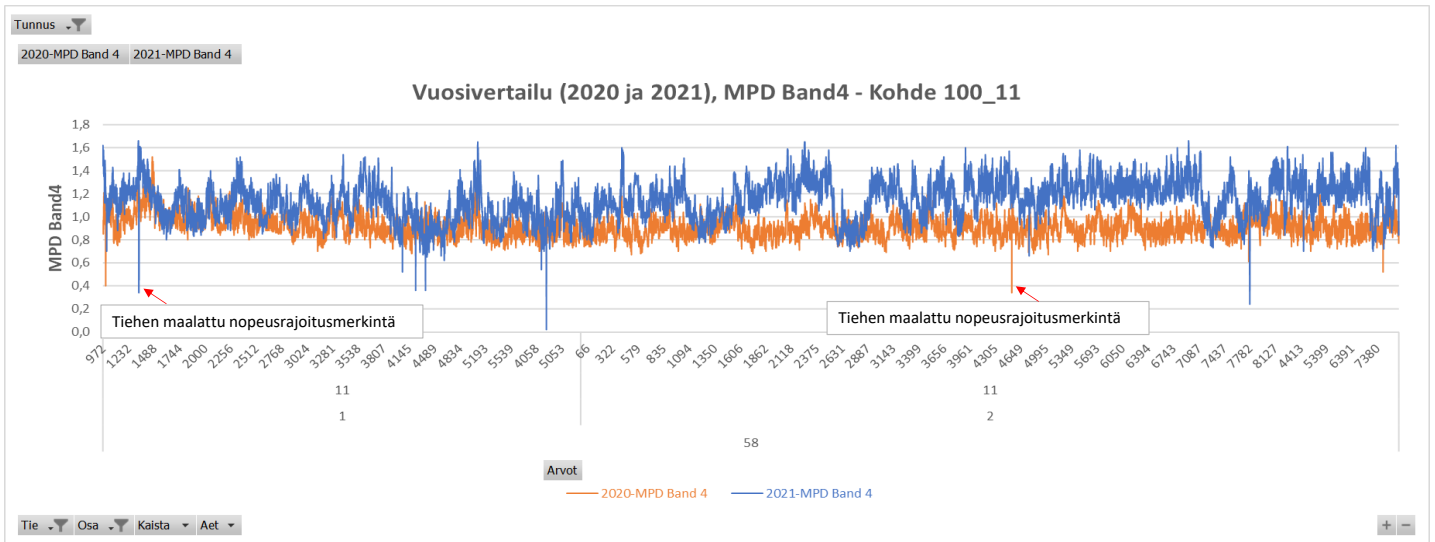
Kuva 30. Kohde 107_11, vasen ajoura tieltä 346, AB/MP.



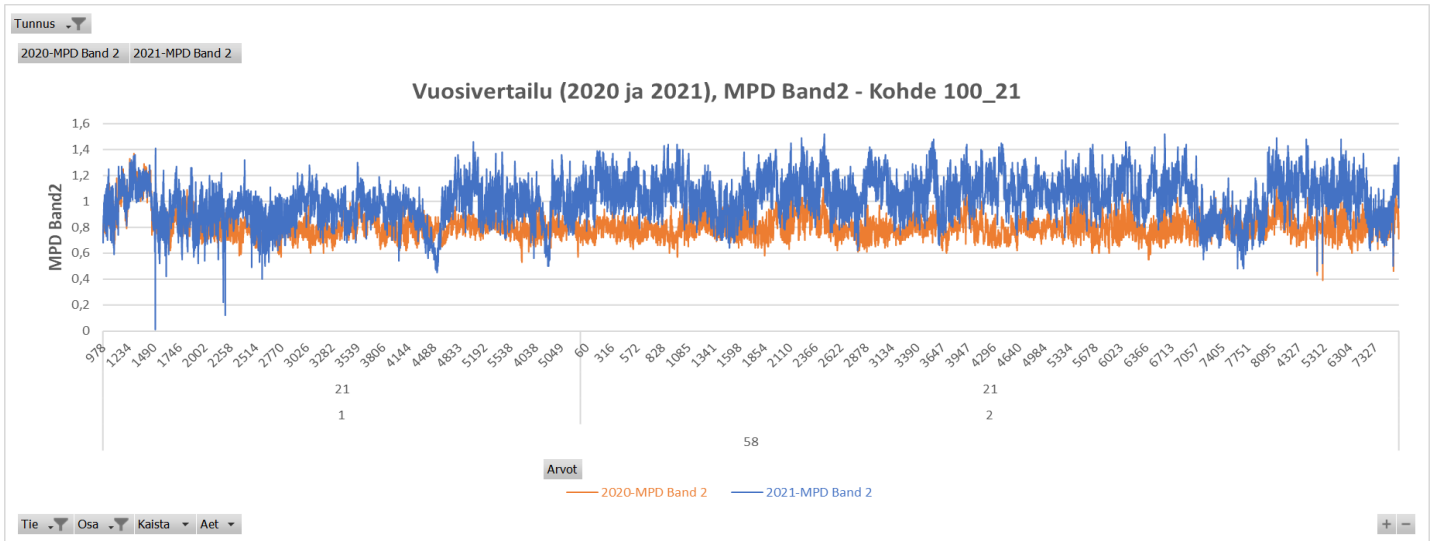
Kuva 31. Kohde 107_21, vasen ajoura tieltä 346, AB/MP.



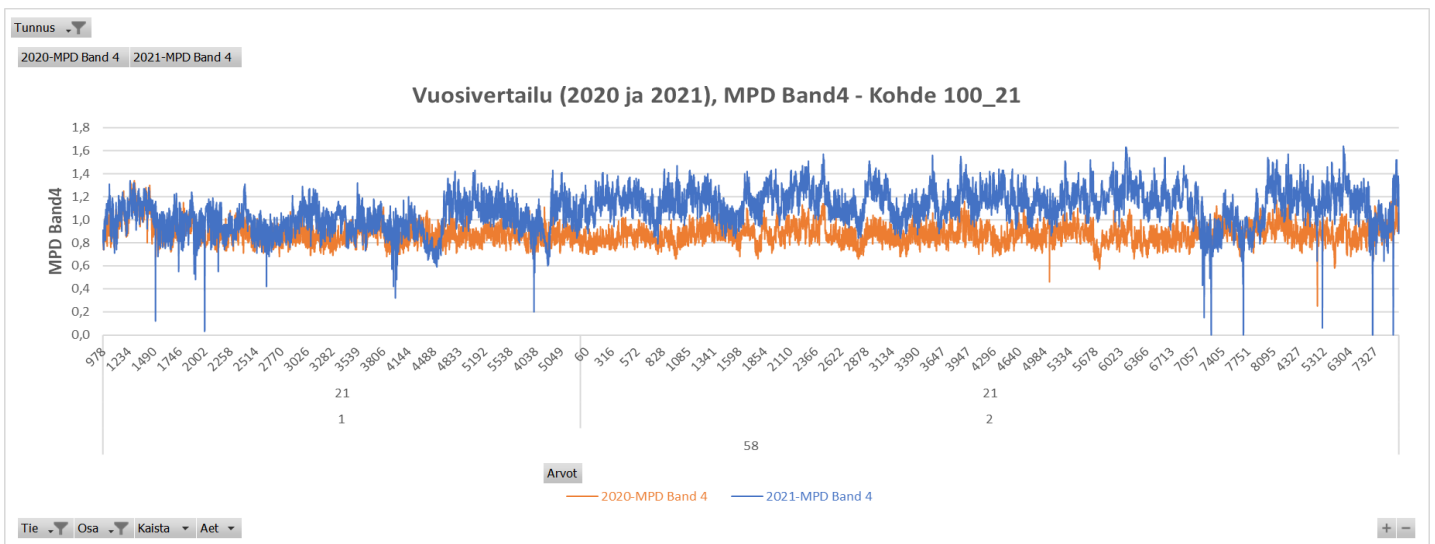
Kuva 33. Kohde 100_11, vasen ajoura tieltä 58, AB/MP.



Kuva 34. Kohde 100_11, oikea ajoura tieltä 58, AB/MP.



Kuva 35. Kohde 100_21, vasen ajoura tieltä 58, AB/MP.



Kuva 36. Kohde 100_21, oikea ajoura tieltä 58, AB/MP.



Väylävirasto
Trafikledsverket

ISSN 2490-0745

ISBN 978-952-317-948-6

www.vayla.fi