



Aalto-yliopisto  
Insinööritieteiden korkeakoulu

Jukka Pasanen

## **Tiementöiden kunnan mittautavan kehittäminen**

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä  
tarkastettavaksi diplomi-insinöörin tutkintoa  
varten.

Espoossa 5.11.2012

Valvoja: Professori Terhi Pellinen

Ohjaajat: DI Tuomas Vasama  
TkT Jarkko Valtonen

AALTO-YLIOPISTO TEKNIKAN KORKEAKOULUT PL 11000, 00076 AALTO <a href="http://www.aalto.fi">http://www.aalto.fi</a>		DIPLOMITYÖN TIIVISTELMÄ	
Tekijä: Jukka Pasanen			
Työn nimi: Tiemerkintöjen kunnon mittaustavan kehittäminen			
Korkeakoulu: Insinööritieteiden korkeakoulu			
Laitos: Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos			
Professuuri: Tietekniikka		Koodi: Yhd-10	
Työn valvoja: Professori Terhi Pellinen			
Työn ohjaajat: DI Tuomas Vasama, TkT Jarkko Valtonen			
<p>Tiivistelmä:</p> <p>Tiemerkinnät kuluvat ja niitä on uusittava riittävän usein, jotta ne säilyttävät tarkoituksensa liikenteen sujuvuuden, ohjauksen, turvallisuuden ja ajomukavuuden parantajana. Tiemerkintöjen uusinta perustuu Suomessa tiemerkintöjen palvelusopimusten mukaisesti yleensä kunto- ja paluuehjeistavuusmittausten tuloksiin.</p> <p>Tässä tutkimuksessa perehdyttiin tiemerkintöjen kuntoarvon määrittämiseen. Kuntoarvoa voidaan arvioida silmämääräisesti tai mitata koneellisesti kuvaamalla tiemerkintää ja määrittämällä saaduista kuvista tiemerkinnän kuluneisuus kuvankäsittelyn avulla. Tällä hetkellä silmämääräinen arviointi on yleisempi tapa ja mittauksiin on olemassa vain yksi hyväksytty laite, Destian kehittämä TIKU. Lisäksi Ramboll on kehittämässä omaa mittalaitetta, RMT:tä (Road Marking Tester).</p> <p>Tutkimuksessa selvitettiin eri menetelmien tulosten eroja ja luotettavuutta suorittamalla koemittauksia ja arviointeja sadoilla tarkoitusta varten valitulla tiejaksolla kevään ja syksyn 2011 aikana. Kuntoarvo määritettiin sadan metrin mittaisille jaksoille ja verrattiin eri menetelmillä saatuja tuloksia keskenään. Aineistolle tehtiin tilastollinen tarkastelu tutkimalla tulosten jakaumien eroja Wilcoxonin järjestyslukujen merkkitestillä ja Friedmanin testillä, korrelaatiota Kendallin järjestyskorrelaatiokerroin tau-b:lla ja yhtäpitävyyttä painotetulla kapalla ja Randophin kapalla. Lisäksi pyrittiin löytämään tapoja silmämääräisen arvioinnin kehittämiseksi ja tekemään ehdotus mittalaitteiden hyväksymismenetelmäksi.</p> <p>Tulokset osoittivat, että silmämääräisen arvioinnin tulokset riippuvat arvioijasta, eikä kokemus arvioinneissa takaa yhdenmukaisia arviointeja. Mittalaitteiden tulokset poikkesivat toisistaan ja silmämääräisestä arvioinnista. TIKU mittasi silmämääräistä arviointia korkeampia kuntoarvoja ja RMT silmämääräistä arviointia matalampia kuntoarvoja. Ehdotus silmämääräisen arvioinnin kehittämiseksi ja mittalaitteiden hyväksymismenetelmäksi on esitetty.</p>			
Päivämäärä: 5.11.2012		Kieli: suomi	
		Sivumäärä: 101 + 13	
Avainsanat: tiemerkintä, kuntoarvo, RMT, TIKU, silmämääräinen arviointi, automaattinen kuvantulkinta			

AALTO UNIVERSITY SCHOOLS OF TECHNOLOGY PO Box 11000, FI-00076 AALTO <a href="http://www.aalto.fi">http://www.aalto.fi</a>		ABSTRACT OF THE MASTER'S THESIS	
Author: Jukka Pasanen			
Title: Development of test methods for assessing the wear of road markings			
School: School of Engineering			
Department: Department of Civil and Environmental Engineering			
Professorship: Highway Engineering		Code: Yhd-10	
Supervisor: Professor Terhi Pellinen			
Instructors: MSc Tuomas Vasama, DSc Jarkko Valtonen			
<p>Abstract:</p> <p>Road markings are wearing and they have to be maintained often enough so that their performance is adequate for fluent traffic, traffic guidance, safety and comfortable driving. Maintenance as a form of repainting is done according to the road marking contracts and it's usually based on surveys of retro reflectivity and wear.</p> <p>The aim of the study was to assess the wear of road markings. According to specifications the wear class can be assessed manually by visual inspection or by using automation by continuously photographing road markings and then, by using image processing, determining wear of road markings from the pictures taken. At the moment visual assessment is the more widely used method and there is only one approved equipment for measuring wear of road marking, Destia's TIKU. Another equipment is in development, Ramboll's RMT (Road Marking Tester).</p> <p>Reliability of the different methods was investigated by comparing different tests and methods during spring and autumn 2011 on hundreds of road sections especially chosen for this study. A wear class was assigned for one hundred meter long road sections and results were compared. Statistical analysis was performed using Wilcoxon signed ranks test and Friedman test to study differences between distributions, using Kendall's rank-order correlation coefficient tau-b test for correlation and agreement of test results were tested with weighted kappa and Randolph's kappa tests. In addition, methods to perform visual assessments and a procedure for measuring device approval were further developed.</p> <p>The results showed that the wear class assessed by visual inspectors was inspector dependent. The experience on visual inspectors did not guarantee better agreement. The results of the measuring devices were different. The TIKU measured higher wear classes than the visual inspectors and the RMT measured lower wear classes than the visual inspectors. A suggestion to improve visual assessment methodology and a procedure to approve the measuring devices is presented.</p>			
Date: 5.11.2012		Language: Finnish	
		Number of pages: 101 + 13	
Keywords: road markings, wear class, RMT, TIKU, visual assessment, automatic image processing			

# ALKUSANAT

Tämä työ on tehty opinnäytteeksi Aalto-yliopiston Insinööritieteiden korkeakoulun ympäristö- ja yhdyskuntatekniikan laitokselle. Työn tilaajana toimi Liikennevirasto.

Haluaisin kiittää työni valvojaa tietekniikan professori Terhi Pellistä, työni ohjaajaa Tuomas Vasamaa Uudenmaan ELY-keskuksesta ja tilaajan edustaja Mikko Räsästä Liikennevirastosta sekä koko diplomityöni ohjausryhmää, joka tarjosi tukensa ja tietonsa käyttööni.

Lisäksi haluaisin kiittää kaikkia tutkimuksessa mukana olleita urakoitsijoita ja konsultteja (Ramboll, Cleanosol Oy, Destia Oy ja Tielinja Oy), jotka tarjosivat oman panoksensa arviointien ja mittauksien suorittamiseen niin ihmisinä kuin laitteinakin, mutta olivat myös apuna vastaamassa kysymyksiin, joita matkan varrella tuli esille.

Erityiskiitos kuuluu Jarkko Valtoselle, joka oli työni toinen ohjaaja ja ennen kaikkea toimi opettajanani ja ohjaajanani koko opiskeluaikani.

Lopuksi haluan kiittää niitä tärkeimpiä eli perhettäni ja ystäviäni tuesta ja kannustuksesta sekä siitä, että antoivat sopivasti muutakin ajateltavaa.

Espoossa 5.11.2012

Jukka Pasanen

# SISÄLLYSLUETTELO

DIPLOMITYÖN TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO .....	1
KUVALUETTELO .....	3
TAULUKKOLUETTELO.....	5
SYMBOLILUETTELO.....	7
MÄÄRITELMÄT .....	8
1 JOHDANTO.....	9
1.1 Tutkimuksen tausta .....	9
1.2 Tutkimusongelma .....	10
1.3 Tutkimuksen tavoitteet ja toteutus .....	10
1.4 Tutkimuksen rajaukset.....	11
2 TEORIA.....	12
2.1 Tiemerkintöjen kuntomäärityksen periaatteet .....	12
2.1.1 Tiemerkintöjen tehtävä.....	12
2.1.2 Tiemerkintöjen kuntomäärityksen tarkoitus .....	12
2.2 Tiemerkintöjen arviointi .....	12
2.2.1 Toiminnalliset ominaisuudet.....	12
2.2.2 Tiemerkintöjen ominaisuuksiin vaikuttavat tekijät.....	13
2.2.3 Kuntoarvo.....	14
2.3 Tiemerkintöjen arviointi Suomessa .....	16
2.4 Tiemerkintöjen arviointi muualla .....	17
2.4.1 Ruotsi .....	17
2.4.2 Norja .....	18
2.4.3 Englanti .....	18
2.5 Aiheeseen liittyviä tutkimuksia.....	20
3 TUTKIMUSAINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT .....	25
3.1 Sopimusten ja tilauskäytäntöjen vertailu .....	25
3.2 Kuntoarviointimenetelmien vertailu .....	25
3.2.1 Silmäääräinen arviointi .....	28
3.2.2 TIKU .....	30
3.2.3 RMT .....	32
3.3 Tulosten analysointimenetelmät.....	33
3.3.1 Kendallin järjestyskorrelaatiokerroin tau-b .....	35
3.3.2 Kappa –tunnusluvut .....	36
3.3.3 Gage R&R .....	37
4 TUTKIMUSTULOKSET .....	42
4.1 Sopimukset ja tilauskäytännöt.....	42
4.2 Kevään arvioinnit ja mittaukset .....	42
4.2.1 Yleistä.....	42

4.2.2	Silmämääräinen arviointi .....	43
4.2.3	Mittalaitteet .....	50
4.2.4	Yhteenveto .....	53
4.3	Arvioinnit valtatiellä 12 .....	56
4.3.1	Yleistä .....	56
4.3.2	Toistettavuuden testaaminen .....	56
4.3.3	Yhteenveto .....	61
4.4	Testimittaukset TIKU:lla (kokeneet) .....	61
4.5	Yhteinen arviointipäivä .....	65
4.5.1	Yleistä .....	65
4.5.2	Silmämääräinen arviointi .....	66
4.5.3	TIKU .....	70
4.5.4	RMT .....	78
4.5.5	Yhteenveto .....	81
4.6	Tulosten luotettavuus .....	84
5	TULOSTEN ARVIOINTI JA VERTAILU .....	86
5.1	Nykyisen käytännön toimivuus .....	86
5.2	Konenäköön perustuvien mittausmenetelmien toimivuus .....	88
5.2.1	TIKU .....	88
5.2.2	RMT .....	89
6	PÄÄTELMÄT .....	91
7	SUOSITUKSET .....	93
7.1	Vaatimukset tiemerkintöjen kuntoarvon mittaamiseen koneellisesti .....	93
7.2	Jatkotutkimustarve .....	95
7.3	Suositus käytettäväksi menetelmäksi .....	96
8	YHTEENVETO .....	97
	LÄHDELUETTELO .....	98
	LIITELUETTELO .....	101
	Liite 1a. Parivertailun tulokset tiellä 130 (reunaviiva). 1 sivu.	
	Liite 1b. Parivertailun tulokset tiellä 130 (keskiviiva). 1 sivu.	
	Liite 2a. Parivertailun tulokset tiellä 120 (reunaviiva). 1 sivu.	
	Liite 2b. Parivertailun tulokset tiellä 120 (keskiviiva). 1 sivu.	
	Liite 3a. Parivertailun tulokset tiellä 140 (reunaviiva). 1 sivu.	
	Liite 3b. Parivertailun tulokset tiellä 140 (keskiviiva). 1 sivu.	
	Liite 4. TIKU –mittausten parivertailun tulokset tiellä 140. 1 sivu.	
	Liite 5a. TIKU –mittausten korrelaatio tiellä 140 (reunaviiva). 1 sivu	
	Liite 5b. TIKU –mittausten korrelaatio tiellä 140 (keskiviiva). 1 sivu.	
	Liite 6. Kuntoarvointipäivän ohjeistus. 3 sivua.	
	Liite 7. TIKU:n tyyppihyväksyntä. 1. sivu.	

# KUVALUETTELO

Kuva 1. Tiemerikintöjen ominaisuuksia. ....	9
Kuva 2. Tiemerikinnän pysyvyyteen vaikuttavat tekijät (Sohkanen 2005). ....	13
Kuva 3. Esimerkki tiemerikinnän päälle asetettavasta kehikosta (mitat millimetrejä). ....	15
Kuva 4. Silmämääräisen arvioinnin esimerkkikuvat Englannissa (HA 2007). ....	19
Kuva 5. Pituussuuntaisten tiemerikintöjen arvioinnin toimenpidekaavio moottoriteillä ja muilla pääteillä Englannissa (HA 2007) ....	20
Kuva 6. Harjoittelussa käytetyt merkinnät (Pike, Kuchangi ja Benz 2010). ....	21
Kuva 7. Keskimääräiset silmämääräiset arviot paluuehijastavuudesta (Pike, Kuchangi ja Benz 2010). ....	22
Kuva 8. Testiradan järjestelyt. ....	23
Kuva 9. Raja-arvot hintaherkkyyssmittarin sovelluksen mukaan (Hirasawa et. al. 2008). ....	24
Kuva 10. Kevään kohteet. ....	26
Kuva 11. Syksyn kohteet. ....	27
Kuva 12. Kohteet valtatiellä 12. ....	28
Kuva 13. Kuntoluokitusohjeen esimerkkikuvat kuntoarvolle 3. ....	29
Kuva 14. TIKU-laitteisto (Tiehallinto 2008). ....	30
Kuva 15. TIKU-mittausajoneuvo sisältä ....	31
Kuva 16. Tulkinta kameran ottamasta kuvasta (Tiehallinto 2008). ....	31
Kuva 17. RMT:n mittausperiaate ja kiinnitys mittausajoneuvoon ....	33
Kuva 18. RMT -mittausajoneuvo ....	33
Kuva 19. Jakaumien samankaltaisuuden testaamiseksi valitun testin valinta. ....	34
Kuva 20. Mittausvirheen muodostuminen. ....	37
Kuva 21. Tarkkuus (Accuracy and Precision). ....	38
Kuva 22. Components of variation (hyvä). ....	40
Kuva 23. Components of variation (huono). ....	40
Kuva 24. Xbar Chart (hyvä). ....	40
Kuva 25. Xbar Chart (huono). ....	41
Kuva 26. R Chart (hyvä). ....	41
Kuva 27. R Chart (huono). ....	41
Kuva 28. Reunaviivan kuntoarvojen jakaumat tiellä 130 (kokeneet). ....	43
Kuva 29. Keskiviivan kuntoarvojen jakaumat tiellä 130 (kokeneet). ....	45
Kuva 30. Reunaviivan kuntoarvojen jakaumat tiellä 130 (kokemattomat). ....	46
Kuva 31. Kuntoarvojen jakaumat keskiviivasta tiellä 130 (kokemattomat). ....	47
Kuva 32. Reunaviivan kuntoarvojen jakaumat tiellä 130 (silmämääräinen arviointi) ....	49
Kuva 33. Kuntoarvojen jakaumat keskiviivasta tiellä 130 (silmämääräinen arviointi). ....	49
Kuva 34. Yhteenvetoreunaviivan tuloksista tiellä 130 (TIKU). ....	50
Kuva 35. Yhteenveto keskiviivan tuloksista tiellä 130 (TIKU). ....	50
Kuva 36. Esimerkki TIKU:n keskiviivan tulostilasta. ....	51
Kuva 37. Yhteenveto reunaviivan tuloksista tiellä 130 (RMT). ....	51
Kuva 38. Reunaviivan kuntoarvojen jakaumat tiellä 130 (mittalaitteet). ....	52
Kuva 39. Yksittäisten arvojen jakaumat. ....	52
Kuva 40. Mittalaitteiden välinen korrelaatio reunaviivasta tiellä 130. ....	53
Kuva 41. Reunaviivan kuntoarvojen jakaumat tiellä 130 (kaikki). ....	54
Kuva 42. Keskiviivan kuntoarvojen jakaumat tiellä 130 (kaikki). ....	54
Kuva 43. Kuntoarvojen jakaumat reunaviivasta tiellä 12 (toistomittaus). ....	57
Kuva 44. Kuntoarvojen jakaumat keskiviivasta tiellä 12 (toistomittaus). ....	57
Kuva 45. TIKU -mittausten korrelaatio reunaviivasta tiellä 12 (kokematon). ....	59
Kuva 46. TIKU -mittausten korrelaatio keskiviivasta tiellä 12 (kokematon). ....	59
Kuva 47. Gage R&R reunaviivasta tiellä 12 (TIKU). ....	60
Kuva 48. Ohjaukset reunaviivan tuloksista tiellä 12 (TIKU) ....	60
Kuva 49. Gage R&R keskiviivasta tiellä 12 (TIKU). ....	60
Kuva 50. Ohjaukset keskiviivan tuloksista tiellä 12 (TIKU). ....	61
Kuva 51. Kuntoarvojen jakaumat reunaviivasta (TIKU). ....	62
Kuva 52. Kuntoarvojen jakaumat keskiviivasta (TIKU). ....	62

Kuva 53. Testimittauksen korrelaatio reunaviivasta. ....	63
Kuva 54. Testimittauksen korrelaatio keskiviivasta. ....	63
Kuva 55. Testimittauksen toistettavuus reunaviivasta. ....	64
Kuva 56. Testimittauksen ohjauskartat reunaviivasta. ....	64
Kuva 57. Testimittauksen toistettavuus keskiviivasta. ....	65
Kuva 58. Testimittauksen ohjauskartat keskiviivasta. ....	65
Kuva 59. Silmämääräisen arvioinnin suorittaneet ja arviointiin käytetty kalusto. ....	66
Kuva 60. Kuntoarvojen jakaumat reunaviivasta tiellä 140 (silämääräinen arviointi). ....	67
Kuva 61. Kuntoarvojen jakaumat keskiviivasta tiellä 140 (silämääräinen arviointi). ....	67
Kuva 62. TIKU-mittauksessa kokemattoman mittajaan käyttämä ajoneuvo. ....	70
Kuva 63. TIKU:n kalibrointi kokeneiden käyttämällä ajoneuvolla. ....	71
Kuva 64. TIKU -mittausten korrelaatio reunaviivasta tiellä 140 (kokenut). ....	73
Kuva 65. TIKU -mittausten korrelaatio keskiviivasta tiellä 140 (kokenut). ....	73
Kuva 66. TIKU -mittausten toistettavuus reunaviivan tuloksista tiellä 140 (kokenut). ....	74
Kuva 67. TIKU -mittausten ohjauskartat reunaviivan tuloksista tiellä 140 (kokenut). ....	74
Kuva 68. TIKU -mittausten toistettavuus reunaviivan tuloksista tiellä 140 (kokematon). ....	75
Kuva 69. TIKU -mittausten ohjauskartat reunaviivan tuloksista tiellä 140 (kokematon). ....	75
Kuva 70. TIKU -mittausten toistettavuus keskiviivan tuloksista tiellä 140 (kokenut). ....	76
Kuva 71. TIKU -mittausten ohjauskartat keskiviivan tuloksista tiellä 140 (kokenut). ....	76
Kuva 72. TIKU -mittausten toistettavuus keskiviivan tuloksista tiellä 140 (kokematon). ....	76
Kuva 73. TIKU -mittausten ohjauskartat keskiviivan tuloksista tiellä 140 (kokematon). ....	77
Kuva 74. TIKU -mittausten toistettavuus reunaviivan tuloksista tiellä 140 (kokenut + kokematon). ....	77
Kuva 75. TIKU -mittausten toistettavuus keskiviivan tuloksista tiellä 140 (kokenut + kokematon). ....	77
Kuva 76. RMT-mittaus käynnissä. ....	78
Kuva 77. RMT-mittausten korrelaatio reunaviivasta tiellä 140. ....	79
Kuva 78. RMT-mittausten korrelaatio keskiviivasta tiellä 140. ....	80
Kuva 79. RMT-mittausten toistettavuus reunaviivasta tiellä 140. ....	80
Kuva 80. Ohjauskartat RMT-mittausten reunaviivan tuloksista tiellä 140. ....	80
Kuva 81. RMT-mittausten toistettavuus keskiviivasta tiellä 140. ....	81
Kuva 82. Ohjauskartat RMT-mittausten keskiviivan tuloksista tiellä 140. ....	81
Kuva 83. Esimerkkikuva uusista vertailukuvista. ....	92
Kuva 84. Referenssiarvon määrittämiseen tarvittavat laitteet. ....	94
Kuva 85. Drop-on-line. ....	96
Kuva 86. Siniaaltojyrsintä. ....	96



# TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1. Ruudukon arviointi.....	15
Taulukko 2. Kuluneisuuden määrittäminen.....	15
Taulukko 3. Teiden jaottelu (Tiehallinto 2007).....	16
Taulukko 4. Kuntoarvovaatimukset (Tiehallinto 2007).....	17
Taulukko 5. Tiemerkintöjen toiminnalliset ja geometriset vaatimukset Ruotsissa.....	17
Taulukko 6. Tiemerkintäluokat Ruotsissa (Trafikverket 2010).....	17
Taulukko 7. Silmämääräisen arvioinnin sanalliset kuvaukset (HA 2007).....	19
Taulukko 8. Tiemerkintöjen arviointimenetelmä Japanissa (Hirasawa et. al. 2008).....	23
Taulukko 9. Kevään kohteet.....	26
Taulukko 10. Syksyn kohteet.....	27
Taulukko 11. Kohteet valtatiellä 12.....	27
Taulukko 12. Kuntoarvojen sanalliset kuvaukset (Tiehallinto 2004).....	29
Taulukko 13. Kuntoarvoluokitus suhteellisen pinta-alan mukaan (Tiehallinto 2007b).....	32
Taulukko 14. Kendallin tau-b:n laskemiseksi tarvittavien parametrien määrittämisen periaate.....	35
Taulukko 15. Kappa-arvon tulkinta (Landis & Koch 1977).....	36
Taulukko 16. Gage R&R:n tulkintaohjeet (AIAG 1995).....	39
Taulukko 17. Tiemerkintöjen palvelusopimuksissa vaaditut tavat kuntoarviointiin.....	42
Taulukko 18. Wilcoxonin järjestyslukujen merkkitestin tulokset reunaviivasta tiellä 130 (kokeneet).....	44
Taulukko 19. Friedmanin testin tulos reunaviivasta tiellä 130 (kokeneet).....	44
Taulukko 20. Parivertailun tuloksia reunaviivasta tiellä 130 (kokeneet).....	44
Taulukko 21. Friedmanin testin tulos keskiviivasta tiellä 130 (kokeneet).....	45
Taulukko 22. Wilcoxonin järjestyslukujen merkkitestin tulokset keskiviivasta tiellä 130 (kokeneet).....	45
Taulukko 23. Parivertailun tuloksia keskiviivasta tiellä 130 (kokeneet).....	45
Taulukko 24. Friedmanin testin tulos reunaviivasta tiellä 130 (kokemattomat).....	46
Taulukko 25. Wilcoxonin järjestyslukujen merkkitestin tulos reunaviivasta tiellä 130 (kokemattomat).....	46
Taulukko 26. Parivertailun tuloksia reunaviivasta tiellä 130 (kokemattomat).....	47
Taulukko 27. Friedmanin testin tulos keskiviivasta tiellä 130 (kokemattomat).....	48
Taulukko 28. Wilcoxonin järjestyslukujen merkkitestin tulos keskiviivasta tiellä 130 (kokemattomat).....	48
Taulukko 29. Parivertailun tuloksia keskiviivasta tiellä 130 (kokemattomat).....	48
Taulukko 30. Tunnuslukuja reunaviivan arvioinnista tiellä 130.....	53
Taulukko 31. Tunnuslukuja keskiviivan arvioinnista tiellä 130.....	54
Taulukko 32. Ryhmittäinen yhteenveto tieltä 130 (reunaviiva).....	55
Taulukko 33. Ryhmittäinen yhteenveto tieltä 130 (keskiviiva).....	55
Taulukko 34. Arviointien yhtenevyys reunaviivasta toistomittauksessa tiellä 12 (kokemattomat+TIKU).....	56
Taulukko 35. Arviointien yhtenevyys keskiviivasta toistomittauksessa tiellä 12 (kokemattomat+TIKU).....	56
Taulukko 36. Wilcoxonin järjestyslukujen merkkitestin tulokset reunaviivasta tiellä 12 (toistomittaus).....	57
Taulukko 37. Wilcoxonin järjestyslukujen merkkitestin tulokset keskiviivasta tiellä 12 (toistomittaus).....	58
Taulukko 38. Yksimielisyys saman arvioijan eri arviointien välillä tiellä 12.....	58
Taulukko 39. Yksimielisyys saman arvioijan eri arviointien välillä.....	62
Taulukko 40. Wilcoxonin järjestyslukujen merkkitestin tulokset TIKU:n testimittauksista.....	63
Taulukko 41. Pearsonin r ja Spearmanin rho (TIKU).....	63
Taulukko 42. Arviointien yhtäpitävyys reunaviivasta toistomittauksessa tiellä 140.....	66
Taulukko 43. Arviointien yhtäpitävyys keskiviivasta toistomittauksessa tiellä 140.....	66
Taulukko 44. Wilcoxonin järjestyslukujen merkkitestin tulokset reunaviivasta tiellä 140 (toistomittaus).....	67
Taulukko 45. Wilcoxonin järjestyslukujen merkkitestin tulokset keskiviivasta tiellä 140 (toistomittaus).....	68
Taulukko 46. Parivertailun tuloksia tiellä 140 (toistomittaus).....	68
Taulukko 47. Friedmanin testin tulos tiellä 140 (silmämääräinen arviointi).....	69
Taulukko 48. Wilcoxonin järjestyslukujen merkkitestin tulos reunaviivasta tiellä 140 (silmäm. arviointi).....	69
Taulukko 49. Wilcoxonin järjestyslukujen merkkitestin tulos keskiviivasta tiellä 140 (silmäm. arviointi).....	69
Taulukko 50. Parivertailun tuloksia reunaviivasta tiellä 140 (silmämääräinen arviointi).....	70
Taulukko 51. Parivertailun tuloksia keskiviivasta tiellä 140 (silmämääräinen arviointi).....	70
Taulukko 52. Yksimielisyys saman arvioijan eri arviointien välillä tiellä 140 (TIKU).....	71
Taulukko 53. Friedmanin testin tulos reunaviivasta tiellä 140 (TIKU).....	72
Taulukko 54. Friedmanin testin tulos keskiviivasta tiellä 140 (TIKU).....	72

Taulukko 55. Wilcoxonin järjestyslukujen merkkitestin tulokset reunaviivasta tiellä 140 (TIKU). .....	72
Taulukko 56. Wilcoxonin järjestyslukujen merkkitestin tulokset keskiviivasta tiellä 140 (TIKU). .....	73
Taulukko 57. Pearsonin r ja Spearmanin rho reunaviivasta tiellä 140 (TIKU). .....	74
Taulukko 58. Pearsonin r ja Spearmanin rho keskiviivasta tiellä 140 (TIKU). .....	74
Taulukko 59. Yksimielisyys saman arvioijan eri arviointien välillä tiellä 140 (RMT). .....	78
Taulukko 60. Friedmanin testin tulos keskiviivasta tiellä 140 (RMT). .....	79
Taulukko 61. Wilcoxonin järjestyslukujen merkkitestin tulokset reunaviivasta tiellä 140 (RMT). .....	79
Taulukko 62. Wilcoxonin järjestyslukujen merkkitestin tulokset keskiviivasta tiellä 140 (RMT). .....	79
Taulukko 63. Pearsonin r ja Spearmanin rho reunaviivasta (RMT). .....	79
Taulukko 64. Pearsonin r ja Spearmanin rho keskiviivasta (RMT). .....	79
Taulukko 65. Laitteiden tuloksista erottamien luokkien määrä. ....	82
Taulukko 66. Tunnusluvut reunaviivan arvioinneista tiellä 140. ....	82
Taulukko 67. Tunnusluvut keskiviivan arvioinneista tiellä 140. ....	83
Taulukko 68. Pearsonin r ja Spearmanin rho tiellä 140. ....	83
Taulukko 69. Ryhmittäinen yhteenveto tieltä 140 (reunaviiva) .....	84
Taulukko 70. Ryhmittäinen yhteenveto tieltä 140 (keskiviiva) .....	84
Taulukko 71. Silmämääräisen arvioinnin yhteenveto reunaviivasta. ....	86
Taulukko 72. Silmämääräisen arvioinnin yhteenveto keskiviivasta. ....	86
Taulukko 73. Hyväksytyt ja hylätyt reunaviivasta tiellä 130 kuntoarvovaatimuksella 4. ....	87
Taulukko 74. Hyväksytyt ja hylätyt reunaviivasta tiellä 130 kuntoarvovaatimuksella 3. ....	88
Taulukko 75. Hyväksytyjen ja hylättyjen osuus reunaviivasta tiellä 140 kuntoarvovaatimuksella 4. ....	88
Taulukko 76. Hyväksytyjen ja hylättyjen osuus reunaviivasta tiellä 140 kuntoarvovaatimuksella 3. ....	88
Taulukko 77. Yhteenveto TIKU:n reunaviivan tuloksista. ....	89
Taulukko 78. Yhteenveto TIKU:n keskiviivan tuloksista. ....	89
Taulukko 79. Yhteenveto RMT:n tuloksista. ....	90

## SYMBOLILUETTELO

<b>ELY-keskus</b>	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus
<b>Gage R&amp;R</b>	Gage Repeatability and Reproducibility
<b>HSM</b>	High Speed Monitor (for measuring retro reflectivity)
<b>K<sub>R</sub></b>	Randolphin kappa
<b>MSA</b>	Measurement System Analysis
<b>PSM</b>	Price Sensitivity Meter
<b>r</b>	Pearsonin korrelaatiokerroin
<b>r<sub>s</sub></b>	Spearmanin (rho) järjestyskorrelaatiokerroin
<b>RMT</b>	Road Marking Tester
<b>RST</b>	Road Surface Tester
<b>SRT</b>	Skid Resistance Test
<b>tau-b</b>	Kendallin tau-b
<b>TIKU</b>	Destian kehittämä menetelmä tiemerkintöjen kuntomittaukseen

# MÄÄRITELMÄT

## Kitka-arvo

SRT-arvo (Skid Resistance Test), kitkan arvo mitattuna heilurikitkamittarilla tai vastaavalla (Tiehallinto 2007).

## Kuntoarvo

Silmämääräinen (näköhavaintoon perustuva) viisiportainen tiemerkinnän kunnon arviointiasteikko. Kuntoarvon määrittely tehdään julkaisun *Tiemerkintöjen kuntoluokitus* (Tiehallinto 2004) esimerkkikuvien avulla vain silmämääräisen arvioinnin perusteella ilman paluuheijastuvuutta tai luminanssia koskevia vaatimuksia. Kuntoarvo voidaan määrittää myös koneellisesti, jos on luotettavasti osoitettu, että tulokset vastaavat silmämääräisesti tehtyä arviointia (Tiehallinto 2007).

## Luminanssikerroin $Q_d$

Pinnan luminanssin (= Pinnan valovoiman tiheys tiettyyn suuntaan) ja valaistusvoimakkuuden välinen suhde. Käytetään tyypin II päivänäkyvyyden arvioinnissa. (Tiehallinto 2007).

## Luminanssitekijä $\beta$

Kuvaa merkinnän näkyvyyttä päivänvalolla ja pysyvässä tievalaistuksessa (ns. päivänäkyvyys) (Tiehallinto 2007).

## Paluuheijastavuus $R_L$

Mittausarvo, joka kuvaa auton valoista kuljettajan silmiin heijastunutta valon määrää (ns. pimeän ajan näkyvyys) (Tiehallinto 2007).

## Preview aika (preview time)

Preview aika tarkoittaa näkemämatkan ajamiseen kulunutta aikaa, joka alkaa siitä, kun kuljettaja ensimmäisen kerran näkee jonkin tien kohdan ja päättyy siihen, kun kuljettaja on kyseisellä kohdalla. (Tiehallinto 2007c).

## Tiemerkintä

Tiemerkinnällä tarkoitetaan maalaamalla tai muulla menetelmällä tienpintaan tehtyä merkintää, jota käytetään joko yksin tai yhdessä liikennemerkkien kanssa liikenteen ohjaamiseen. Tiemerkinnät jaetaan tien pituussuuntaisiin merkintöihin ja muihin tiemerkintöihin (Tiehallinto 2007).

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tutkimuksen tausta

Suomessa tiemerkintöjen keväisin tehtävien kuntoarviointien tarkoituksena on saada selville talven jäljiltä mm. lumen ja pakkasen sekä erityisesti auraskaluston ja nastarenkaiden kuluttamien tiemerkintöjen kunto. Kuntoarviointien perusteella tienpidosta vastaavat tahot (Suomessa maanteillä ELY-keskukset) voivat suunnitella ja lisätä tarvittavat toimenpiteet kunnossapidon hankintaohjelmiin ja näin varmistaa tiemerkintöjen riittävän hyvän kunnon hallinnoimallaan tieverkolla.

Tiemerkintöjen kuntoarviointi on Suomessa perinteisesti tehty silmämääräisesti ja kunto määritetään viisiportaisella asteikolla 1 (huono) – 5 (erittäin hyvä). Arviointi perustuu merkintöjen *kulumattomuuteen* (merkinnästä jäljellä oleva pinta-ala prosentteina verrattuna uuteen merkintään) ja *puhtauteen*. Tiemerkinnöillä on myös muita ominaisuuksia (*Kuva 1*) kuten paluuheijastavuus, luminanssi, väri ja kitka, jotka ovat mitattavia suureita eikä niitä arvioida silmämääräisesti. (Tiehallinto 2004).



Kuva 1. Tiemerkintöjen ominaisuuksia.

Kuntoarvo on siis vain yksi tiemerkinnän ominaisuuksista, jotka määräävät tiemerkinnän lopullisen uusintatarpeen. Suomessa tiemerkintöjen palvelusopimuksissa (esimerkiksi Uudenmaan ELY-keskus 2010; Pohjois-Savon ELY-keskus 2010) uusintatarpeen määrittävät useimmiten kuntoarvo ja paluuheijastavuus. Muita ominaisuuksia mitataan yleensä pistokoemaisesti tai, jos siihen katsotaan muutoin olevan tarvetta.

Tiemerkintöjen luotettavampaa ja ennen kaikkea objektiivista kuntoarviointia varten on Suomessa kehitetty konenäköön perustuva menetelmä (TIKU) (Kotilainen 2003), jossa automaattisella kuvauslaitteistolla määritetään tiemerkinnän kuntoarvo. Koska

kuntoarvo tiemerkinnän toiminnallisena ominaisuutena ei ole muissa maissa samalla tavoin käytössä kuin Suomessa, vastaavan menetelmän suhteen ei ole kansainvälisesti juurikaan tehty kehitystyötä. Ruotsalaiset ovat kehittäneet menetelmää tiemerkintöjen muiden ominaisuuksien jatkuvaan mittaamiseen yhdellä samalla ajoneuvolla (RMT, Road Marking Tester) (VTI 2009) ja ovat alkaneet kehittää myös laitetta, jolla voidaan mitata tiemerkinnän kuntoarvo.

## **1.2 Tutkimusongelma**

Tutkimusongelman ydin on miten arvioida tiemerkintöjen kunto luotettavasti. Vastaavatko nykyisen silmämääräisen arvioinnin ja TIKU -mittausten tulokset toisiaan? Miten hyvin vasta kehitteillä olevan RMT:n tulokset asettuvat näiden kahden edellä mainitun käytössä olevan menetelmän tulosten kanssa samalle tasolle? Millaiset vaatimukset menetelmille ja niissä käytetyille laitteille on asetettava, jotta saavutetaan yhtenäisiä ja luotettavia tuloksia? Mitkä ovat suurimmat haasteet ja minkälaisia ongelmia voi ilmetä?

Kuntoarvon määrittäminen silmämääräisesti on ongelmallista siksi, että se on subjektiivista. Arviointien tulokset ovat henkilöriippuvaisia ja saattavat vaihdella arvioijien ja jopa saman arvioijan eri hetkellä tekemien arviointien välillä. Tästä voi seurata, että sama merkintä voi yhden arvioijan mielestä täyttää vaatimukset ja toisen mielestä se tulisi uusia, vaikka arviointikriteerit ovatkin samat. Lisäksi asia voi aiheuttaa erimielisyyksiä tilaajan ja urakoitsijan välille siitä, onko urakoitsija täyttänyt sopimusvelvoitteensa tiemerkintöjä uusiessaan. Myöskään tiemerkintöjen paluuheijastavuuden muutoksia ei tunneta vuoden eri aikoina ja paluuheijastavuusmittauksia tehdään alkukesästä, vaikka niitä kannattaisi tehdä alkusyksystä, silloin kun paluuheijastavuuden tarve on suurin (Reihe 2011).

## **1.3 Tutkimuksen tavoitteet ja toteutus**

Tutkimuksen päätavoitteena oli selvittää eri kuntoarviointimenetelmien tulosten yhdenmukaisuus keski- ja reunaviivoista tehtävien testimittausten ja – arviointien avulla. Lisäksi selvitettiin, onko viisiportainen kuntoluokitus paras tapa esittää tiemerkintöjen kunto vai olisiko mahdollisesti kolme- tai jopa kaksiportainen asteikko tarkoituksenmukaisempi. Tiemerkintöjen palvelusopimusten vertailun tavoitteena oli selvittää sopimusten välisiä eroja. Viimeisenä tavoitteena oli luoda ohjeistus ja vaatimukset tiemerkintöjen kunnon mittaamiseen konenäköön perustuvilla laitteilla.

Tutkimus toteutettiin koemittausten ja – arviointien sekä kirjallisuus- ja sopimuskatsauksen avulla hankkimalla tietoa tiemerkintöjen kunnon mittaustavan kehittämiseksi.

## **1.4 Tutkimuksen rajaukset**

Tiemerkintöjen kuntoarvioinnissa keskityttiin ajoradan pituussuuntaisiin merkintöihin pois luettuna jysintään tehdyt ja profiloidut merkinnät. Myös muut maalaukset ja merkinnät, kuten esimerkiksi pienmerkinnät, jätettiin tämän tutkimuksen ulkopuolelle. Kirjallisuusselvityksen pääpaino oli pohjoismaisissa julkaisuissa.

Tämän diplomityön lisäksi paluuheijastavuudesta on parhaillaan käynnissä Liikenneviraston rahoittama Aalto-yliopistossa opinnäytetyönä tehtävä ympärivuotinen tutkimus, jonka on määrä valmistua vuoden 2012 aikana. Tutkimuksessa mitataan paluuheijastavuus samoista merkinnöistä kerran viikossa yhden vuoden ajan. Paluuheijastavuuden seurantatutkimuksen ja tämän tutkimuksen perusteella Liikenneviraston on tarkoitus saada parempi käsitys tiemerkintöjen paluuheijastavuuden muutoksista ja kunnon luotettavasta mittaamisesta.

## 2 TEORIA

### 2.1 Tiemerkintöjen kuntomäärityksen periaatteet

#### 2.1.1 Tiemerkintöjen tehtävä

Tiemerkintöjen tehtävänä on parantaa liikenteen sujuvuutta, ohjausta, turvallisuutta ja ajomukavuutta. Tehtävä korostuu pimeällä ja huonoissa kelioloissa. Tärkeää tienkäyttäjän kannalta on, että merkinnät ovat johdonmukaisia ja yhtenäisiä. Tiemerkintöjen toimivuuden kannalta laadulla on suuri merkitys. (Tiehallinto 2006).

#### 2.1.2 Tiemerkintöjen kuntomäärityksen tarkoitus

Tiemerkintöjen kuntomääritys on osa tiemerkintöjen toimivuuden tarkkailua, sillä huonokuntoiset merkinnät eivät toimi halutulla tavalla.

Tiemerkintöjen kuntomäärityksen tarkoituksena on saada kunnossapitäjälle konkreettiset kuntotilan standardit sekä kuntotilojen luokitukset toimenpiteiden ohjausta varten. Laatutavoitteet ja toimintalinjat määritetään näiden kuntomääritysten pohjalta erikseen. (Tielaitos 1994).

### 2.2 Tiemerkintöjen arviointi

#### 2.2.1 Toiminnalliset ominaisuudet

Liikenneviraston ylläpitämien teiden tiemerkintöjen toimivuuden määrittely perustuu toiminnallisten ominaisuuksien mittauksiin. Mittaukset perustuvat tilastollisella menetelmällä valittuihin satunnaisiin otoksiin. Myös muuta sovittua menettelyä voidaan käyttää. Merkintöjen toimivuusvaatimukset täsmennetään urakka-asiakirjoissa. (Tiehallinto 2007).

Eurooppalaisen standardin (SFS-EN 1436+A1 2009) mukaan tiemerkinnöistä mitattavat toiminnalliset ominaisuudet (1.-4.) ja niiden mittoina käytettävät suureet ovat:

##### 1. Heijastus päivänvalossa tai tievalaistuksessa (päivänäkyvyys)

- hajavalon luminanssikerroin  $Q_d$  ( $\text{mcd} \times \text{m}^{-2} \times \text{lx}^{-1}$ )
  - i. kerroin kuvastaa tiemerkinnän kirkkautta kuljettajan silmin nähtynä keskivertopäivänvalossa tai tievalaistuksessa
  - ii. erona luminanssitekijään  $\beta$  pitkä tarkasteluetaisyys
- luminanssitekijä  $\beta$  ( $\text{mcd} \times \text{m}^{-2} \times \text{lx}^{-1}$ )
  - i. tekijä kuvastaa tiemerkinnän kirkkautta kuljettajan silmin nähtynä keskivertopäivänvalossa tai tievalaistuksessa
  - ii. erona luminanssikertoimeen  $Q_d$  tarkastelu lähietäisyydeltä



## 2. Paluuheijastavuus ajoneuvon valaistuksessa (yönäkyvyys)

### ➤ Paluuheijastuksen kerroin $R_L$ ( $\text{mcd} \times \text{m}^{-2} \times \text{lx}^{-1}$ )

- i. kerroin kuvastaa tiemerkin kirkkautta kuljettajan silmin nähtynä ajoneuvon etulyhtyjen valossa

## 3. Väri

### ➤ Värikoordinaatit x ja y

## 4. Kitka

### ➤ SRT-arvo

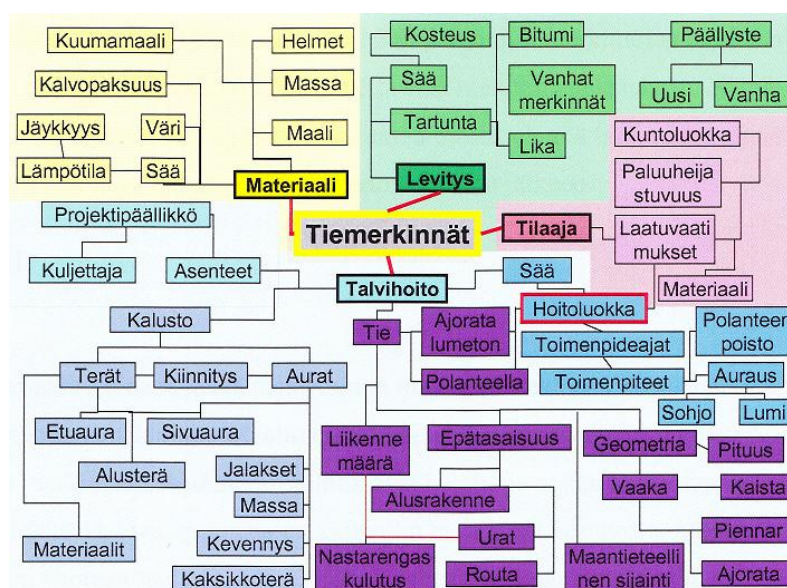
- i. kitkan arvo mitattuna heilurikitkamittarilla tai vastaavalla

Merkittävimpänä mitattavana ominaisuutena useissa maissa pidetään tiemerkin paluuheijastavuutta, joka määrittelee useimmiten tiemerkin uusimistarpeen. Suomessa kuntoarvolla on tällä hetkellä kuitenkin vähintään yhtä iso rooli merkintöjen uusimistarvetta määritettäessä.

### 2.2.2 Tiemerkin ominaisuuksiin vaikuttavat tekijät

Tietyn tieosan toiminnalliset ominaisuudet riippuvat tiemerkin tilasta, johon vaikuttavat paikalliset olosuhteet, vuodenaika, tietä käyttänyt liikenne, sää ja muut tekijät. On syytä ottaa huomioon, että tietyssä yhteydessä mitattu arvo ei välttämättä edusta keskimääräistä tai tyypillistä tiemerkin arvoa. (SFS-EN 1436+A1 2009).

Yllä kuvattu ja standardissakin mainittu asia kertoo siitä, että tiemerkin arviointiin liittyy monenlaista epävarmuutta. Olettaessa huomioon tiemerkin pysyvyyteen vaikuttavat tekijät (Kuva 2) voitaneen kuitenkin todeta, että tiemerkin kestoajan ennustaminen on vielä huomattavasti monimutkaisempi asia.



Kuva 2. Tiemerkin pysyvyyteen vaikuttavat tekijät (Sohkanen 2005).

Siksi tiemerkinnän uusimistarvetta selvitetessä kuntoarvioinnin epävarmuustekijöiden minimointi tai vaikutusten selvittäminen näyttää helpommalta ratkaisulta kuin laskennallisen mallin määrittäminen tiemerkinnän kulumiselle.

### 2.2.3 Kuntoarvo

Tiehallinnon julkaisu *Tiemerkintöjen laatuvaatimukset* (2007) määrittelee kuntoarvon seuraavasti:

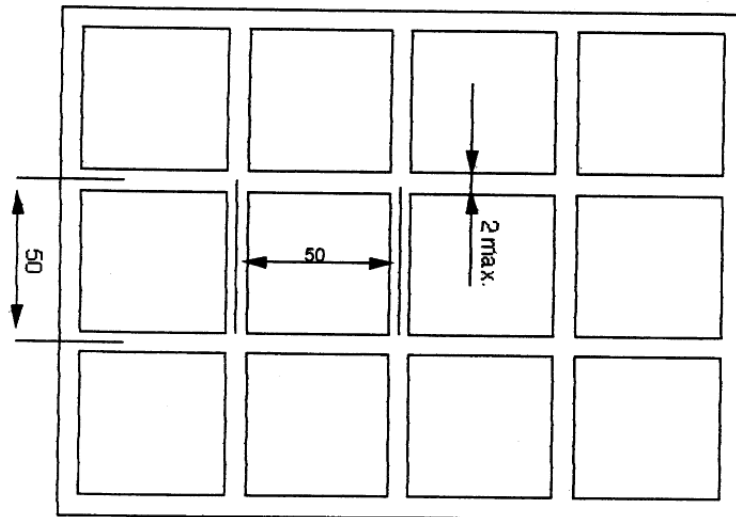
*”Kuntoarvo on silmämääräinen (näköhavaintoon perustuva) viisiportainen tiemerkinnän kunnon arviointiasteikko. Kuntoarvon määrittely tehdään julkaisun Tiemerkintöjen kuntoluokitus (Tiehallinto 2004) esimerkkikuvien avulla vain silmämääräisen arvioinnin perusteella ilman paluuheijastuvuutta tai luminanssia koskevia vaatimuksia. Kuntoarvo voidaan määrittää myös koneellisesti, jos on luotettavasti osoitettu, että tulokset vastaavat silmämääräisesti tehtyä arviointia.”*

Kuntoarvo tarkoittaa siis tiemerkinnän silmämääräistä vertaamista annettuihin esimerkkikuviin, jotka kuvaavat viittä kunnoltaan erilaista merkintää, ja edelleen tämän vertailun perusteella annettua arvoa 1-5. Merkinnät toisistaan erottaa merkinnän kulumattomuus eli jäljellä olevan merkinnän määrä suhteessa alkuperäisen merkinnän pinta-alaan.

Kuntoarvoa ei ole aina määritelty tällä tavoin. Aiemmassa ohjeessa (Tielaitos 1994) tiemerkintöjen kuntoarvoa määritettäessä on otettu huomioon kulumattomuuden lisäksi näkyvyys pimeään aikaan (paluuheijastuvuus kuivalla ja kostealla) sekä näkyvyys päiväsaikaan (luminanssi kuivalla). Näille kaikille oli määritelty raja-arvot, joiden mukaan kuntoarvo määräytyi edellä mainituista tekijöistä heikoimman mukaan.

Nykyiseen ohjeeseen siirryttäessä kuntoarvon määritelmä siis muuttui käsittämään merkinnän kulumattomuutta. Yksi syy tälle on saattanut olla ajatus siitä, että pelkän kulumattomuuden avulla voitaisiin todeta myös muut toiminnalliset ominaisuudet riittäviksi (Roivainen 2011).

Eurooppalaisessa standardissa (SFS-EN 1824:1998) tiemerkinnän kuluneisuuden (wear index) määrittämiseksi on esitetty valokuvan tulkintaan perustuva menetelmä. Siinä tutkittavan tiemerkinnän päälle asetetaan vähintään 12 samankokoisen ruudun kehikko (Kuva 3), minkä jälkeen ruudukosta otetaan valokuva. Valokuvasta määritellään ruutujen sisällä olevat merkinnät luokkiin alla olevan taulukon mukaisesti, kukin omaan luokkaansa.



Kuva 3. Esimerkki tiemerkinnän päälle asetettavasta kehikosta (mitat millimetrejä).

Taulukko 1. Ruudukon arviointi.

Luokka	Tiemerkinnästä jäljellä oleva pinta-ala	Painotus
a	$\geq 75$	1
b	$\geq 50$	2
c	$\geq 25$	3
d	$\leq 25$	4

Arvioinnin tulokset kirjataan alla olevaan taulukkoon, jossa  $T_1$  ja  $T_2$  ovat niiden yllä puolella olevien ruutujen arvojen summa ja kuluneisuus saadaan kaavasta  $T_2/T_1$ . Lopullinen arvo on kolmen arvioijan määrittämien tulosten keskiarvo.

Taulukko 2. Kuluneisuuden määrittäminen.

Luokka	Ruutujen määrä (x)	Painotus (y)	$x \cdot y$
a		1	
b		2	
c		3	
d		4	
	$T_1$ :		$T_2$ :

Yllä kuvatulla menetelmällä pystytään arvioimaan vain yksittäisiä pieniä alueita menetelmän työläyden vuoksi. Kuluneisuus tai kulumattomuus onkin harvemmin määritetty arvo tiemerkintää arvioitaessa, vaikka sitä Suomessa käytetään.

Tämä tutkimus keskittyy nimenomaisesti kuntoarvoon eli tiemerkinnän kulumattomuuteen, mutta koska sitä ei ole eurooppalaisen standardin mukaan määritelty tiemerkinnän toiminnalliseksi ominaisuudeksi, eikä sille ole asetettu vaatimuksia, on asiasta vain vähän tutkimustietoa.

## 2.3 Tiemerkintöjen arviointi Suomessa

Tiemerkintöjen arviointi perustuu Suomessa tiemerkinnöille asetettujen laatuvaatimusten (Tiehallinto 2007) ja urakkakohtaisten sopimusasiakirjojen määräämiin arviointi- ja mittausmenetelmiin sekä niistä vaadittaviin tuloksiin. Pääasiallisesti tiemerkintöjen uusintatarve määräytyy tiemerkinnän kuntoarvon ja paluuheijastavuuden kautta (esimerkiksi Uudenmaan ELY-keskus 2010; Pohjois-Savon ELY-keskus 2010). Muita toiminnallisia ominaisuuksia, merkintöjen mittoja tai sijaintia mitataan, jos mahdollisia poikkeamia silmämääräisesti tai muuten havaitaan. Tiemerkintämateriaaleille on omat laatuvaatimuksensa ja ne on urakoitsijoiden täytettävä.

Suomessa tiemerkintöjen toimivuus koostuu seuraavista tekijöistä (Tiehallinto 2006):

- Tiemerkinnän laadun perustekijät:
  - päivänäkyvyys (luminanssi)
  - yönäkyvyys (paluuheijastavuus)
  - kitkavaatimus
- Tiemerkinnän laadun vaatimukset vuoden eri aikoina
  - keväällä talven jälkeinen kuntoarvo
  - kunnostettujen merkintöjen määräaika
- Uudet tiemerkinnät täyttävät uuden merkinnän laatuvaatimukset

Paluuheijastavuusmittauksia ja kuntoarvon määrittämiä tehdään joko jatkuvana mittauksena tai pistekohtaisina mittauksina. Jatkuvan mittauksen tuloksena saadaan paluuheijastavuusarvo tai kuntoarvo jokaiselle 100 metrin jaksolle. Pistekohtaisten mittausten perusteella saadaan arvo, jonka on tarkoitus kuvata sopimusasiakirjoissa määriteltä jaksoa, joka on yleensä 5 km. Tulokset sidotaan tierekisteriin ja aina tieosan vaihtuessa vaihtuu myös mitattava jakso. Tiemerkinnät jaetaan vaativuustason ja uudelleenmerkinnän kiireellisyyden mukaan kolmeen kategoriaan (*Taulukko 3*).

*Taulukko 3. Teiden jaottelu (Tiehallinto 2007)*

Kategoria	Kuvaus	KVL	Muuta
A	Liikenteellisesti tärkeät tiet	yli 3000	Ei taajamateitä
B	Keskivilkkaat tiet	500 - 3000	Kaikki taajamatiet, suojatiet, sulkualueet, pysäytysviivat, nuolet ym. pienmerkinnät
C	Muut tiet	alle 500	Kaikki yhdystiet

Tiemerkintöjen laatuvaatimuksissa kuntoarvovaatimukset on määriteltä kategorioittain erikseen sekä keväälle että syksyllä (*Taulukko 4*). ELY-keskusten välillä on kuitenkin eroja siinä, vaaditaanko arvioinnit tehtäviksi sekä keväällä että syksyllä. Esimerkiksi

Uudenmaan ELY-keskuksen alueella merkintöjen kunto arvioidaan vain keväisin (Uudenmaan ELY-keskus 2010).

*Taulukko 4. Kuntoarvovaatimukset (Tiehallinto 2007)*

Kategoria	Taso talven jälkeen *	Taso syksyllä **
A	Kuntoarvo 3	Kuntoarvo 4
B	Kuntoarvo 3	Kuntoarvo 4
C	Ei kuntoarvon määrittelyä	Kuntoarvo 3

\* ennen korjaavia toimenpiteitä

\*\* kunnostuksen takaraja ja kuntoarvojen aikarajat määritellään urakka-asiakirjoissa

## 2.4 Tiemerkintöjen arviointi muualla

### 2.4.1 Ruotsi

Ruotsissa urakoitsijan tulee todentaa, että tiemerkinnät täyttävät sekä toiminnalliset että geometriset vaatimukset. Todentaminen tapahtuu kontrollimittauksin, jotka tehdään ensisijaisesti mobiilimittalaitteilla, mutta myös kannettavia mittalaitteita voidaan käyttää. (Trafikverket 2010).

*Taulukko 5. Tiemerkintöjen toiminnalliset ja geometriset vaatimukset Ruotsissa.*

Toiminnalliset vaatimukset	Geometriset vaatimukset
1. paluuheijastavuus kuivana	1. viivan leveys
2. paluuheijastavuus märkänä (KVL >4000)	2. viivan paksuus
3. luminanssikerroin	3. katkoviivan pituus
4. kitka	4. viivojen välinen etäisyys

Tiemerkinnät jaetaan Ruotsissa luokkiin liikennemäärien mukaan alla olevan taulukon mukaisesti (Taulukko 6). Vaatimukset tiemerkinnöille ja mitattavien osuuksien määrä vaihtelevat tiemerkintäluokan mukaan.

*Taulukko 6. Tiemerkintäluokat Ruotsissa (Trafikverket 2010).*

Tiemerkintäluokka	KVL
1	> 16 000
2	8 000 - 15 999
3	2 000 - 7 999
4	500 - 1 999
5	< 500

Ruotsissa tiemerkinnästä ei määritetä kuntoarvoa sellaisena kuin se Suomessa ymmärretään, mutta tiemerkintä ei saa olla epäselvä tai harhaanjohtava kuluneisuuden tai muun syyn takia. Kohteen satametrisistä vaatimuksen alittavia saa tiemerkintäluokan mukaan olla 10 – 20 %, mutta kaksi peräkkäistä 100 metrin jaksoa ei koskaan saa alittaa vaatimusta.

### 2.4.2 Norja

Norjassa seuraavien tiemerkinnän toiminnallisten ominaisuuksien täytyy olla tyydyttävällä tasolla (Vegvesen 2010):

- näkyvyys päivänvalossa (luminanssikerroin  $Q_d$ )
- näkyvyys pimeässä (paluuheijastavuus  $R_L$ )
- väri (värikoordinaatit)
- kitka (SRT-arvo)

Ominaisuusvaatimusten täyttyminen todennetaan eurooppalaisen standardin EN-1436 mukaisin menetelmin. Mittaukset voidaan tehdä mobiilimittauksin tai kannettavilla mittalaitteilla. Lisäksi myös Norjassa on geometriset vaatimukset merkinnöille. Vaatimusrajat on esitetty norjalaisissa tiemerkintöjen teknisissä vaatimuksissa (Vegvesen 2010). Lisäksi tiemerkintämateriaaleille on asetettu omat vaatimuksensa.

### 2.4.3 Englanti

Englannissa moottoriteillä ja muilla pääteillä tiemerkintöjen arviointi perustuu kerran vuodessa suoritettaviin mittauksiin, joissa määritetään arvot joko kaikille tai joillekin seuraavista tekijöistä:

- paluuheijastavuus (retro reflectivity)
- kuluneisuus (wear)
- luminanssikerroin (luminance factor)
- kitka (skid resistance).

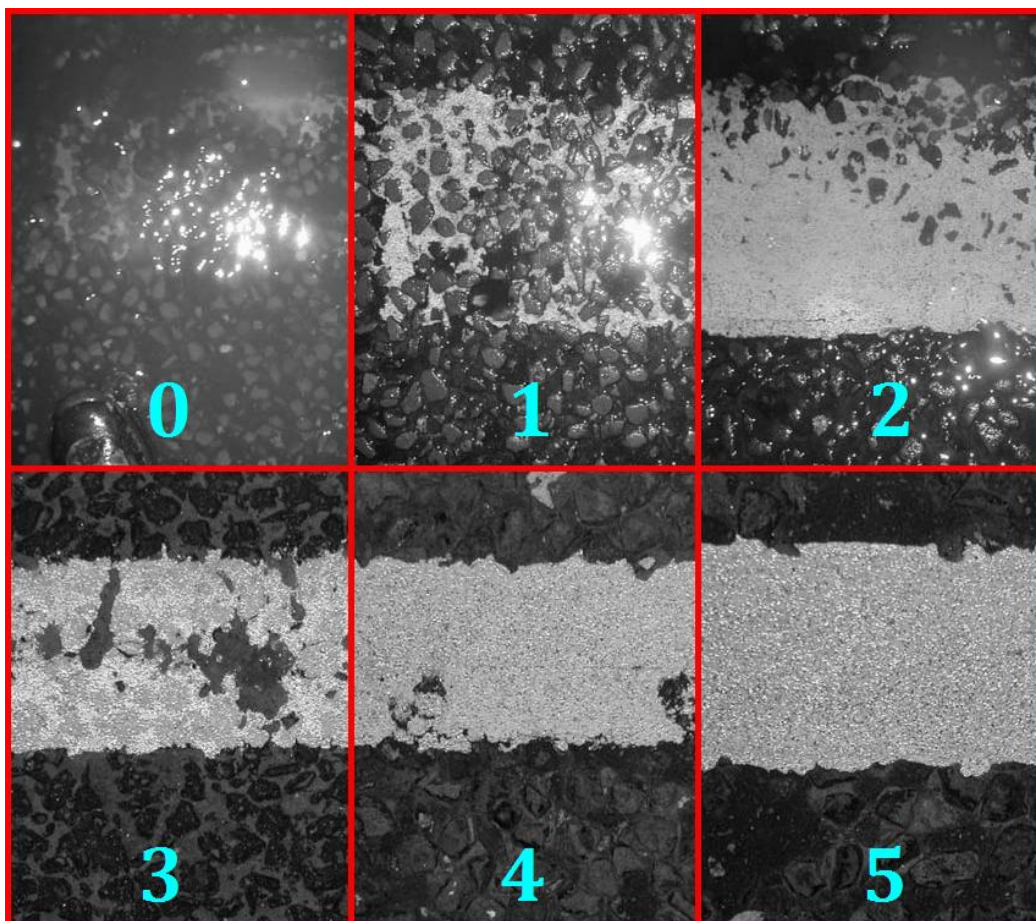
Mitattavat tekijät määräytyvät erillisten toimenpidekaavioiden mukaan.

Pituussuuntaisten tiemerkintöjen arviointi perustuu jatkuviin paluuheijastavuusmittauksiin, jotka tehdään mittausajoneuvoon kiinnitetyn mittalaitteen avulla (High Speed Meter, HSM). Jos paluuheijastavuudessa huomataan hieman hyväksymisrajan alittavia tuloksia ( $R_L = 80 - 100$ ), voidaan tiemerkintä asettaa tutkittavaksi visuaalisesti. Tiemerkintöjen arvioinnin tulokset raportoidaan 100 metrin jaksoissa. (HA 2007).

Visuaalinen arviointi tapahtuu vertaamalla tiemerkintää esimerkkikuviin kuten Suomessakin. Vertailu poikkeaa siten, että esimerkkikuvat ovat läheltä suoraan merkinnän yläpuolelta otettuja kuvia (*Kuva 4*) eikä arviointia suoriteta liikkuvasta ajoneuvosta. Lisäksi kuntoluokkia on kuusi (*Taulukko 7*).

Taulukko 7. Silmämääräisen arvioinnin sanalliset kuvaukset (HA 2007).

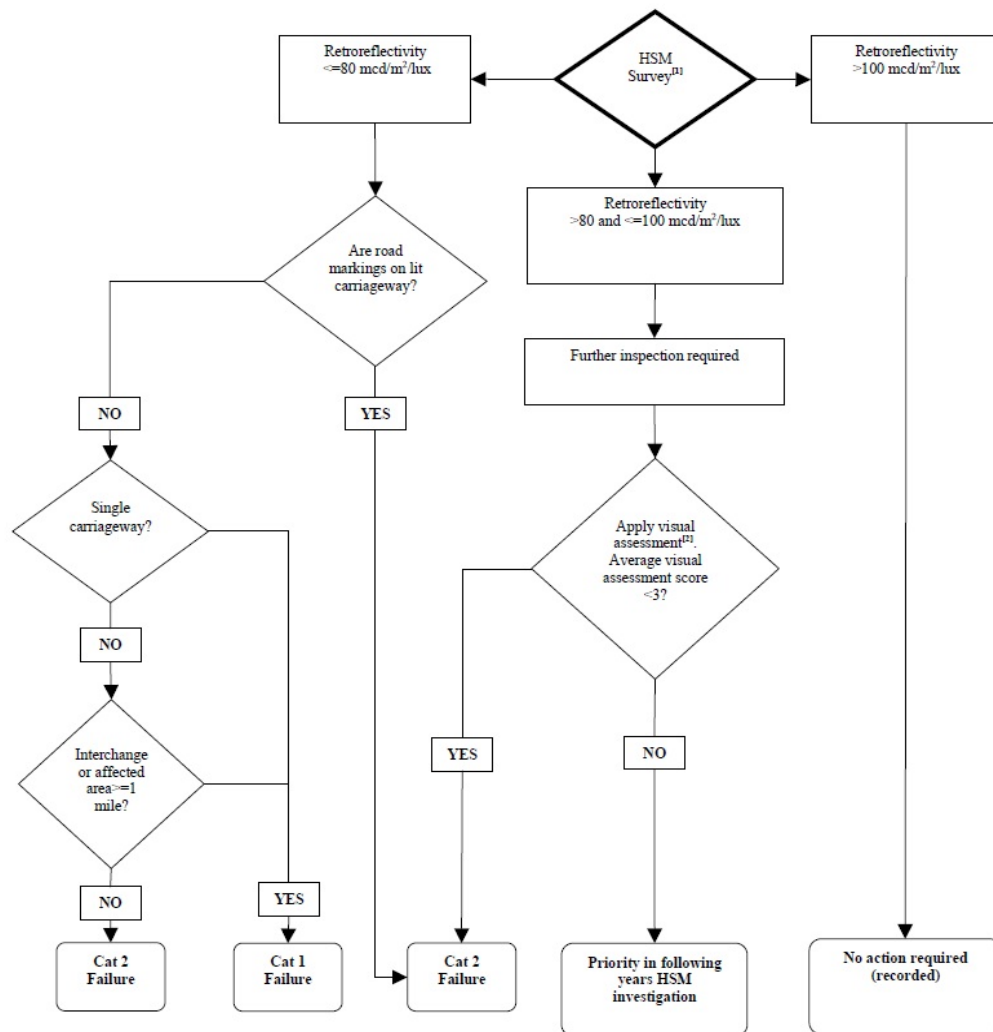
Assessment	Score
Non-existent	0
Barely visible	1
Visible, but has bare spots and low night time conspicuity characteristics	2
Marginal - some visible wear and/or fair night time conspicuity characteristics	3
Good night time conspicuity and very little wear	4
Good night time conspicuity and no wear	5



Kuva 4. Silmämääräisen arvioinnin esimerkkikuvat Englannissa (HA 2007).

Toimenpidekaavion (Kuva 5) mukaisesti pituussuuntaisten tiemerkintöjen kuntoarviointi etenee pääpiirteittäin siten, että ensin mitataan paluuheijastavuus jatkuvana mittauksena. Jos paluuheijastavuusvaatimus täyttyy, merkinnät eivät vaadi toimenpiteitä. Jos paluuheijastavuusvaatimus alittuu niukasti, suoritetaan silmämääräinen arviointi, jonka perusteella toimenpiteet määräytyvät. Jos paluuheijastavuusvaatimus alittuu selkeästi, määräytyvät toimenpiteet tienvalaistusolojen, poikkileikkauksen ja huonon merkinnän pituuden mukaan.

Flow Diagram A: Assessment of Longitudinal Road Markings



**Note 1:** HSM results should be aggregated and reported over 100m lengths.

**Note 2:** The visual assessment system is detailed in Annex C and should be applied to each road marking and aggregated over 100m lengths.

Kuva 5. Pituussuuntaisten tiemerkintöjen arvioinnin toimenpidekaavio moottoriteillä ja muilla pääteillä Englannissa (HA 2007)

## 2.5 Aiheeseen liittyviä tutkimuksia

Pike, Kuchangi ja Benz (2010) tutkivat visuaalisen arvioinnin tarkkuutta tiemerkintöjen arvioinnissa yöaikaan ja arviointien korrelaatiota paluuheijastavuusmittauksiin. Vaikka tiemerkintöjä ei Suomessa arvioidakaan yöaikaan, eikä paluuheijastavuutta arvioida visuaalisesti, voisi tutkimuksessa käytettyjä menetelmiä mahdollisesti soveltaa tiemerkinnän kuluneisuuden visuaalisen arvioinnin kehittämisessä. Tutkimuksessa arviointeja suoritettiin sekä yleisillä teillä että suljetulla testiradalla. Yleisillä teillä arvioitavat jaksot vaihtelivat pituudeltaan 160 – 800 metrin välillä ja arviointiasteikko



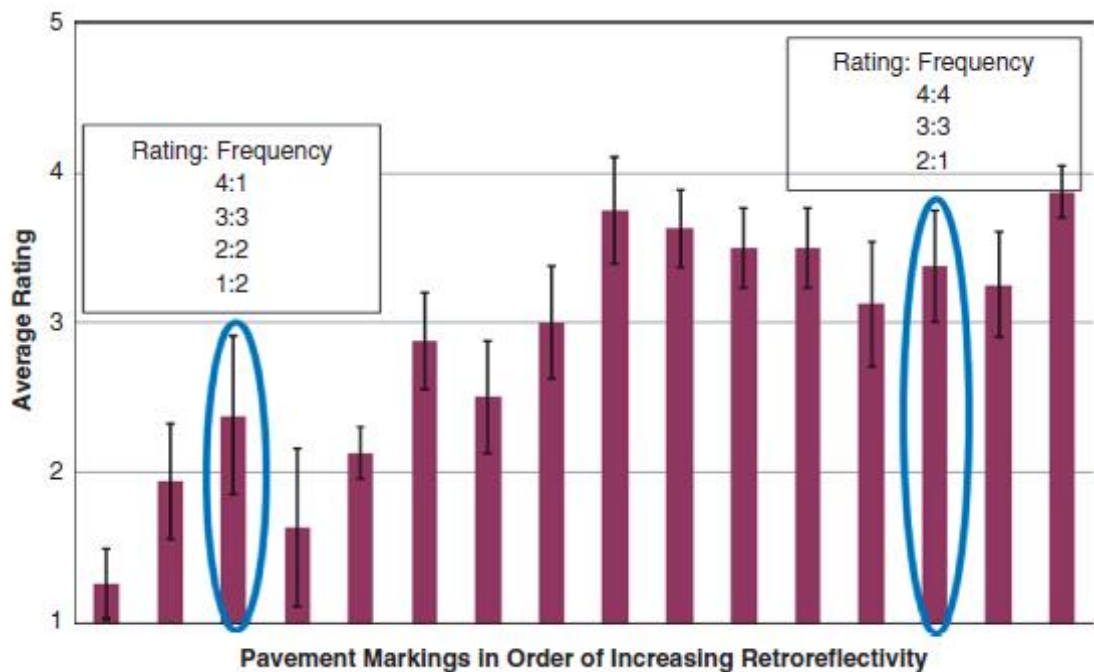
oli viisiportainen. Nopeudet arvioinneissa vaihtelivat nopeusrajoituksen mukaan välillä 48 – 105 km/h. Testiradalla arviointi suoritettiin 37 metriä pitkistä teippimerkinnöistä siten, että ensin merkintä arvioitiin pysähtyneenä kahdessa kohdassa, 64 ja 30 metriä ennen merkintää ja lopullinen arvio annettiin sen jälkeen, kun oli hitaasti ajettu merkinnän ohi siirryttäessä seuraavaa merkintää arvioimaan. Pysähtymällä 64 metrin päähän oli tarkoitus vastata 2,2 sekunnin *preview aikaa* (näkemämatkan ajamiseen kulunutta aikaa, joka alkaa siitä, kun kuljettaja ensimmäisen kerran näkee jonkin tien kohdan ja päättyy siihen, kun kuljettaja on kyseisellä kohdalla) nopeudella 105 km/h ja 30 metrin päähän pysähtymisen tarkoitus oli vastata paluuheijastavuuden mittausgeometriaa. Mittaukset tekivät sekä kokeneet että kokemattomat arvioijat, mutta merkittävää eroa näiden kahden ryhmän välillä ei tulosten perusteella ollut. Testiradalla tehtiin ensimmäisten arviointien jälkeen pieni harjoitus, jonka tarkoituksena oli parantaa arviointien tarkkuutta ja yhtenevyyttä Harjoitus tehtiin 6 metriä pitkillä merkinnöillä (*Kuva 6*), joissa keltaisten merkintöjen paluuheijastavuus oli 55, 85, 100, 140, 165, 200, 230, ja 510 mcd/m<sup>2</sup>/lux ja valkoisten merkintöjen paluuheijastavuus 50, 75, 100, 115, 200, 300, 325, 400, ja 800 mcd/m<sup>2</sup>/lux. Auto pysäköitiin 30 metrin päähän merkinnöistä ja arvioijia pyydettiin laittamaan merkinnät heijastavuuden mukaan paremmuusjärjestykseen, minkä jälkeen heille kerrottiin merkintöjen todelliset paluuheijastavuusarvot. Tämän jälkeen autoa peruutettiin hiljaa, jotta arvioijat näkivät, milloin mikäkin merkintä häviää näkyvistä.



*Kuva 6. Harjoittelussa käytetyt merkinnät (Pike, Kuchangi ja Benz 2010).*

Tutkimuksen mukaan visuaalisten arviointien keskimääräiset tulokset ja paluuheijastavuusmittausten tulokset korreloivat keskenään, mutta yksittäisten visuaalisten arvioijien tulosten välillä saattaa olla suuria eroja (*Kuva 7*). Pienellä harjoittelulla ei tutkijoiden mukaan ollut vaikutusta arvioiden yhteneväisyyteen, mutta on mahdollista, että syvällisempi harjoittelu voisi johtaa luotettavampaan ja johdonmukaisempaan visualiseen arviointiin. Sellaisenaan visuaalinen arviointi ei tutkijoiden mukaan sovellu uudelleenmerkintätarpeen määrittämiseen, vaan täydentävät mittaukset saattavat olla tarpeen kunnollisen arvion saavuttamiseksi.

Uusien merkintöjen laatukontrolliin visuaalinen arviointi sen sijaan tutkijoiden mukaan voisi soveltua.



Kuva 7. Keskimääräiset silmämääräiset arviot paluuheijastavuudesta (Pike, Kuchangi ja Benz 2010).

Hirasawa et. al. (2008) tutkivat tiemerkintöjen uusintatarpeen kriteereitä Japanissa ja yrittivät määrittää tienkäyttäjien tarpeiden mukaisen reunaviivan kunnon. Japanissa ohjeiden mukaan tiemerkinnästä arvioidaan kolme asiaa, jotka ovat ulkonäkö, kuluneisuus ja yönäkyvyys. Näiden ominaisuuksien perusteella määräytyy kokonaisarvo siten, että yönäkyvyyden painoarvo 0,40 ja muiden 0,30. Viisiportainen asteikko on kuvattu alla (Taulukko 8). Hoidon ja ylläpidon kannalta ohjeena on, että kokonaisarvon tulisi olla vähintään kolme.

Taulukko 8. Tiemerkintöjen arviointimenetelmä Japanissa (Hirasawa et. al. 2008)

**TABLE 1 Pavement Marking Assessment Method (The Road Marking Handbook in Japan)**

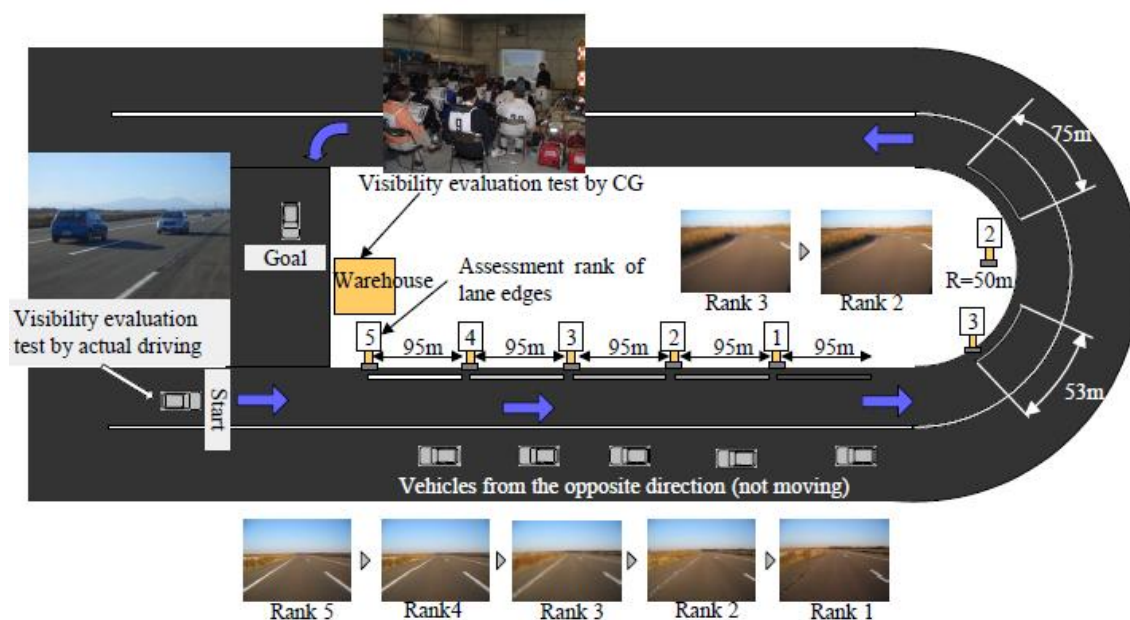
Assessment item	Appearance assessment: A	Stripping assessment: D	Nighttime visibility assessment: N
Assessment method	First impressions of five or more observers viewing from a distance of 3 m or more	Measurement of the stripping rate of pavement markings	Measurement results by reflectometer (mcd/m <sup>2</sup> lx)
5	Good and unchanged from the early days of application	3% or less	247 or more
4	Slightly discolored but sufficient indication function	3 - 8	186 - 247
3	Soiling, change in quality, bleeding, etc. are observed	8 - 23	126 - 186
2	Soiling and change in quality are significant	23 - 40	65 - 126
1	The original shape is lost, the paint is soiled and visibility is poor	40% or more	Less than 65

Overall assessment = 0.30A + 0.30D + 0.40N

A: Appearance assessment, D: Stripping assessment, N: Nighttime visibility assessment

Tutkimuksessa tienkäyttäjien tarpeen perusteella määritetyt rajat reunaviivojen uusimistarpeelle poikkesivat ohjeessa esitetystä arvosta 3. Rajat määritettiin testiradalla 209 tavallisen tienkäyttäjän toimesta seuraavan kolmen testin perusteella ja alla olevassa järjestyksessä:

1. Visuaalinen arviointi todellisessa ajotilanteessa (Kuva 8)
2. Visuaalinen arviointi tietokoneella tuotetuista kuvista
3. Arviointi liikenneympäristön vaikutuksista arviointiin tietokonegrafiikan avulla.



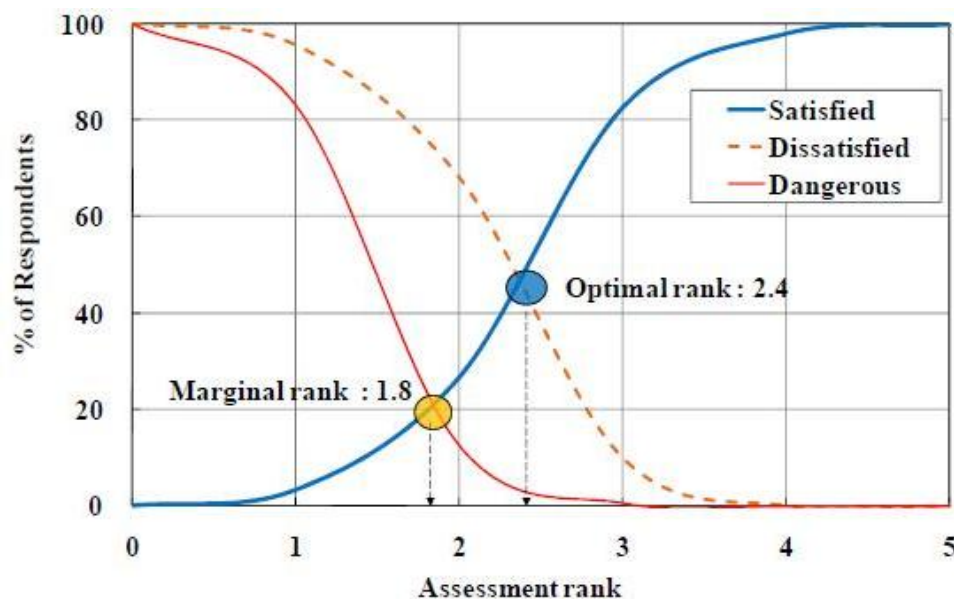
Kuva 8. Testiradan järjestelyt.

Arviointi testiradalla todellisessa ajotilanteessa tehtiin kolme kertaa: yksi kierros päiväsaikaan kuivissa oloissa ja yksi kierros yöllä sekä kuivissa että märissä oloissa. Tutkimuksen tarkoitus selitettiin osallistujille ennen koetta. Kyselylomakkeeseen

täytettiin jokaisen kierroksen jälkeen jokaista merkintää parhaiten kuvaava arvio seuraavista kolmesta vaihtoehdosta:

- Q1: Tyytyväinen (Satisfied) – Ajoneuvon sivuttaissijainti on selkeä ja visuaalinen ohjaus on jatkuvaa
- Q2: Tyytymätön (Dissatisfied) – Visuaalinen ohjaus ei ole jatkuvaa, vaikka ajoneuvon sivuttaissijainti on selkeä
- Q3: Vaarallinen (Dangerous) – Ajoneuvon sivuttaissijainti ei ole selkeä.

Uudelleenmerkintäkriteerien luomiseksi käytettiin apuna hintaherkkyysmittarin (Price Sensitivity Meter, PSM) sovellusta (Kuva 9). Arvioista saatiin frekvenssijakaumat, joiden perusteella piirrettiin suhteelliset summakäyrät siten, että ”tyytymätön” ja ”vaarallinen” piirrettiin laskevana summakäyränä ja ”tyytyväinen” nousevana summakäyränä. Minimiarvo alarajalle saatiin sieltä missä summakäyrät ”tyytyväinen” ja ”vaarallinen” leikkaavat ja optimaalinen arvo alarajalle sieltä, missä summakäyrät ”tyytymätön” ja ”tyytyväinen” kohtaavat.



Kuva 9. Raja-arvot hintaherkkyysmittarin sovelluksen mukaan (Hirasawa et. al. 2008).

Testiradalla tehtyjen arviointien jälkeen tehtiin arviointi tietokoneanimaatioista, minkä jälkeen arvioitiin liikenneympäristön vaikutusta arviointeihin. Tutkimuksessa saatu optimaalinen raja olisi maksimissaan 2,6 ja minimiarvo alarajalle 1,7.

## 3 TUTKIMUSAINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT

### 3.1 Sopimusten ja tilauskäytäntöjen vertailu

Tutkimusaineistona käytettiin tiemerkintöjen palvelusopimuksia, joista käytiin läpi seuraavat:

- HTU PPS 2007 - 2018
- UUD3 TM 2010 - 2014
- POS ELY 2010 - 2012
- VAR ELY 2011 - 2014
- Hämeen tiepiiri 2008 - 2011
- Kaakkois-Suomen tiepiiri 2008 - 2012
- Keski-Suomen tiepiiri 2009 - 2011
- Oulun alue 2007 - 2016
- Lappi 2007 - 2011
- Koillismaan alue 2008 - 2022.

Tiemerkintöjen palvelusopimuksista selvitettiin, millä tavalla tiemerkintöjen kuntoarvo tulee arvioida tai mitata eri alueilla, onko alueiden välillä eroja ja minkälaisia mahdolliset erot ovat.

### 3.2 Kuntoarviointimenetelmien vertailu

Tutkimusaineisto koostuu erikseen valittujen tutkimuskohteiden reuna- ja keskiviivoille tehtyjen silmämääräisten arviointien ja TIKU- ja RMT-mittausten tuloksista. Kaikki arvioinnit ja mittaukset on tehty Uudenmaan ELY-keskuksen alueella. Silmämääräistä arviointia tekivät sitä työkseen tekevien henkilöiden lisäksi tiemerkintäalan asiantuntijat sekä Aalto-yliopiston tietekniikan tutkimusryhmän henkilöt yhdessä tutkimuksen tekijän kanssa. TIKU- mittauksia suoritti Cleanosol Oy sekä tutkimuksen tekijä ja RMT-mittauksia Ramboll. Kuntoarvot on määritetty käytössä olleilla menetelmillä tutkimuskohteiden jokaiselle 100 metrin jaksolle erikseen.

Tutkimusaineisto on jaettu kahteen osaan syinä mm. arviointi- ja mittaustapojen erilaisuus ja olosuhde-erot arviointien ja mittausten välillä:

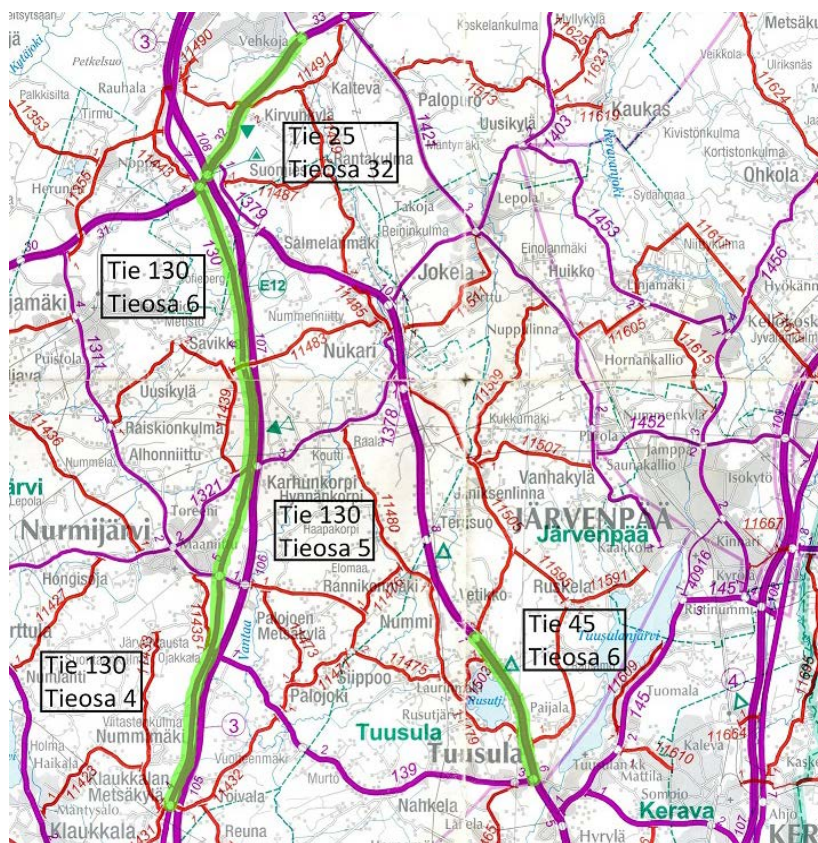
- **Kevään** tulokset on saatu kevään ja kesän 2011 aikana tehdyistä arvioinneista ja mittauksista, joita varten ei ollut varsinaista tutkimussuunnitelmaa. Kokemusten perusteella tehtiin tutkimussuunnitelma (liite 6) yhteistä arviointipäivää varten.
- **Syksyn** tulokset on saatu syksyllä 2011 järjestetystä yhteisestä arviointipäivästä.



Kevään arvioinnit ja mittaukset suoritettiin huhti- heinäkuussa 2011 valtatiellä 25, kantatiellä 45 ja seututiellä 130. Arvioitavat tieosat oli valittu Uudenmaan ELY-keskuksen alueelta siten, että lähtökohtaisesti niihin kuului 100 metrin jaksoja kuntoluokitusasteikon jokaisesta luokasta. Tieosat (Taulukko 9 ja Kuva 10) arvioitiin tai mitattiin eri menetelmillä eri ajankohtina. TIKU:lla mittaukset tehtiin heti lumien sulattua huhtikuun alussa, RMT:llä mitattiin toukokuun lopussa, jolloin myös kokeneiden silmämääräiset arvioinnit tehtiin ja kokemattomat tekivät silmämääräisen arvioinnin vasta heinäkuun alussa.

Taulukko 9. Kevään kohteet.

Kohde	Tie	Tieosa	Silmämääräinen arviointi		Laitteet		Pituus (m)
			Kokeneet	Kokemattomat	TIKU	RMT	
1	25	32	3 arvioijaa	-	x	x	3100
2	45	6	3 arvioijaa	-	-	x	1000
3	130	4	3 arvioijaa	4 arvioijaa	x	x	7000
4	130	5	3 arvioijaa	4 arvioijaa	x	x	6700
5	130	6	3 arvioijaa	4 arvioijaa	x	x	5500



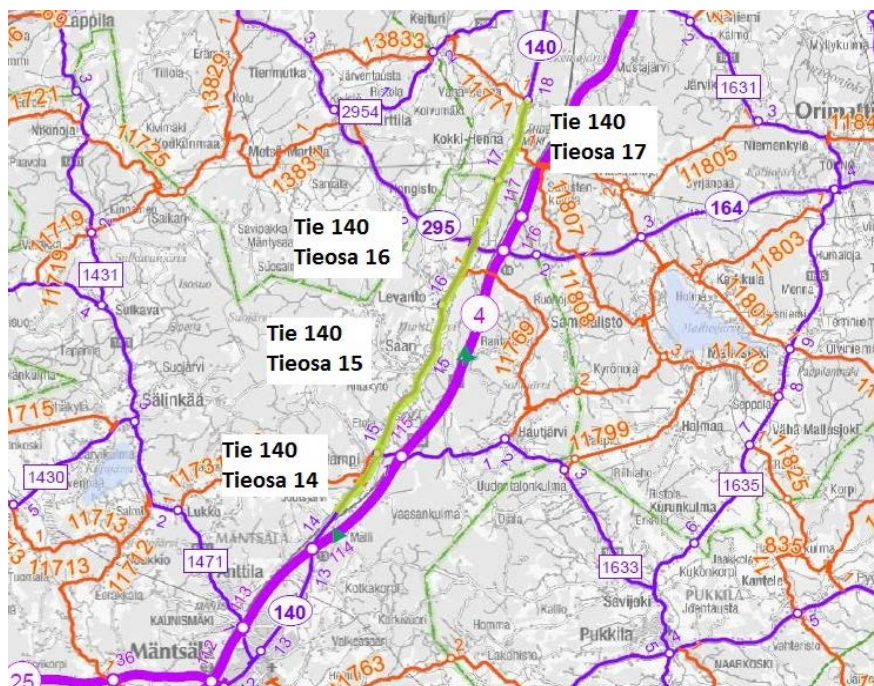
Kuva 10. Kevään kohteet.

Syksyn tieosien (Taulukko 10 ja Kuva 11) arvioinnit ja mittaukset tehtiin lokakuun 2011 puolessa välissä seututiellä 140. Silmämääräisistä arvioinneista yhtä lukuun ottamatta kaikki tehtiin 13.10.2011 ja TIKU- ja RMT- mittaukset tehtiin 14.10.2011. Tällä tavoin

pyrittiin varmistamaan mahdollisimman samankaltaiset arviointiolot kaikille menetelmille sekä tulosten vertailukelpoisuus.

Taulukko 10. Syksyn kohteet.

Kohde	Tie	Tieosa	Silmämääräinen arviointi	Laitteet		Pituus (m)
				TIKU	RMT	
6	140	14	5 arvioijaa	x	x	2700
7	140	15	5 arvioijaa	x	x	6000
8	140	16	5 arvioijaa	x	x	5000
9	140	17	5 arvioijaa	x	x	3100



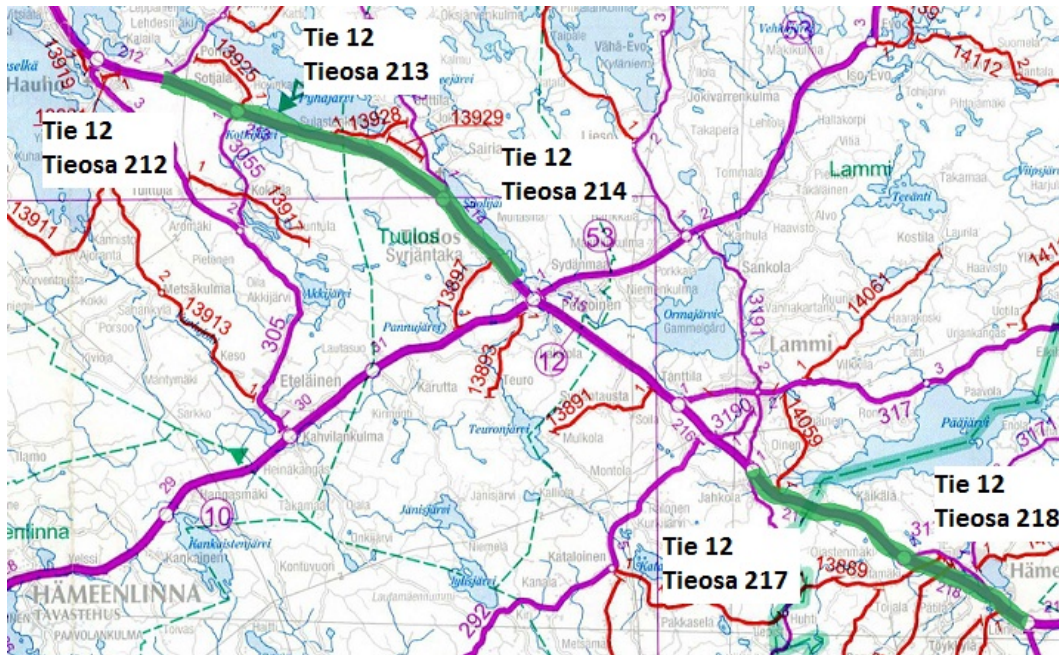
Kuva 11. Syksyn kohteet.

Kaikilla menetelmillä arvioitujen kohteiden lisäksi kesän aikana tehtiin arviointeja valtatiellä 12 silmämääräisesti sekä TIKU:lla (Taulukko 11 ja Kuva 12). Kokemattomat arvioijat tekivät silmämääräisen arvioinnin kahteen kertaan, tarkoituksena selvittää silmämääräisen arvioinnin toistettavuutta. Kokeneet arvioijat tekivät arvioinnin vain kerran ja toisen kokenut arvioija teki arvioinnin vähemmiltä jaksoilta kuin muut. Myös TIKU-mittaus tehtiin kahteen kertaan ja mittaukset teki tutkimuksen tekijä kuljettajan kanssa.

Taulukko 11. Kohteet valtatiellä 12.

Kohde	Tie	Tieosa	Silmämääräinen arviointi		Laitteet		Pituus (m)
			Kokeneet	Kokemattomat	TIKU	RMT	
10	12	212	1 arvioija	3 arvioijaa	x	-	3400
11	12	213	1 arvioija	3 arvioijaa	x	-	8000
12	12	214	1 arvioija	3 arvioijaa	x	-	3500
13	12	217	2 arvioijaa	3 arvioijaa	x	-	5000
14	12	218	2 arvioijaa	3 arvioijaa	x	-	4900





Kuva 12. Kohteet valtatiellä 12.

### 3.2.1 Silmämääräinen arviointi

Tiemerkintöjen silmämääräinen arviointi tehtiin yhtä poikkeusta lukuun ottamatta noudattaen Tiehallinnon ohjetta *Tiemerkintöjen kuntoluokitus* (Tiehallinto 2004). Ohjeesta poiketen tiemerkinnöille määritettiin kuntoarvo yhden kilometrin välein vaihtuvan jakson sijaan jokaisen 100 metrin välein vaihtuvalle jaksolle. Syy tälle poikkeukselle oli TIKU- ja RMT-mittausten tavassa ilmoittaa tulos 100 metrin jaksoille. Näin pyrittiin saamaan arviointituloksista vertailukelpoisia keskenään ja lisäksi saatiin enemmän arviointituloksia vertailtaviksi ilman, että mitattavia jaksoja ja kohteita tarvitsi lisätä.

Tiemerkintöjen kunnon silmämääräisessä arvioinnissa otetaan huomioon seuraavat kriteerit (Tiehallinto 2004):

- kulumattomuus eli jäljellä olevan merkinnän määrä / pinta-ala (%)
- silmämääräisesti arvioitavat väri ja valkoisuus ja/tai puhtaus (tahriintumattomuus).

Tiemerkinnöille määritettiin kuntoarvo viisiportaisen asteikon (*Taulukko 12*) mukaan sen perusteella, kuinka kuluneita merkinnät olivat. Kuluneisuus määritetään ohjeessa seuraavasti (Tiehallinto 2004):

*”Kuluneisuudella tarkoitetaan jäljellä olevan (kulumattoman ja muutoinkin havaittavan) tiemerkinnän pinta-alan suhdetta alkuperäisen tiemerkinnän pinta-alaan. Merkintä voi olla kaventunut, katkonainen, murentunut tai harsomaiseksi ohentunut. Yksikkönä on prosentti (%).”*



Taulukko 12. Kuntoarvojen sanalliset kuvaukset (Tiehallinto 2004).

Kuntoarvo	Kuvaus
Kuntoarvo 1 (huono)	Tiemerkinnöistä yli puolet on kulunut ja/tai peittyneenä.
Kuntoarvo 2 (välttävä)	Tiemerkinnöistä lähes puolet on kulunut ja/tai peittyneenä.
Kuntoarvo 3 (tydyttävä)	Tiemerkinnöistä noin neljännes on kulunut ja/tai peittyneenä.
Kuntoarvo 4 (hyvä)	Tiemerkintöjen kuluminen on vähäistä. Myös jos merkintä on muuten virheetön, mutta ei osu vanhan merkinnän päälle.
Kuntoarvo 5 (erittäin hyvä)	Tiemerkinnät ovat uudenveroiset. Kulumista ei silmämääräisesti juuri havaitse.

Sanallisen selityksen lisäksi ohjeessa on kaksi esimerkkikuvaa sekä reunaviivasta että keskiviivasta jokaista kuntoarvoluokkaa havainnollistamaan. Kuntoarvo määritetään vertaamalla arvioitavaa tiemerkintää esimerkkikuvien merkintöihin. Alla ovat kuntoluokitusohjeen esimerkkikuvat kuntoarvolle kolme (*Kuva 13*).



Kuva 13. Kuntoluokitusohjeen esimerkkikuvat kuntoarvolle 3.

Keväällä kokeneiden arvioijien lisäksi silmämääräisen arvioinnin tekivät tutkimuksen tekijä ja Aalto-yliopiston tietekniikan tutkimusalueen henkilökunta. Tarkoituksena oli

selvittää, vastaavatko täysin kokemattomien arvioijien tekemät arvioinnit kokeneiden tekemiä arviointeja. Toisin sanoen haluttiin selvittää voidaanko ajatella, että arvioijan työ soveltuu kenelle tahansa vai tarvitaanko siihen koulutusta ja kokemusta omaavaa ammattilaista.

Arvioinnit tehtiin ohjeen (Tiehallinto 2004) mukaisesti liikkuvasta ajoneuvosta silmämääräisesti. Ohjeessa ei ole mainintaa arvioinnissa käytettävästä nopeudesta, mutta ainakin 100 metrin jaksoille tehtävän arvioinnin tekemiseen kohteissa olleet nopeusrajoitukset tuntuivat suurilta. Ensikertalaiset päätyivät käyttämään nopeutena 30 - 35 km/h ja kokeneet tekivät omat arviointinsa nopeuksien vaihdellessa välillä 40 – 70 km/h arvioijan mukaan. Lähes kaikki arviointijaksot olivat alueilla, joissa nopeusrajoituksena oli 80 km/h.

Syksyn arviointeja varten laadittiin tarkemmat ohjeet (liite 6), joiden avulla pyrittiin varmistumaan yhtenäisestä arviointitavasta.

### 3.2.2 TIKU

Tieliikelaitoksen kehittämä menetelmä tiemerkintöjen kuntomittaukseen (TIKU) perustuu digitaalikuvaukseen ja reaaliaikaiseen kuvantulkintaan. Mittausmenetelmä ja laitteisto (Kuva 14) on kuvattu Tiehallinnon selvityksessä *Konenäön hyödyntämismahdollisuudet teiden ylläpidossa ja hoidossa* (Tiehallinto 2008). Laitteistolla kuvataan tiemerkintää kameralla, joka sijaitsee kojelaudalla auton sisällä (Kuva 15). Muut laitteistoon kuuluvat osat ovat GPS-paikannin, trippimittari ja kannettava tietokone, johon on asennettuna TIKU-mittausohjelmisto.



Kuva 14. TIKU-laitteisto (Tiehallinto 2008).

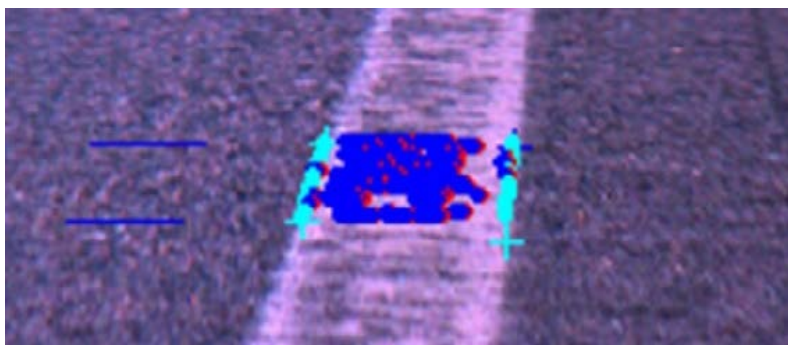


Kuva 15. TIKU-mittausajoneuvo sisältä

Kamera suunnataan kohti sitä merkintää, jota halutaan mitata. Laitteisto kuvaa siis tiemerkintää yläviistosta. Kameran ottamasta kuvasta (Kuva 16) ohjelmisto tulkitsee tiemerkinnästä jäljellä olevan määrän ja ilmoittaa sen prosenttiosuutena täysin kunnossa olevasta merkinnästä.

Vaiheet kuntoarvon määrittämiseksi

1. Jatkuva kuvaus tiemerkinnästä luonnonvalossa
2. Kuvien analysointi, jonka perusteella voidaan havaita merkinnän väri, leveys sekä jäljellä olevan merkinnän määrä (%)
3. Raportti 100 metrin välein



Kuva 16. Tulkinta kameran ottamasta kuvasta (Tiehallinto 2008).

Kuvantulkinta perustuu pikselikirkkauksien laskentaan. Ensin tunnistetaan tiemerkintöjen rajat, minkä jälkeen rajojen sisällä olevien pikseleiden kirkkauksia verrataan rajojen ulkopuolella olevien vertailupikseleiden kirkkauteen ja näiden kirkkauksien eron tai yhtäläisyyden perusteella valittujen pikselirivien kohdalla tulkitaan tiemerkinnästä jäljellä oleva määrä. Tarkempaa tietoa laitteen tavasta suorittaa kuvantulkinta on diplomityössä *Tiemerkintöjen laadun ja kuntotason mittaus digitaalikuvasta* (Kotilainen 2003).

Yllä esitetyllä menetelmällä saatu prosenttiosuus määrää merkinnän kuntoarvon alla olevan taulukon mukaisesti (*Taulukko 13*).

*Taulukko 13. Kuntoarvoluokitus suhteellisen pinta-alan mukaan (Tiehallinto 2007b)*

Kuntoarvo	Suhteellinen pinta-ala (%)
Kuntoarvo 1 (huono)	< 50
Kuntoarvo 2 (välttävä)	≥ 50
Kuntoarvo 3 (tydyttävä)	> 75
Kuntoarvo 4 (hyvä)	> 90
Kuntoarvo 5 (erittäin hyvä)	> 96

### 3.2.3 RMT

Rambollin Ruotsissa kehittämällä RMT-mittalaitteistolla voidaan mitata tai mittaustulosten perusteella ennustaa useita tiemerkintöjen ominaisuuksia (VTI 2008). Uusin kehitteillä oleva laite, jota tässä tutkimuksessa testattiin, pyrkii mittaamaan tiemerkinnän kuluneisuutta. Mittaustapa perustuu TIKU-mittauksen tavoin kuvantulkintaan. RMT-laitteisto poikkeaa kuitenkin TIKU-laitteistosta seuraavilla tavoilla:

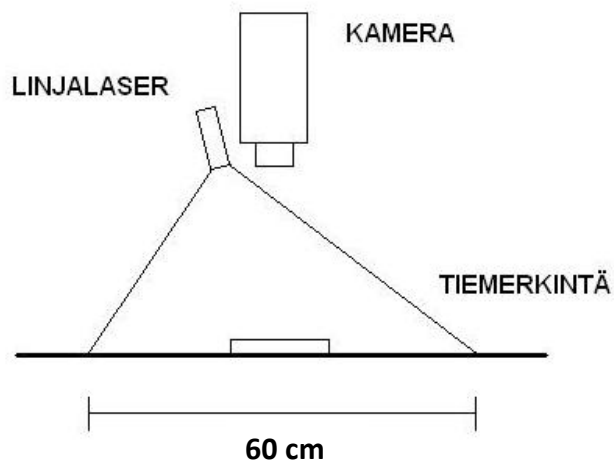
- Kuvaa tiemerkintää suoraan sen yläpuolelta
- Käyttää valaistuksena laservaloa, jolloin ympäröivät valaistusolosuhteet eivät vaikuta mittaustuloksiin
- Oma kuvankäsittelytapa

Kamera sijaitsee ajoneuvon ulkopuolella irrotettavassa puomissa (*Kuva 17*), joka voidaan kiinnittää molemmille puolille ajoneuvoa, jolloin mittaus onnistuu kummalta puolelta ajoneuvoa tahansa. Laitteiston mittausperiaate on esitetty alla (*Kuva 17*). Tiemerkintää kuvaavan kameran lisäksi mittausajoneuvon katolla on videokamera (*Kuva 18*), joka kuvaa yleiskuvaa mitattavasta kohteesta. Kuvamateriaalista voidaan tarkistaa ja tutkia mahdollisia syitä tuloksissa esiintyville oudoille tai täysin poikkeaville arvoille. RMT:n määrittämän prosenttiosuuden tulkinta tapahtuu samalla tavoin ja samojen prosenttirajojen mukaisesti (*Taulukko 13*) kuin TIKU:lla.

Vaiheet kuntoarvon määrittämiseksi:

1. Jatkuva kuvaus tiemerkinnästä homogeenisessa valaistuksessa (linjalaser)
2. Kuvankäsittely
3. Jokaisen pikselirivin analysointi, jonka perusteella voidaan havaita merkinnän alku- ja loppukohta sekä jäljellä olevan merkinnän määrä (%)
4. Raportti 0,1 ja 100 metrin välein.





Kuva 17. RMT:n mittausperiaate ja kiinnitys mittausajoneuvoon



Kuva 18. RMT -mittausajoneuvo

### 3.3 Tulosten analysointimenetelmät

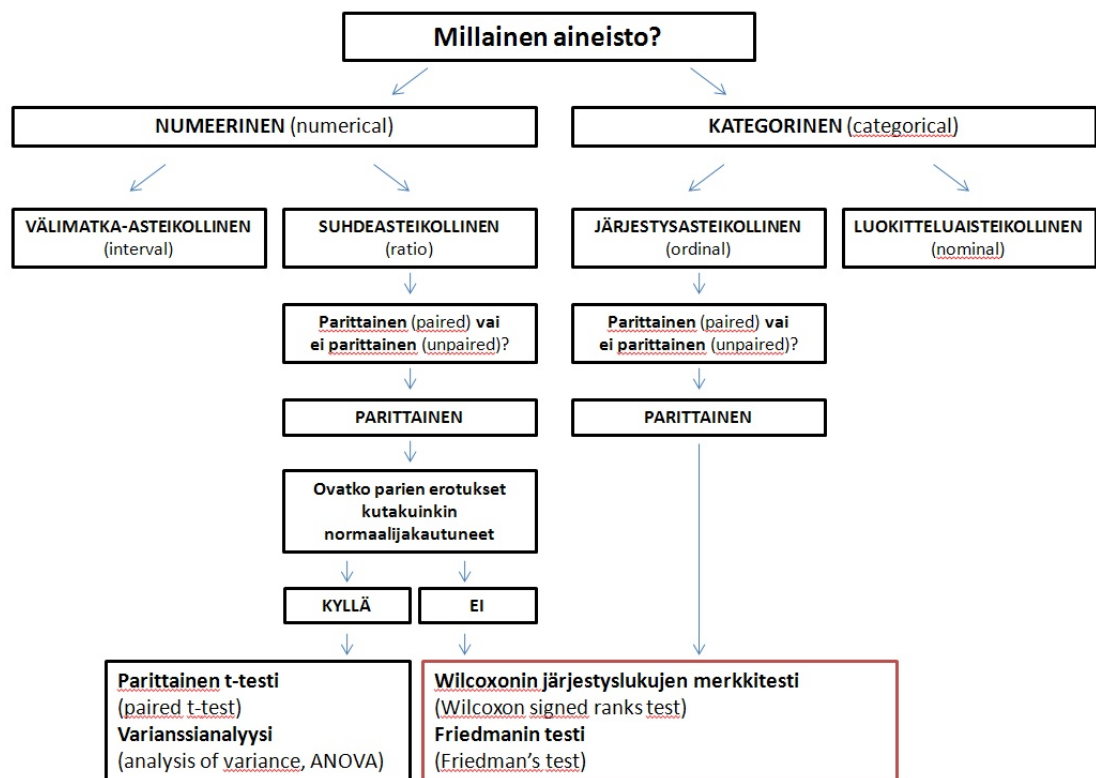
Tulosten analysointimenetelmien valinnat perustuvat tutkimuskysymykseen ja tulosaineistojen tyyppeihin. Samoista kohteista eri menetelmillä saatuja tuloksia haluttiin verrata keskenään tarkoituksena selvittää tulosten yhdenmukaisuus. Tämä oli tarkoitus selvittää tutkimalla kolmea asiaa:

1. Onko tulosten jakaumissa eroja?
2. Minkälainen korrelaatio tuloksilla on?
3. Kuinka hyvä on tulosten keskinäinen yhtäpitävyys? (agreement)

Arvioinneista ja mittauksista saatiin kahdentyyppistä aineistoa. Silmämääräisen arvioinnin aineisto on järjestysasteikollista (viisi kuntoarvoa, joilla on keskinäinen järjestys) ja mittausten aineisto on suhteasteikollista (kulumattomuus välillä 0 - 100 %). Erilaiset mitta-asteikot tarkoittavat, että aineiston keskinäisessä vertailussa on käytettävä menetelmiä, jotka sopivat molemmille mitta-asteikoille. Lisäksi voidaan todeta, että vertailu tulee tehdä parittaiseen aineistoon soveltuvien menetelmien avulla, koska arvioitavat jaksot olivat kaikilla menetelmillä samat. Tutkimuskysymysten ja tulosaineistojen perusteella seuraavat tilastolliset menetelmät on valittu tulosten analysointiin (suomenkieliset termit ISI (2011) mukaisesti):

1. Wilcoxonin järjestyslukujen merkkitesti (Wilcoxon signed ranks test) parivertailuun ja Friedmanin testi ryhmävertailuun.
2. Kendallin järjestyskorrelaatiokerroin, tau-b (Kendall's rank-order correlation coefficient, tau-b) parivertailuun.
3. Painotettu kappa (Weighted kappa) parivertailuun ja Randolphin kappa (Randoph's free-marginal multirater kappa) ryhmävertailuun.

Tulosten jakaumien samankaltaisuuden testaamiseksi valittiin parivertailuihin Wilcoxonin järjestyslukujen merkkitesti, joka on toistettujen mittausten t-testin epäparametrinen, järjestyslukuihin perustuva vastine (Nummenmaa 2004). Alla esitetty kuva havainnollistaa päättelyketjua testien valitsemiseksi (Kuva 19).



Kuva 19. Jakaumien samankaltaisuuden testaamiseksi valitun testin valinta.

Tulosten korrelaation selvittämiseksi määritettiin Kendallin järjestyskorrelaatiokerroin tau-b, koska tulosaineisto sisältää paljon tasatuloksia. Tau-b ottaa huomioon aineistossa olevat tasatulokset (Agresti 1984) toisin kuin yleensä järjestysasteikolliselle aineistolle käytetty Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin  $r_s$ .

Tulosten keskinäistä yhtäpitävyyttä varten laskettiin kappa-tunnuslukuja. Parivertailua varten laskettiin painotettu kappa usein käytetyn Cohenin kapin sijaan, koska se ottaa huomioon tulostenvälisen eron suuruuden. Cohenin kappa tutkii vain onko tulos sama vai eri. Useamman kuin kahden arvioinnin vertailua varten on laskettu Randolphin kappa. Ryhmävertailuissa Randolphin kapin käyttäminen yleisemmin ja paremmin tunnetun Fleissin kapin sijaan johtuu arviointien tekovastasta. Arvioijat eivät ennalta saaneet käskyä arvioida kuhunkin luokkaan tietty määrä jaksoja, vaan he saivat vapaasti arvioida jokaisen jakson mihin tahansa luokkaan. Randolphin kappa ottaa huomioon tämän asian, kun Fleissin kappa olettaa kuhunkin luokkaan kuuluvien jaksujen olevan ennalta määrätty (Randolph 2005).

Mittalaitteiden tuloksista laskettiin Pearsonin korrelaatiot arviointien välille ja piirrettiin vastaavat kuvaajat. Myös Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin laskettiin, koska tulosaineisto ei ollut normaalijakautunutta. Mittausjärjestelmäanalyysin (MSA) keinoin mittalaitteiden tuloksista laskettiin Gage R&R (Gage Repeatability and Reproducibility) -menetelmää soveltaen mittausmenetelmien toistettavuutta ja uusittavuutta, kun riittävää mittausaineistoa oli saatavilla.

Työssä suoritettut laskennat ja kuvaajien piirtämiset on tehty käyttäen Excel- taulukkolaskentaohjelmaa, Minitab-ohjelmistoa sekä joitakin internetistä löytyviä laskentatyökaluja (Randolph 2008, Lowry 2001 ja 2001b).

### 3.3.1 Kendallin järjestyskorrelaatiokerroin tau-b

Kendallin tau-b soveltuu samanlaisen aineiston analysointiin kuin Spearmanin  $r_s$ , mutta se on parempi silloin kun järjestyslukuissa on paljon samoja arvoja. Lisäksi tau-b tulkitaan eri tavalla kuin  $r_s$ . Se on todennäköisyyden, että havaintoaineiston x ja y ovat samassa järjestyksessä ja todennäköisyyden, että x ja y ovat eri järjestyksessä ero. Tau-b voidaan laskea kaavasta (KvantiMOTV 2004):

$$\tau_b = \frac{P-Q}{\sqrt{(P+Q+X_0)(P+Q+Y_0)}} \quad (1)$$

Taulukko 14. Kendallin tau-b:n laskemiseksi tarvittavien parametrien määrittämisen periaate.

	Arvioija (x)			
Arvioija (y)		1	2	3
	1	a	b	c
	2	d	e	f
	3	g	h	i

Parin tyyppi	Parien lukumäärä	Symboli
samansuuntainen (concordant)	$a(e+f+h+i) + b(f+i) + d(h+i) + ei$	P
vastakkaissuuntainen (discordant)	$c(d+e+g+h) + b(d+g) + f(g+h) + eg$	Q
sidos muuttujassa x (tied on x)	$a(d+g) + dg + b(e+h) + eh + c(f+i) + fi$	$X_0$
sidos muuttujassa y (tied on y)	$a(b+c) + bc + d(e+f) + ef + g(h+i) + hi$	$Y_0$

Kertoimen arvot vaihtelevat välillä -1 ja 1, joista ensimmäinen kuvaa täydellistä negatiivista riippuvuutta ja jälkimmäinen täydellistä positiivista riippuvuutta. Arvo 0 tarkoittaa, ettei muuttujien välillä ole mitään riippuvuutta. Kendallin tau-b saa hieman pienempiä arvoja kuin Spearmanin  $r_s$ .

### 3.3.2 Kappa –tunnusluvut

Kappa-tunnusluku on arvioijien yksimielisyyden (inter-rater agreement) mitta. Se on pelkkää yksimielisten arvioiden prosenttiosuutta kaikista arvioista parempi mitta, koska se ottaa huomioon sattuman aiheuttaman yksimielisyyden. Menetelmää voi käyttää aineistolle, joka ei ole normaalijakautunutta ja se sopii parhaiten nominaaliasteikolliselle aineistolle. Yhtälö  $\kappa$ :n laskemiseksi on seuraava (Cohen 1960):

$$\kappa = \frac{P - P_e}{1 - P_e}, \text{ jossa} \quad (2)$$

P = havaittu yksimielisyys arvioijien välillä

$P_e$  = sattuman mahdollisuus

Kappa-arvojen tulkintaa varten voidaan käyttää alla esitettyjä arvoja (*Taulukko 15*), mutta minkään yksittäisen arvon ei voida sanoa olevan rajana yksimielisyyden hyväksyttävyydelle. Yleisenä sääntönä voidaan pitää, että jos kappa-arvo on alle 0,7 mittausjärjestelmä useimmiten kaipa huomiota ja jos kappa-arvo on yli 0,9, mittausjärjestelmä harvoin vaatii parantamista (Futrell 1995).

*Taulukko 15. Kappa-arvon tulkinta (Landis & Koch 1977)*

Kappa	Yhtäpitävyyden voimakkuus
< 0	ei yhtäpitävyyttä
0 - 0,20	Mitätön
0,21 - 0,40	Keskinkertainen
0,41 - 0,60	Kohtalainen
0,61 - 0,80	Huomattava
0,81 - 1	lähes täydellinen yhtäpitävyys

Kappa ei aina kerro kaikkea tulosten yhtäpitävyydestä. Kappa arvioi vain sen ovatko arviot täysin samoja. Ei kuitenkaan ole sama asia, jos arvioitavalle jaksolle on annettu arvot 2 ja 3, kuin jos niille olisi annettu arvot 1 ja 5. Asian huomioon ottamiseksi aineistolle on parivertailuissa laskettu painotettu kappa, joka ottaa huomioon arvojen välisen eron. Laskettaessa on käytetty neliöllistä painotusta (quadratic weighting).



### 3.3.3 Gage R&R

Tämän kappaleen tiedot perustuvat suurimmalta osin Minitab-ohjelmiston harjoitusmateriaaliin *Gage Studies for Continuous Data* (Minitab 2010) ja Automotive Industry Group:n julkaisuun *Measurement System Analysis* (AIAG 1994).

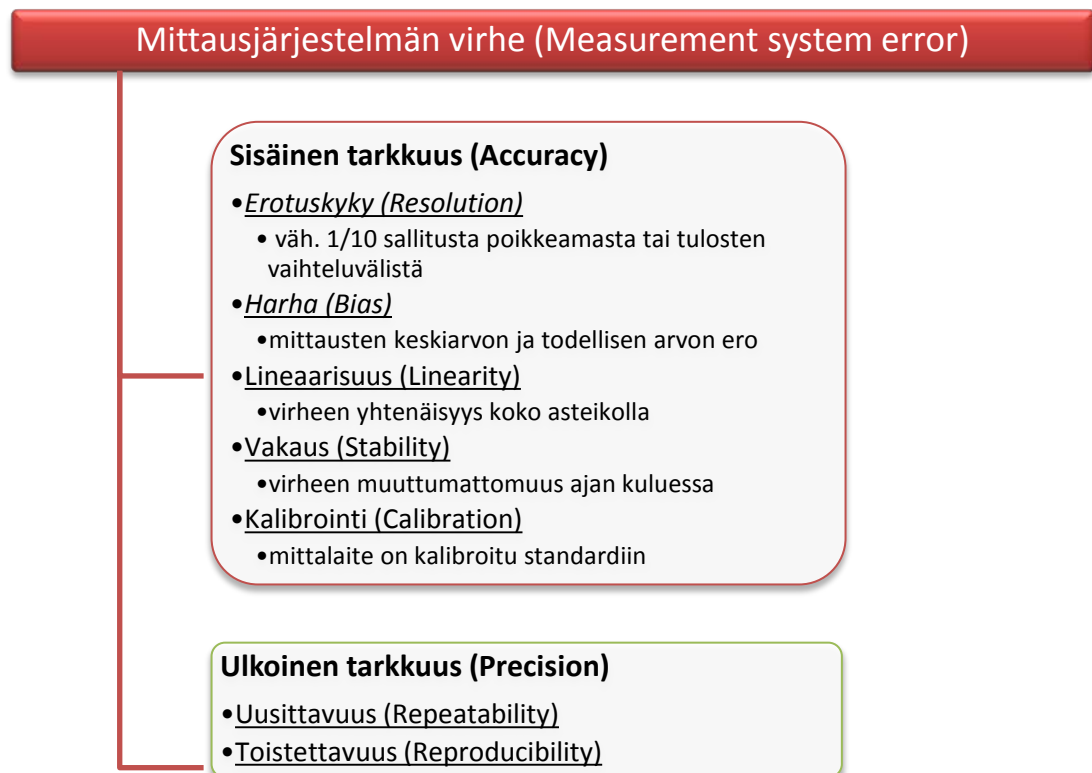
Gage R&R (Gage repeatability and reproducibility) on yksi mittausjärjestelmänalyysin (Measurement System Analysis, MSA) tekniikka, joka on mm. teollisuudessa laajalti käytössä. Mittausjärjestelmänalyysi arvioi mittausjärjestelmän soveltuvuutta annetun asian mittaamiseen. Tulosten vaihtelun lähteenä (source of variation) voidaan ajatella olevan kaksi asiaa:

- Osien välinen vaihtelu (Part-to-Part variation)
- Mittausjärjestelmästä johtuva vaihtelu (Measurement system variation)

Jos mittausjärjestelmästä johtuva vaihtelu on suuri verrattuna osien väliseen vaihteluun, mittausjärjestelmä ei välttämättä tuota hyödyllistä tietoa.

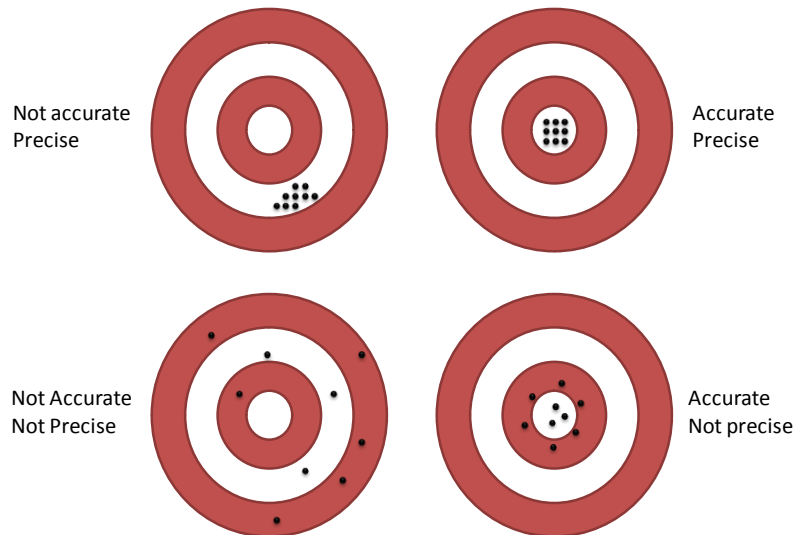
Mittausjärjestelmän virhe (Measurement system error) voidaan luokitella kahteen kategoriaan (*Kuva 20*):

- sisäinen tarkkuus (accuracy)
- ulkoinen tarkkuus (precision)



Kuva 20. Mittausvirheen muodostuminen.

Missä tahansa mittausjärjestelmässä voi esiintyä virhettä jommastakummasta kategoriasta tai molemmista kategoriosta. Laite voi esimerkiksi mitata arvon tarkasti samoin useaan kertaan (precision), mutta tulos ei vastaa todellista arvoa (accuracy). Tai vastaavasti laitteen mittaamien tulosten keskiarvo voi vastata todellista arvoa, mutta hajonta mittaustulosten kesken on suuri. On myös mahdollista, että laite ei mittaa tarkasti eikä oikein. Alla on havainnollistettu mahdollisia tilanteita (Kuva 21).



Kuva 21. Tarkkuus (Accuracy and Precision).

Koska tiemerkintöjen kuntoarvolle tai kulumattomuudelle ei ole standardisoitua mittausmenetelmää, joka kertoisi todellisen arvon, on tässä tutkimuksessa keskitytty ulkoisen tarkkuuden analysointiin.

Gage R&R arvioi kuinka suuri osa kokonaisvaihtelusta (total process variation) on mittausjärjestelmän aiheuttamaa. Kokonaisvaihtelu koostuu osien välisestä vaihtelusta ja mittausjärjestelmästä johtuvasta vaihtelusta, joka taas koostuu:

- Toistettavuudesta (Repeatability)
  - Mittalaitteesta johtuva tai saman mittaajan samalla laitteella tekemien useampien mittausten tuloksista havaittu vaihtelu.
- Uusittavuudesta (Reproducibility)
  - Mittausjärjestelmästä johtuva tai eri mittaajien samalla laitteella tekemien useampien mittausten tuloksista havaittu vaihtelu

Toistettavuuden arviointi asettaa vaatimuksen, että arvioijan on arvioitava sama asia vähintään kahdesti ja uusittavuuden arviointi asettaa vaatimuksen, että arvioijia on oltava vähintään kaksi ja mielummin kolme tai enemmän.

Menetelmällä voidaan nimensä mukaisesti tutkia mittausten toistettavuutta (repeatability) ja uusittavuutta (reproducibility) sekä lisäksi oikeellisuutta, jos mitattavan asian oikea todellinen arvo on tiedossa. Se kertoo edellä mainittujen asioiden perusteella onko mittaustulosten epäjohtonmukaisuus liian suurta sivuutettavaksi (*Taulukko 16*). Lisäksi se kertoo, johtuuko epäjohtonmukaisuus huonosta mittalaitteesta (huono toistettavuus) vai sen virheellisestä käytöstä (huono uusittavuus).

*Taulukko 16. Gage R&R:n tulkintaohjeet (AIAG 1995)*

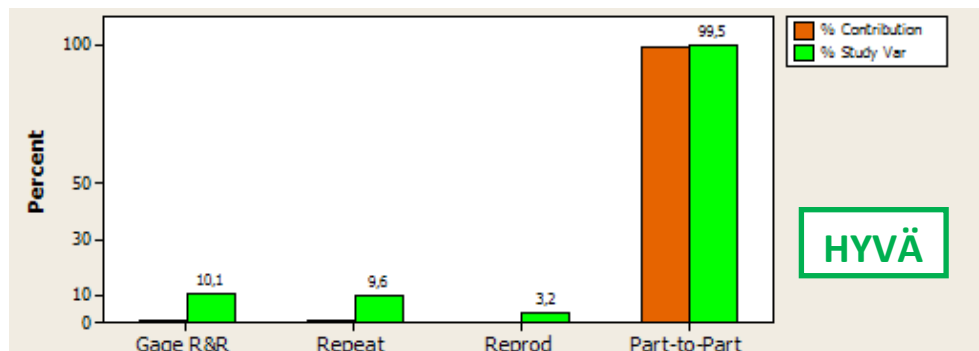
Gage R&R	Tulkinta	
< 10 %	mittausjärjestelmä on hyväksyttävä	the measurement system is acceptable
≤ 30 %	voi olla hyväksyttävissä, perusteluna sovelluksen tärkeys, kustannukset, jne.	may be acceptable based on the importance of application, cost of gage, cost of repairs, etc.
> 30 %	mittausjärjestelmää pitää parantaa	measurement system needs improvement. make every effort to identify the problems and have them corrected

Tässä työssä Gage R&R -laskentaan on käytetty Minitab-ohjelmistoa, joka käyttää varianssianalyysiä (ANOVA) varianssien komponenttien laskentaan. Komponenttien avulla se arvioi mittausjärjestelmästä johtuvan vaihtelun osuuden. Gage R&R:n tuloksista on tässä työssä esitetty seuraavat kuvaajat:

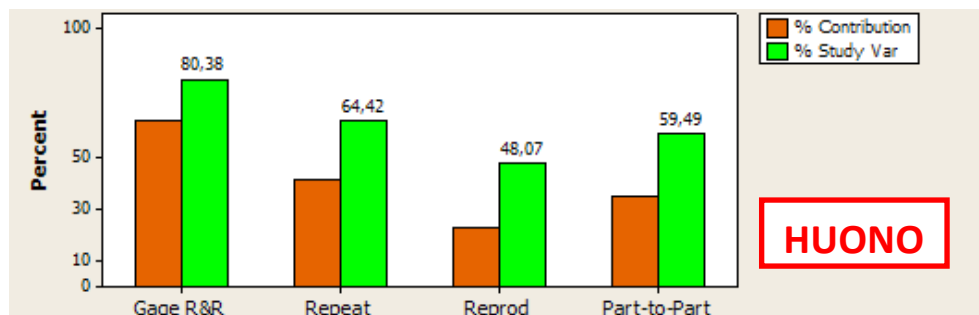
- Vaihtelun komponentit (Components of variation)
- Vaihteluvälikartta (R chart)
- Keskiarvokartta (Xbar chart)

Kuvaajien tulkintatavat on esitetty lyhyesti alla:

Components of variation – kuvaajasta nähdään vaihtelun komponenttien prosenttiosuudet. Hyvässä mittausjärjestelmässä (*Kuva 22*) lähes kaikki vaihtelu on osien välistä vaihtelua (part-to part variation). Gage R&R-pylväs kertoo mittausjärjestelmän toimivuudesta. Jos pylvään arvo on alle 10 %, voidaan mittausjärjestelmän todeta olevan hyväksyttävä ja jos arvo on yli 30 % (*Kuva 23*), voidaan mittausjärjestelmän todeta vaativan parantamista. Tältä väliltä olevat arvot kertovat mittausjärjestelmän olevan mahdollisesti hyväksyttävä, mutta vaativan tarkkailua. Lopullinen hyväksyttävyys on tapauskohtainen ja riippuu mm. käyttötarkoituksesta (*Taulukko 16*).

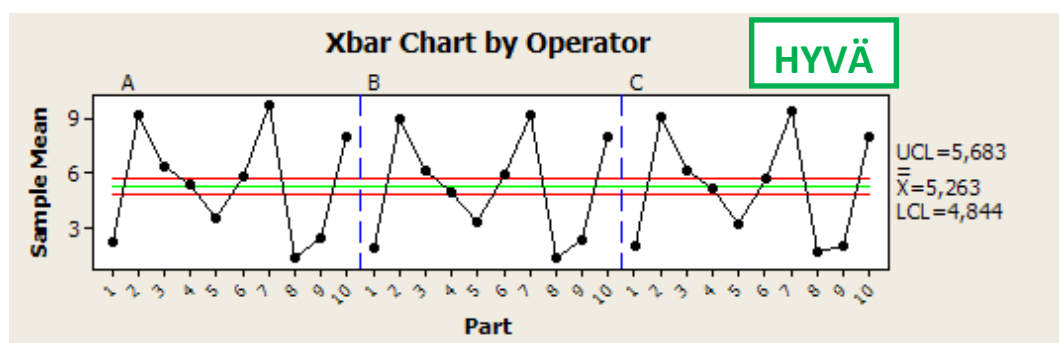


Kuva 22. Components of variation (hyvä).

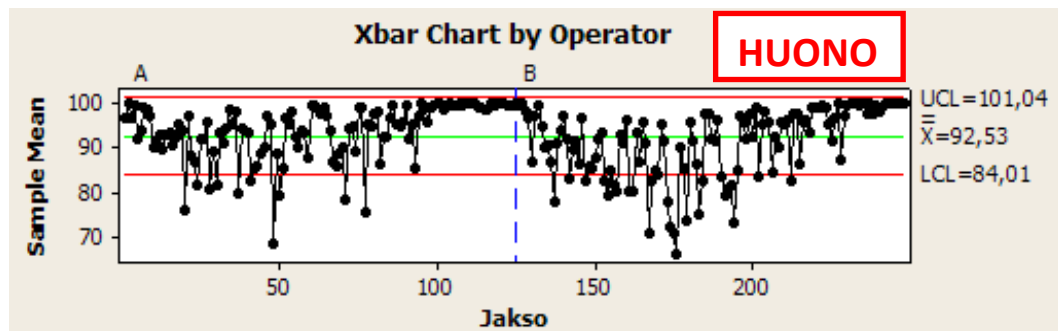


Kuva 23. Components of variation (huono).

Vaihteluvälikartta (Xbar Chart) on laadunohjauksessa käytetty ohjauskartta (control chart), joka kertoo graafisesti arvioijan johdonmukaisuudesta arvioinneissaan. Kartan pisteet ovat kunkin arvioidun osan suurimman ja pienimmän arvion erotus. Keskimäinen viiva on kaikkien vaihteluvälien keskiarvo ja valvontarajat (control limits, UCL ja LCL) osoittavat rajat, joiden sisällä pisteiden tulisi pysyä. Jos yksikin piste asettuu rajojen ulkopuolelle, arvioija ei arvioi osia johdonmukaisesti. Johdonmukainen arviointi tarkoittaa pientä vaihteluväliä suhteessa koko aineiston vaihteluväliin, jolloin pisteet osuvat valvontarajojen sisälle. Esimerkki hyvän (Kuva 24) ja huonon (Kuva 25) mittausjärjestelmän vaihteluvälikartasta on alla.

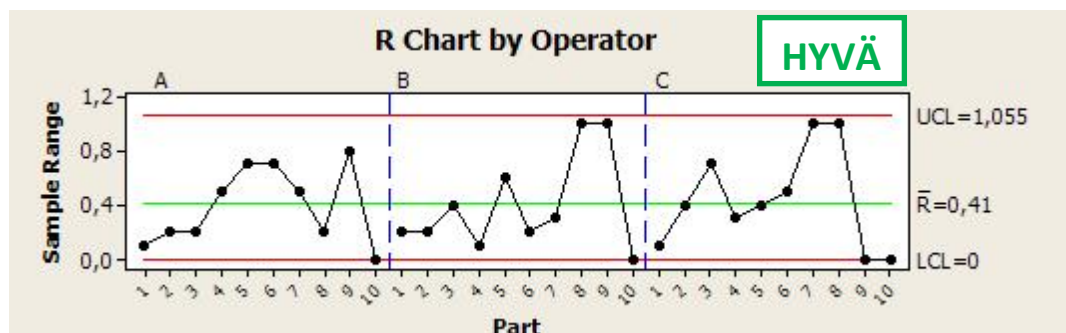


Kuva 24. Xbar Chart (hyvä).

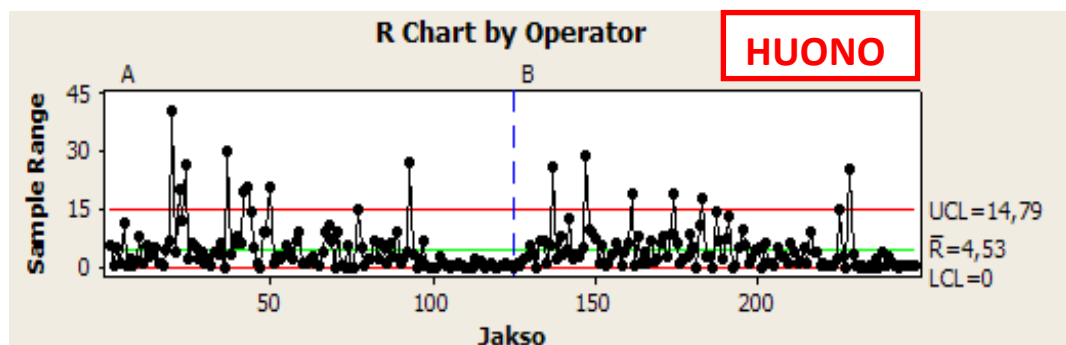


Kuva 25. Xbar Chart (huono).

Keskiarvokartta (R Chart) vertaa osien välistä vaihtelua (part-to-part variation) toistettavuuskomponenttiin (repeatability component). Pisteet osoittavat kunkin arvioijan mittaustuloksen keskiarvon kyseiselle osalle. Keskimäinen viiva on kaikkien arvioijien kaikkien osien kaikkien mittaustulosten keskiarvo ja valvontarajat osoittavat alueen, jonka ulkopuolelle suurimman osan pisteistä pitäisi asettua. Näin siksi, että Gage R&R-tutkimusta varten valittujen osien tulisi kattaa koko mahdollisten osien joukko ja silloin osien välisten keskiarvojen vaihtelun tulisi olla suurempaa kuin mitä pelkästä toistettavuudesta aiheutuu. Suurin osa pisteistä valvontarajojen ulkopuolella on siis hyvä asia ja tarkoittaa osien välisen vaihtelun olevan paljon suurempaa kuin mittalaitteen tulosten vaihtelu. Yleisenä vaatimuksena voidaan pitää, että yli puolet pisteistä tulisi olla valvontarajojen ulkopuolella. Esimerkki hyvän (Kuva 26) ja huonon (Kuva 27) mittaussjärjestelmän keskiarvokartasta on alla.



Kuva 26. R Chart (hyvä).



Kuva 27. R Chart (huono).

## 4 TUTKIMUSTULOKSET

### 4.1 Sopimukset ja tilauskäytännöt

Tiemerkintöjen palvelusopimuksissa (*Taulukko 17*) vain Uudenmaan ELY-keskuksen alueella vaatimuksena kaikilla teillä on kuntoarvon mittaaminen koneellisesti joko TIKU:lla tai muulla vastaavalla menetelmällä. Lisäksi Koillismaalla ylemmän luokan teillä kuntoarviointi tulee suorittaa TIKU:lla. Muutoin suurimmaksi osaksi TIKU:n käyttö kuntoarvioinneissa on sallittua, mutta vapaaehtoista. Joissakin sopimuksissa silmämääräinen arviointi on ainoa sallittu tapa suorittaa kuntoarviointi.

*Taulukko 17. Tiemerkintöjen palvelusopimuksissa vaaditut tavat kuntoarviointiin.*

Sopimus	Tapa 1	Tapa 2
HTU PPS 2007 - 2018	TIKU	Muu laite
UUD3 TM 2010 - 2014	TIKU	Muu laite
Koillismaan alue 2008 - 2022	TIKU (kategoria A)	Silmä (kategoriat B ja C)
VAR ELY 2011 - 2014	Silmämääräinen arviointi	TIKU
Hämeen tiepiiri 2008 - 2011	Silmämääräinen arviointi	Laite
Kaakkois-Suomen tiepiiri 2008 - 2012	Silmämääräinen arviointi	Laite
Keski-Suomen tiepiiri 2009 - 2011	Silmämääräinen arviointi	Laite
Oulun alue 2007 - 2016	Silmämääräinen arviointi	-
POS ELY 2010 - 2012	Silmämääräinen arviointi	-
Lappi 2007 - 2011	ei kuntoarvovaatimuksia linjamerkinnöille, vain paluuehjästuvuus	

Tiemerkintöjen palvelusopimuksissa kuntoarvoille on asetettu vaatimuksia ja vaatimusten alituksista määrätty arvovähennyksiä. Vaatimukset ja arvovähennykset vaihtelevat hieman sopimuksittain. Kuntoarvon määrittäminen tehdään kerran tai kaksi vuodessa. Jos arviointeja tehdään kaksi kertaa vuodessa, ensimmäinen arvioinnin ajankohta on keväällä ennen kuin korjaustoimenpiteitä talven jäljiltä on tehty. Toinen mittauskerta on syksyllä, kun merkintöjen korjaukset on tehty. Keväällä tehdyissä mittauksissa vaatimustaso on syksyn mittauksia alhaisempi. Joissakin sopimuksissa on määritetty mittaus suoritettavaksi vain kerran vuodessa. Näissä sopimuksissa mittausajankodat vaihtelevat. Mittaus voi olla määrätty tehtäväksi keväällä ennen korjaustoimenpiteitä tai on annettu takaraja, jolloin mittauksen tulee olla tehty, mutta korjaustoimenpiteitä ennen mittauksia ei ole kielletty.

### 4.2 Kevään arvioinnit ja mittaukset

#### 4.2.1 Yleistä

Ennen vertailua tulokset käytiin läpi ja niistä poistettiin arviointijaksot, joissa oli epäselvyyksiä siitä, mitä piti arvioida (esim. kanavoidut liittymät), havaittiin selkeästi virheellisiä arvoja (esim. mittaus merkinnän vierestä) tai joista ei ollut arviointia kaikilla menetelmillä. Jäljelle jääneelle aineistolle tehtiin tilastollinen tarkastelu.

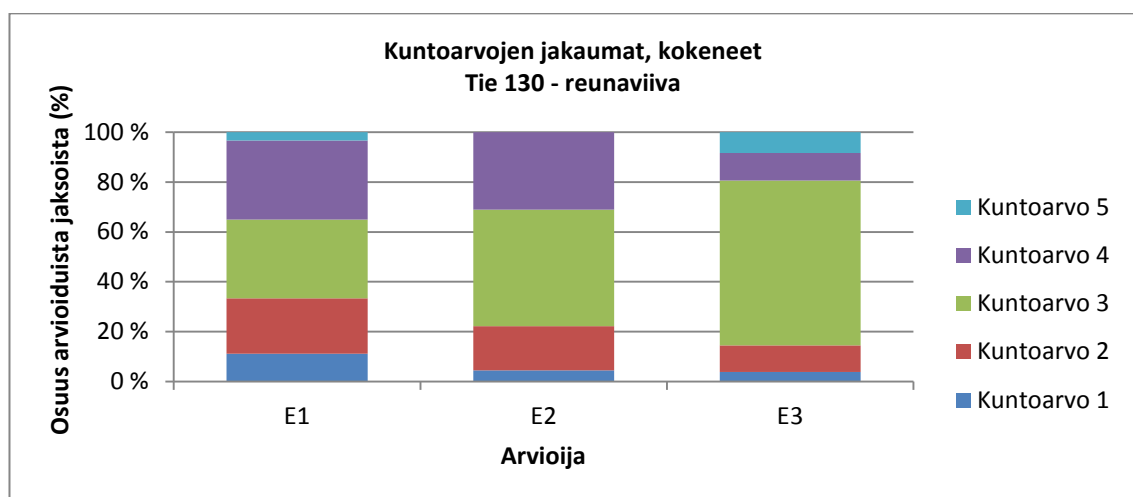
Kokeneet arvioijat tekivät silmämääräisen arvioinnin kaikilla alun perin suunnitelluilla tieosilla (Taulukko 9). Kokemattomien arvioijien tekemä arviointi kattoi ensimmäisen osan kohteista vain seututien 130. Valtatiellä 25 liikenne oli niin vilkasta, että arvoinnit päätettiin jättää tekemättä turvallisuussyistä ja kantatien 45 kohde jäi arvioimatta väärinkäsityksen takia. TIKU-mittaukset tehtiin teiltä 25 ja 130 (Taulukko 9). Erivärisille viivoille saatiin omat arvot. Keskiviivan erivärisille viivoille saaduista tuloksista on laskettu keskiarvo, koska silmämääräinen arviointi oli tehty tavalla, jossa keskiviivalle annettiin vain yksi arvo. RMT-mittaukset tehtiin kaikilta alun perin suunnitelluilta tieosilta. Mittaukset tehtiin molemmille reunaviivoille ja keskiviivalle. Keskiviivaston eri viivoille saatiin omat arvot, mutta värejä laite ei tunnistanut, joten myös RMT:n mittaustuloksista on keskiviivalle laskettu kahden viivan keskiarvo.

Lopullinen aineisto sisältää 180 sadan metrin reunaviivajaksoa ja 173 keskiviivajaksoa, kaikki tieltä 130 ja jotka jokainen arvioija ja mittalaite arvioi yhden kerran. Tulokset on esitetty vastaamalla luvussa 3.3 Tulosten analysointimenetelmät esitettyihin kysymyksiin samassa luvussa esiteltujen menetelmien avulla.

#### 4.2.2 Silmämääräinen arviointi

##### Kokeneiden arvioijien tekemä arviointi

Kolmen kokeneen arvioijan (E1 – E3) reunaviivasta tekemän arvioinnin tuloksista täysin yhteneviä (kaikkien kolmen henkilön arvioima kuntoarvo sama 100 metrin jaksolle) oli 39,4 % eli selvästi alle puolessa tapauksista kaikki kolme arvioijaa olivat samaa mieltä kuntoarvosta. Kuntoarvojen jakaumista arvioijittain (Kuva 28) huomataan, että kokeneiden arvioijien eri kuntoluokkiin arvioimien jaksoiden määrissä on eroja.



Kuva 28. Reunaviivan kuntoarvojen jakaumat tiellä 130 (kokeneet).

Tilastollisesti merkitsevästi kuntoarvojen jakaumista toisistaan poikkesivat kuitenkin vain arvioijien E1 ja E3 jakaumat ( $p = 0,025$ ) (Taulukko 18). Kokeneiden arvioijien ei

voida todeta ryhmänä eroavan toisistaan tilastollisesti merkitsevästi, vaikka ero on melkein tilastollisesti merkitsevä ( $p = 0,056$ ) (Taulukko 19).

Taulukko 18. Wilcoxonin järjestyslukujen merkkitestin tulokset reunaviivasta tiellä 130 (kokeneet).

Arvioija 1	Arvioija 2	W	N	z	p
E1	E2	-571	73	1,57	0,116
	E3	-1186	94	-2,24	0,025
E2	E3	-279	61	-1,00	0,317

Taulukko 19. Friedmanin testin tulos reunaviivasta tiellä 130 (kokeneet).

	S	df	p
Kokeneet	5,77	2	0,056

Pareittaisessa vertailussa (Taulukko 20) suurin yksimielisyys (66,1 %) oli arvioijien E3 ja E2 välillä ja pienin (47,8 %) arvioijien E3 ja E1 välillä ja keskiarvo oli 57,8 %. Tulosten suhdetta toisiinsa kuvaava järjestyskorrelaatiokerroin Kendallin tau-b vaihteli välillä 0,56 – 0,72 ja keskiarvo oli 0,63, mikä tarkoittaa, että arviointien välinen korrelaatio on huomattavaa. Arviointien yhtäpitävyyttä kuvaava painotettu kappa (neliöllinen painotus) vaihteli välillä 0,52 – 0,75 ja keskiarvo oli 0,62, mikä tarkoittaa huomattavaa yhtäpitävyyttä, mutta on kuitenkin yleensä hyväksyttävänä pidetyn rajan 0,7 alapuolella.

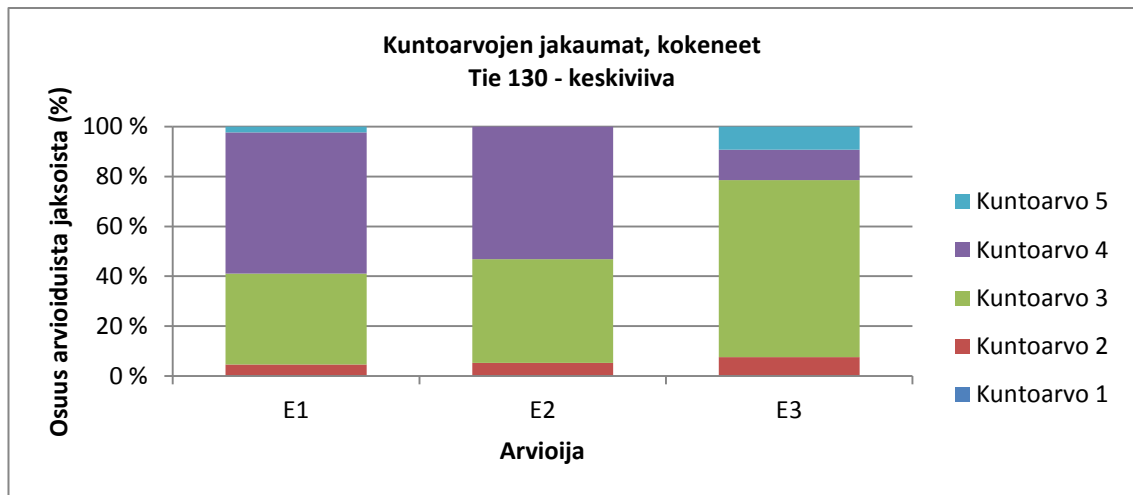
Taulukko 20. Parivertailun tuloksia reunaviivasta tiellä 130 (kokeneet).

Arvioija	Yksimieliset arvioinnit (%)		Kendallin tau-b		Painotettu kappa	
	E1	E2	E1	E2	E1	E2
E2	59,4		0,61		0,52	
E3	47,8	66,1	0,56	0,72	0,59	0,75
Keskiarvo	57,8		0,63		0,62	

Kokeneiden arvioijien välistä arvioinnin yhtäpitävyyttä kuvaavaksi kappa-arvoksi saatiin  $\kappa_R = 0,47$ , mikä tarkoittaa yhtäpitävyyden olevan kohtalaista. Vaikka arvioijat eivät ole antaneet täysin samoja kuntoarvoja jaksoille, jaksojen keskinäinen järjestys on kaikilla arvioijilla samansuuntainen.

Kokeneiden arvioijien keskiviivasta suorittaman arvioinnin tuloksista täysin yhteneviä oli 34,3 %. Keskiviivan kuntoarvojen jakaumista (Kuva 29) huomataan, että n. 90 % annetuista kuntoarvoista oli joko kuntoarvoa 3 tai 4, minkä perusteella vaikuttaisi, että kuntoarvojen todellinen jakauma ei kattanut kovin hyvin koko skaalaa.





Kuva 29. Keskiviivan kuntoarvojen jakaumat tiellä 130 (kokeneet).

Ryhmänä kokeneet arvioijat erosivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ( $p = 0,000$ ) (Taulukko 21), koska arvioija E3 erosi kahdesta muusta arvioijasta tilastollisesti merkitsevästi ( $p = 0,000$ ) (Taulukko 22).

Taulukko 21. Friedmanin testin tulos keskiviivasta tiellä 130 (kokeneet).

	S	df	p
Kokeneet	42,65	2	0,000

Taulukko 22. Wilcoxonin järjestyslukujen merkkitestin tulokset keskiviivasta tiellä 130 (kokeneet).

Arvioija 1	Arvioija 2	W	n	z	p
E1	E2	511	69	1,53	0,126
	E3	2413	86	5,19	0,000
E2	E3	1677	77	4,26	0,000

Pareittaisessa vertailussa (Taulukko 23) yksimielisten arvioiden prosenttiosuudet olivat lähes samat kuin reunaviivan kohdalla. Suurin yksimielisyys (60,1 %) oli arvioijien E2 ja E1 välillä ja pienin (50,3 %) arvioijien E3 ja E1 välillä ja keskiarvo oli 55,3 %. Tulosten suhdetta toisiinsa kuvaava järjestyskorrelaatiokerroin Kendallin tau-b vaihteli välillä 0,36 – 0,56 ja keskiarvo oli 0,46, mikä tarkoittaa, että arviointien välinen korrelaatio on heikompaa kuin reunaviivan kohdalla. Arviointien yhtäpitävyyttä kuvaava painotettu kappa (neliöllinen painotus) vaihteli välillä 0,42 – 0,52 ja keskiarvo oli 0,46, joka sekin on reunaviivasta saatua arvoa heikompi ja selkeästi arvon 0,7 alapuolella.

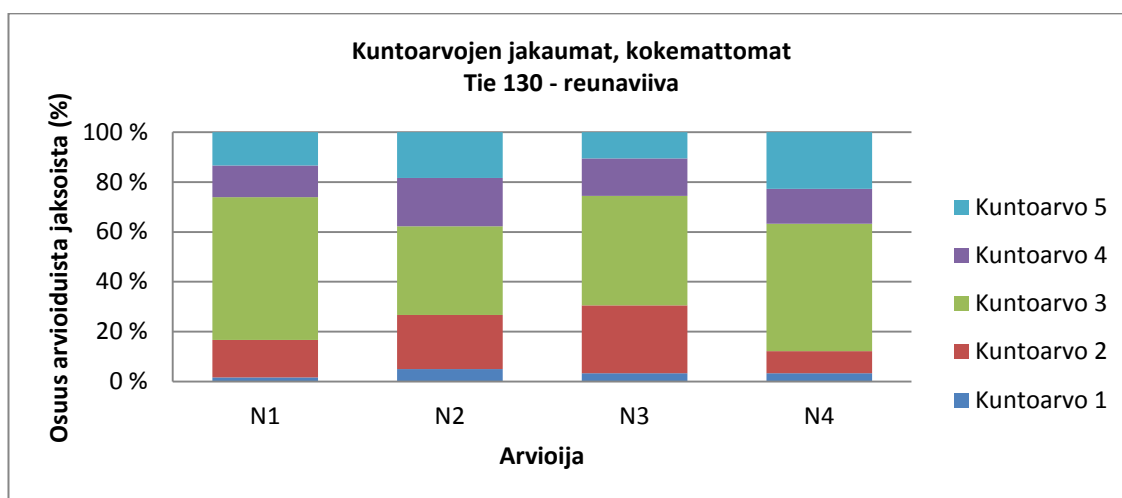
Taulukko 23. Parivertailun tuloksia keskiviivasta tiellä 130 (kokeneet).

Arvioija	Yksimieliset arvioinnit (%)		Kendallin tau-b		Painotettu kappa	
	E1	E2	E1	E2	E1	E2
E2	60,1		0,35		0,42	
E3	50,3	55,5	0,45	0,56	0,44	0,52
Keskiarvo		55,3		0,46		0,46

Keskiviivasta kokeneiden arvioijien välistä arviointien yhtäpitävyyttä kuvaaviksi kappa-arvoksi saatiin  $\kappa_R = 0,44$ . Kappa-arvo on heikempi kuin reunaviivan kohdalla. Arvioiden yhtenevyyden voidaan todeta olevan korkeintaan kohtalaista.

### Kokemattomien arvioijien tekemä arviointi

Neljän kokemattoman arvioijan (N1 - N4) reunaviivasta tekemän arvioinnin tuloksista täysin yhteneviä (kaikkien neljän henkilön arvioima kuntoarvo sama 100 metrin jaksolle) oli 35,0 %. Kuten kokeneiden arvioijienkin kohdalla myös kokemattomat olivat keskenään erimielisiä, mikä näkyy myös kuntoarvojen jakaumista (Kuva 30).



Kuva 30. Reunaviivan kuntoarvojen jakaumat tiellä 130 (kokemattomat).

Ryhmänä kokemattomat arvioijat erosivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ( $p = 0,000$ ) (Taulukko 24) ja parivertailun perusteella vain arvioijat N1 ja N2 eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ( $p = 0,549$ ) (Taulukko 25).

Taulukko 24. Friedmanin testin tulos reunaviivasta tiellä 130 (kokemattomat).

	S	df	p
Kokemattomat	78,70	3	0,000

Taulukko 25. Wilcoxonin järjestyslukujen merkkitestin tulos reunaviivasta tiellä 130 (kokemattomat).

Arvioija 1	Arvioija 2	W	n	z	p
N1	N2	-214	72	-0,60	0,549
	N3	935	54	4,02	0,000
	N4	-1026	51	-4,81	0,000
N2	N3	1425	76	3,69	0,000
	N4	-1190	67	-3,72	0,000
N3	N4	-2931	81	-6,90	0,000

Pareittaisessa vertailussa (Taulukko 26) yksimielisten arvioiden prosenttiosuudet olivat kokeneita arvioijia suurempia. Suurin yksimielisyys (71,7 %) oli arvioijien N4 ja N1 välillä ja pienin (55,0 %) arvioijien N4 ja N3 välillä ja keskiarvo oli 62,9 %, siis n. 8

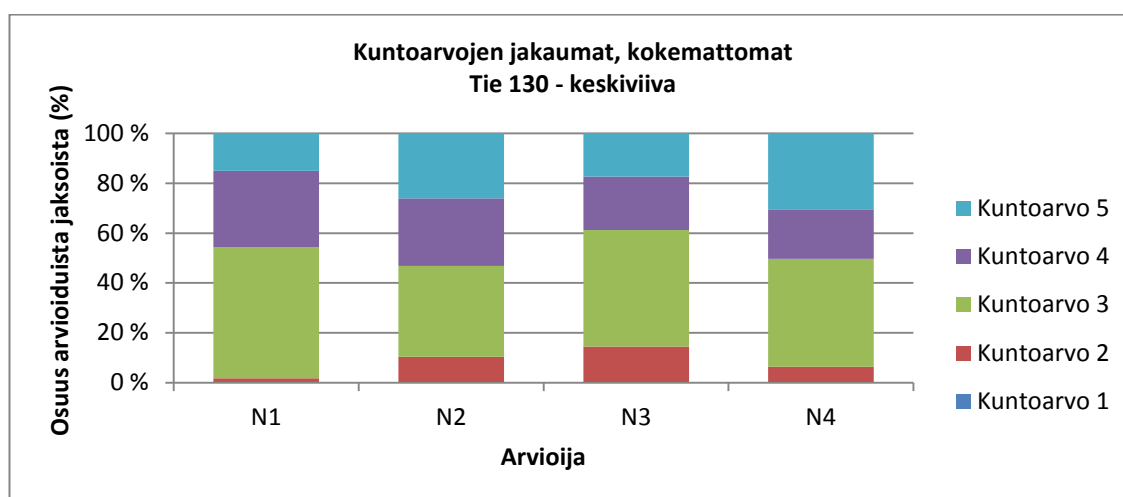
prosenttiyksikköä suurempi kuin kokeneilla arvioijilla. Tulosten suhdetta toisiinsa kuvaava järjestyskorrelaatiokerroin Kendallin tau-b vaihteli välillä 0,71 – 0,81 ja keskiarvo oli 0,76, mikä tarkoittaa, että arviointien välinen korrelaatio huomattavaa ja huomattavasti voimakkaampaa kuin kokeneiden arvioijien välillä. Arviointien yhtäpitävyyttä kuvaava painotettu kappa (neliöllinen painotus) vaihteli välillä 0,77 – 0,85 ja keskiarvo oli 0,81, joka sekin on kokeneita arvioijia huomattavasti korkeampi ja ylittää lisäksi arvon 0,7 selvästi.

Taulukko 26. Parivertailun tuloksia reunaviivasta tiellä 130 (kokemattomat).

Arvioija	Yksimieliset arvioinnit (%)			Kendallin tau-b			Painotettu kappa		
	N1	N2	N3	N1	N2	N3	N1	N2	N3
N2	60,0			0,72			0,80		
N3	70,0	57,8		0,76	0,71		0,84	0,77	
N4	71,7	62,8	55,0	0,81	0,79	0,76	0,84	0,85	0,77
Keskiarvo		62,9			0,76			0,81	

Kokemattomien arvioijien välistä arviointien yhtäpitävyyttä kuvaavaksi kappa-arvoksi saatiin  $\kappa_R = 0,54$ , joka on hieman suurempi kuin kokeneiden arvioijien kohdalla, vaikka kokemattomia arvioijia oli yksi enemmän. Parivertailun korkeat kappa-arvot osoittavat, että kokemattomat arvioijat olivat kokeneita yhtenäisempiä arvioinneissaan.

Kokemattomien arvioijien keskiviivasta suorittaman arvioinnin tuloksista täysin yhteneviä oli 37,6 %. Keskiviivan kuntoarvojen jakaumista (Kuva 31) huomataan, että noin 90 % annetuista kuntoarvoista oli joko kuntoarvoa 3, 4 tai 5. Kokeneista arvioijista poiketen kokemattomat arvioijat arvioivat osan kokeneiden kuntoarvoksi 4 arvioimista jaksoista kuntoarvoksi 5.



Kuva 31. Kuntoarvojen jakaumat keskiviivasta tiellä 130 (kokemattomat).

Ryhmänä kokemattomat arvioijat erosivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ( $p = 0,000$ ) (Taulukko 27) ja parivertailun perusteella vain arvioijat N1 ja N2 sekä N4 ja N2

eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ( $p = 0,075$  ja  $p = 0,280$ ) (Taulukko 28).

Taulukko 27. Friedmanin testin tulos keskiviivasta tiellä 130 (kokemattomat).

	S	df	p
Kokemattomat	52,58	3	0,000

Taulukko 28. Wilcoxonin järjestyslukujen merkkitestin tulos keskiviivasta tiellä 130 (kokemattomat).

Arvioija 1	Arvioija 2	W	n	z	p
N1	N2	-545	65	-1,78	0,075
	N3	915	61	3,28	0,001
	N4	-784	59	-2,96	0,003
N2	N3	1742	76	4,51	0,000
	N4	-286	59	-1,08	0,280
N3	N4	-1716	63	-5,87	0,000

Pareittaisessa vertailussa (Taulukko 29) yksimielisten arvioiden prosenttiosuudet olivat lähes samat kuin reunaviivan kohdalla, mutta kokeneita arvioijia suurempia. Suurin yksimielisyys (65,9 %) oli arvioijien N4 ja N1 välillä ja pienin (56,1 %) arvioijien N2 ja N3 välillä ja keskiarvo oli 63,1 %, joka oli n. 8 % -yksikköä suurempi kuin kokeneilla arvioijilla. Tulosten suhdetta toisiinsa kuvaava järjestyskorrelaatiokerroin Kendallin tau-b vaihteli välillä 0,71 – 0,76 ja keskiarvo oli 0,73, mikä tarkoittaa, että arviointien välinen korrelaatio oli huomattavaa ja huomattavasti voimakkaampaa kuin kokeneiden arvioijien välillä. Arviointien yhtäpitävyyttä kuvaava painotettu kappa (neliöllinen painotus) vaihteli välillä 0,73 – 0,79 ja keskiarvo oli 0,76, joka sekin on kokeneita arvioijia huomattavasti korkeampi ja ylittää lisäksi arvon 0,7.

Taulukko 29. Parivertailun tuloksia keskiviivasta tiellä 130 (kokemattomat).

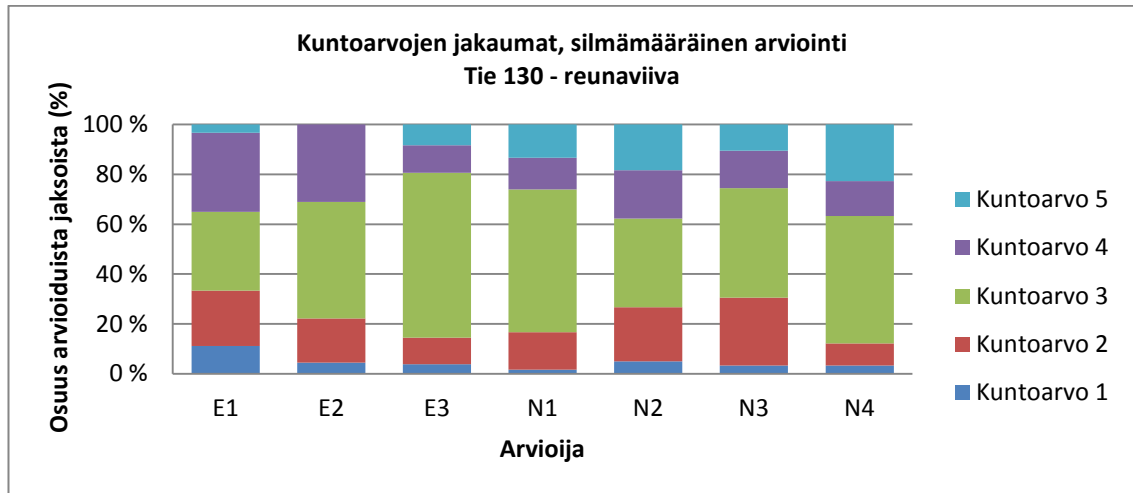
Arvioija	Yksimieliset arvioinnit (%)			Kendallin tau-b			Painotettu kappa		
	N1	N2	N3	N1	N2	N3	N1	N2	N3
N2	62,4			0,71			0,73		
N3	64,7	56,1		0,72	0,71		0,75	0,74	
N4	65,9	65,9	63,6	0,75	0,73	0,76	0,75	0,79	0,77
Keskiarvo		63,1			0,73			0,76	

Keskiviivasta kokeneiden arvioijien välistä arviointien yhtäpitävyyttä kuvaavaksi kappa-arvoksi saatiin  $\kappa_R = 0,54$ . Kappa-arvo on lähes sama, kuin reunaviivan kohdalla. Reunaviivasta ja keskiviivasta tehtyjen arvioiden yhtenevyyden voikin todeta olevan kokemattomien arvioijien osalta samantasoista.

### Kokeneet ja kokemattomat arvioijat ryhmänä

Seitsemän silmämääräisen arvioijan reunaviivasta suorittaman arvioinnin tuloksista täysin yhteneviä (kaikkien seitsemän henkilön arvioima kuntoarvo sama 100 metrin

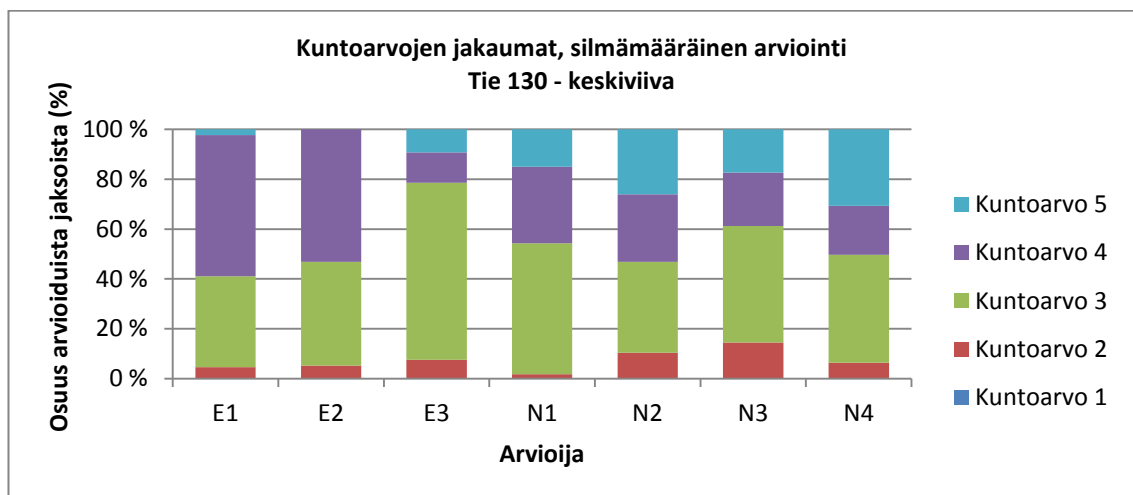
jaksolle) oli 13,9 %. Arvioiden erilainen jakautuminen näkyy hyvin myös kuntoarvojen jakaumista (Kuva 32).



Kuva 32. Reunaviivan kuntoarvojen jakaumat tiellä 130 (silmämääräinen arviointi)

Koko silmämääräisten arvioijien ryhmälle arviointien yhtäpitävyyttä reunaviivasta kuvaavaksi kappa-arvoksi saatiin  $\kappa_R = 0,48$ , mikä tarkoittaa kohtalaista, mutta ei kuitenkaan lähellekään hyväksyttävää yhtäpitävyyttä.

Kaikkien silmämääräisten arvioijien keskiviivasta suorittaman arvioinnin tuloksista täysin yhteneviä oli 9,8 %. Sekä arvioijien että ryhmien välillä oli eroja, mikä näkyy kuntoarvojakaumista (Kuva 33). Etenkin kokemattomien arvioijien kuntoarvoluokkaan 5 arvioimien jaksojen määrä oli selvästi kokeneita arvioijia suurempi.



Kuva 33. Kuntoarvojen jakaumat keskiviivasta tiellä 130 (silmämääräinen arviointi).

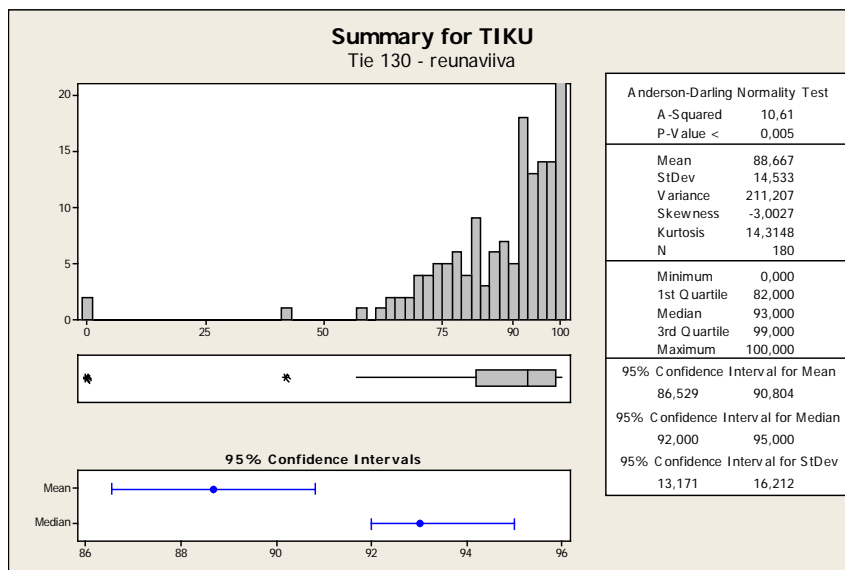
Koko silmämääräisten arvioijien ryhmälle arviointien yhtäpitävyyttä keskiviivasta kuvaavaksi kappa-arvoksi saatiin  $\kappa_R = 0,44$ , joka on hieman alhaisempi kuin

reunaviivasta saatu arvo. Tämä tarkoittaa yhtäpitävyyden olevan keskinkertaisen ja kohtalaisen välillä ja yhtäpitävyys on keskiviivasta hieman reunaviivaa heikompaa.

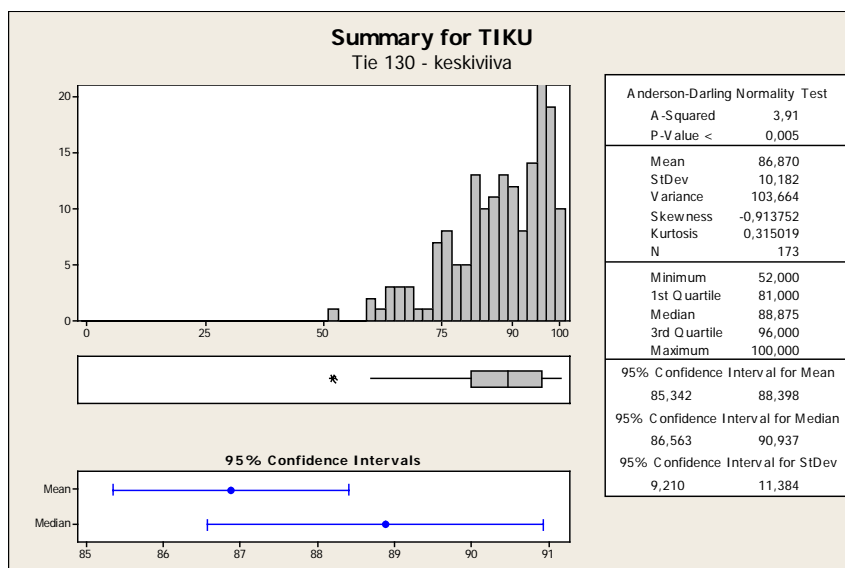
### 4.2.3 Mittalaitteet

#### TIKU

TIKU:n reunaviivan tulosten yhteenvedosta (Kuva 34) nähdään, että tulosten jakauma on painottunut voimakkaasti arvosteluasteikon yläpäähän. Kaikkien tulosten keskiarvo on 89, mediaani 93 ja keskihajonta 15. Keskiviivan tulosten yhteenvedosta (Kuva 35) nähdään, että kaikkien tulosten keskiarvo on 87, mediaani 89 ja keskihajonta 10.



Kuva 34. Yhteenvetoreunaviivan tuloksista tiellä 130 (TIKU).



Kuva 35. Yhteenveto keskiviivan tuloksista tiellä 130 (TIKU).

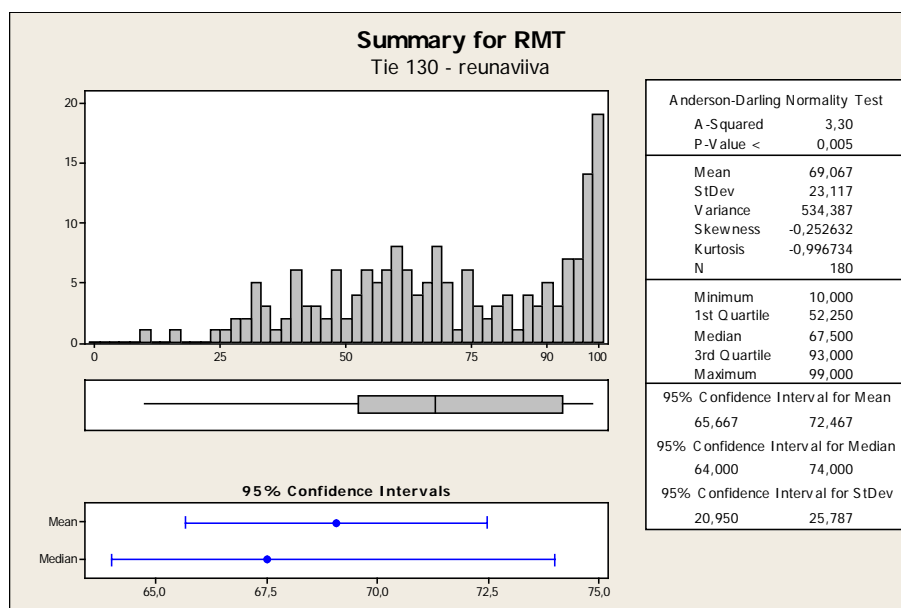
Keskiviivan tulosten vertailu oli hankalaa, koska tulosaineistossa saattoi olla samalle 100 metrin jaksolle useita arvoja. Vaikka TIKU:n pitäisikin pystyä tunnistamaan värit, ei se ollut siinä aina onnistunut. Alla olevassa tulosraportin osassa (Kuva 36) merkintä tiessä oli koko matkalla hyväkuntoista kaksoissulkuviivaa, mutta TIKU tunnisti värin välillä valkoiseksi ja välillä keltaiseksi. Lisäksi tulosdata sisälsi keskiviivan osalta jaksoja, joissa oli ylimääräisiä arvoja sekä jaksoja, jotka eivät olleet katkenneet sadan metrin kohdalta, jolloin vertailu kävi erittäin hankalaksi.

Tie	Puoli/Viiva	Aosa	PVM	Aet	Let Väri	Pinta-ala	KL	
130	2	4		5200	5226	2	99	5
130	2	4		5200	5226	2	99	5
130	2	4		5226	5300	2	100	5
130	2	4		5226	5300	2	84	3
130	2	4		5300	5337	1	99	5
130	2	4		5300	5337	2	86	3
130	2	4		5337	5353	2	99	5
130	2	4		5337	5353	2	88	3
130	2	4		5353	5400	2	77	3
130	2	4		5400	5418	2	84	3
130	2	4		5400	5418	1	100	5
130	2	4		5418	5428	1	100	5
130	2	4		5418	5428	1	96	4
130	2	4		5428	5444	1	78	3
130	2	4		5428	5444	1	100	5
130	2	4		5444	5500	2	94	4
130	2	4		5444	5500	2	59	2

Kuva 36. Esimerkki TIKU:n keskiviivan tulosraportista.

## RMT

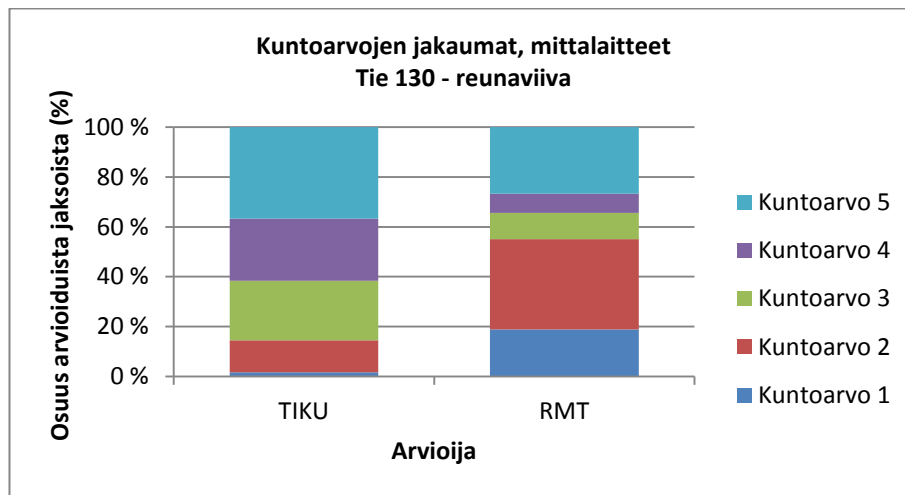
RMT:n reunaviivasta antamien tulosten yhteenvedosta (Kuva 37) nähdään, että tulokset ovat jakautuneet huomattavasti tasaisemmin kuin TIKU:lla. Kaikkien tulosten keskiarvo on 69, mediaani 68 ja keskihajonta 23.



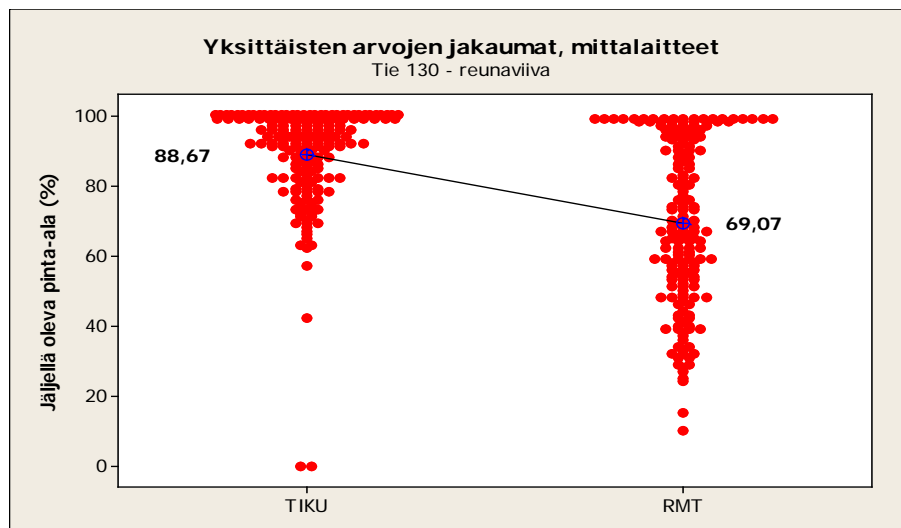
Kuva 37. Yhteenvedo reunaviivan tuloksista tiellä 130 (RMT).

## TIKU ja RMT ryhmänä

TIKU- ja RMT-laitteiden reunaviivan tuloksista täysin yhteneviä (molempien arvioima kuntoarvo sama 100 metrin jaksolle) oli 33,3 %. Tulokset jakautuivat täysin eri tavalla, mikä näkyy hyvin kuntoarvojen jakaumista (Kuva 38). Katsottaessa hieman tarkemmin yksittäisten arvioiden jakautumista mittalaitteiden välillä (Kuva 39) huomataan suurimman osan TIKU:n jäljellä olevan merkinnän prosenttiosuuksien asettuvan melko kapealle välille. RMT taas antaa tuloksia hyvinkin laajalti koko asteikon alueelta.



Kuva 38. Reunaviivan kuntoarvojen jakaumat tiellä 130 (mittalaitteet).

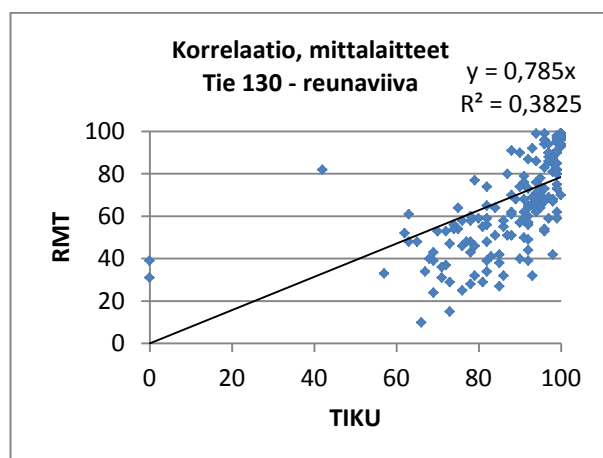


Kuva 39. Yksittäisten arvojen jakaumat.

Mittalaitteiden reunaviivan tulosten korrelaatiokuvasta (Kuva 40) nähdään, että arvot ovat hyvin hajallaan eivätkä asetu selvästi linjaan niin, että TIKU:n arvot vastaisivat tiettyjä RMT:n arvoja. Origin kautta kulkemaan pakotettu korrelaatiokerroin  $R^2$  on 0,38. Lisäksi nähdään, että TIKU antaa huomattavasti RMT:tä korkeampia arvoja.



Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin ( $r_s = 0,832$ ) antaa kuitenkin viitteitä siitä, että laitteet arvioivat jaksot kulumattomuuden mukaan hyvin samaan järjestykseen.



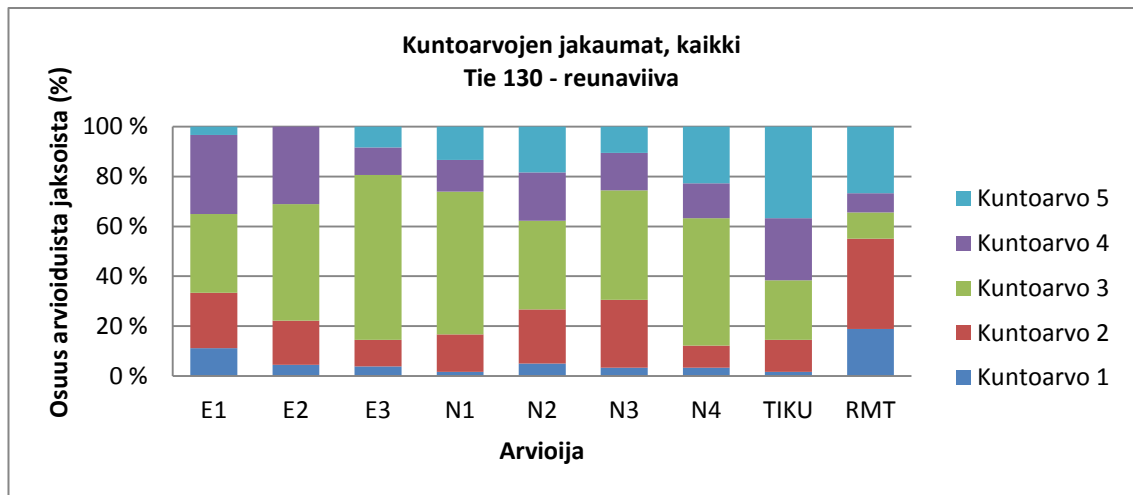
Kuva 40. Mittalaitteiden välinen korrelaatio reunaviivasta tiellä 130.

#### 4.2.4 Yhteenveto

Yhteenvetona voidaan todeta, että jokainen arvioija ja mittalaite käytti reunaviivaa arvioidessaan koko arviointiasteikkoa (1-5), joskin ääripäiden arvot jäivät suurimmalla osalla vähäisiksi (Taulukko 30 ja Kuva 41). Keskiviivan osalta silmämääräiset arvioijat eivät havainneet lainkaan kuntoarvon 1 jaksoja (Taulukko 31 ja Kuva 42). Tulosten keskiarvoista ja hajonnoista voidaan todeta, että TIKU antoi keskimäärin korkeampia kuntoarvoja kuin muut ja RMT pienempiä kuin muut. Silmämääräiset arvioinnit asettuivat mittalaitteiden antamien tulosten väliin. Tulosten perusteella arvioiden hajonta oli RMT:llä suurinta ja silmämääräisillä arvioijilla pienintä. Tulosten luotettavuudesta pitää muistaa kappaleessa 4.1.1 Yleistä mainitut asiat vertailukelpoisuuden heikkoudesta.

Taulukko 30. Tunnuslukuja reunaviivan arvioinnista tiellä 130.

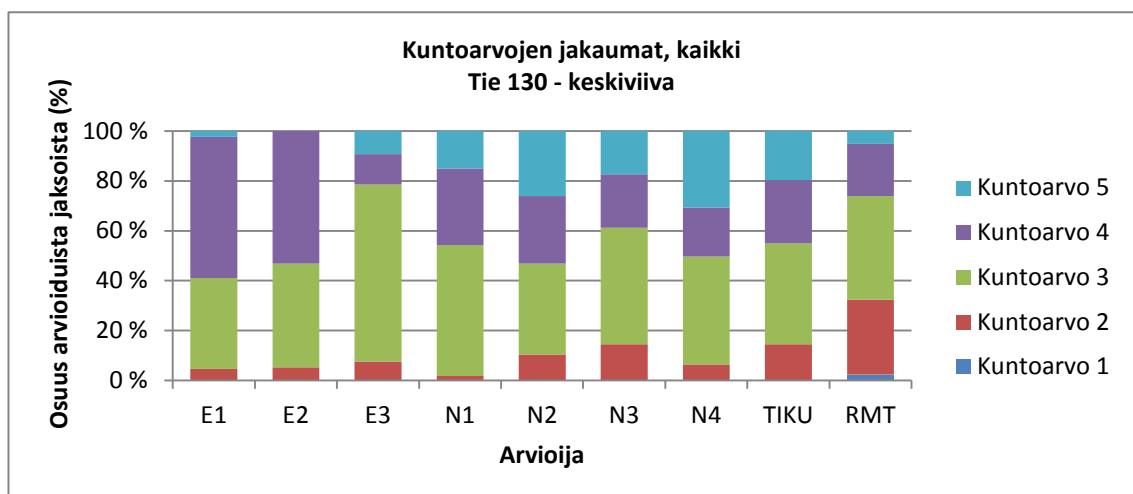
Arvioija	N	Mean	StDev	Min	Q1	Med	Q3	Max	Mode	N (Mode)
E1	180	2,94	1,06	1	2	3	4	5	3;4	57
E2	180	3,04	0,82	1	3	3	4	4	3	84
E3	180	3,09	0,84	1	3	3	3	5	3	119
N1	180	3,21	0,92	1	3	3	4	5	3	103
N2	180	3,24	1,14	1	2	3	4	5	3	64
N3	180	3,02	0,99	1	2	3	4	5	3	79
N4	180	3,44	1,04	1	3	3	4	5	3	92
TIKU	180	3,82	1,11	1	3	4	5	5	5	66
RMT	180	2,87	1,50	1	2	2	5	5	2	65
TIKU %	180	88,67	14,53	0	82,0	93,0	99,0	100	100	34
RMT %	180	69,07	23,12	10	52,3	67,5	93,0	99	99	19



Kuva 41. Reunaviivan kuntoarvojen jakaumat tiellä 130 (kaikki).

Taulukko 31. Tunnuslukuja keskiviivan arvioinnista tiellä 130.

Arvioija	N	Mean	StDev	Min	Q1	Med	Q3	Max	Mode	N (Mode)
E1	173	3,57	0,62	2	3	4	4	5	4	98
E2	173	3,48	0,60	2	3	4	4	4	4	92
E3	173	3,23	0,72	2	3	3	3	5	3	123
N1	173	3,59	0,76	2	3	3	4	5	3	91
N2	173	3,69	0,97	2	3	4	5	5	3	63
N3	173	3,42	0,94	2	3	3	4	5	3	81
N4	173	3,75	0,97	2	3	4	5	5	3	75
TIKU	173	3,50	0,97	2	3	3	4	5	3	70
RMT	173	2,97	0,90	1	2	3	4	5	3	72
TIKU %	173	86,87	10,18	52	81,0	88,9	96,0	100	96	10
RMT %	173	80,62	12,58	43	71,0	82,0	91,0	98	96	10



Kuva 42. Keskiviivan kuntoarvojen jakaumat tiellä 130 (kaikki).

Kaikkien arvioijien suorittaman arvioinnin tuloksista täysin yhteneviä oli reunaviivan osalta 1,1 % ja keskiviivan osalta 1,7 %. Kaikkien arvioijien välistä arvioinnin yhtäpitävyyttä kuvaavaksi kappa-arvoksi saatiin reunaviivasta  $\kappa_R = 0,36$  ja keskiviivasta  $\kappa_R = 0,37$ . Arvot tarkoittavat yhtäpitävyyden olleen keskinkertaista.

Laskettaessa tunnusluvut pareittain kaikkien välille (Liite 1 ja 2) huomatiin, että erot parien välillä ovat huomattavia. Yhtenevien arvioiden prosenttiosuudet reunaviivasta vaihtelevat pareittain välillä 23,3 % – 71,7 % ja keskiviivasta välillä 33,0 % - 65,9 %. Painotettu kappa vaihteli reunaviivasta välillä 0,44 – 0,85 ja keskiviivasta välillä 0,27 – 0,79. Kendallin tau-b vaihteli reunaviivasta välillä 0,52 – 0,81 ja keskiviivasta välillä 0,25 – 0,76. Arvojen tulkinnan mukaan arvioiden yhtäpitävyys vaihtelee mitättömästä huomattavaan. Huomionarvoinen seikka on, että vaikka RMT:n tulokset prosenttiosuuksina olivat heikkoja kaikkien arvioijien kanssa, niin korrelaatiota kuvaava Kendallin tau-b reunaviivasta oli korkeimpien joukossa. Tämä kertoo siitä, että kuntoarvojen keskinäinen järjestys oli samankaltaista ja kuntoarvorajojen uudellenmäärittely parantaisi yhtenevyyttä. Kaikki arvottivat jaksoja keskenään kuitenkin melko samaan järjestykseen.

Vaikka pariarviointien perusteella huomattavaakin yksimielisyyttä oli havaittavissa, ei yksimielisyys ollut kovin suurta, kun tutkittiin arvioita ryhminä ja edelleen kaikkia arvioita yhtenä ryhmänä (*Taulukko 32* ja *Taulukko 33*).

*Taulukko 32. Ryhmittäinen yhteenveto tieltä 130 (reunaviiva).*

Ryhmä	Arvioijien määrä	N	M	%M	P <sub>0</sub>	Randolph's Kappa	Tau-b
Kokeneet	3	180	71	39,4	0,58	0,47	0,63
Kokemattomat	4	180	63	35,0	0,63	0,54	0,76
Silmämääräinen arviointi	7	180	25	13,9	0,58	0,48	0,70
Mittalaitteet	2	180	60	33,3	0,33	0,17	0,65
Kaikki	9	180	2	1,1	0,48	0,36	0,67

M = yhtenevien tulosten lkm, P<sub>0</sub> = Percent of overall agreement

*Taulukko 33. Ryhmittäinen yhteenveto tieltä 130 (keskiviiva)*

Ryhmä	Arvioijien määrä	N	M	%M	P <sub>0</sub>	Randolph's Kappa	Tau-b
Kokeneet	3	173	58	33,5	0,55	0,44	0,46
Kokemattomat	4	173	64	37,0	0,63	0,54	0,73
Silmämääräinen arviointi	7	173	17	9,8	0,55	0,44	0,60
Mittalaitteet	2	173	65	37,5	0,38	0,22	0,47
Kaikki	9	173	3	1,7	0,49	0,37	0,55

M = yhtenevien tulosten lkm, P<sub>0</sub> = Percent of overall agreement

Yhdenkään ryhmän sisällä ei päästy lähelläkään 50 % yksimielisyyttä. Lähes kahdessa tapauksessa kolmesta arvioitavaa jaksoja ainakin yksi arvioija oli eri mieltä muiden kanssa. Kun kaikki koottiin yhdeksi ryhmäksi enää kahden jakson kohdalla 180:stä kaikki olivat samaa mieltä kuntoarvosta. Pelkistä silmämääräisistä arvioistakin vain noin joka seitsämännelle jaksolle oli kaikilla arvioijilla sama arvio. Kappa-arvon perusteella ryhmien yksimielisyys oli keskinkertaisesta tai kohtalaista lukuun ottamatta

mittalaitteita, joiden keskinäinen yhtäpitävyys oli mitätöntä. Parhaiten keskenään yksimielinen ryhmä oli kokemattomat arvioijat, jotka myös olivat paremmin mittalaitteiden kanssa samaa mieltä kuin kokeneet arvioijat.

## 4.3 Arvioinnit valtatiellä 12

### 4.3.1 Yleistä

Valtatiellä 12 silmämääräisten arviointien tekemistä hankaloittivat samaan aikaan käynnissä olleet päällystystyöt, minkä takia toisen kokeneen arvioijan arvioima osuus jäi muita arvioijia selkeästi lyhyemmäksi. Tämän takia vain toisen kokeneen arvioijan tulokset on esitetty. Kokemattomat arvioijat ja TIKU:n suorittivat jaksoilla toistomittaukset, joiden tuloksiin tämä kappale keskittyy. TIKU-mittaukset kohteessa teki tutkimuksen tekijä itse, vaikkei ollut aikaisemmin tehnyt TIKU-mittauksia.

### 4.3.2 Toistettavuuden testaaminen

Toistettavuuden testauksessa kaikki arvioivat reunaviivasta 243 ja keskiviivasta 238 sadan metrin jaksoa kahteen kertaan. Saman arvioijan kahden arvion väliset yhtäpitävyydet (molemmilla kerroilla sama kuntoarvo samalle 100 metrin jaksolle) vaihtelivat reunaviivasta välillä 59,7 % - 78,6 % (*Taulukko 34*) ja keskiviivasta välillä 59,7 % - 81,9 % (*Taulukko 35*). Silmämääräiset arvioijat olivat lähestulkoon yhtä paljon samaa mieltä omissa arvioissaan sekä reunaviivasta että keskiviivasta. TIKU:n keskiviivan tulokset poikkesivat selvästi enemmän toisistaan kuin reunaviivan tulokset.

*Taulukko 34. Arviointien yhtenevyys reunaviivasta toistomittauksessa tiellä 12 (kokemattomat+TIKU).*

Arviointien yksimielisyys reunaviivasta tiellä 12					
Arvioija	Arvioitu	Täsmää	%	95 % Luottamusväli	
N1	243	177	72,84	(66,78;	78,33)
N2	243	145	59,67	(53,21;	65,89)
N3	243	191	78,60	(72,90;	83,59)
TIKU	243	172	70,78	(64,63;	76,42)

Täsmää: Arvioija itsensä kanssa samaa mieltä molemmilla kerroilla

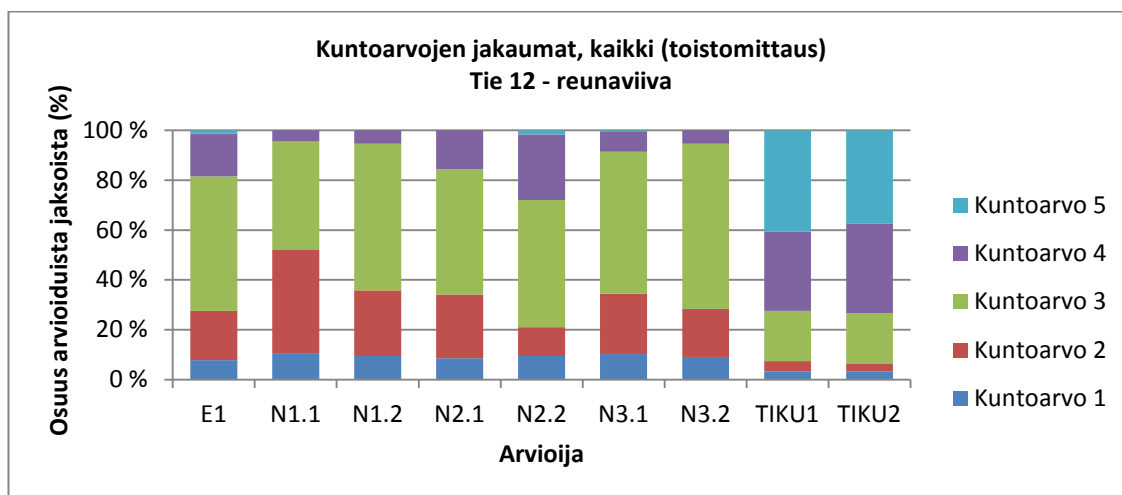
*Taulukko 35. Arviointien yhtenevyys keskiviivasta toistomittauksessa tiellä 12 (kokemattomat+TIKU).*

Arviointien yksimielisyys keskiviivasta tiellä 12					
Arvioija	Arvioitu	Täsmää	%	95 % Luottamusväli	
N1	238	176	73,95	(67,89;	79,41)
N2	238	140	58,82	(52,28;	65,14)
N3	238	195	81,93	(76,45;	86,61)
TIKU	238	136	57,14	(50,59;	63,52)

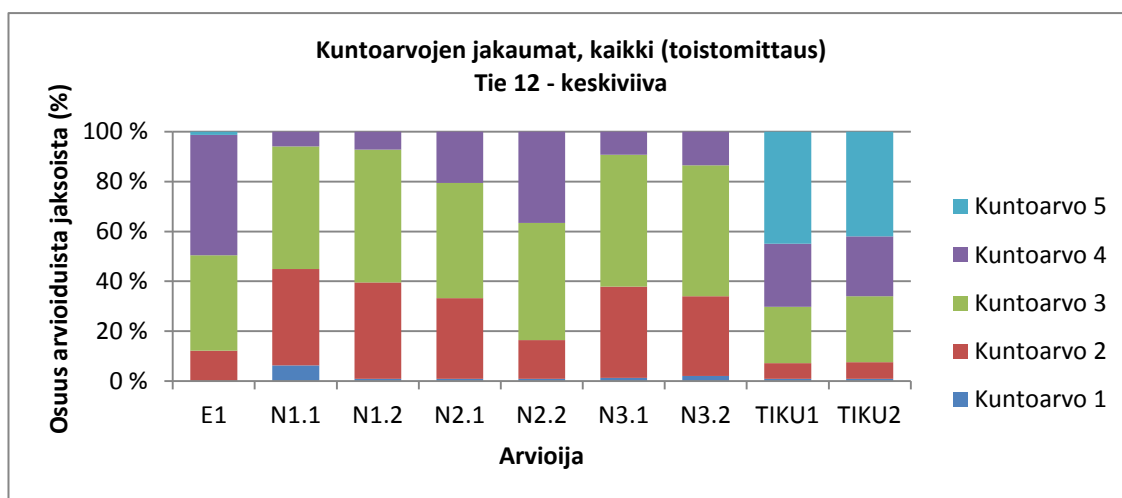
Täsmää: Arvioija itsensä kanssa samaa mieltä molemmilla kerroilla

Kuntoarvojen jakaumista (*Kuva 43* ja *Kuva 44*) nähdään myös, että arvioijien välillä on jonkun verran eroja ja se, että TIKU:lla on saatu huomattavasti korkeampia arvoja kuin silmämääräisessä arvioinnissa niin reuna- kuin keskiviivastakin. Verrattaessa kunkin arvioijan kahta mittausta toisiinsa (*Taulukko 36* ja *Taulukko 37*) voidaan kahden

silmämääräisen arvioijan tulosten jakaumien sanoa eroavan tilastollisesti merkitsevästi toisistaan sekä reuna- ( $p = 0,000$  ja  $p = 0,000$ ) että keskiviivan ( $p = 0,002$  ja  $0,000$ ) osalta. Kolmannen silmämääräisen arvioijan tulosten jakaumat eroavat vain keskiviivan ( $p = 0,024$ ) osalta ja TIKU:n tulosten jakaumat eivät ole kummankaan viivan osalta tilastollisesti merkitsevästi toisistaan eroavia.



Kuva 43. Kuntoarvojen jakaumat reunaviivasta tiellä 12 (toistomittaus).



Kuva 44. Kuntoarvojen jakaumat keskiviivasta tiellä 12 (toistomittaus).

Taulukko 36. Wilcoxonin järjestyslukujen merkkitestin tulokset reunaviivasta tiellä 12 (toistomittaus).

Arvioija 1	Arvioija 2	W	n	z	p
N1.1	N1.2	-1485	66	-4,74	0,000
N2.1	N2.2	-2968	98	-5,26	0,000
N3.1	N3.2	-228	52	-1,04	0,298
TIKU1	TIKU2	106	71	0,3	0,764

Taulukko 37. Wilcoxonin järjestyslukujen merkkitestin tulokset keskiviivasta tiellä 12 (toistomittaus).

Arvioija 1	Arvioija 2	W	n	z	p
N1.1	N1.2	-899	62	-3,15	0,002
N2.1	N2.2	-3708	98	-6,57	0,000
N3.1	N3.2	-374	43	-2,25	0,024
TIKU1	TIKU2	749	102	1,25	0,211

Jokaisen silmämääräisen arvioijan kahden arviointikerran korrelaatiota ja yhtäpitävyyttä kuvaavat tulokset reuna- ja keskiviivasta olivat hyvin samankaltaisia (Taulukko 38). TIKU:n kohdalla tulokset keskiviivasta olivat selvästi reunaviivaa huonompia. Tulosten korrelaatiota kuvaava Kendallin tau-b saman arvioijan kahden mittauksen välillä vaihteli reunaviivasta välillä 0,63 – 0,74 ja keskiviivasta välillä 0,61 – 0,81 sekä painotettu kappa reunaviivasta vaihteli välillä 0,69 – 0,84 ja keskiviivasta välillä 0,60 – 0,80. Arviointien välinen korrelaatio on huomattavaa ja yhtäpitävyys painotetun kappa-arvon perusteella keskimäärin hyväksyttävällä (kappa > 0,7) tasolla.

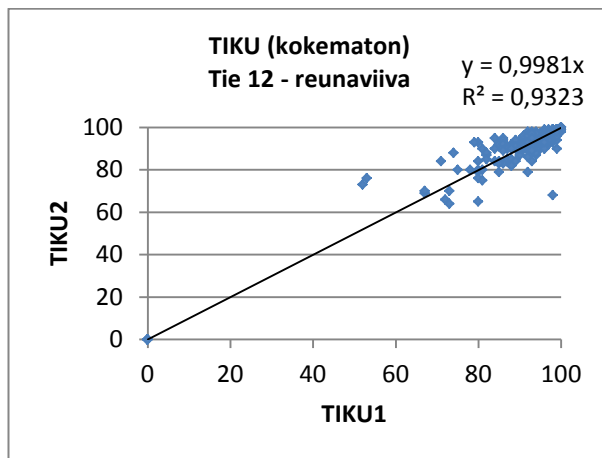
Taulukko 38. Yksimielisyys saman arvioijan eri arviointien välillä tiellä 12.

Yksimielisyys saman arvioijan eri arviointien välillä tiellä 12							
Arvioija	Kunto- arvo	Cohen's Kappa		Randolph's Kappa	Yksimieliset arviointit	Kendallin tau-b	Painotettu Kappa
		Reunaviiva	Keskiviiva				
N1	1	0,841	0,104	Reunaviiva			
	2	0,440	0,557	0,660	72,8	0,69	0,75
	3	0,522	0,597				
	4	0,737	0,621	Keskiviiva			
	5	*	*	0,674	74,0	0,69	0,69
	Total	0,556	0,554				
N2	1	0,850	0,496	Reunaviiva			
	2	0,291	0,423	0,496	59,7	0,63	0,69
	3	0,276	0,207				
	4	0,429	0,521	Keskiviiva			
	5	-0,008	*	0,485	58,8	0,63	0,60
	Total	0,386	0,373				
N3	1	0,835	0,492	Reunaviiva			
	2	0,566	0,860	0,733	78,6	0,71	0,78
	3	0,626	0,671				
	4	0,447	0,418	Keskiviiva			
	5	-0,002	*	0,774	81,9	0,81	0,80
	Total	0,618	0,695				
TIKU	1	1,000	-0,008	Reunaviiva			
	2	0,654	0,344	0,635	70,8	0,74	0,84
	3	0,514	0,468				
	4	0,411	0,150	Keskiviiva			
	5	0,706	0,496	0,434	57,1	0,61	0,69
	Total	0,577	0,376				

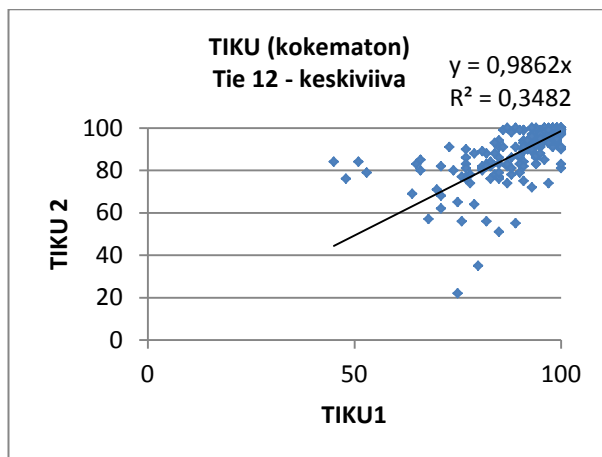
\* Kappa niin pieni, että pelkkä sattuma tuottaisi paremman yhtenevyyden.

TIKU:n mittaustuloksista (tiemerkinästä jäljellä oleva pinta-ala prosentteina) saatiin kahden mittauksen väliseksi korrelaatiokertoimeksi reunaviivasta  $R^2 = 0,93$  (Kuva 45) ja keskiviivasta  $R^2 = 0,35$  (Kuva 46). Reunaviivan tuloksissa oli useita nollia, jotka TIKU oli

antanut molemmilla mittauskerroilla paljon kuluneista merkinnöistä. Todellisuudessa merkinnät eivät kuitenkaan olleet kokonaan kuluneita. Ilman nollatuloksia korrelaatiokerroin olisi ollut huomattavasti pienempi ( $R^2 = 0,548$ ).

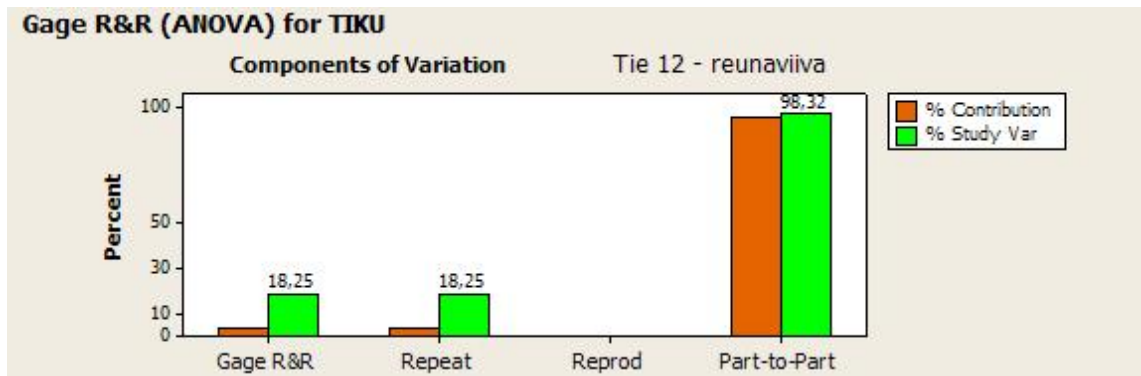


Kuva 45. TIKU -mittausten korrelaatio reunaviivasta tiellä 12 (kokematon).

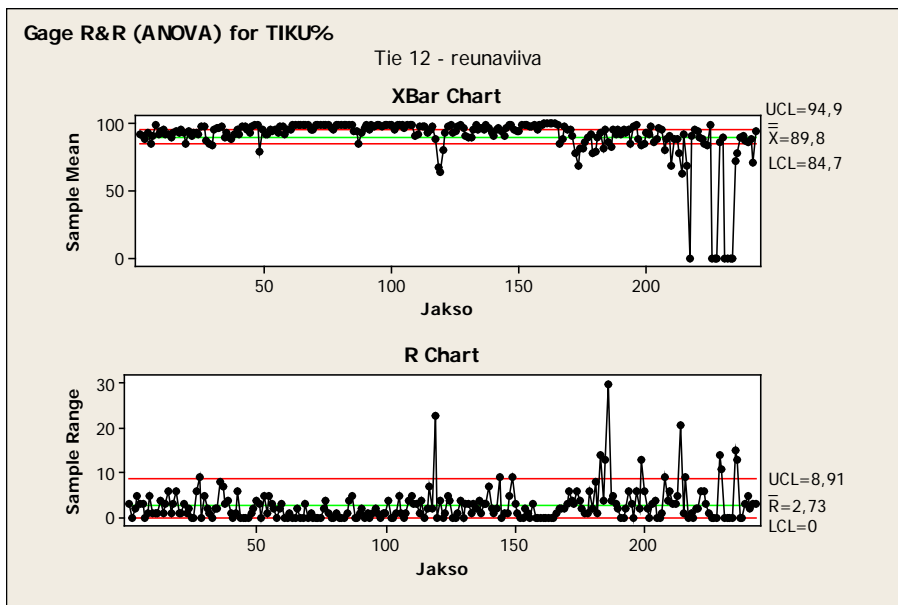


Kuva 46. TIKU -mittausten korrelaatio keskiviivasta tiellä 12 (kokematon).

Toistettavuuden perusteella TIKU-mittaukset reunaviivasta (Kuva 47) voisivat olla hyväksyttävällä tasolla (Gage R&R < 30), jos mittausten uusittavuus olisi hyvä. Reunaviivan tuloksia kuitenkin parantavat jo edellä mainitut useat nolla-arvot huonoista merkinnöistä. Ohjauskartoista (Kuva 48) nähdään, että suurin osa TIKU:n tuloksista on hyvin lähellä keskiarvoa tai hieman sen yläpuolella (Xbar Chart) ja toistomittausten tulosten erotus on usean jakson kohdalla kaukana keskiarvosta (R Chart). Jos nolla-arvot poistettaisiin, keskiarvo kasvaisi ja lähellä keskiarvoa olevien tulosten osuus kasvaisi. Lähellä keskiarvoa olevat tulokset kertovat mittausjärjestelmän kyvyttömyydestä erotella mittattavia jaksoja. Reunaviivan tulosten perusteella TIKU pystyisi erottelemaan jaksot seitsemään eri luokkaan, kun vähimmäisvaatimus toimivalle mittausjärjestelmälle on viisi.

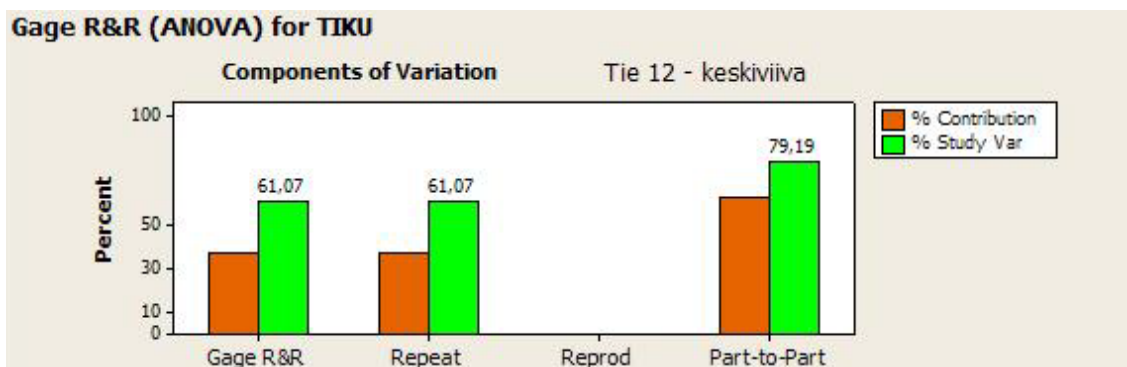


Kuva 47. Gage R&R reunaviivasta tiellä 12 (TIKU).



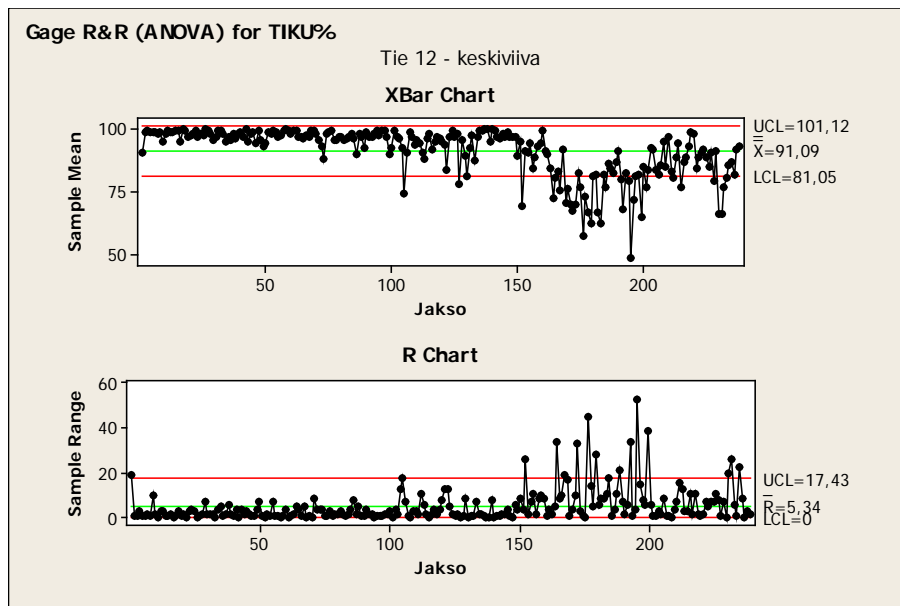
Kuva 48. Ohjauskartat reunaviivan tuloksista tiellä 12 (TIKU)

Keskiviivasta (Kuva 49) toistettavuus on mittausten perusteella jo niin heikko, ettei se täytä hyvän mittausjärjestelmän vaatimuksia, vaikka uusittavuus olisikin hyvä. Ohjauskartoista (Kuva 50) näkyvät samat asiat kuin reunaviivankin kohdalla, mutta vielä selvemmin.



Kuva 49. Gage R&R keskiviivasta tiellä 12 (TIKU).





Kuva 50. Ohjauskartat keskiviivan tuloksista tiellä 12 (TIKU).

#### 4.3.3 Yhteenveto

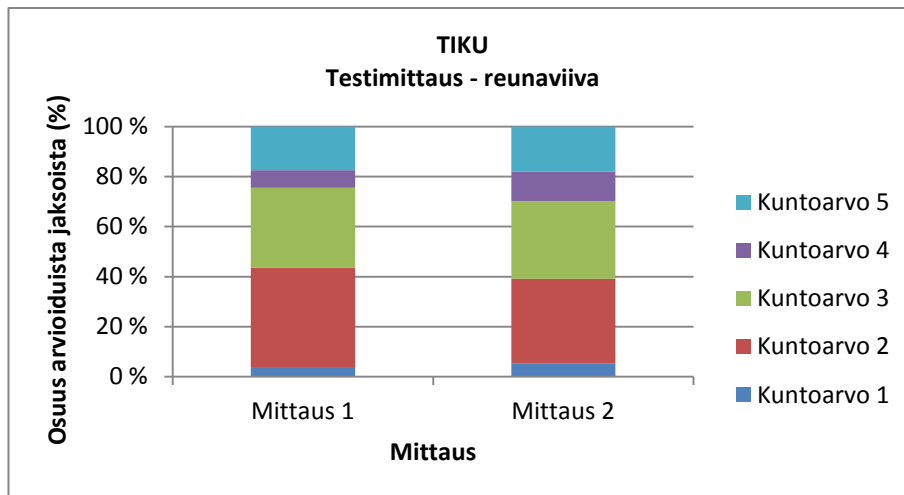
Arvioinnit valtatiellä 12 osoittivat silmämääräisten arviointien ja TIKU -mittausten välillä olevan merkittäviä eroja. Toistettavuuden testauksessa kolmesta kokemattomasta silmämääräisestä arvioijasta yksi oli ylitse muiden ja hänen kohdallaan tulokset osoittivat lähes täydellistä yksimielisyyttä. TIKU:n toistettavuus oli reunaviivasta silmämääräisten arvioijien keskiarvoa parempaa ja keskiviivasta silmämääräisten arvioijien keskiarvoa selvästi huonompaa. Lisäksi TIKU:n kuntoarvojen tulosten jakaumat poikkesivat silmämääräisten arviointien jakaumista täysin. TIKU antoi huomattavasti korkeampia kuntoarvoja niin reuna- kuin keskiviivastakin.

#### 4.4 Testimittaukset TIKU:lla (kokeneet)

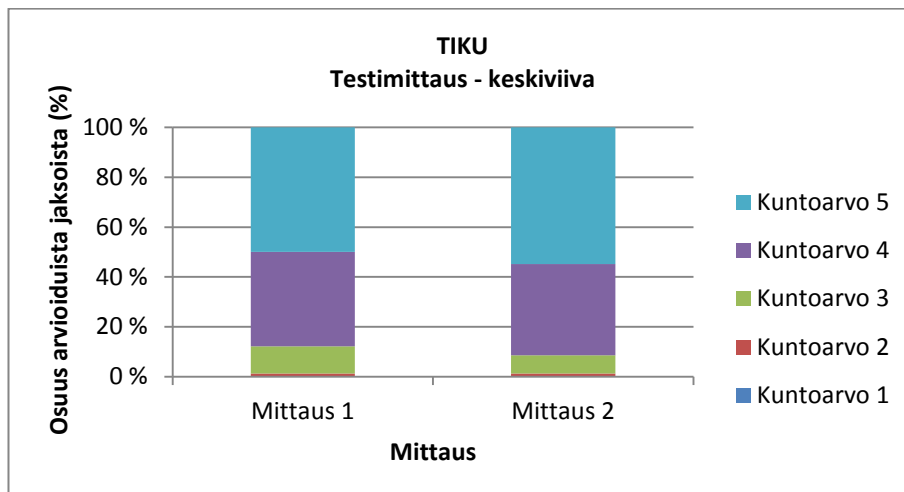
Testimittauksia tehtiin TIKU:lla kesän aikana useammalla tiellä, joilla kokeneet mittaajat mittasivat kaksi kertaa niin reuna- kuin keskiviivaakin.

Kuntoarvojen jakaumista nähdään, että reunaviivan (Kuva 51) tuloksissa oli kaikkia kuntoarvoja, mutta keskiviivan (Kuva 52) tuloksista noin 90 % oli kuntoarvoja 4 tai 5.

Kuntoarvoille tehdyn parivertailun perusteella Cohenin kappa oli reunaviivasta 0,63 ja keskiviivasta 0,41. Randolphin kappa oli 0,66 ja 0,57 vastaavasti. Kendallin tau-b oli reunaviivasta 0,82 ja keskiviivasta 0,58. Painotettu kappa oli reunaviivasta 0,90 ja keskiviivasta 0,62. (Taulukko 39)



Kuva 51. Kuntoarvojen jakaumat reunaviivasta (TIKU).



Kuva 52. Kuntoarvojen jakaumat keskiviivasta (TIKU).

Taulukko 39. Yksimielisyys saman arvioijan eri arviointien välillä.

Yksimielisyys saman arvioijan eri arviointien välillä tiellä 12 (reunaviiva)							
Arvioija	Kunto- arvo	Cohen's Kappa		Randolph's Kappa	Yksimieliset arviointit	Kendallin tau-b	Painotettu Kappa
		Reunaviiva	Keskiviiva				
TIKU	1	0,569	*	0,66	72,8	0,82	0,90
	2	0,639	-0,012				
	3	0,547	0,196				
	4	0,404	0,348	0,57	65,9	0,58	0,62
	5	0,869	0,561				
	<b>Total</b>	0,625	0,410				

\* Kappa niin pieni, että pelkkä sattuma tuottaisi paremman yhtenevyyden.

Koska TIKU -mittausten tuottama tieto muunnetaan kuntoarvoiksi, on syytä tarkastella mittausten antamaa alkuperäistä tietoa tiemerkin kulumattomuudesta. Verrattaessa toistomittausten kulumattomuuksien jakaumia toisiinsa (Taulukko 40)

huomataan niiden eroavan tilastollisesti merkitsevästi toisistaan reunaviivan osalta ( $p = 0,003$ ). Keskiviivasta ei vastaavaa tilastollisesti merkitsevää eroa ollut havaittavissa.

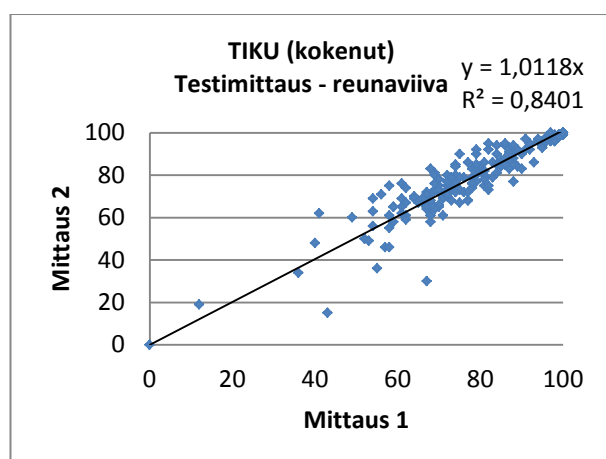
Taulukko 40. Wilcoxonin järjestyslukujen merkkitestin tulokset TIKU:n testimittauksista.

	W	n	z	p
Reunaviiva	-3374	158	-2,93	0,003
Keskiviiva	-352,5	72	-0,99	0,322

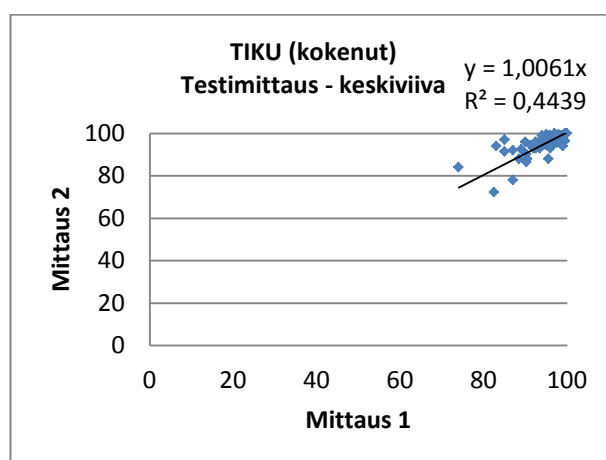
Reunaviivasta tulosten korrelaatiokertoimeksi saatiin  $R^2 = 0,84$  (Kuva 53) ja keskiviivasta  $R^2 = 0,44$  (Kuva 54), kun regressiosuora pakotettiin kulkemaan origon kautta. Ilman origopakotusta Pearsonin  $r$  oli reunaviivasta 0,92 ja keskiviivasta 0,75 ja Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimet 0,93 ja 0,69 vastaavasti (Taulukko 41).

Taulukko 41. Pearsonin  $r$  ja Spearmanin  $\rho$  (TIKU).

	$r$	$r_s$
Reunaviiva	0,92	0,93
Keskiviiva	0,75	0,69

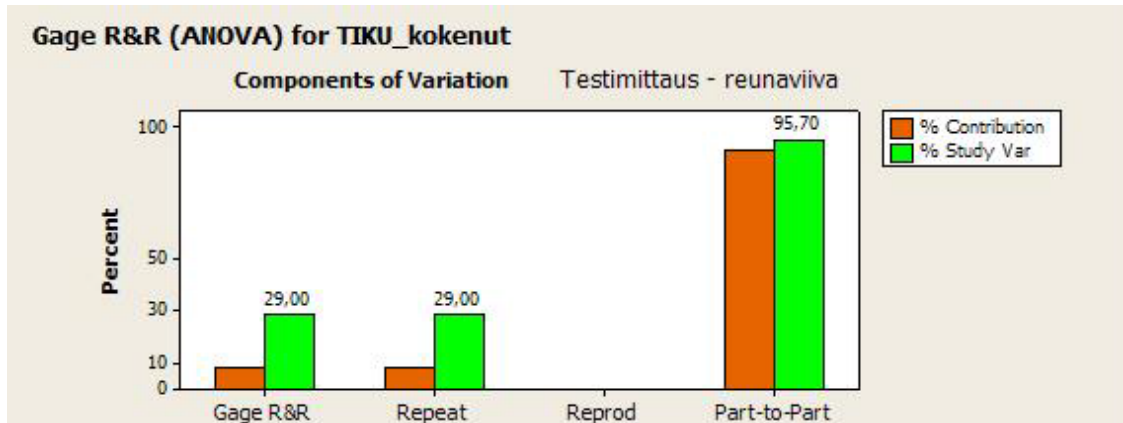


Kuva 53. Testimittauksen korrelaatio reunaviivasta.

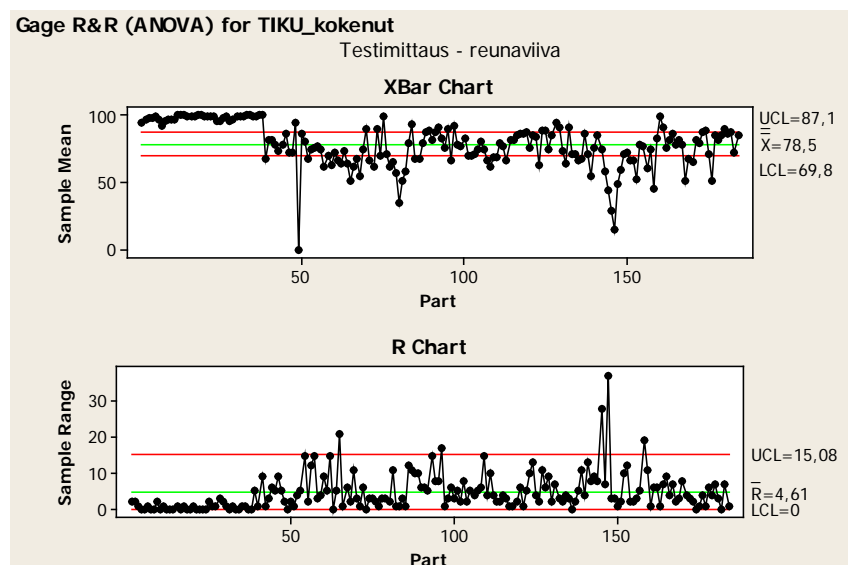


Kuva 54. Testimittauksen korrelaatio keskiviivasta.

Toistettavuuden perusteella TIKU-mittaukset reunaviivasta (Kuva 55) voisivat olla juuri ja juuri hyväksyttävällä tasolla (Gage R&R < 30), jos mittausten uusittavuus olisi hyvä. Uusittavuutta ei kuitenkaan ole testattu. Ohjausaukartoista (Kuva 56) nähdään, että tulokset ovat jakautuneet kohtalaisen hyvin kontrollirajojen ulkopuolelle (Xbar Chart), mutta toistomittausten tulosten erotus on joidenkin jaksojen kohdalla kaukana keskiarvosta (R Chart).



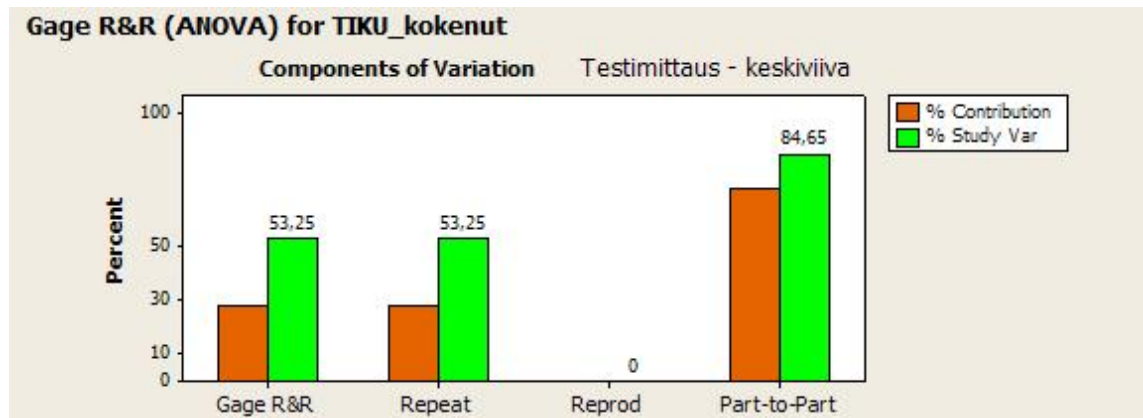
Kuva 55. Testimittauksen toistettavuus reunaviivasta.



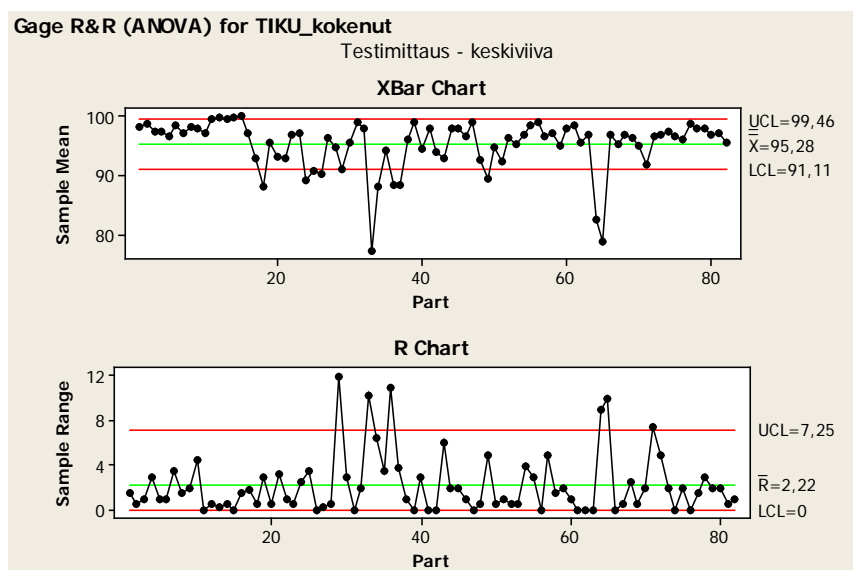
Kuva 56. Testimittauksen ohjauskartat reunaviivasta.

Kaikkein suurimmat erot kahden arvioinnin välille tulevat yleensä silloin, kun merkintä on jo selvästi kulunut. TIKU:lla näyttäisi olevan vaikeuksia erotella paljon kuluneita merkintöjä toisistaan ja pahoin kulunut merkintä saattaa jäädä kokonaan tunnistamatta, jolloin arvoksi tulee nolla. Räikeimmät tällaiset tapaukset onkin poistettu tuloksista ennen arviointien tekemistä, jotteivät ne vääristäisi tuloksia liikaa. Reunaviivan tulosten perusteella TIKU pystyisi erottelemaan jaksot viiteen eri luokkaan, mikä on vähimmäisvaatimus toimivalle mittausjärjestelmälle. Keskiviivasta

(Kuva 57) uusittavuus on mittausten perusteella jo niin heikko, ettei se täytä hyvän mittausjärjestelmän vaatimuksia, vaikka uusittavuus olisikin hyvä. Ohjauskartoista (Kuva 58) näkyy, että suurin osa mittaustuloksista on kontrollirajojen sisäpuolella lähellä keskiarvoa (Xbar Chart) ja osa toistomittausten erotuksista on kontrollirajojen ulkopuolella. Keskiviivan osalta on syytä todeta, että tulosten perusteella lähes kaikki arvioitavat jaksot ovat olleet hyvin vähän kuluneita.



Kuva 57. Testimittauksen toistettavuus keskiiviivasta.



Kuva 58. Testimittauksen ohjauskartat keskiiviivasta.

## 4.5 Yhteinen arviointipäivä

### 4.5.1 Yleistä

Yhteistä arviointipäivää varten laadittiin ohjeet arviointien ja mittausten suorittamista varten (liite 6). Suunniteltuna päivänä keli oli märkä ja osin sateinen, joten ohjeistuksesta jouduttiin hieman poikkeamaan, koska mittauslaitteet eivät anna luotettavia tuloksia märällä kelillä. Siksi päätettiin laitemittaukset siirtää seuraavalle päivälle, mutta silmämääräinen arviointi suoritettiin suunnitellulla tavalla.

#### 4.5.2 Silmämääräinen arviointi

Silmämääräisen arvioinnin suoritti viisi arvioijaa, jotka olivat Tielinja Oy:stä, Cleanosol Oy:stä, Rambollista ja Aalto-yliopistosta (Kuva 59). Neljä arvioijaa suoritti arvioinnin yhteisenä arviointipäivänä märässä säässä ja yksi arvioija teki arvioinnin muutama päivä myöhemmin kuivassa säässä. Lisäksi yksi märässä säässä arvioinnin tehnyt arvioija teki arvioinnin vielä seuraavalla viikolla kuivassa säässä.



Kuva 59. Silmämääräisen arvioinnin suorittaneet ja arviointiin käytetty kalusto.

Reunaviivasta oli arvioitavina yhteensä 238 jaksoa ja keskiviivasta 124 jaksoa. Silmämääräisen arvioinnin toistettavuus kahden arviointikerran välillä vaihteli reunaviivasta välillä 72,7 % - 89,9 % (Taulukko 42) ja keskiviivasta välillä 66,9 % - 79,8 % (Taulukko 43).

Taulukko 42. Arviointien yhtäpitävyys reunaviivasta toistomittauksessa tiellä 140

Arviointien yksimielisyys reunaviivasta tiellä 140					
Arvioija	Arvioitu	Täsmää	%	95 % Luottamusväli	
S1	238	197	82,77	(77,36;	87,35)
S2	238	173	72,69	(66,56;	78,25)
S3	238	185	77,73	(71,91;	82,85)
S4	238	181	76,05	(70,11;	81,33)
S5	238	214	89,92	(85,37;	93,43)

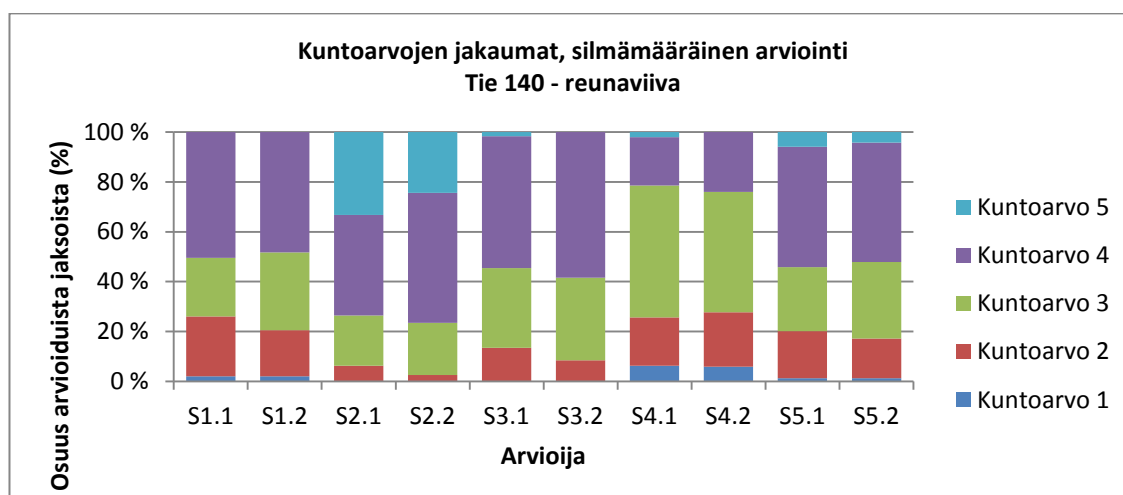
Täsmää: Arvioija itsensä kanssa samaa mieltä molemmilla kerroilla

Taulukko 43. Arviointien yhtäpitävyys keskiviivasta toistomittauksessa tiellä 140

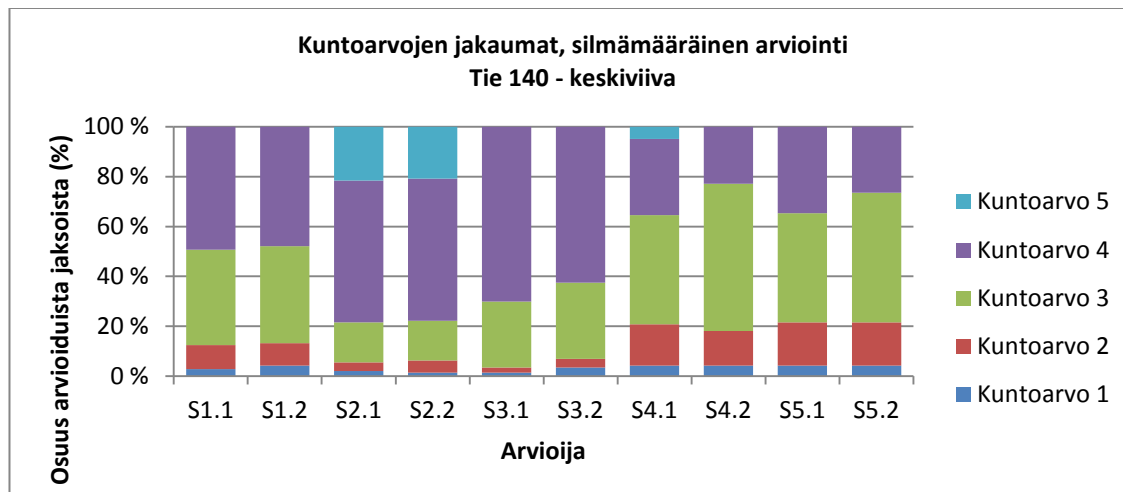
Arviointien yksimielisyys keskiviivasta tiellä 140					
Arvioija	Arvioitu	Täsmää	%	95 % Luottamusväli	
S1	124	89	71,77	(62,99;	79,49)
S2	124	89	71,77	(62,99;	79,49)
S3	124	92	74,19	(65,57;	81,63)
S4	124	83	66,94	(57,92;	75,12)
S5	124	99	79,84	(71,69;	86,51)

Täsmää: Arvioija itsensä kanssa samaa mieltä molemmilla kerroilla

Toistomittausten tulosten jakaumat reunaviivasta (Kuva 60) keskiviivasta (Kuva 61) olivat suurimmalla osalla arvioijista samanlaisia. Yhden arvioijan tulosten jakaumat olivat kuitenkin tilastollisesti merkitsevästi erilaisia sekä reunaviivasta ( $p = 0,042$ ) että keskiviivasta ( $p = 0,007$ ) (Taulukko 44 ja Taulukko 45). Kaikki arvioijat antoivat keskiviivasta korkeampia arvioita ensimmäisellä arviointikerralla. Sillä, että arvioinnit suoritettiin eri suuntiin, saattoi olla vaikutusta asiaan.



Kuva 60. Kuntoarvojen jakaumat reunaviivasta tiellä 140 (silmämääräinen arviointi).



Kuva 61. Kuntoarvojen jakaumat keskiviivasta tiellä 140 (silmämääräinen arviointi).

Taulukko 44. Wilcoxonin järjestyslukujen merkkitestin tulokset reunaviivasta tiellä 140 (toistomittaus).

Arvioija 1	Arvioija 2	W	n	z	p
S1.1	S1.2	-157	41	-1,01	0,313
S2.1	S2.2	165	65	0,54	0,589
S3.1	S3.2	-459	53	-2,03	0,042
S4.1	S4.2	87	57	0,34	0,734
S5.1	S5.2	25	24	0,35	0,726

Taulukko 45. Wilcoxonin järjestyslukujen merkkitestin tulokset keskiviivasta tiellä 140 (toistomittaus).

Arvioija 1	Arvioija 2	W	n	z	p
S1.1	S1.2	100	39	0,69	0,490
S2.1	S2.2	43	42	0,27	0,787
S3.1	S3.2	305	33	2,72	0,007
S4.1	S4.2	546	51	2,56	0,011
S5.1	S5.2	174	29	1,88	0,060

Toistomittausten parivertailun perusteella silmämääräisten arvioijien tulokset reunaviivasta olivat jokaisen arvioijan kohdalla yhtenevämpiä kuin keskiviivasta (Taulukko 46).

Taulukko 46. Parivertailun tuloksia tiellä 140 (toistomittaus).

Yksimielisyys saman arvioijan eri arviointien välillä tiellä 12 (reunaviiva)							
Arvioija	Kunto- arvo	Cohen's Kappa		Randolph's Kappa	Sama kuntoarvo	Kendallin tau-b	Painotettu Kappa
		Reunaviiva	Keskiviiva				
S1	1	0,387	0,792	Reunaviiva			
	2	0,787	0,398	0,785	82,8 %	0,83	0,86
	3	0,622	0,455				
	4	0,807	0,655	Keskiviiva			
	5	*	*	0,627	71,7 %	0,70	0,78
	Total	0,730	0,546				
S2	1	*	0,796	Reunaviiva			
	2	0,457	0,650	0,659	72,7 %	0,76	0,80
	3	0,615	0,466				
	4	0,550	0,494	Keskiviiva			
	5	0,645	0,628	0,637	71,7 %	0,71	0,80
	Total	0,589	0,542				
S3	1	*	0,561	Reunaviiva			
	2	0,528	0,227	0,722	77,7 %	0,76	0,77
	3	0,531	0,433				
	4	0,737	0,595	Keskiviiva			
	5	0,000	*	0,677	74,2 %	0,63	0,69
	Total	0,612	0,502				
S4	1	0,596	0,825	Reunaviiva			
	2	0,666	0,466	0,701	76,1 %	0,79	0,83
	3	0,656	0,473				
	4	0,617	0,506	Keskiviiva			
	5	0,000	0,000	0,607	66,9 %	0,71	0,76
	Total	0,633	0,488				
S5	1	1,000	1,000	Reunaviiva			
	2	0,840	0,649	0,874	89,9 %	0,92	0,94
	3	0,814	0,614				
	4	0,891	0,732	Keskiviiva			
	5	0,737	*	0,718	79,8 %	0,76	0,82
	Total	0,847	0,684				

\* Kappa niin pieni, että pelkkä sattuma tuottaisi paremman yhtenevyyden.

Ryhmänä silmämääräiset arvioijat erosivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi sekä reunaviivan ( $p = 0,000$ ) että keskiviivan ( $p = 0,000$ ) osalta (Taulukko 47).



Vertailtaessa silmämääräisten arvioijien ensimmäisten arviointien reunaviivan kuntoarvojen jakaumia keskenään (*Taulukko 48*) voidaan yhtä arvioijaparia lukuun ottamatta todeta kaikkien parien kuntoarvojen jakaumien olevan tilastollisesta merkitsevästi toisistaan eroavia ( $p = 0,000$ ). Keskiviivan osalta (*Taulukko 49*) tilanne oli sama, mutta arvioijapari, jonka jakaumien ei voitu todeta tilastollisesti merkitsevästi poikkeavan toisistaan, oli eri.

*Taulukko 47. Friedmanin testin tulos tiellä 140 (silmämääräinen arviointi).*

	S	df	p
<b>Reunaviiva</b>	465,34	4	0,000
<b>Keskiviiva</b>	222,04	4	0,000

*Taulukko 48. Wilcoxonin järjestyslukujen merkkitestin tulos reunaviivasta tiellä 140 (silmäm. arviointi)*

Arvioija 1	Arvioija 2	W	n	z	p
<b>S1.1</b>	S2.1	-14706	171	-11,34	0,000
	S3.1	-1767	74	-4,76	0,000
	S4.1	4161	114	5,88	0,000
	S5.1	-969	51	-4,54	0,000
<b>S2.1</b>	S3.1	9052	136	9,83	0,000
	S4.1	22155	210	12,56	0,000
	S5.1	10433	145	10,31	0,000
<b>S3.1</b>	S4.1	7802	137	8,38	0,000
	S5.1	305	61	1,09	0,276
<b>S4.1</b>	S5.1	-6916	130	-8,03	0,000

*Taulukko 49. Wilcoxonin järjestyslukujen merkkitestin tulos keskiviivasta tiellä 140 (silmäm. arviointi).*

Arvioija 1	Arvioija 2	W	n	z	p
<b>S1.1</b>	S2.1	-2349	71	-6,73	0,000
	S3.1	-901	46	-4,92	0,000
	S4.1	611	46	3,33	0,001
	S5.1	893	46	4,88	0,000
<b>S2.1</b>	S3.1	602	44	3,51	0,000
	S4.1	3835	88	7,98	0,000
	S5.1	4950	99	8,64	0,000
<b>S3.1</b>	S4.1	2358	76	6,10	0,000
	S5.1	2784	76	7,21	0,000
<b>S4.1</b>	S5.1	282	46	1,54	0,124

Silmämääräisten arvioijien ensimmäisten arviointien tulosten parivertailun perusteella tulokset olivat reunaviivasta keskimäärin keskiviivaa yhtenevämpiä (*Taulukko 50* ja *Taulukko 51*).

Keskimäärin reunaviivan tuloksista oli samoja 48,4 % (11,8 % - 78,6 %) ja keskiviivasta 48,5 % (20,2 % - 64,5 %). Tulosten korrelaatio ja yhtenevyys olivat kuitenkin reunaviivasta parempia Kendallin tau-b:n ollessa reunaviivasta keskimäärin 0,72 (0,58 – 0,83) ja keskiviivavasta 0,66 (0,58 – 0,76) sekä painotetun kaplan ollessa reunaviivasta keskimäärin 0,68 (0,53 – 0,85) ja keskiviivasta 0,62 (0,47 – 0,75).

Taulukko 50. Parivertailun tuloksia reunaviivasta tiellä 140 (silmämääräinen arviointi).

Arvioija	Sama kuntoarvo (%)				Kendallin tau-b				Painotettu kappa			
	S1.1	S2.1	S3.1	S4.1	S1.1	S2.1	S3.1	S4.1	S1.1	S2.1	S3.1	S4.1
S2.1	28,2				0,76				0,58			
S3.1	68,9	42,9			0,74	0,71			0,75	0,62		
S4.1	52,1	11,8	42,4		0,69	0,73	0,58		0,69	*	0,53	
S5.1	78,6	39,1	74,4	45,4	0,83	0,76	0,77	0,66	0,85	0,67	0,80	0,63
Keskiarvo		48,4				0,72				0,68		

\* Kappa niin pieni, että pelkkä sattuma tuottaisi paremman yhtenevyyden.

Taulukko 51. Parivertailun tuloksia keskiviivasta tiellä 140 (silmämääräinen arviointi).

Arvioija	Sama kuntoarvo (%)				Kendallin tau-b				Painotettu kappa			
	S1.1	S2.1	S3.1	S4.1	S1.1	S2.1	S3.1	S4.1	S1.1	S2.1	S3.1	S4.1
S2.1	42,7				0,64				0,60			
S3.1	62,9	64,5			0,64	0,61			0,62	0,64		
S4.1	62,9	29,0	38,7		0,72	0,71	0,58		0,75	0,57	0,49	
S5.1	62,9	20,2	38,7	62,9	0,71	0,76	0,60	0,67	0,73	*	0,47	0,75
Keskiarvo		48,5				0,66				0,62		

\* Kappa niin pieni, että pelkkä sattuma tuottaisi paremman yhtenevyyden.

Silmämääräisten arviointien yhtäpitävyyttä kuvaavaksi kappa-arvoksi saatiin reunaviivasta  $\kappa_R = 0,41$  ja keskiviivasta  $\kappa_R = 0,33$ , mikä tarkoittaa juuri ja juuri kohtalaista yhtäpitävyyttä reunaviivan osalta ja keskinkertaista yhtäpitävyyttä keskiviivan osalta. Yhtäpitävyyden ei voida todeta olevan kummankaan viivan kohdalla hyväksyttävällä tasolla.

### 4.5.3 TIKU

TIKU-mittaukset suoritettiin perjantaina 14.10.2011 yhdessä RMT-mittausten kanssa. Lisäksi tutkimuksen tekijä kävi tekemässä TIKU-mittaukset seuraavan viikon maanantaina samoilta jaksoilta. Molemmissa mittausajoneuvoissa (Kuva 62 ja Kuva 63) oli oma laitteisto lukuun ottamatta kameraa, joka oli mittauksissa sama.



Kuva 62. TIKU-mittauksessa kokemattoman mittajaan käyttämä ajoneuvo.

TIKU -mittausten tulokset analysoitiin vastaavalla tavalla kuin silmämääräisten arviointienkin tulokset eli laitteen antamat jäljellä olevan merkinnän prosenttiosuudet muutettiin kuntoarvoiksi ja analyysi tehtiin saaduista kuntoarvoista. Näin tuloksia voitiin verrata silmämääräisen arvioinnin kanssa. Lisäksi analyysi on tehty myös jäljellä olevan merkinnän prosenttiosuuksille tarkempaa analyysia ja laitteiden vertailua varten.



Kuva 63. TIKU:n kalibrointi kokeneiden käyttämällä ajoneuvolla

Toistomittausten parivertailun perusteella yhtenevyys oli myös TIKU:lla reunaviivasta parempaa kuin keskiviivasta. Kokemattoman arvioijan tulokset olivat reunaviivasta hieman yhtenevämpiä kuin kokeneiden arvioijien tulokset ja keskiviivan osalta yhtenevyys oli kokemattoman ja kokeneiden kohdalla jokseenkin sama.

Taulukko 52. Yksimielisyys saman arvioijan eri arviointien välillä tiellä 140 (TIKU).

Arvioija	Kunto- arvo	Yksimielisyys saman arvioijan eri arviointien välillä tiellä 140		Randolph's Kappa	Yksimieliset arviointit	Kendallin tau-b	Painotettu Kappa
		Cohen's Kappa Reunaviiva	Cohen's Kappa Keskiviiva				
TIKU 1-2 (koke- nut)	1	0,000	*	Reunaviiva			
	2	0,710	0,333	0,65	72,1	0,79	0,86
	3	0,566	0,507				
	4	0,361	0,218	Keskiviiva			
	5	0,710	0,537	0,50	59,7	0,60	0,55
	Total	0,606	0,423				
TIKU 5-6 (koke- maton)	1	0,000	*	Reunaviiva			
	2	0,732	0,193	0,75	79,8	0,87	0,91
	3	0,638	0,179				
	4	0,443	0,268	Keskiviiva			
	5	0,854	0,597	0,51	60,5	0,53	0,52
	Total	0,697	0,376				

Ryhmänä kokeneiden tekemien mittausten tulosten jakaumat (*Taulukko 53* ja *Taulukko 54*) eivät poikenneet tilastollisesti merkitsevästi reunaviivasta, mutta keskiviivasta tulokset poikkesivat tilastollisesti merkitsevästi toisistaan ( $p = 0,000$ ). Kaikkien TIKU -mittausten jakaumat ryhmänä arvioituna poikkesivat tilastollisesti merkitsevästi toisistaan sekä reuna- että keskiviivan osalta ( $p = 0,000$ ).

*Taulukko 53. Friedmanin testin tulos reunaviivasta tiellä 140 (TIKU).*

	S	df	p
<b>Kokeneet (TIKU1 - TIKU4)</b>	4,17	3	0,244
<b>Kaikki (TIKU1 - TIKU6)</b>	92,40	5	0,000

*Taulukko 54. Friedmanin testin tulos keskiviivasta tiellä 140 (TIKU).*

	S	df	p
<b>Kokeneet (TIKU1 - TIKU4)</b>	27,22	3	0,000
<b>Kaikki (TIKU1 - TIKU6)</b>	89,42	5	0,000

Tulosten jakaumien parivertailun perusteella 15 parista reunaviivan osalta yhdeksän parin jakaumat erosivat tilastollisesti merkitsevästi toisistaan (*Taulukko 55*) ja keskiviivan kohdalla 12 parin jakaumat erosivat tilastollisesti merkitsevästi toisistaan (*Taulukko 56*).

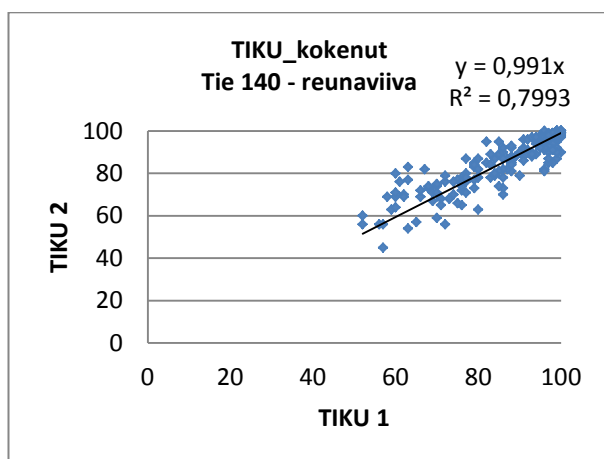
*Taulukko 55. Wilcoxonin järjestyslukujen merkkitestin tulokset reunaviivasta tiellä 140 (TIKU).*

Arvioija 1	Arvioija 2	W	n	z	p
<b>TIKU1</b>	TIKU2	2698	186	1,83	0,067
	TIKU3	1116	178	0,81	0,418
	TIKU4	2207	184	1,53	0,126
	TIKU5	-8560	193	-5,51	0,000
	TIKU6	-3253	186	-2,21	0,027
<b>TIKU2</b>	TIKU3	-1144	169	-0,90	0,368
	TIKU4	3	187	0,00	1,000
	TIKU5	-10248	199	-6,30	0,000
	TIKU6	-4603	192	-2,98	0,003
<b>TIKU3</b>	TIKU4	1091	175	0,81	0,418
	TIKU5	-9651	201	-5,84	0,000
	TIKU6	-3562	189	-2,36	0,018
<b>TIKU4</b>	TIKU5	-9591	196	-6,03	0,000
	TIKU6	-4208	186	-2,86	0,004
<b>TIKU5</b>	TIKU6	6047	180	4,32	0,000

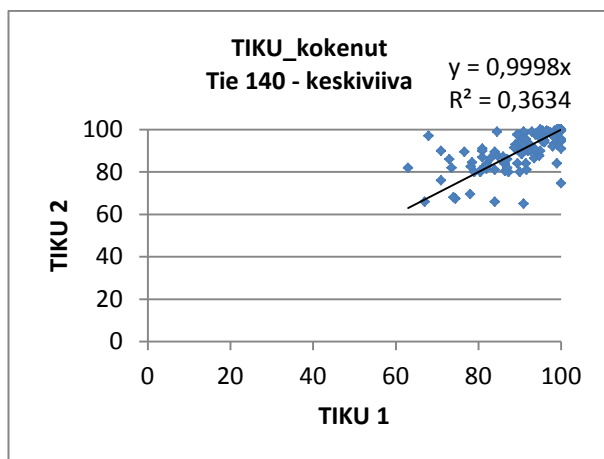
Taulukko 56. Wilcoxonin järjestyslukujen merkkitestin tulokset keskiviivasta tiellä 140 (TIKU).

Arvioija 1	Arvioija 2	W	n	z	p
TIKU1	TIKU2	-342	99	-0,60	0,549
	TIKU3	1726	113	2,47	0,014
	TIKU4	1861	115	2,60	0,009
	TIKU5	-2536	101	-4,29	0,000
	TIKU6	-2781	113	-3,98	0,000
TIKU2	TIKU3	2169	111	3,19	0,001
	TIKU4	2326	111	3,42	0,001
	TIKU5	-1737	95	-3,22	0,001
	TIKU6	-2472	105	-3,95	0,000
TIKU3	TIKU4	-310	111	-0,46	0,646
	TIKU5	-3898	111	-5,73	0,000
	TIKU6	-4189	115	-5,84	0,000
TIKU4	TIKU5	-3525	107	-5,48	0,000
	TIKU6	-3804	113	-5,45	0,000
TIKU5	TIKU6	-178	98	-0,31	0,757

TIKU -mittausten vertailussa eri mittausten kesken korrelaatio oli reunaviivasta selvästi keskiviivaa parempaa (Taulukko 57 ja Taulukko 58). Korrelaatiokuvaajista nähdään, että pieniä arvoja ei tuloksissa esiinny lainkaan (Kuva 64, Kuva 65 ja Liite 5).



Kuva 64. TIKU -mittausten korrelaatio reunaviivasta tiellä 140 (kokenut).



Kuva 65. TIKU -mittausten korrelaatio keskiviivasta tiellä 140 (kokenut).

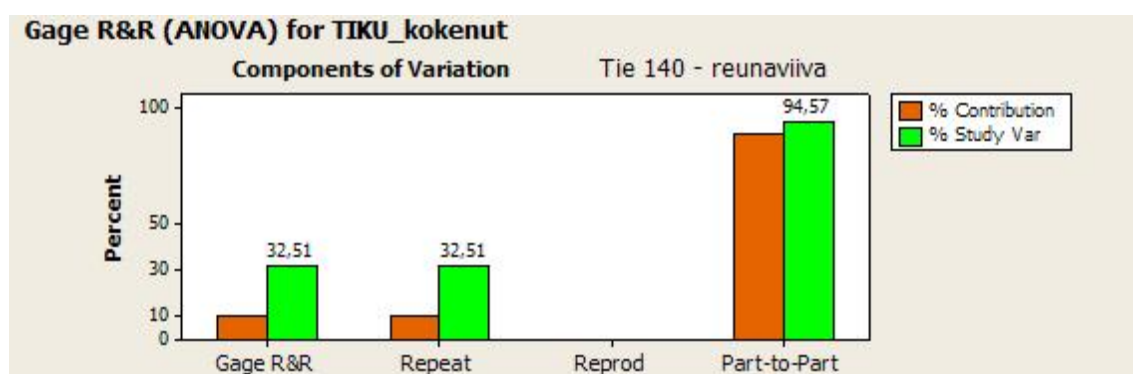
Taulukko 57. Pearsonin  $r$  ja Spearmanin  $\rho$  reunaviivasta tiellä 140 (TIKU).

Arvioija	Keskiarvo	
Reunaviiva	$r$	$r_s$
TIKU_kokenut	0,89	0,91
TIKU_kokematon	0,94	0,89
TIKU_kokenut vs. TIKU_kokematon	0,85	0,87

Taulukko 58. Pearsonin  $r$  ja Spearmanin  $\rho$  keskiviivasta tiellä 140 (TIKU).

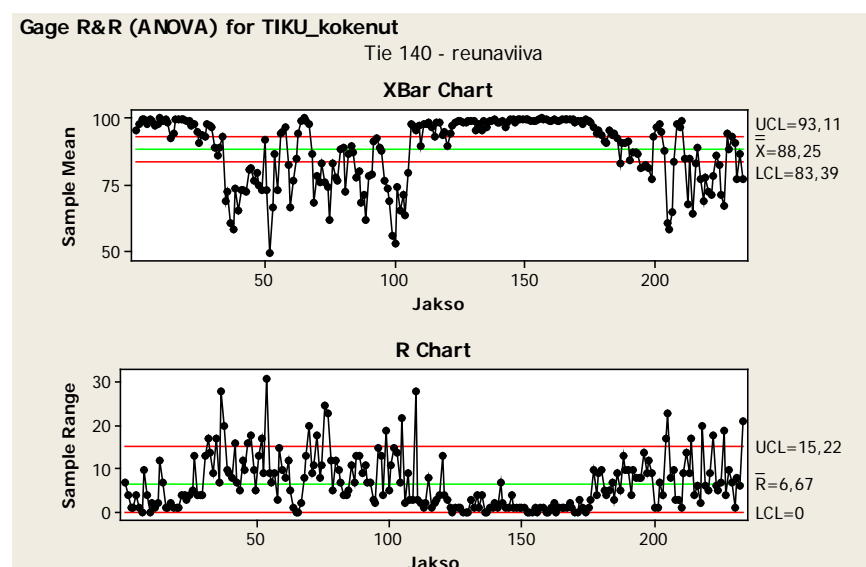
Arvioija	Keskiarvo	
Keskiviiva	$r$	$r_s$
TIKU_kokenut	0,57	0,60
TIKU_kokematon	0,40	0,66
TIKU_kokenut vs. TIKU_kokematon	0,37	0,56

Toistettavuuden perusteella kokeneiden tekemät TIKU-mittaukset reunaviivasta (Kuva 66) ovat hyväksyttävän tason huonommalla puolella (Gage R&R > 30).



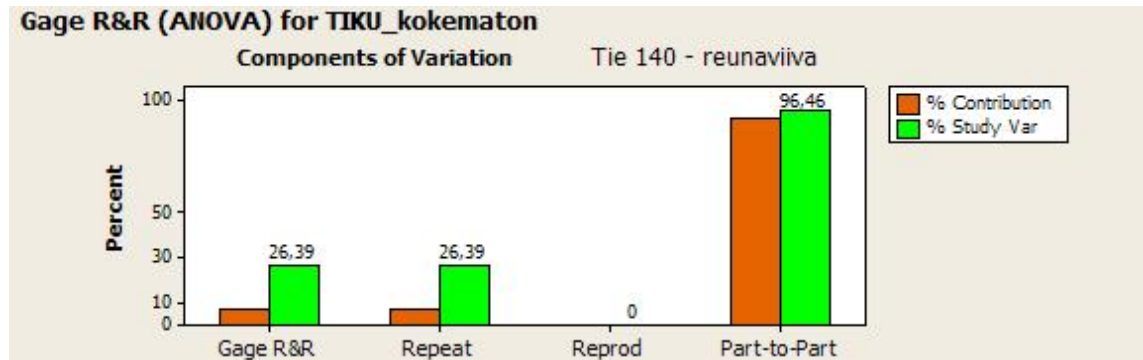
Kuva 66. TIKU -mittausten toistettavuus reunaviivan tuloksista tiellä 140 (kokenut).

Ohjauskartoista (Kuva 67) nähdään, että tulokset ovat jakautuneet kohtalaisen hyvin kontrollirajojen ulkopuolelle (Xbar Chart), mutta toistomittausten tulosten erotus on joissain kohdin kaukana keskiarvosta ja kontrollirajojen ulkopuolella (R Chart).



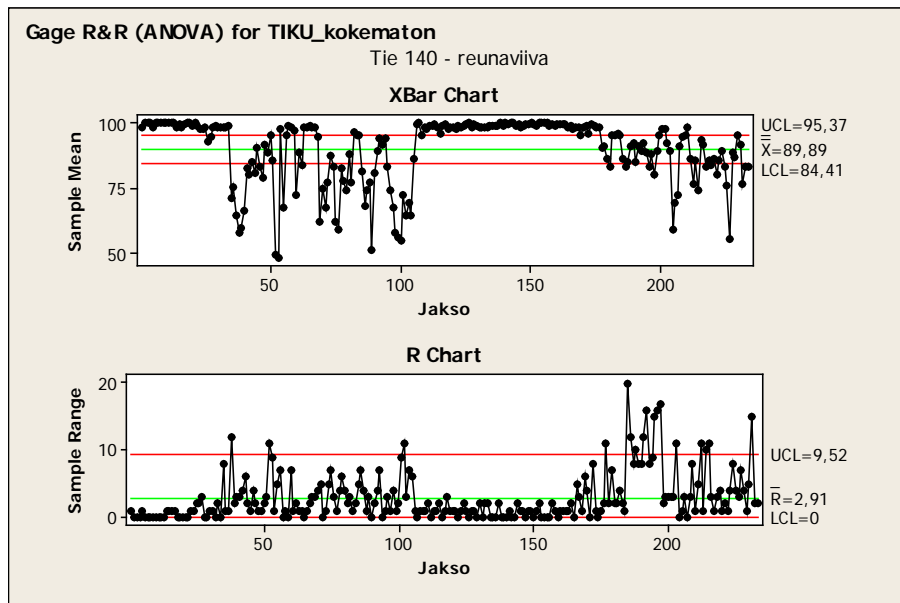
Kuva 67. TIKU -mittausten ohjauskartat reunaviivan tuloksista tiellä 140 (kokenut).

Toistettavuuden perusteella kokemattoman tekemät TIKU-mittaukset reunaviivasta (Kuva 68) ovat juuri ja juuri hyväksyttävän tason paremmalla puolella (Gage R&R < 30).



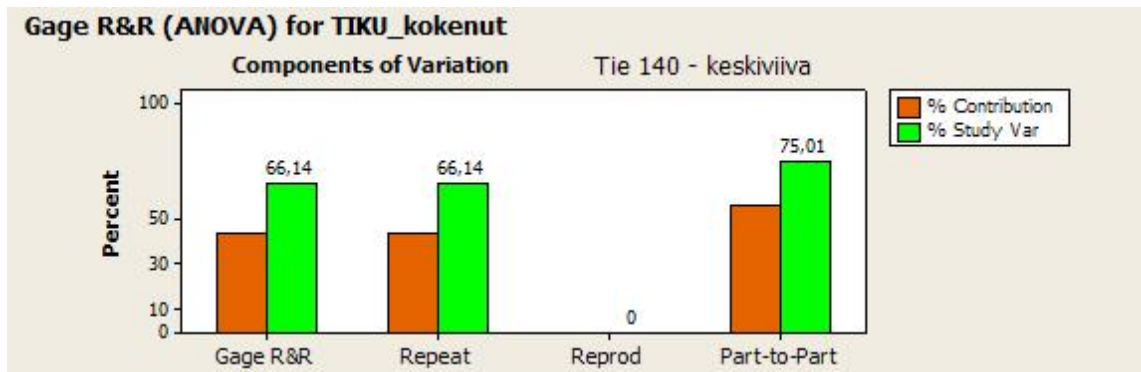
Kuva 68. TIKU -mittausten toistettavuus reunaviivan tuloksista tiellä 140 (kokematon).

Ohjausaukartoista (Kuva 69) nähdään, että tulokset ovat jakautuneet kohtalaisen hyvin kontrollirajojen ulkopuolelle (Xbar Chart), mutta toistomittausten tulosten erotus on joidenkin jaksojen kohdalla kaukana keskiarvosta ja kontrollirajojen ulkopuolella (R Chart). Tulokset ovat siis hyvin samankaltaisia kokeneiden arvioijien tulosten kanssa.

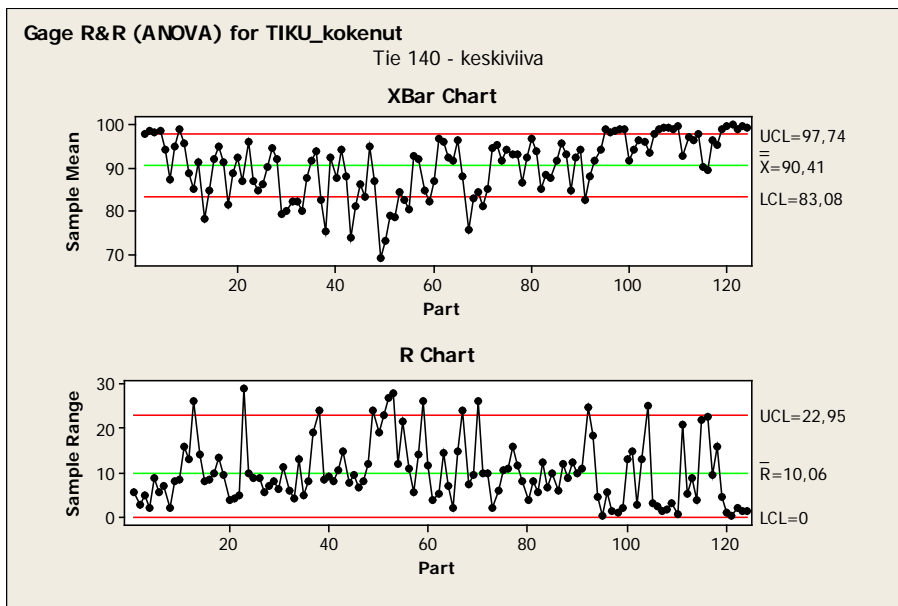


Kuva 69. TIKU -mittausten ohjauskartat reunaviivan tuloksista tiellä 140 (kokematon).

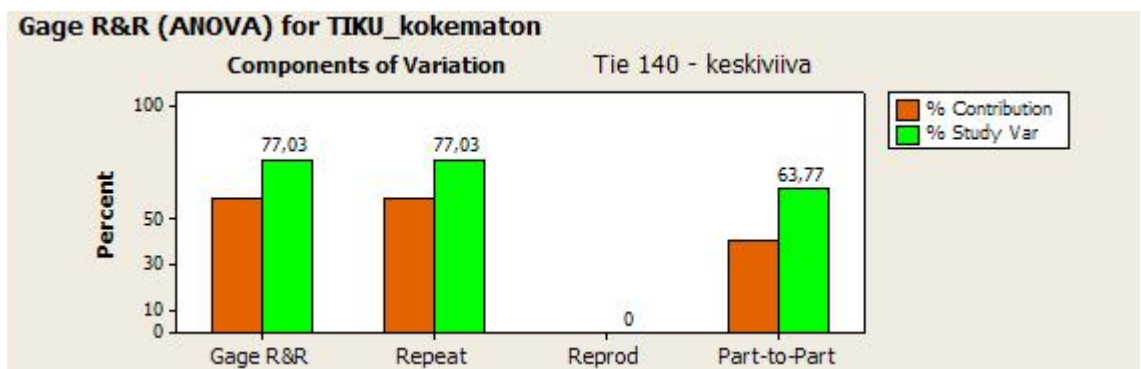
Keskiviivan osalta tulokset olivat huomattavasti heikompia sekä kokeneiden että kokemattoman mittauksissa (Kuva 70 ja Kuva 72). Tämä johtui pitkälti siitä, että suurin osa mittaustuloksista oli melko lähellä kaikkien mittausten keskiarvoa. Hajonta kaikkien tulosten kesken oli verrattain pientä suhteessa kustakin satametrisestä havaittuun hajontaan (Kuva 71 ja Kuva 73).



Kuva 70. TIKU -mittausten toistettavuus keskiarvon tuloksista tiellä 140 (kokenut).

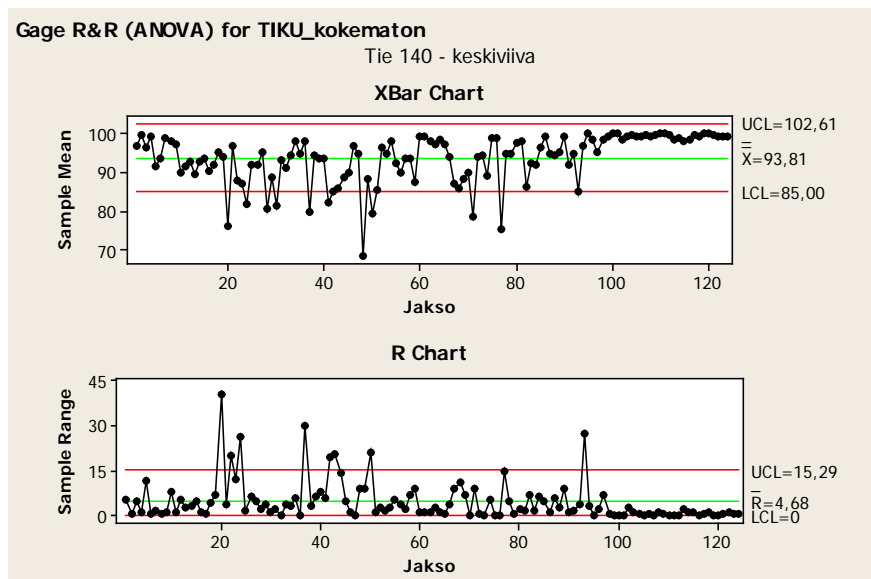


Kuva 71. TIKU -mittausten ohjauskartat keskiarvon tuloksista tiellä 140 (kokenut).



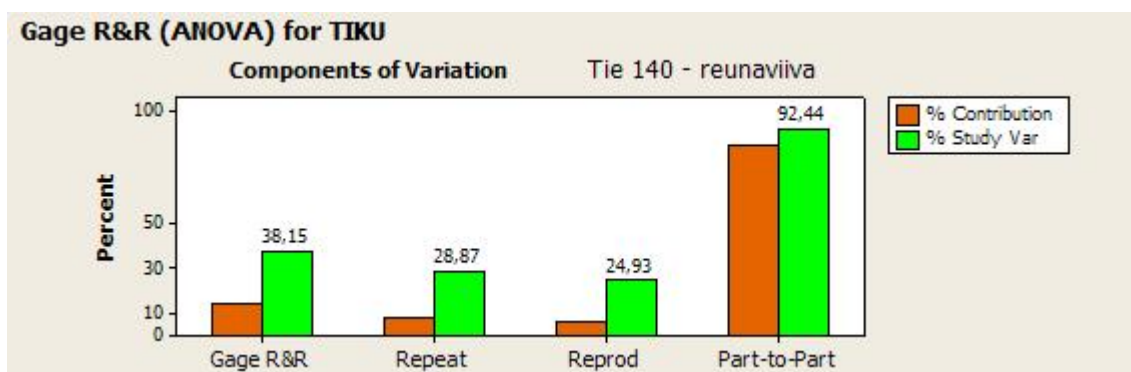
Kuva 72. TIKU -mittausten toistettavuus keskiarvon tuloksista tiellä 140 (kokematon).



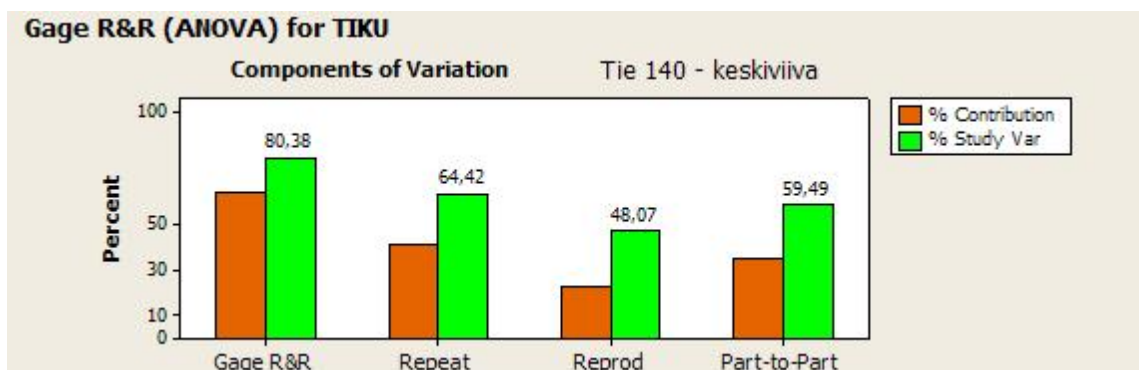


Kuva 73. TIKU -mittausten ohjauskartat keskiviivan tuloksista tiellä 140 (kokematon).

Ollakseen tarkoituksenmukainen mittari, Gage R&R tarvitsee toistomittausten lisäksi uusintamittauksia ja tätä varten kokeneiden ja kokemattomien tekemien mittausten tuloksia analysoitiin yhdessä. Reunaviivalle saatiin Gage R&R -arvoksi 38 (Kuva 74), joka on hyväksyttävän rajan ulkopuolella ja kertoo mittausjärjestelmän tarvitsevan kehittämistä. Keskiviivan kohdalla vastaava arvo oli yli 80 (Kuva 75), mikä tarkoittaa mittausjärjestelmän olevan täysin kelpaamaton keskiviivan arviointiin.



Kuva 74. TIKU -mittausten toistettavuus reunaviivan tuloksista tiellä 140 (kokenut + kokematon).



Kuva 75. TIKU -mittausten toistettavuus keskiviivan tuloksista tiellä 140 (kokenut + kokematon).

#### 4.5.4 RMT

RMT-mittaukset suoritettiin perjantaina 14.10.2011 yhdessä kokeneiden tekemien TIKU-mittausten kanssa (Kuva 76). RMT-mittausten tulokset analysoitiin vastaavalla tavalla kuin silmämääräisten arviointienkin tulokset eli laitteen antamat jäljellä olevan merkinnän prosenttiosuudet muutettiin kuntoarvoiksi ja analyysi tehtiin saaduista kuntoarvoista. Näin tuloksia voitiin verrata silmämääräisen arvioinnin kanssa. Lisäksi analyysi on tehty myös jäljellä olevan merkinnän prosenttiosuuksille tarkempaa analyysia ja laitteiden vertailua varten.



Kuva 76. RMT-mittaus käynnissä.

Toistomittausten parivertailun perusteella yhtenevyys oli myös RMT:llä reunaviivasta parempaa kuin keskiviivasta (Taulukko 59). Reunaviivan osalta yhtenevyys oli sekä silmämääräistä että TIKU:a parempaa. Keskiviivasta yhtenevyys oli RMT:llä silmämääräistä arviointia huonompaa, mutta TIKU:a parempaa. RMT-mittausten tulosten jakaumat eivät poikenneet tilastollisesti merkitsevästi toisistaan (Taulukko 60, Taulukko 61 ja Taulukko 62).

Taulukko 59. Yksimielisyys saman arvioijan eri arviointien välillä tiellä 140 (RMT).

Arvioija	Kunto- arvo	Yksimielisyys saman arvioijan eri arviointien välillä tiellä 140					
		Cohen's Kappa		Randolph's	Yksimieliset	Kendallin	Painotettu
		Reunaviiva	Keskiviiva	Kappa	arviointit	tau-b	Kappa
RMT 1-2	1	0,838	0,633	Reunaviiva			
	2	0,766	0,437	0,84	87,1	0,92	0,96
	3	0,849	0,297				
	4	0,899	0,415	Keskiviiva			
	5	0,853	0,392	0,49	58,9	0,69	0,76
	Total	0,831	0,411				

Taulukko 60. Friedmanin testin tulos keskiviivasta tiellä 140 (RMT).

	S	df	p
<b>RMT (RMT1 – RMT3)</b>	0,50	2	0,780

Taulukko 61. Wilcoxonin järjestyslukujen merkkitestin tulokset reunaviivasta tiellä 140 (RMT).

Arvioija 1	Arvioija 2	W	n	z	p
<b>RMT1</b>	RMT2	-66	187	-0,04	0,968

Taulukko 62. Wilcoxonin järjestyslukujen merkkitestin tulokset keskiviivasta tiellä 140 (RMT).

Arvioija 1	Arvioija 2	W	n	z	p
<b>RMT1</b>	RMT2	351	114	0,5	0,617
	RMT3	952	103	1,57	0,116
<b>RMT2</b>	RMT3	350	120	0,46	0,646

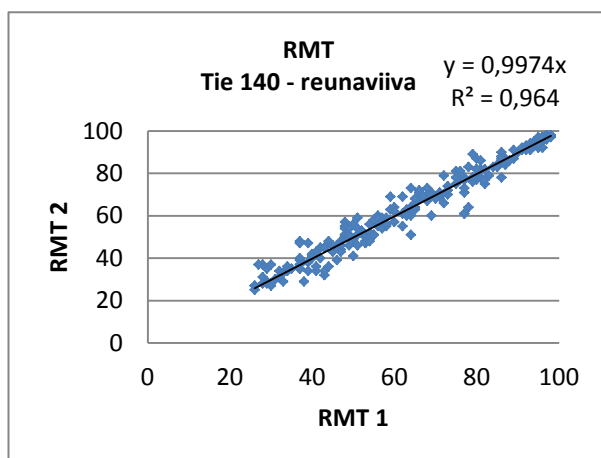
RMT:n kulumattomuusprosenttien vertailussa eri mittauksen kesken korrelaatio oli reunaviivasta selvästi keskiviivaa parempaa (Taulukko 63 ja Taulukko 64) ja molempien viivojen kohdalla parempaa kuin TIKU:lla. Korrelaatiokuvaajista nähdään, että toisin kuin TIKU:n tuloksissa, RMT:n tuloksissa on myös pieniä arvoja (Kuva 77 ja Kuva 78).

Taulukko 63. Pearsonin r ja Spearmanin rho reunaviivasta (RMT).

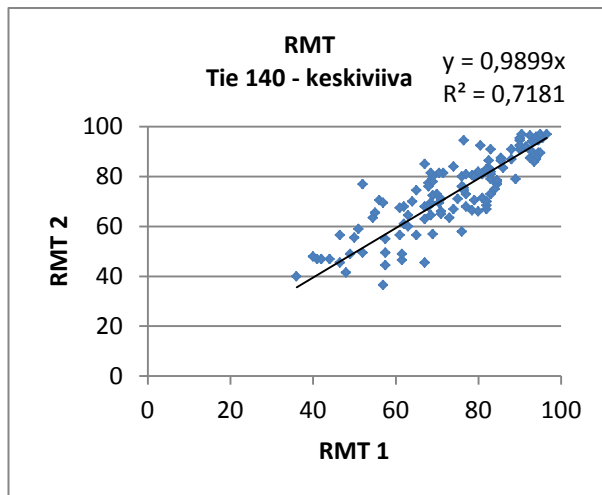
Arvioija	r	r <sub>s</sub>
	<b>RMT1</b>	<b>RMT1</b>
<b>RMT2</b>	0,98	0,98

Taulukko 64. Pearsonin r ja Spearmanin rho keskiviivasta (RMT).

Arvioija	r		r <sub>s</sub>	
	<b>RMT1</b>	<b>RMT2</b>	<b>RMT1</b>	<b>RMT2</b>
<b>RMT2</b>	0,85		0,85	
<b>RMT3</b>	0,93	0,82	0,93	0,82
<b>Keskiarvo</b>	0,87		0,87	

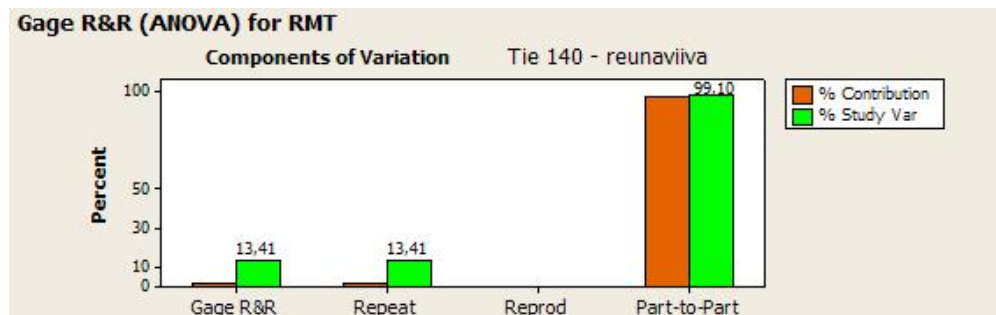


Kuva 77. RMT-mittausten korrelaatio reunaviivasta tiellä 140.

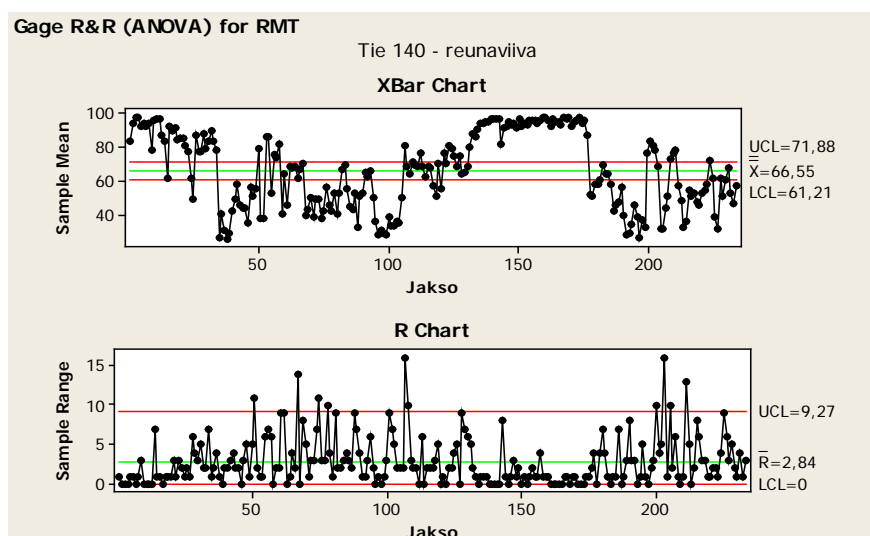


Kuva 78. RMT-mittausten korrelaatio keskiivasta tiellä 140.

Toistettavuuden (Kuva 79) perusteella RMT-mittaukset reunaviivasta ovat hyväksyttävällä tasolla (Gage R&R < 30). Ohjausauskartoista (Kuva 80) nähdään, että tulokset ovat jakautuneet hyvin keskiarvon molemmiin puolin ja kontrollirajojen ulkopuolelle (Xbar Chart), mutta toistomittausten tulosten erotus on joidenkin jaksojen kohdalla kaukana keskiarvosta ja kontrollirajojen ulkopuolella (R Chart). Reunaviivan tulokset ovat RMT:llä parempia kuin TIKU:lla.

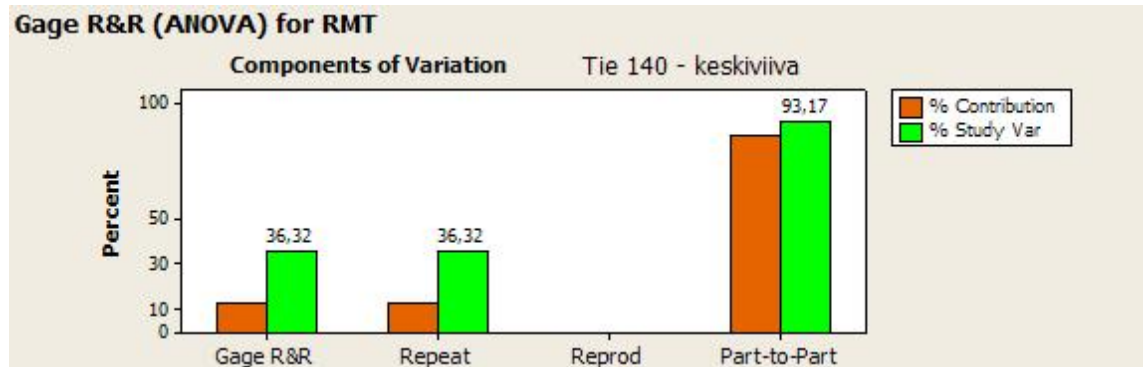


Kuva 79. RMT-mittausten toistettavuus reunaviivasta tiellä 140.

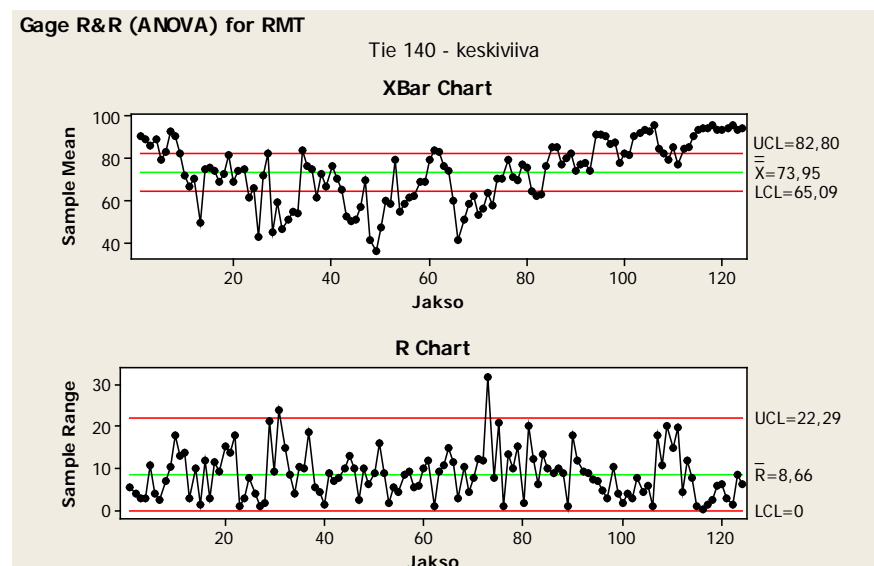


Kuva 80. Ohjauskartat RMT-mittausten reunaviivan tuloksista tiellä 140.

Toistettavuuden (Kuva 81) perusteella RMT-mittaukset keskiviivasta ovat hyväksyttävän tason huonommalla puolella (Gage R&R > 30). Ohjausaukartoista (Kuva 82) nähdään, että tuloksia on paljon lähellä keskiarvoa (Xbar Chart), mutta toistomittausten tulosten erotukset ovat melko hyvin kontrollirajojen sisäpuolella (R Chart). Keskiviivan tulokset ovat RMT:llä parempia kuin TIKU:lla.



Kuva 81. RMT-mittausten toistettavuus keskiviivasta tiellä 140.



Kuva 82. Ohjauskartat RMT-mittausten keskiviivan tuloksista tiellä 140.

#### 4.5.5 Yhteenveto

Silmämääräisten arvioijien toistoarviointien tulokset olivat kohtalaisen hyviä. Arviointien keskinäinen yhtäpitävyys oli heikkoa. Silmämääräisistä arvioijista erityisesti arvioijat 2 ja 4 poikkesivat muista silmämääräisistä arvioijista. Arvioija 2 on antanut huomattavasti korkeampia arvioita kuin muut arvioijat ja arvioija 4 taas jonkin verran alempia arvioita kuin muut arvioijat. TIKU on arvioinut kuntoluokkaan 5 kuuluviksi lähes puolet kaikista jaksoista, kun suurin osa silmämääräisistä arvioijista on arvioinut tähän luokkaan kuuluviksi alle 10 % arvioiduista jaksoista. RMT on taas arvioinut puolet jaksoista joko kuntoluokkaan 1 tai 2.

Mittalaitteiden tulosten korrelaatio oli parempaa kuin tulosten yhtäpitävyys, joka oli huono. Toistettavuudessa RMT oli huomattavasti TIKU:a parempi ja reunaviivasta toistettavuus oli jopa erittäin hyvä. Keskiviivasta kumpikaan ei yltänyt hyväksyttävään toistettavuuteen ja varsinkin TIKU:n tulokset olivat heikkoja. Myös erottelukyvyyssä (*Taulukko 65*) RMT oli TIKU:a parempi. RMT:n tulosten perusteella se kykenisi tunnistamaan reunaviivasta peräti kymmenen eri luokkaa, kun TIKU kykenisi korkeintaan viiteen. Keskiviivasta RMT kykeni kolmen luokan erottamiseen TIKU:n jäädessä yhteen luokkaan. Keskiviivan osalta silmämääräisen arvioinnin voi todeta olevan luotettavampaa kuin mittalaitteiden suorittama arviointi, muttei sekään ollut kovin yksimielistä eri arvioijien välillä.

*Taulukko 65. Laitteiden tuloksista erottamien luokkien määrä.*

	TIKU_kokenut	TIKU_kokematon	TIKU	RMT
Reunaviiva	4	5	3	10
Keskiviiva	1	1	1	3

Kaikista arvioinneista voidaan todeta, että suurin osa arvioijista käytti koko arviointiasteikkoa (1-5), joskin ääripäiden arvot jäivät monilla vähäisiksi ja moodien vaihdellessa välillä 2-5 (*Taulukko 66 ja Taulukko 67*).

*Taulukko 66. Tunnusluvut reunaviivan arvioinneista tiellä 140.*

Arvioija	N	Mean	StDev	Min	Q1	Med	Q3	Max	Mode	N (Mode)
Silmä 1.1	238	3,22	0,88	1	2	4	4	4	4	120
Silmä 1.2	238	3,26	0,83	1	3	3	4	4	4	115
Silmä 2.1	238	4,00	0,89	2	3	4	5	5	4	96
Silmä 2.2	238	3,98	0,75	2	4	4	4	5	4	124
Silmä 3.1	238	3,43	0,74	2	3	4	4	5	4	126
Silmä 3.2	238	3,50	0,65	2	3	4	4	4	4	139
Silmä 4.1	238	2,92	0,85	1	2	3	3	5	3	126
Silmä 4.2	238	2,90	0,83	1	2	3	3	4	3	115
Silmä 5.1	238	3,39	0,90	1	3	4	4	5	4	115
Silmä 5.2	238	3,38	0,85	1	3	4	4	5	4	114
TIKU 1	238	3,87	1,17	2	3	4	5	5	5	104
TIKU 2	238	3,76	1,15	1	3	4	5	5	5	91
TIKU 5	238	4,03	1,10	2	3	5	5	5	5	117
TIKU 6	238	3,92	1,17	1	3	4	5	5	5	112
RMT.1	238	2,43	1,25	1	1	2	3	5	2	73
RMT.2	238	2,45	1,26	1	1	2	3	5	2	79
TIKU% 1	238	88,7	12,7	52	80	95	99	100	99	55
TIKU% 2	238	88,1	12,3	45	80	92	99	100	99	43
TIKU% 5	238	90,5	12,2	50	84,5	97	99	100	99	48
TIKU% 6	238	89,3	12,8	44	82,5	96	99	100	99	42
RMT%.1	238	66,6	22,1	26	48	66	87	98	97	13
RMT%.2	238	66,5	22,1	25	48	68	87,5	98	97	14

Taulukko 67. Tunnusluvut keskiviivan arvioinneista tiellä 140.

Arvioija	N	Mean	StDev	Min	Q1	Med	Q3	Max	Mode	N (Mode)
Silmä 1.1	124	3,27	0,78	1	3	3	4	4	4	55
Silmä 1.2	124	3,22	0,82	1	3	3	4	4	3	53
Silmä 2.1	124	3,82	0,84	1	3,25	4	4	5	4	73
Silmä 2.2	124	3,86	0,87	1	3	4	4	5	4	66
Silmä 3.1	124	3,60	0,62	1	3	4	4	4	4	81
Silmä 3.2	124	3,45	0,76	1	3	4	4	4	4	71
Silmä 4.1	124	3,06	0,91	1	3	3	4	5	3	58
Silmä 4.2	124	2,96	0,76	1	3	3	3	4	3	71
Silmä 5.1	124	2,97	0,82	1	2,25	3	4	4	3	60
Silmä 5.2	124	2,90	0,77	1	2,25	3	3	4	3	68
TIKU 1	124	91,13	8,67	2	3	4	5	5	5	43
TIKU 2	124	91,37	8,71	2	3	4	5	5	5	50
TIKU 5	124	93,82	7,38	2	4	5	5	5	5	64
TIKU 6	124	93,79	7,51	2	4	4	5	5	5	59
RMT.1	124	74,35	14,74	1	2	3	3	5	2	48
RMT.2	124	73,92	15,23	1	2	2,5	3	5	2	47
TIKU% 1	124	3,91	0,96	63	86,31	93,63	99	100	100	11
TIKU% 2	124	3,97	0,98	65	86	93,63	98,94	100	100	11
TIKU% 5	124	4,27	0,88	65	91	96,5	99,5	100	100	23
TIKU% 6	124	4,26	0,83	56	92	96	99	100	99	14
RMT%.1	124	2,64	0,86	36	65	76,5	84,5	96,5	83	6
RMT%.2	124	2,58	0,98	36,5	65,13	75,25	86,38	97	*	4

Laskettaessa tunnusluvut pareittain kaikkien välille huomattiin, että erot parien välillä olivat huomattavia. Yhtenevien arvioiden prosenttiosuudet reunaviivasta vaihtelivat pareittain välillä 12,5 % – 78,6 % ja keskiviivasta välillä 12,9 % - 64,5 %. Kendallin tau-b vaihteli reunaviivasta välillä 0,54 – 0,83 ja keskiviivasta välillä 0,41 – 0,72. Painotettu kappa vaihteli reunaviivasta välillä \* – 0,85 ja keskiviivasta välillä \* - 0,75 (\* kappa niin pieni, että pelkkä sattuma tuottaisi paremman yhtenevyyden). Arvojen tulkinnan mukaan arvioiden yhtäpitävyys vaihtelee mitättömästä huomattavaan.

Vaikka pariarviointien perusteella huomattavaakin yksimielisyyttä oli havaittavissa, ei yksimielisyys ollut kovin suurta, kun tutkittiin arvioita ryhminä ja edelleen kaikkia arvioita yhtenä ryhmänä (Taulukko 69 ja Taulukko 70).

Taulukko 68. Pearsonin r ja Spearmanin rho tiellä 140.

Arvioija	Reunaviiva		Keskiviiva	
	r	r <sub>s</sub>	r	r <sub>s</sub>
TIKU_kokenut	0,89	0,91	0,57	0,60
TIKU_kokematon	0,94	0,89	0,40	0,66
RMT	0,98	0,98	0,87	0,87

Taulukko 69. Ryhmittäinen yhteenveto tieltä 140 (reunaviiva)

Ryhmä	Arvioijien määrä	N	M	%M	P <sub>0</sub>	Randolph's Kappa	Tau-b
Silmämääräinen arviointi	5	238	1	0,4	0,48	0,35	0,72
Mittalaitteet	2	238	29	12,2	0,12	-0,09	0,70
Kaikki	7	238	1	0,4	0,38	0,23	0,70

M = yhtenevien tulosten lkm, P<sub>0</sub> = Percent of overall agreement

Taulukko 70. Ryhmittäinen yhteenveto tieltä 140 (keskiviiva)

Ryhmä	Arvioijien määrä	N	M	%M	P <sub>0</sub>	Randolph's Kappa	Tau-b
Silmämääräinen arviointi	5	124	1	0,8	0,49	0,36	0,66
Mittalaitteet	2	124	24	19,4	0,19	-0,01	0,52
Kaikki	7	124	0	0,0	0,39	0,23	0,59

M = yhtenevien tulosten lkm, P<sub>0</sub> = Percent of overall agreement

## 4.6 Tulosten luotettavuus

Tulosten luotettavuuteen on voinut vaikuttaa useampikin asia. Varsinkin kevään mittauksissa aikaisin keväällä tehtyjen mittausten jälkeen saattoi tiemeraintöjen kulumisen olla paikoin voimakastakin. Eri menetelmien suoritusväli oli pisimmillään useampi kuukausi, sää saattoi vaihdella eri arviointien kesken ja silmämääräistä arviointia tehtiin vaihtelevin tavoin. Puutteellisen ohjeistuksen sekä arviointien ja mittausten suoritusajankohtien erojen takia tulosten vertailukelpoisuus jäi heikoksi. Silmämääräiseen 100 metrin välein tapahtuvaan arviointiin ei ole omaa ohjeistusta ja nykyinen ohje silmämääräiseen arviointiin ei määrittele riittävän tarkasti arviointitapaa, joten jäi arvioijan tulkinnan varaan, miten hän arvioinnin tekee. Nämä tulkinnat mm. nopeudesta ja tulosten kirjaamistavasta saattoivat johtaa eroihin arviointituloksissa. Koska arviointeja ja mittauksia tehtiin huhtikuun ja heinäkuun välisenä aikana, saattaa eri tulosten välillä olla tiemeraintöjen kulumisesta aiheutuneita eroja arviointien välisenä aikana. Näiden lisäksi myös arviointi- tai mittaustilanteessa vallinneiden säätilojen erot ovat voineet vaikuttaa tuloksiin. Nämä asiat pyrittiin ottamaan huomioon yhteisenä arviointipäivänä, jolloin kaikilla menetelmillä tehtiin arvioinnit mahdollisimman yhtenäisissä oloissa ja tarkemman ohjeistuksen alaisuudessa.

Mittalaitteiden osalta TIKU:lla mitattaessa ei aina ollut täyttä varmuutta siitä, että se mittasi tarkasti halutun sadan metrin jakson. RMT:n kameran kuvaan ei aina välttämättä mahtunut keskiviivaston molemmat viivat. Yhteisenä arviointipäivänä nämä asiat olivat paremmin hallinnassa, mutta virheiden mahdollisuutta ei voi täysin poissulkea.



Kaikkia tulosten analysointimenetelmiä varten ei kerätty aineisto ollut riittävää tulosten luotettavaa yleistämistä varten. Esimerkiksi Gage R&R olisi vaatinut sekä toisto- että uusintamittauksia, mutta RMT:n osalta tehtiin vain toistomittauksia.

## 5 TULOSTEN ARVIOINTI JA VERTAILU

### 5.1 Nykyisen käytännön toimivuus

Kaikissa tutkimuskohteissa nousivat esille nykyisten kuntoarvon määrittämismenetelmien ongelmat. Silmä määräinen arviointi on subjektiivista toimintaa, eikä nykyinen arvioinnin ohjeistus riitä saamaan ihmisiä arvioimaan tiemerkintää luotettavasti samalla tavalla. Tulosten perusteella kokeneet arvioijat olivat keskenään erimielisempiä kuin täysin kokemattomat arvioijat, jotka olivat vain lukeneet nykyiset ohjeet yhdessä läpi. Silti kokemattomienkin arvioinneissa oli huomattavia eroja. Kokeneiden ja kokemattomien ryhmiä keskenään verrattaessa erot vielä kasvoivat, mikä johtui todennäköisesti nykyisten ohjeiden erilaisesta tulkinnasta. Vaikka yhteisenä mittauspäivänä kaikki ohjeistettiin samalla tavoin ennen mittauksia, ei se näkynyt tulosten yhtenevyyden parantumisena, vaan erot arvioijien välillä olivat edelleen suuria. Reunaviivasta (Taulukko 71) tulosten yhtenevyys oli hieman keskiviivaa (Taulukko 72) parempaa. Kappa-arvot alle 0,7 tarkoittavat, että mittausjärjestelmässä on parannettavaa ja vasta kappa-arvo yli 0,9 tarkoittaa, että mittausjärjestelmässä on harvoin parannettavaa.

Taulukko 71. Silmä määräisen arvioinnin yhteenveto reunaviivasta.

	Kokeneet Tie 130	Kokemattomat Tie 130	Kokemattomat Tie 12	Kaikki Tie 130	Kaikki Tie 12	Kaikki Tie 140
Arvioijien määrä	3	4	3	7	4	5
Yksimielisyysprosentti $P_0$	0,58	0,63	0,68	0,58	0,61	0,53
Randolph's Kappa	0,47	0,54	0,60	0,48	0,51	0,41
Tau-b	0,63	0,76	0,70	0,70	0,56	0,72
Painotettu kappa	0,62	0,81	0,74	0,73	0,61	0,62

Taulukko 72. Silmä määräisen arvioinnin yhteenveto keskiviivasta.

	Kokeneet Tie 130	Kokemattomat Tie 130	Kokemattomat Tie 12	Kaikki Tie 130	Kaikki Tie 12	Kaikki Tie 140
Arvioijien määrä	3	4	3	7	4	5
Yksimielisyysprosentti $P_0$	0,55	0,63	0,64	0,55	0,47	0,46
Randolph's Kappa	0,44	0,54	0,55	0,44	0,34	0,33
Tau-b	0,46	0,73	0,63	0,60	0,60	0,66
Painotettu kappa	0,46	0,76	0,63	0,58	0,54	0,54

Pike, Kuchangi ja Benz (2010) totesivat tutkimuksessaan paluuehjästävyyden visuaalisesta arvioinnista, että vähäinen ohjeistus ei riitä arvioijien yhtenevyyden parantamiseen ja samanlainen huomio voidaan tehdä tämän tutkimuksen perusteella kuntoarvon silmämääräisestä arvioinnista. Ohjeistuksen pitäisi olla kattavampi sekä mahdollisimman selkeä ja tarkoituksenmukainen, jotta sillä olisi mahdollisuutta vaikuttaa. Se tarkoittaa ainakin nykyisen kuntoluokitusohjeen uudistamista. Kaikille silmämääräistä arviointia suorittaville järjestettävä yhteinen koulutuspäivä saattaisi myös tuottaa tulosta.

Nykyisen viisiportaisen asteikon toimivuus ja sopivuus 100 metrin välein tehtävään jatkuvaan silmämääräiseen arviointiin on kyseenalainen. Liikkeessä 40 – 50 km/h nopeudella tehtävä arviointi 100 metrin välein kuormittaa arvioijaa melkoisesti. Koska tarve tiedolle, onko merkintä luokkaa 1 vai 2 tai 4 vai 5 on vähäistä, kuntoluokkien vähentäminen kolmeen helpottaisi arvioijan taakkaa. Tilaajaa kiinnostaa vain se, täyttääkö merkintä sopimuksissa asetetut vaatimukset ja koska suurimmassa osassa sopimuksia vaatimusraja on joko nykyinen kuntoarvo 3 tai 4, uusiksi arvoiksi riittäisi hyvin kolme luokkaa (alle 3, kolme ja yli 3). Toisaalta urakoitsija saattaisi olla lisäksi kiinnostunut tiedosta, mikä merkintä ylittää vaatimukset selvästi. Nykyäänkin pääteiden palvelusopimuksessa 100 metrin välein tehtävässä arvioinnissa tilaajalle ilmoitetaan vain kuntoarvovaatimuksen alittavat jaksot.

Nyt saavutetut tulokset ovat kaukana toivotunlaisesta yksimielisyydestä, mikä käy ilmi, kun katsotaan tiellä 130 suoritettujen arviointien tuloksia ja arvioidaan kuinka suuri osa jaksoista olisi alittanut kuntoarvovaatimuksen 4 (*Taulukko 73*). Voidaan todeta, että vaihteluväli on suuri. TIKU:lla arvioituna keskimäärin 38 % jaksoista olisi alittanut kuntoarvovaatimuksen 4. RMT ja suurin osa silmämääräisistä arvioijista päätyi siihen, että vastaava luku oli 60 – 70 % ja yksi silmämääräinen arvioija oli sitä mieltä, että yli 80 % jaksoista alittaa vaatimuksen.

*Taulukko 73. Hyväksytyt ja hylätyt reunaviivasta tiellä 130 kuntoarvovaatimuksella 4.*

Kuntoarvo- vaatimus 4	E1	E2	E3	N1	N2	N3	N4	TIKU	RMT	Keski- arvo	Vaihtelu- väli
Hyväksytty (%)	35	31	19	26	38	26	37	62	34	34	26 - 62
Hylätty (%)	65	69	81	74	62	74	63	38	66	66	38 - 81

Katsottaessa tuloksia ja arvioitaessa kuinka suuri osa jaksoista olisi alittanut kuntoarvovaatimuksen 3 (*Taulukko 74*) huomataan, että edelleen erot ovat suuria, mutta tilanne muuttuu huomattavasti sen suhteen, kuinka paljon kukin on arvioinut alittavia jaksoja olevan. Silmämääräisten arvioijien mielestä alittavia jaksoja on 12 – 33 %. TIKU mittasi alittavia jaksoja olevan 14 %, kun taas RMT mittasi alittavia jaksoja olevan jopa 55 %.

Taulukko 74. Hyväksytyt ja hylätyt reunaviivasta tiellä 130 kuntoarvovaatimuksella 3.

Kuntoarvo- vaatimus 3	E1	E2	E3	N1	N2	N3	N4	TIKU	RMT	Keski- arvo	Vaihtelu- väli
Hyväksytty (%)	67	78	86	83	73	69	88	86	45	75	45 - 88
Hylätty (%)	33	22	14	17	27	31	12	14	55	25	12 - 55

Käytännön tilanteessa urakoitsija joutuu maksamaan vaaditun kuntoarvorajan alittavista osuuksista arvonnvähennystä sopimuksen mukaisesti. Keskimääräisenä arvonnvähennyksenä voidaan pitää 100€/viiva/100m. Tällä tavoin jo pelkän 50 km:n tiejaksolta yllä olevan kaltainen reunaviiva aiheuttaisi arvonnvähennyksessä vaihteluvälin 38 000 – 81 000 € kuntoarvovaatimuksella 4 sen mukaan kuka ja millä menetelmällä sattuu arvioimaan. Vastaavasti kuntoarvovaatimuksella 3 vaihteluväli olisi 12 000 – 55 000 €.

Yhteisenä arviointipäivänä tiellä 140 reunaviivasta saadut arvoinnit osoittavat vieläkin suurempia eroja arvioijien välillä. Vaatimusrajoittain tarkasteltuina (Taulukko 75 ja Taulukko 76) vaihteluvälit olisivat 23 000 – 76 000 € ja 4 000 – 50 000 €.

Taulukko 75. Hyväksytyjen ja hylättyjen osuus reunaviivasta tiellä 140 kuntoarvovaatimuksella 4.

Kuntoarvo- vaatimus 4	S1	S2	S3	S4.1	S4.2	S5	TIKU1	TIKU2	RMT	Keski- arvo	Vaihtelu- väli
Hyväksytty	53	77	57	24	26	56	57	61	30	49	24 - 77
Hylätty (%)	47	23	43	76	74	44	43	39	70	51	23 - 76

Taulukko 76. Hyväksytyjen ja hylättyjen osuus reunaviivasta tiellä 140 kuntoarvovaatimuksella 3.

Kuntoarvo- vaatimus 3	S1	S2	S3	S4.1	S4.2	S5	TIKU1	TIKU2	RMT	Keski- arvo	Vaihtelu- väli
Hyväksytty	77	96	89	73	69	82	82	85	50	78	50 - 96
Hylätty (%)	23	4	11	27	31	18	18	15	50	22	4 - 50

Keskiviivasta tehtyjen arviointien tulokset olivat samansuuntaisia, joten tulosten perusteella on selvää, että nykyinen käytäntö kaipaa uudistamista tarkkuuden ja luotettavuuden parantamiseksi.

## 5.2 Konenäköön perustuvien mittausmenetelmien toimivuus

### 5.2.1 TIKU

TIKU:n mittaamat kuntoarvot ovat keskimäärin korkeampia kuin silmämääräisten arviointien kuntoarvot ja huomattavasti RMT-mittausten kuntoarvoja korkeampia. Reunaviivan arvioinnissa toistettavuus ja uusittavuus olivat keskiviivaa parempia. Tulokset ovat painottuneet mittausasteikon yläpäähän ja laitteen erottelukyky on huomattavasti RMT:ä huonompi ja kyseenalainen erottamaan viittä eri kuntoluokkaa. Keskiviivaa arvioitaessa tulostiedosto sisältää useita jaksoja, jotka eivät ole katkenneet tasasatametrinen kohdalta ja värit eivät ole aina tunnistuneet oikein ja samalta

osuudelta saattaa olla useampi arvo. Tuloksista on erittäin työlästä saada vertailukelpoisia ja silloinkin luotettavuus oli heikko. Ainakaan nykyisiä kuntoarvojen prosenttirajoja käytettäessä eivät TIKU -mittausten tulokset vastaa silmämääräistä arviointia eivätkä TIKU -mittaukset ole yhteneviä RMT-mittausten kanssa. Kaikkien tulosten perusteella (*Taulukko 77 ja Taulukko 78*) TIKU:n toistettavuus on reunaviivasta silmämääräistä arviointia hieman parempaa, mutta se antaa yleisesti ottaen liian korkeita arvoja. TIKU:n antama kulumattomuusprosentti ei siis välttämättä vastaa todellista kulumattomuutta. Kuntoarvojen prosenttirajojen uusiminen varmasti auttaisi saamaan TIKU:n vastaamaan paremmin silmämääräistä arviointia, mutta toistettavuus ja erottelukyky ovat silti heikohkoja. Keskiviivan mittaukseen TIKU ei sovellu nykyisellään.

*Taulukko 77. Yhteenveto TIKU:n reunaviivan tuloksista.*

	Tie 12	Testimittaus	Tie 140 kokenut	Tie 140 kokematon	Tie 140 kaikki
<b>Arviointien määrä</b>	2	2	4	2	4 (2+2)
<b>r</b>	0,97	0,92	0,89	0,91	0,85
<b>Gage R&amp;R</b>	-	-	-	-	38,15
<b>Toistettavuus</b>	18,25	29,00	32,51	26,39	28,87
<b>Uusittavuus</b>	-	-	-	-	24,93
<b>Erottelukyky</b>	7	4	4	5	3
<b>Tau-b</b>	0,74	0,82	0,79	0,87	0,79
<b>Painotettu kappa</b>	0,84	0,90	0,85	0,91	0,85

*Taulukko 78. Yhteenveto TIKU:n keskiviivan tuloksista.*

	Tie 12	Testimittaus	Tie 140 kokenut	Tie 140 kokematon	Tie 140 kaikki
<b>Arviointien määrä</b>	2	2	4	2	4 (2+2)
<b>r</b>	0,63	0,72	0,57	0,40	0,45
<b>Gage R&amp;R</b>	-	-	-	-	80,38
<b>Toistettavuus</b>	61,07	53,25	66,14	77,03	64,42
<b>Uusittavuus</b>	-	-	-	-	48,07
<b>Erottelukyky</b>	1	2	1	1	1
<b>Tau-b</b>	0,61	0,58	0,51	0,53	0,47
<b>Painotettu kappa</b>	0,69	0,62	0,54	0,53	0,46

## 5.2.2 RMT

RMT-mittausten tulokset olivat keskimäärin alempia kuin silmämääräisen arvioinnin ja huomattavasti TIKU -mittausten tuloksia alempia. RMT-mittausten tulosjakaumat olivat kuitenkin vaihteluväliltään selvästi laajimpia kaikkia mittaustapoja verrattaessa ja sillä oli selvästi TIKU:a parempi erottelukyky ja toistettavuus (*Taulukko 79*). RMT arvioi kuntoarvoluokkaan 1 ja 2 kuuluvia jaksoja olevan selvästi enemmän kuin muut menetelmät, mutta myös kuntoarvoluokkaan 5 kuuluvaa merkintää se arvioi olevan enemmän kuin suurin osa silmämääräisistä arvioijista. Keskiviivaa arvioitaessa RMT antaa tulokset sadan metrin välein, mutta viivan väriä se ei kykene erottamaan. Lisäksi

kahden vierekkäisen viivan osuminen kameran kuvausalueeseen, joka oli 60 cm leveä, tuotti ajoittain hankaluuksia. Ainakaan nykyisiä kuntoarvojen prosenttirajoja käytettäessä RMT-mittausten tulokset eivät vastaa silmämääräistä arviointia eivätkä RMT-mittaukset ole yhteneviä TIKU -mittausten kanssa. RMT:llä toistettavuus oli kuitenkin hyvä. RMT:llä suoritetuista mittauksista vain osa tallentui, ja järjestelmä kaatui muutamia kertoja mittauksen alkuvaiheessa, joten ohjelmistossa oli joitakin luotettavuusongelmia.

*Taulukko 79. Yhteenveto RMT:n tuloksista.*

	<b>Tie 140 reunaviiva</b>	<b>Tie 140 keskiviiva</b>
<b>Arviointien määrä</b>	2	3
<b>r</b>	0,98	0,87
<b>Gage R&amp;R</b>	-	-
<b>Toistettavuus</b>	13,41	36,32
<b>Uusittavuus</b>	-	-
<b>Erottelukyky</b>	10	3
<b>Tau-b</b>	0,92	0,69
<b>Painotettu kappa</b>	0,96	0,76

## 6 PÄÄTELMÄT

Nykyinen tiemerkintöjen silmämääräisen arvioinnin ohjeistus vaatii uudistamista ja tarkentamista. Tiehallinnon julkaisussa *Tiemerkintöjen kuntoluokitus* (Tiehallinto 2004) todetaan, että silmämääräisesti suoritettava kuntoarviointi tehdään erikseen jokaiselle yhden kilometrin mittaiselle jaksolle. Käytännössä suurimmassa osassa palvelusopimuksia silmämääräinen arviointi on määritelty tapahtuvaksi 5 km:n jaksoille, kun taas laitemittauksissa kuntoarvo määritetään 100 metrin välein. Sadan metrin välein tapahtuvalle silmämääräiselle arvioinnille ei ole minkäänlaista ohjeistusta.

Silmämääräisen arvioinnin luotettavuuden kannalta ohjeeseen tulisi lisätä ainakin seuraavat asiat:

- Uudet vertailukuvat kuntoarvoille
- Arviointi suoritettava kahden hengen arvioijaparina, joista toinen toimii kuljettajana ja toinen arvioijana
- Arviointinopeuden tulisi olla vakio
- Viivaa arvioitaessa tulisi aina katsoa samalle etäisyydelle.

Tutkimuksessa saatujen kokemusten perusteella silmämääräinen arviointi 100 metrin välein nykyistä viisiportaista kuntoluokitusta käyttäen ei ole tarkoituksenmukaista. Vertailukuvia tulee olla nykyistä enemmän ja ne voisivat olla vierekkäin siten, että merkinnän kunto paranee kuvissa vasemmalta oikealle siirryttäessä ja kuntoarvorajat on merkitty pystyviivalla kuvien väliin. Tällä tavoin voitaisiin tarkentaa käsitystä kuntoarvojen välisestä rajasta. Alla on esimerkki (*Kuva 83*) mahdollisista kuvista, mutta lopulliseen ohjeeseen tulisi kuvata erikseen paremmat kuvat.

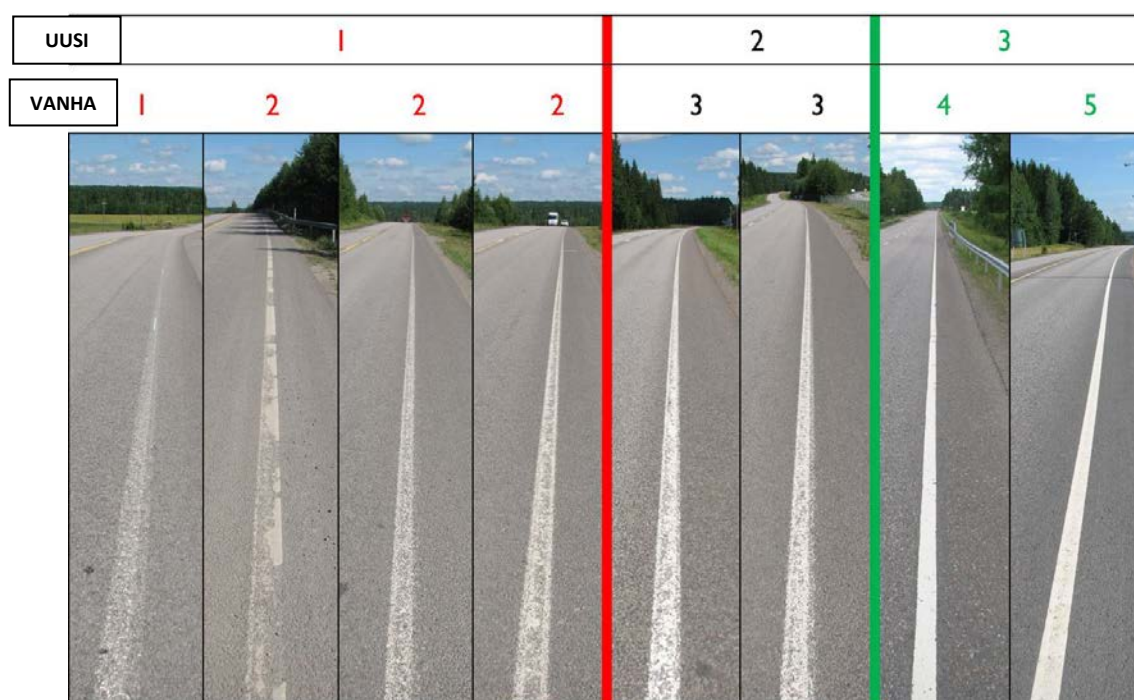
Arviointi tulee tehdä arvioijaparina, jotta kuljettaja voi keskittyä ajoneuvon turvalliseen kuljettamiseen. Tällä tavoin toinen voi keskittyä pelkästään arviointiin, eikä hänen tarvitse huolehtia muusta liikenteestä. Arvioitaessa tulisi arvioida vain yksi viiva kerrallaan ja ainoastaan oman ajokaistan reunassa olevaa viivaa saa arvioida, koska varsinkin ruuhkaisella osuudella muu liikenne voi merkittävästi häiritä suoraa näkymää merkintään. Arvioijapari voi keskustella arvioinnista, jos tarve sitä vaatii.

Nopeus tulee määritellä samaksi kaikissa arvioinneissa, jotta nopeuden vaikutus tuloksiin voidaan minimoida. Mitä suurempi nopeus sitä vähemmän jää aikaa arvioida ja arviointitarkkuus heikkenee. Jos kuntoluokitus tehdään käyttäen viisiportaista asteikkoa, arviointinopeuden ei tulisi olla yli 60 km/h (moottoriteillä 80 km/h)

Toinen helposti tuloksiin vaikuttava tekijä on se, mille etäisyydelle arvioija katsoo. Jotta näkisi parhaiten merkinnän kuluneisuuden, pitäisi katsoa mahdollisimman lähelle.

Tapa, jolla 100 metrin arviointia voisi ajatella tehtävän, olisi sellainen, jossa vain vaaditun kuntoluokan alittavat osuudet kirjattaisiin ylös. Tämä voisi vielä tapahtua erillistä hallintapaneelia käyttäen. Näin tulosten kirjaaminen helpottuisi ja arvioija voisi keskittyä olennaisimpaan asiaan eli siihen, mikä merkintä vielä kelpaa ja mikä joutaa uusittavaksi. Tällä tavoin arviointinopeudenkaan ei tarvitsisi olla niin alhainen ja häirittäisiin vähemmän muuta liikennettä ja arvioiminen nopeutuisi. Arviointinopeuden ylärajana voitaisiin pitää tien suurinta sallittua nopeutta, kuitenkin maksimissaan 80 km/h. Näin tietoa saataisiin tiheämmin kuin nykyisellä silmämääräisellä arviointimenetelmällä.

Reunaviivan tavoin myös keskiviivasta tulisi antaa vain yksi arvo, joka olisi huonoimman viivan kuntoarvo riippumatta viivan väristä.



Kuva 83. Esimerkkikuva uusista vertailukuvista.

Huomionarvoista on, että vaikka sadan metrin matka on suhteellisen lyhyt, on se kuitenkin niin pitkä, että siihen mahtuu monentasoista merkintää. Mittalaitteeseen asia ei vaikuta, mutta ihmisen on vaikeampi suhteuttaa sitä, kuinka paljon minkäkin tasoista merkintää jaksolla oli. Jos arvio pitää antaa keskiarvona koko 100 metrin matkalta, aiheuttaa se helposti eroja näkemyksissä eikä siihen enää välttämättä auta ohjeistus siitä, minkä näköistä on minkäkin tasoinen merkintä.



## 7 SUOSITUKSET

### 7.1 Vaatimukset tiemerkintöjen kuntoarvon mittaamiseen koneellisesti

Jotta laitteita voitaisiin hyväksyä käyttöön, pitäisi niiden mittaamiskyky todentaa. Mittaamiskyvyn todentamiseksi pitäisi selvittää mittalaitteen sisäinen ja ulkoinen tarkkuus (accuracy & precision). Sisäinen tarkkuus tarkoittaa laitteen kykyä mitata oikein ja tarkasti koko mitattavan asian mahdollisella vaihteluvälillä. Tämä voidaan varmistaa vertaamalla laitteen mittaustuloksia todellisiin arvoihin ja todeta ne riittävän samanlaisiksi. Näin varmistetaan tulosten oikeellisuus. Ulkoinen tarkkuus tarkoittaa laitteen kykyä mitata sama asia samalla tavalla eri mittauserroilla saman ja eri mittaajien toimesta. Toistettavuus voidaan varmistaa mittaamalla samalla laitteella samoilla säädoillä saman mittaajan toimesta vähintään 2 mittausta ja toteamalla tulokset riittävän samanlaisiksi. Uusittavuus voidaan varmistaa tekemällä edellä esitetyt mittaukset samalla laitteella toisen mittaajan toimesta ja hänen tekemillään säädoillä ja todeta tulokset taas riittävän samanlaisiksi. Kun kaikissa tapauksissa tulokset on voitu todeta samanlaisiksi, voidaan laite hyväksyä käyttöön. Laitteen hyväksymisperiaate on siis seuraava:

1. Valitaan sovittu määrä jaksoja (kaikentasoista merkintää)
2. Mittaus mittalaitteella ja todentamismenetelmällä (oikeellisuus)
  - ▶ Mittalaitteen tuloksen vertaaminen todentamismenetelmän tulokseen
  - ▶ Rajat sallituille poikkeamille
3. Toistomittaus mittalaitteella (toistettavuus)
  - ▶ Tuloksen vertaaminen mittalaitteen ensimmäiseen mittaukseen
  - ▶ Rajat sallituille poikkeamille
4. Mittalaitteen uudelleenasetus ja mittaajan vaihto. Sen jälkeen kohdat 2. ja 3. uudelleen (uusittavuus)
5. Hyväksytään, jos molemmat ehdot täyttyvät kummallakin kerralla

Mitattavien jaksoiden määrän tulisi olla vähintään 35, mutta luotettavamman ja tarkemman tuloksen saamiseksi voi olla tarve mitata jopa 100 jaksoa. Jaksojen tulisi kattaa koko mittausalue eli tiemerkinnästä jäljellä oleva pinta-ala prosentteina (0 - 100 %). Toistoja tulisi jokaisen mittaajan tehdä vähintään kaksi ja mittaajia pitäisi olla vähintään kolme.

Koska tällä hetkellä ei ole todentamismenetelmää, jolla saataisiin selville tiemerkinnän todellinen kuluneisuus, pitäisi sellainen kehittää. Tiemerkinnästä voitaisiin määrittää

referenssiarvo metrin mittaiselle jaksolle kuvaamalla merkintää staattisesti. Kuvausjärjestelyjen tulisi olla sellaiset, että ne ovat toistettavissa. Tätä varten tulisi valaistusolojen ja kuvausetäisyyden olla vakioita. Kyseeseen voisi tulla järjestely, jossa digitaalisen järjestelmäkameran runko kiinnitettäisiin kolmijalkaan (*Kuva 84*), joka pystytetään merkinnän viereen niin, että kameraan kiinnitetty objektiivi on vakioetäisyydellä merkinnän yläpuolella. Kameraan kiinnitetyllä riittävän tehokkaalla salamalla ja softboxilla (*Kuva 84*) sekä kameran oikeilla säädöillä poistetaan luonnonvalon vaikutus ja heijastukset.



*Kuva 84. Referenssiarvon määrittämiseen tarvittavat laitteet.*

Kameralla otetuista kuvista voidaan kuvantulkinnan keinoin määrittää merkinnän kulumattomuus. Kuvantulkinta onnistuu valmiita ohjelmia käyttämällä, kunhan vain tiedetään mitä laskentafunktioita käyttää. Tässä asiassa on syytä konsultoida kuvankäsittelyn asiantuntijaa oikean ohjelman ja oikeiden laskentamenetelmien valitsemiseksi, mutta itse laskentaa varten ei tarvita kuvankäsittelyn ammattilaista. Tällä tavoin määritetty tiemerkin kulumattomuus on silmämääräistä arviointia ja liikkeessä tapahtuvaa konenäkömittausta tarkempi, koska siinä on minimoitu valaistuksen ja värinän vaikutus ja kuvaus tapahtuu staattisissa oloissa. Näin sitä voitaisiin käyttää referenssiarvona tiemerkin kuntoa arvioitaessa.

Vaihtoehtoisesti on mahdollista päättää, että todellista arvoa ei halutakaan mitata, vaan riittää, että laitteilla on riittävä erottelukyky ja niiden mittausten toistettavuus ja uusittavuus on riittävä, jolloin jokaiselle laitteelle voidaan määrittää omat prosenttirajat. Jos päädytään tähän vaihtoehtoon, tulee mittalaitteille määrittää sopivat rajat koemittauksin, joissa laitteiden toistettavuus ja uusittavuus ovat olleet hyväksyttäviä.

## 7.2 Jatkotutkimustarve

Koska mittausolot vaihtelevat luonnostaan paljon, tulisi eri olojen vaikutuksia tuloksiin tutkia tarkemmin. Mittaustilanteessa kuva-aineistoon eniten vaikuttavat tekijät (tärkeysjärjestyksessä) (Pollari 2011):

1. Valaistusolot
2. Tärinänvaimennus
3. Kameran ominaisuudet

Erityisesti kosteuden ja kirkkauden vaikutuksen suuruus tuloksiin on epäselvä.

Kun on saatu laitteet (ja ihmiset) arvioimaan merkintöjä halutulla tavalla, tulisi selvittää, mikä on tienkäyttäjän tarve merkinnän kunnolle eri oloissa. Sitä varten voitaisiin esimerkiksi soveltaa Hirasawa et. al. (2008) käyttämää menetelmää. Kun tiedettäisiin tienkäyttäjän vaatimus, voitaisiin se asettaa merkinnän minimivaatimukseksi. Mittauslaitteiden hyväksymisvaatimusten tulisi keskittyä siihen, että laitteet kykenevät tämän rajan riittävän tarkkaan havaitsemiseen. Samoin silmämääräisen arvioinnin ohjeistus voitaisiin luoda siten, että se opastaisi arvioijat erottamaan nimenomaan vaatimusrajan mahdollisimman luotettavasti.

Vaikka kumpikaan mittalaite ei tämän tutkimuksen perusteella täytä ajateltuja hyväksymiskriteerejä, ei se tarkoita sitä, ettei se olisi mahdollista pienellä kehitystyöllä. TIKU:n mittaustarkkuuden parantamiseen voisi löytyä apua valaistusolojen jonkinlaisella huomioonottamisella, kameran tukevammalla kiinnityksellä ja mahdollisesti paremmalla kameralla. RMT:n osalta kuvien prosessoinnin kehittäminen ja keskiviivan osalta kuvausalueen laajentaminen siten, että molemmat viivat osuisivat varmasti kuvattavalle alueelle, voisivat tuoda lisää tarkkuutta ja luotettavuutta tuloksiin. Reunaviivan osalta RMT:llä saatiin toistomittauksissa jo varsin hyviä tuloksia, mikä lupaa laitemittauksen olevan tulevaisuuden tapa mitata tiemerkinnän kuluneisuutta.

Koska silmämääräinen arviointi ei osoittautunut oikeastaan yhtään mittalaitteita luotettavammaksi tavaksi arvioida merkintöjä, on myös sen kehittäminen tärkeää. Tässä työssä on esitetty parannusehdotuksia tiemerkintöjen kuntoluokitusohjeeseen, mutta niiden toimivuutta ei ole testattu, joten niitä pitäisi testata ja tarpeen mukaan muuttaa, kunnes silmämääräinen arviointi sujuu luotettavasti. Silmämääräistä arviointia voitaisiin seurata valitsemalla joka kevät joitakin kohteita useamman henkilön arvioitaviksi. Mielenkiintoista voisi olla myös selvittää jonkinlaista arvioijaprofiilia keräämällä arviointituloksia pidemmältä ajanjaksolta arvioijittain.

Uudenlaisten merkkintätyyppien, kuten esimerkiksi drop-on-linen (Kuva 85) ja siniaaltojyrsintään tehtyjen merkintöjen (Kuva 86) käytön todennäköinen lisääntyminen tulevaisuudessa luo lisähaasteita merkintöjen kuntoarvon määrittämiselle. Mittausmenetelmien soveltuvuus myös näiden uusien merkkintätyyppien arviointiin pitäisi selvittää.



*Kuva 85. Drop-on-line.*



*Kuva 86. Siniaaltojyrsintä.*

### **7.3 Suositus käytettäväksi menetelmäksi**

Koska yksikään menetelmä ei ole luotettava tilastollisesti tarkasteltuna, on vaikea suositella yhtä menetelmää ylitse muiden. Koska silmämääräinen arviointi on pisimpään ja yleisimmin käytetty menetelmä tällä hetkellä, tulisi sitä pitää ensisijaisena menetelmänä tässä työssä esitetyin kehitysehdotuksin. Silloin, kun jokin laitemittausmenetelmä osoittaa täyttävän tässä työssä esitetyn hyväksymismenettelyn, tulisi se ottaa käyttöön ja luopua silmämääräisestä arvioinnista.

## 8 YHTEENVETO

Tämän tutkimuksen perusteella ei voida sanoa TIKU:n tai RMT:n täyttävän tässä työssä ehdotetun hyväksymisprosessin vaatimuksia, eikä silmämääräisenkään arvioinnin voi todeta olevan kovin luotettavaa. Jos tiemerkinnän kulumattomuutta halutaan mitata luotettavasti, olisi ensimmäiseksi pystyttävä määrittämään kulumattomuudeltaan eritasoisille olemassa oleville tiemerkinnöille todellinen kulumattomuus. Sen jälkeen näitä merkintöjä voitaisiin mitata mittalaitteilla ja verrata tuloksia keskenään. Mitatuista merkinnöistä voitaisiin ottaa kuvat, joita käytettäisiin silmämääräisen arvioinnin ohjeistuksessa, joka tulisi myös päivittää.

## LÄHDELUETTELO

- AGRESTI, A. 1984. Analysis of Ordinal Categorical Data. John Wiley & Sons. New York. 287 s.
- AIAG. 1995. Measurement System Analysis (MSA), Reference manual. 2nd edition. Troy, Chrysler Corporation, Ford Motor Company & General Motors Corporation. Michigan. 120 s.
- COHEN, J. 1960. A coefficient of agreement for nominal scales. Educational and Psychological Measurement 20. New York University. 10 s.
- FUTRELL, D. 1995. When Quality is Matter of Taste, Use Reliability Indexes. Quality Progress Vol. 28 No. 5. Tennessee. 6 s.
- HIRASAWA, M., TAKEMOTO, A., KASAI, S., TAKAHASHI, J. 2009. A Study of Repainting Criteria for Pavement Markings Based on Road User Visibility Assessment. Transportation Research Board Annual Meeting 2009. TRB. Washington DC. 13s.
- KOTILAINEN, K. 2003. Tiemerkintöjen laadun ja kuntotason mittaus digitaalikuvaista. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Tampere. 60 s.
- KVANTIMOTV, 2004 - Menetelmäopetuksen tietovaranto. Korrelaatiokertoimet [verkojulkaisu] [Viitattu 28.1.2012]. Tampere : Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto [ylläpitäjä ja tuottaja]. Saatavissa <http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/>.
- LANDIS, J. R., KOCH, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics 33. International Biometric Society. 16 s.
- LOWRY, R. 2001. Wilcoxon Signed-Rank Test. [Viitattu 28.1.2012]. Saatavissa <http://faculty.vassar.edu/lowry/wilcoxon.html>.
- LOWRY, R. 2001b. Kappa as a Measure of Concordance in Categorical Sorting. [Viitattu 28.1.2012]. Saatavissa <http://faculty.vassar.edu/lowry/kappa.html>.
- MINITAB 2010. Gage Studies for Continuous Data. Assessing Measurement System Variation. Saatavissa [http://www.minitab.com/uploadedFiles/Shared\\_Resources/Documents/Sample\\_Materials/TrainingSampleMeasurementSystemsMTB16EN.pdf](http://www.minitab.com/uploadedFiles/Shared_Resources/Documents/Sample_Materials/TrainingSampleMeasurementSystemsMTB16EN.pdf).
- PIKE, A., KUCHANGI, S., BENZ, R. 2010. Quantitative versus Qualitative Assessment of Pavement Marking Visibility. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 2169. TRB. Washington DC. 7s.

POLLARI, M. 2011. Suullinen tiedonanto. Laboratory Manager.

POHJOIS-SAVON ELY-KESKUS 2010. Palvelusopimuskohtaiset laatuvaatimukset, arvonmuutokset ja bonukset. Tiemerkintä. Tiemerkintöjen palvelusopimus POS ELY 2010-2012. Elinkeino- liikenne- ja ympäristökeskus. 30 s.

RANDOLPH, J. J. 2008. Online Kappa Calculator. [Viitattu 28.1.2012]. Saatavissa <http://justus.randolph.name/kappa>.

RANDOLPH, J. J. (2005). Free-marginal multirater kappa: An alternative to Fleiss' fixed-marginal multirater kappa. Paper presented at the *Joensuu University Learning and Instruction Symposium 2005*, Joensuu, Finland, October 14-15th, 2005.

REIHE, V. 2011. Tiemerkintöjen ohjausvaikutukset ja kestoikä. Diplomityö. Aalto-yliopisto. Espoo. 93 s.

ROIVAINEN, R. 2011. Tiemerkintöjen kuntoarvo. Muistio. Ramboll Finland Oy. Rovaniemi. Konsultti.

SFS-EN 1436. 2009. Tiemerkintämateriaalit. Tiemerkintöjen toimivuus tienkäyttäjien kannalta. 2. painos. Helsinki. Suomen standardisoimisliitto. 47 s.

SFS-EN 1824. 1998. Tiemerkintämateriaalit. Tiekoheet. Helsinki. Suomen standardisoimisliitto. 24 s.

SOHKANEN, T. 2005. Tiemerkintöjä säästävä talvihoito. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Espoo. 104 s.

TIEHALLINTO 2004. Tiemerkintöjen kuntoluokitus. Tiehallinto. Helsinki. 12 s.

TIEHALLINTO 2006. Tiemerkintöjen toimintalinjat. Tiehallinto. Helsinki. 20 s.

TIEHALLINTO 2007. Tiemerkintöjen laatuvaatimukset. Tiehallinto. Helsinki. 21 s.

TIEHALLINTO 2007b. Tiemerkinnän automaattisen kuntomittauksen (TIKU) hyväksyminen. Tiemerkintöjen kehittämisryhmän kokous 12.3.2007. Tyyppihyväksyntä. Tiehallinto. Helsinki. 1 s.

TIEHALLINTO 2007c. Tiemerkintöjen vaikutus kuljettajien käyttäytymiseen. Esiselvitys. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 26/2006. Tiehallinto. Helsinki. 55 s.

TIEHALLINTO 2008. Konenäön hyödyntämismahdollisuudet teiden ylläpidossa ja hoidossa. Helsinki. 84s.

TIELAITOS 1994. Tiemerlintöjen kuntoluokitus. Tielaitos. Helsinki. 10 s.

TRAFIKVERKET 2010. TBT Vägmarkering, rev 1. Trafikverket. Ruotsi. 16 s.

UUDENMAAN ELY-KESKUS 2010. Palvelusopimuskohtaiset laatuvaatimukset, arvonmuutokset ja bonukset. Tiemerlintä. Tiemerlintöjen palvelusopimus UUD3 TM 2010-2014. Elinkeino- liikenne- ja ympäristökeskus. 27 s.

VEGVESEN 2010. Trafikksikkerhetsutstyr – Tekniske krav, Nr. 062 i Statens vegvesens håndbokserie. Norja. 139 s.

VTI 2008. Mobil funktionskontroll av vägmarkeringar. VTI rapport 611. VTI. Ruotsi. 40 s.

VTI 2009. Utveckling av Road Marking Tester, Status RMT version 2. VTI. Ruotsi. 24 s.

ISI 2011. The ISI Glossary of Statistical Terms. International Statistical Institute. [Viitattu 28.1.2012]. Saatavissa <http://isi.cbs.nl/glossary/index.htm>.

## **MUUTA KIRJALLISUUTTA**

SIEGEL, S., CASTELLAN, N. 1988. Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences, Second Edition. McGraw-Hill. New York. 399 s.

SCHMIDT, R. 1997. Managing Delphi Surveys Using Nonparametric Statistical Techniques. Decision Sciences 28. Blackwell Publishing Ltd. 12 s.



## **LIITELUETTELO**

Liite 1a. Parivertailun tulokset tiellä 130 (reunaviiva). 1 sivu.

Liite 1b. Parivertailun tulokset tiellä 130 (keskiviiva). 1 sivu.

Liite 2a. Parivertailun tulokset tiellä 120 (reunaviiva). 1 sivu.

Liite 2b. Parivertailun tulokset tiellä 120 (keskiviiva). 1 sivu.

Liite 3a. Parivertailun tulokset tiellä 140 (reunaviiva). 1 sivu.

Liite 3b. Parivertailun tulokset tiellä 140 (keskiviiva). 1 sivu.

Liite 4. TIKU –mittausten parivertailun tulokset tiellä 140. 1 sivu.

Liite 5a. TIKU –mittausten korrelaatio tiellä 140 (reunaviiva). 1 sivu

Liite 5b. TIKU –mittausten korrelaatio tiellä 140 (keskiviiva). 1 sivu.

Liite 6. Kuntoarviontipäivän ohjeistus. 3 sivua.

Liite 7. TIKU:n tyyppihyväksyntä. 1. sivu.

## Liite 1a. Parivertailun tulokset tiellä 130 (reunaviiva)

*Yhtenevien arvioiden prosenttiosuudet arvioijapareittain tiellä 130 (reunaviiva).*

Arvioija	E1	E2	E3	N1	N2	N3	N4	TIKU
E2	59,4							
E3	47,8	66,1						
N1	44,4	63,3	73,9					
N2	45,0	51,1	54,4	60,0				
N3	52,2	62,8	68,9	70,0	57,8			
N4	39,4	55,0	65,6	71,7	62,8	55,0		
TIKU	24,4	28,9	35,0	39,4	44,4	33,9	50,0	
RMT	25,0	23,3	27,8	29,4	46,1	36,1	40,6	33,3

*Painotettu kappa arvioijapareittain tiellä 130 (reunaviiva).*

Arvioija	E1	E2	E3	N1	N2	N3	N4	TIKU
E2	0,52							
E3	0,59	0,75						
N1	0,58	0,76	0,83					
N2	0,63	0,72	0,73	0,80				
N3	0,67	0,76	0,80	0,84	0,77			
N4	0,58	0,75	0,75	0,84	0,85	0,77		
TIKU	0,44	0,50	0,46	0,64	0,61	0,51	0,65	
RMT	0,64	0,62	0,54	0,64	0,59	0,51	0,71	0,54

*Kendallin tau-b arvioijapareittain tiellä 130 (reunaviiva).*

Arvioija	E1	E2	E3	N1	N2	N3	N4	TIKU
E2	0,61							
E3	0,56	0,72						
N1	0,55	0,75	0,78					
N2	0,59	0,71	0,70	0,72				
N3	0,60	0,74	0,72	0,76	0,71			
N4	0,58	0,79	0,76	0,81	0,79	0,76		
TIKU	0,52	0,63	0,55	0,57	0,62	0,60	0,64	
RMT	0,64	0,69	0,58	0,64	0,73	0,71	0,75	0,65

## Liite 1b. Parivertailun tulokset tiellä 130 (keskiviiva)

*Yhtenevien arvioiden prosenttiosuudet arvioijapareittain tiellä 130 (keskiviiva).*

Arvioija	E1	E2	E3	N1	N2	N3	N4	TIKU
E2	60,1							
E3	50,3	55,5						
N1	47,4	65,9	58,4					
N2	41,6	49,1	49,7	62,4				
N3	41,6	55,5	59,5	64,7	56,1			
N4	39,9	54,9	51,5	65,9	65,9	63,6		
TIKU	38,2	50,3	43,9	42,8	46,2	46,2	49,1	
RMT	35,8	37,6	42,8	36,4	33,0	48,6	33,5	37,6

*Painotettu kappa arvioijapareittain tiellä 130 (keskiviiva).*

Arvioija	E1	E2	E3	N1	N2	N3	N4	TIKU
E2	0,42							
E3	0,44	0,52						
N1	0,44	0,64	0,52					
N2	0,38	0,62	0,53	0,73				
N3	0,48	0,48	0,67	0,75	0,74			
N4	0,36	0,64	0,50	0,75	0,79	0,77		
TIKU	0,27	0,53	0,31	0,46	0,57	0,53	0,44	
RMT	0,27	0,48	0,53	0,43	0,48	0,63	0,49	0,47

*Kendallin tau-b arvioijapareittain tiellä 130 (keskiviiva).*

Arvioija	E1	E2	E3	N1	N2	N3	N4	TIKU
E2	0,35							
E3	0,45	0,56						
N1	0,40	0,68	0,65					
N2	0,38	0,67	0,59	0,71				
N3	0,45	0,69	0,63	0,72	0,71			
N4	0,35	0,73	0,58	0,75	0,73	0,76		
TIKU	0,25	0,57	0,32	0,45	0,52	0,48	0,52	
RMT	0,33	0,61	0,52	0,51	0,56	0,64	0,60	0,47

## Liite 2a. Parivertailun tulokset tiellä 12 (reunaviiva)

*Yhtenevien arvioiden prosenttiosuudet arvioijapareittain tiellä 12 (reunaviiva).*

	<b>E1</b>	<b>N3.1</b>	<b>N4.1</b>	<b>N5.1</b>
<b>N3.1</b>	49,4			
<b>N4.1</b>	53,5	65,0		
<b>N5.1</b>	56,4	72,4	66,7	
<b>TIKU</b>	18,1	8,2	16,1	12,4

*Kendallin tau-b arvioijapareittain tiellä 12 (reunaviiva).*

	<b>E1</b>	<b>N3.1</b>	<b>N4.1</b>	<b>N5.1</b>
<b>N3.1</b>	0,37			
<b>N4.1</b>	0,40	0,72		
<b>N5.1</b>	0,47	0,74	0,64	
<b>TIKU</b>	0,36	0,48	0,45	0,48

*Painotettu kappa arvioijapareittain tiellä 12 (reunaviiva).*

	<b>E1</b>	<b>N3.1</b>	<b>N4.1</b>	<b>N5.1</b>
<b>N3.1</b>	0,41			
<b>N4.1</b>	0,48	0,73		
<b>N5.1</b>	0,54	0,77	0,73	
<b>TIKU</b>	0,25	*	*	*

\* Kappa niin pieni, että pelkkä sattuma tuottaisi paremman yhtenevyyden.

## Liite 2b. Parivertailun tulokset tiellä 12 (keskiviiva)

*Yhtenevien arvioiden prosenttiosuudet arvioijapareittain tiellä 12 (keskiviiva).*

	<b>E1</b>	<b>N3.1</b>	<b>N4.1</b>	<b>N5.1</b>
<b>N3.1</b>	21,4			
<b>N4.1</b>	40,3	58,0		
<b>N5.1</b>	30,3	69,8	63,5	
<b>TIKU</b>	28,2	10,1	15,6	11,8

*Kendallin tau-b arvioijapareittain tiellä 12 (keskiviiva).*

	<b>E1</b>	<b>N3.1</b>	<b>N4.1</b>	<b>N5.1</b>
<b>N3.1</b>	0,60			
<b>N4.1</b>	0,49	0,64		
<b>N5.1</b>	0,57	0,67	0,59	
<b>TIKU</b>	0,57	0,54	0,46	0,56

*Painotettu kappa arvioijapareittain tiellä 12 (keskiviiva).*

	<b>E1</b>	<b>N3.1</b>	<b>N4.1</b>	<b>N5.1</b>
<b>N3.1</b>	*			
<b>N4.1</b>	0,42	0,61		
<b>N5.1</b>	0,38	0,66	0,61	
<b>TIKU</b>	0,42	*	*	*

\* Kappa niin pieni, että pelkkä sattuma tuottaisi paremman yhtenevyyden.

## Liite 3a. Parivertailun tulokset tiellä 140 (reunaviiva)

*Yhtenevien arvioiden prosenttiosuudet arvioijapareittain tiellä 140 (reunaviiva).*

	<b>S1.1</b>	<b>S2.1</b>	<b>S3.1</b>	<b>S4.1</b>	<b>S5.1</b>	<b>TIKU1.1</b>
<b>S2.1</b>	28,2					
<b>S3.1</b>	68,9	42,9				
<b>S4.1</b>	52,1	11,8	42,4			
<b>S5.1</b>	78,6	39,1	74,4	45,4		
<b>TIKU1.1</b>	34,3	54,1	39,1	28,3	41,2	
<b>RMT.1</b>	24,9	12,5	20,2	30,0	23,2	12,5

*Kendallin tau-b arvioijapareittain tiellä 140 (reunaviiva).*

	<b>S1.1</b>	<b>S2.1</b>	<b>S3.1</b>	<b>S4.1</b>	<b>S5.1</b>	<b>TIKU1.1</b>
<b>S2.1</b>	0,76					
<b>S3.1</b>	0,74	0,71				
<b>S4.1</b>	0,69	0,73	0,58			
<b>S5.1</b>	0,83	0,76	0,77	0,66		
<b>TIKU1.1</b>	0,82	0,74	0,70	0,68	0,78	
<b>RMT.1</b>	0,68	0,60	0,54	0,56	0,61	0,70

*Painotettu kappa arvioijapareittain tiellä 140 (reunaviiva).*

	<b>S1.1</b>	<b>S2.1</b>	<b>S3.1</b>	<b>S4.1</b>	<b>S5.1</b>	<b>TIKU1.1</b>
<b>S2.1</b>	0,58					
<b>S3.1</b>	0,75	0,62				
<b>S4.1</b>	0,69	*	0,53			
<b>S5.1</b>	0,85	0,67	0,80	0,63		
<b>TIKU1.1</b>	0,69	0,77	0,59	0,48	0,73	
<b>RMT.1</b>	0,53	*	0,34	0,52	0,44	*

\* Kappa niin pieni, että pelkkä sattuma tuottaisi paremman yhtenevyyden.

## Liite 3b. Parivertailun tulokset tiellä 140 (keskiviiva)

*Yhtenevien arvioiden prosenttiosuudet arvioijapareittain tiellä 140 (keskiviiva).*

	<b>S1.1</b>	<b>S2.1</b>	<b>S3.1</b>	<b>S4.1</b>	<b>S5.1</b>	<b>TIKU1.1</b>
<b>S2.1</b>	42,7					
<b>S3.1</b>	62,9	64,5				
<b>S4.1</b>	62,9	29,0	38,7			
<b>S5.1</b>	62,9	20,2	38,7	62,9		
<b>TIKU1.1</b>	29,0	48,4	30,7	29,8	16,9	
<b>RMT.1</b>	33,9	12,9	19,4	43,6	41,1	19,4

*Kendallin tau-b arvioijapareittain tiellä 140 (keskiviiva).*

	<b>S1.1</b>	<b>S2.1</b>	<b>S3.1</b>	<b>S4.1</b>	<b>S5.1</b>	<b>TIKU1.1</b>
<b>S2.1</b>	0,64					
<b>S3.1</b>	0,64	0,61				
<b>S4.1</b>	0,72	0,71	0,58			
<b>S5.1</b>	0,71	0,76	0,60	0,67		
<b>TIKU1.1</b>	0,56	0,52	0,41	0,56	0,56	
<b>RMT.1</b>	0,60	0,49	0,50	0,58	0,52	0,52

*Painotettu kappa arvioijapareittain tiellä 140 (keskiviiva).*

	<b>S1.1</b>	<b>S2.1</b>	<b>S3.1</b>	<b>S4.1</b>	<b>S5.1</b>	<b>TIKU1.1</b>
<b>S2.1</b>	0,60					
<b>S3.1</b>	0,62	0,64				
<b>S4.1</b>	0,75	0,57	0,49			
<b>S5.1</b>	0,73	*	0,47	0,75		
<b>TIKU1.1</b>	0,44	0,51	0,35	0,43	*	
<b>RMT.1</b>	0,47	*	*	0,54	0,51	0,29

\* Kappa niin pieni, että pelkkä sattuma tuottaisi paremman yhtenevyyden.

## Liite 4. TIKU -mittausten parivertailun tulokset tiellä 140

Pearsonin  $r$  reunaviivasta tiellä 140.

Arvioija	TIKU1	TIKU2	TIKU3	TIKU4	TIKU5
TIKU2	0,90				
TIKU3	0,89	0,92			
TIKU4	0,86	0,89	0,91		
TIKU5	0,87	0,87	0,87	0,83	
TIKU6	0,86	0,85	0,85	0,83	0,94

Spearmanin  $\rho$  reunaviivasta tiellä 140.

Arvioija	TIKU1	TIKU2	TIKU3	TIKU4	TIKU5
TIKU2	0,68				
TIKU3	0,54	0,44			
TIKU4	0,59	0,52	0,66		
TIKU5	0,88	0,87	0,89	0,87	
TIKU6	0,88	0,84	0,86	0,85	0,89

Pearsonin  $r$  reunaviivasta tiellä 140.

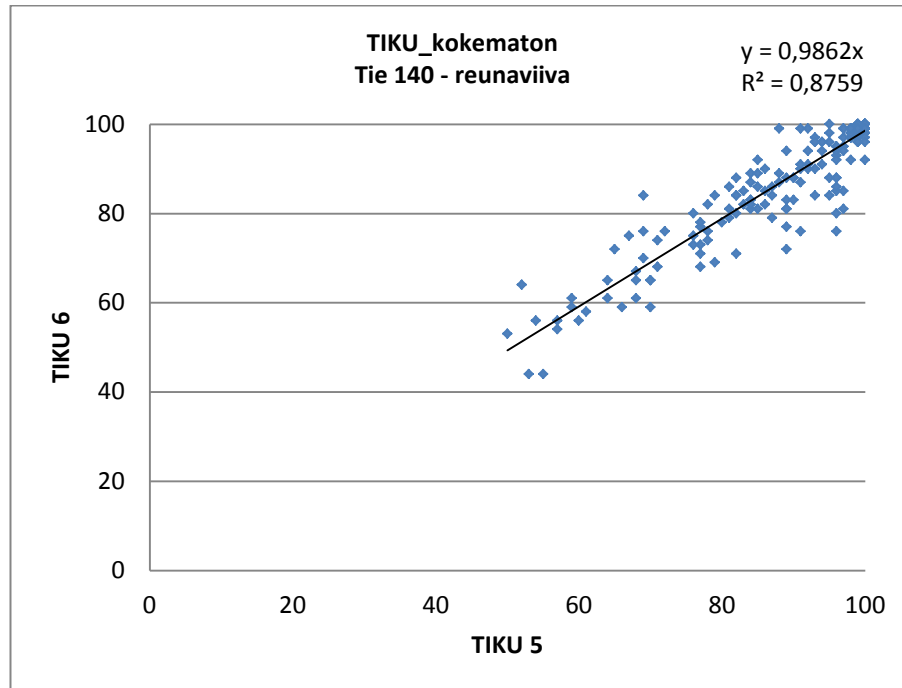
Arvioija	TIKU1	TIKU2	TIKU3	TIKU4	TIKU5
TIKU2	0,90				
TIKU3	0,90	0,94			
TIKU4	0,88	0,91	0,92		
TIKU5	0,51	0,34	0,39	0,44	
TIKU6	0,34	0,31	0,28	0,36	0,40

Spearmanin  $\rho$  reunaviivasta tiellä 140.

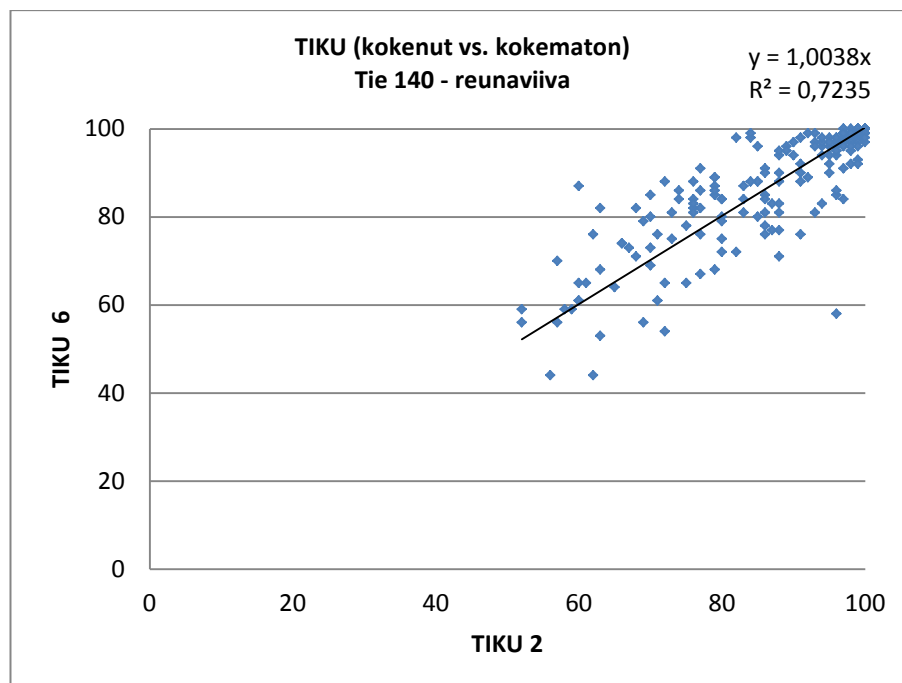
Arvioija	TIKU1	TIKU2	TIKU3	TIKU4	TIKU5
TIKU2	0,75				
TIKU3	0,59	0,55			
TIKU4	0,62	0,60	0,72		
TIKU5	0,66	0,57	0,53	0,58	
TIKU6	0,57	0,54	0,48	0,58	0,66



## Liite 5a. TIKU-mittausten korrelaatio tiellä 140 (reunaviiva)

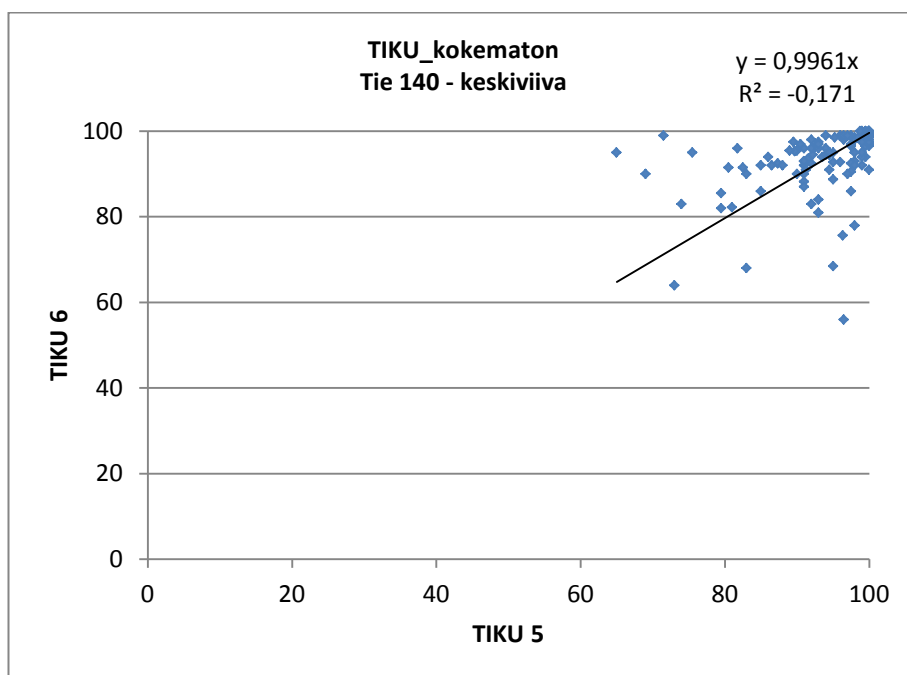


TIKU -mittausten korrelaatio reunaviivasta tiellä 140 (kokematon).

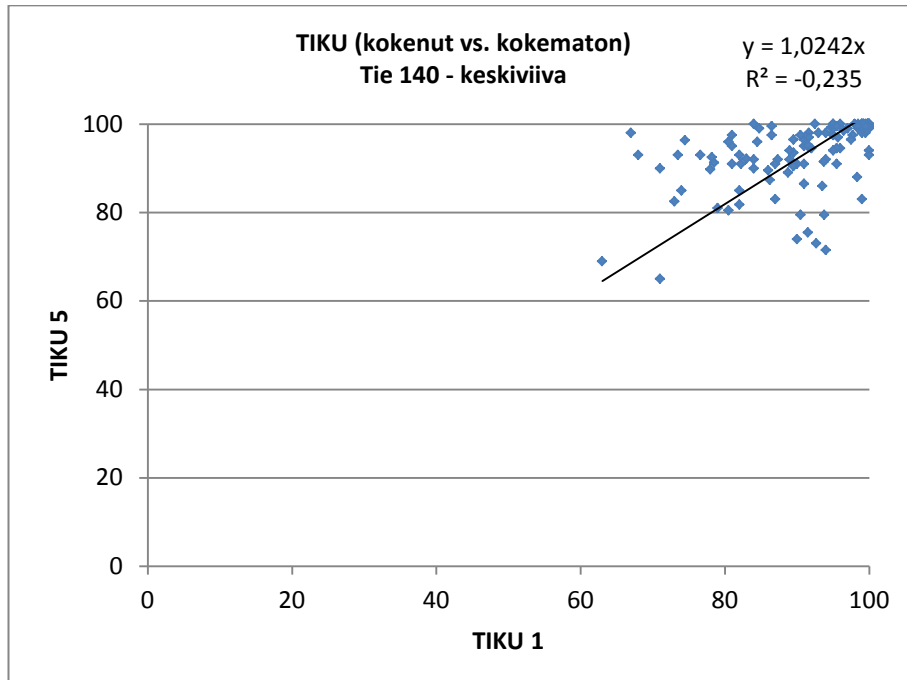


TIKU -mittausten korrelaatio reunaviivasta tiellä 140 (kokenut vs. kokematon).

## Liite 5b. TIKU-mittausten korrelaatio tiellä 140 (keskiviiva)



TIKU -mittausten korrelaatio keskiviivasta tiellä 140 (kokematon).



TIKU -mittausten korrelaatio keskiviivasta tiellä 140 (kokenut vs. kokematon).

## Liite 6. Kuntoarviointipäivän ohjeistus

### Tiemerkintöjen kuntoarviointipäivä 13.10.2011

### ARVIOINNIN OHJEISTUS

#### Arvioitavat kohteet:

Tie	Tieosa	Pituus (m)	Aet	Let	Arvioitava pituus (m)
140	14	4283	1500	4200	2700
140	15	6078	0	6000	6000
140	16	5039	0	5000	5000
140	17	3168	0	3100	3100
	yhteensä	18568			16800

#### Tierekisterinkasvusuuntaan [pohjoiseen]:

- Jokaisesta tieosasta arvioidaan **vain täydet satametriset**.
- **Jokaisen tieosan arvioinnin aloituskohta on merkitty nollalla**, jonka jälkeen juokseva numerointi 100 metrin välein jatkuu tieosan arvioinnin lopetuskohtaan.
- Tieosan viimeisen täyden 100 metrin jakson loppukohdassa on numeron lisäksi merkintä **END tieosan numero**.
- **Seuraavan tieosan arvioinnin aloituskohta on jälleen merkitty nollalla** ja juokseva numerointi alkaa alusta.

#### Esimerkkejä merkinnöistä:

- Tieosa 14 Etäisyys 1500 (tieosan 14 arviointi alkaa): Tiessä merkintä 0
- Tieosa 14 Etäisyys 2600: Tiessä merkintä 11
- Tieosa 14 Etäisyys 4200 (tieosan 14 arviointi päättyy): Tiessä merkintä 27/END 14
- Tieosa 15 Etäisyys 0 (tieosan 15 arviointi alkaa): Tiessä merkintä 0
- Tieosa 15 Etäisyys 1600: Tiessä merkintä 16
- Tieosa 15 Etäisyys 6000 (tieosan 15 arviointi päättyy): Tiessä merkintä 60/END 15
- etc.

Tierekisterin kasvusuuntaa vastaan [etelään]:

- **Sama merkintätapa kuin tierekisterin kasvusuuntaan** eli jokaisen tieosan arvioinnin aloituskohta on merkitty nollalla ja lopetuskohdat numeron lisäksi merkinnällä *END tieosan numero*.

Riippumatta siitä kummasta suunnasta arvioidaan, numerointi alkaa nolasta. Tämä siksi, että kasvavaa numerointia on helpompi seurata ja trippimittari näyttää samaa lukemaa kuin merkintä tiessä.

**HUOM! Muistakaa merkitä keskiviivaa arvioidessanne kumpaan suuntaan olette sen arvioineet (tierekisterin suuntaisesti [pohjoiseen] vai sitä vastaan [etelään]), jotta ei tule sekaannuksia tulosten tulkinnassa.**

Arvioitavat viivat:

Arvioidaan vasen ja oikea reunaviiva sekä keskiviiva(t).

- Jos keskiviiva muodostuu kahdesta viivasta, annetaan **molemmille viivoille oma arvo**.
- Jos keskiviivan viivatyyppi vaihtuu 100 metrin jakson aikana, annetaan kaikille viivoille oma arvo. On mahdollista, että jaksolta on kuntoarvo kolmesta viivasta (vasen sulkuviiva, keskiviiva, oikea sulkuviiva).

Arvioinnin suoritus:

Arviointi suoritetaan **2 hengen miehistöllä** siten, että toinen ajaa ajoneuvoa ja toinen kirjaa kuntoarvot.

- Kuntoarvot tiemeraintöjen kuntoluokitusohjeen mukaisesti (**kts. kuvat ohjeesta**)
  - yli puolet kulunut ja/tai peittyneenä (< 50 %)
    - kuntoarvo 1
  - lähes puolet kulunut ja/tai peittyneenä (> 50 %)
    - kuntoarvo 2
  - n. neljännes kulunut ja/tai peittyneenä (> 75 %)
    - kuntoarvo 3
  - kulumisen vähäistä, myös jos merkintä on muuten virheetön, mutta ei osu vanhan merkinnän päälle (> 90 %)
    - kuntoarvo 4
  - uudenveroiset, kulumista ei silmämääräisesti juuri havaitse (> 96 %)
    - kuntoarvo 5

**Jos kirjaatte arvion väärälle riville:**

- Yhden virheellisen merkinnän voi korjata. → Ympyröikää oikea merkintä.
- Jos huomaatte merkinneenne monta peräkkäistä arviota väärälle riville, älkää ruvetko korjaamaan, vaan jatkakaa arviointia normaalisti seuraavalle riville.

**Jokainen 100 metriä arvioidaan erikseen omana**

**jaksonaan.** (Ei siten että kuntoarvon vaihtuessa katsotaan paalulukema ja kirjataan se ylös).

**Kerrallaan arvioidaan vain yksi viiva** (keskiviivan

muodostuessa kahdesta viivasta annetaan molemmille oma arvo saman ajon aikana).

**Arviointien lukumäärä**

- Silmämääräinen arviointi **2 kertaa**
- TIKU ja RMT **4 kertaa**

Arviointinopeus **40 - 50 km/h** (TIKU ja RMT: **max. 80 km/h**)

TIKU-mittaukset suoritetaan samalla tavalla, kuin niitä on urakoissa tehty.

RMT-mittaukset suoritetaan Rambollin kehittämällä tavalla.

**HUOM!**

**Jos näytätte saavuttavan edessä menevän**

**arviointiajoneuvon, hidastakaa vauhtia sen verran, ettette aja 100 metriä lähempänä toisianne.**

**Silmämääräisten arvioijien ei ole tarkoitus väkisin olla muun liikenteen tukkeena, vaan taakse muodostuneen jonon voi päästää ohi esim. bussipysäkillä tai muussa sopivaksi katsomassaan kohdassa.**

# Liite 7. TIKU:n tyyppihyväksyntä

Liite 2.

27.3



Destia Tieliikelaitos

TYYPPIHYVÄKSYNTÄ

1 (1)

22.3.2007

278/2007/30/3

Tiemerikintöjen kehittämisryhmän kokous 12.3.2007

## Tiemerkinnän automaattisen kuntomittauksen (TIKU) hyväksyminen

Viitekokouksessa esitetyn aineiston (pvm 12.3.2007) ja selvityksen perusteella Tiehallinnon tekniset palvelut hyväksyy Destia Tieliikelaitoksen kehittämän konenäköön (kuvatulkintaan) perustuvan mittalaitteiston tiemerikintöjen kuntoarvon määrittelyyn. Mittausarvo esitetään 100 m mittauksen keskiarvona tieosittain tai muuten sovitun kokonaisuutena yhden desimaalin tarkkuudella. Lopulliset kuntoarvot pyöristetään normaaliin pyöristyssääntöjen mukaisesti.

Jos ja kun kuvatulkinta tässä laitteessa ja mahdollisesti uusissa kehitettävissä laitteissa perustuu jäljellä olevan merkinnän pinnan osuuteen, kuntoarvot (Tiemerikintöjen kuntoluokitus TIEH 2200022-04) vastaavat seuraavia pinta-aloja (jäljellä oleva merkintä):

Kuntoarvo 5	Pinta-ala	>96%
Kuntoarvo 4	Pinta-ala	>90%
Kuntoarvo 3	Pinta-ala	>75%
Kuntoarvo 2	Pinta-ala	>50%
Kuntoarvo 1	Pinta-ala	≤50%

Destia Tieliikelaitoksen yhdyshenkilönä on Kari Kotilainen ([kari.kotilainen@destia.fi](mailto:kari.kotilainen@destia.fi)) gsm. 0408294200.

Tämä kirje liitetään julkaisun Tiemerikintöjen laatuvaatimukset TIEH 2200014-06 keväällä 2007 tehtävään lopulliseen versioon.

Tiehallinto tulee tapauskohtaisesti hyväksymään muuhunkin tekniikkaan perustuvat laitteet riittävien selvitysten perusteella.

Kehittämispäällikkö  
Tietekniikka

Kari Lehtonen

Yli-insinööri

Osmo Anttila

JAKELU

Tiepiirit, Tielinja Oy, Skanska Asfaltti Oy, Valtatie Oy, Lapin Tiemerikintä Oy, Geveko Oy, Teknos Oy

TIEDOKSI

HA-ylläpidon verkko (s-postilla), Tiemerikintöjen kehittämisryhmä (s-posti), Kai Salminen ja Kari Kotilainen Destia Tieliikelaitos.

Anttila Osmo

Keskushallinto  
Opastinsilta 12 A  
PL 33  
00521 HELSINKI

Puhelin  
0204 22 2580  
0400 433 811

Telefaxi  
0204 22 2312

Sähköposti  
[keskushallinto@tiehallinto.fi](mailto:keskushallinto@tiehallinto.fi)  
[osmo.anttila@tiehallinto.fi](mailto:osmo.anttila@tiehallinto.fi)

[www.tiehallinto.fi](http://www.tiehallinto.fi)