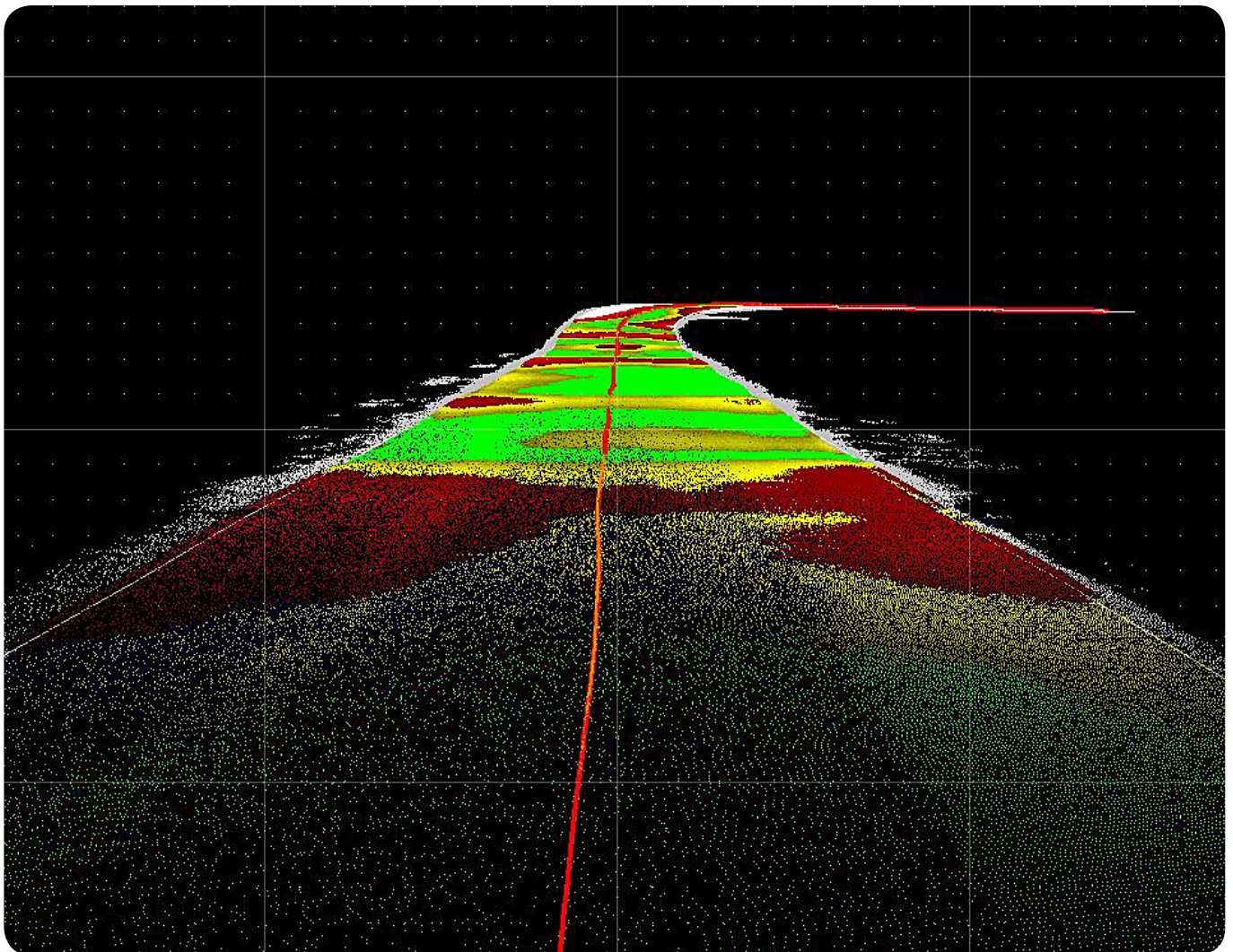


JUSSI LEINONEN  
MIKA JAAKKOLA  
HEIKKI ONNINEN

# Ajoneuvolaserkeilaus tien painuman mittauksessa

PILOTTIRAPORTTI





Jussi Leinonen, Mika Jaakkola, Heikki Onninen

# Ajoneuvolaserkeilaus tien painuman mittauksessa

Pilottiraportti

Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 8/2015

Liikennevirasto

Helsinki 2015

Verkojulkaisu pdf ([www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi))

ISSN-L 1798-6656

ISSN 1798-6664

ISBN 978-952-317-056-8

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 0295 34 3000

**Mika Jaakkola, Jussi Leinonen, Heikki Onninen: Ajoneuvolaserkeilaus tien painuman mittauksessa.** Liikennevirasto, infra ja ympäristö -osasto. Helsinki 2015. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 8/2015. 70 sivua ja 21 liitettä. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-056-8.

**Avainsanat:** ajoneuvolaserkeilaus, mobiililaserkeilaus, painuma, pistepilvi, 3D-malli

## Tiivistelmä

Ajoneuvolaserkeilauksen tuottamasta pistepilvi- ja kuva-aineistosta voidaan jalostaa aiempaa tarkempi ja kattavampi malli väylän pinnan muodoista. Tämän projektin tavoitteena oli selvittää ajoneuvolaserkeilauksen soveltuvuutta väylien painumien seurantaan ja mallipohjaiseen tarkasteluun. Pilotissa selvitettiin eri ajoneuvolaserkeilauslaitteilla ja mittausten menetelmillä tuotettavien 3D-mallien tarkkuutta ja luotettavuutta sekä niiden soveltuvuutta tien painuman että pituuskaltevuuden muutosten laskennan lähtötiedoksi.

3D-mallien tarkkuus- ja soveltuvuustarkastelun testikohteina käytettiin kahta n. yhden kilometrin mittaista tiekohtetta Porvoon lähistöllä Drägsbyssä ja Vahijärvellä. Molemmat kohteissa tiedettiin olevan painumia. Ajoneuvolaserkeilauksen ja mallinnusprosessin kautta muodostettujen 3D-mallien ja pistepilvien tarkkuutta tutkittiin vertaamalla niitä kohteista tarkkavaahtamalla mitattuihin referenssimalleihin. Mittausteknologian toistotarkkuutta selvitettiin tekemällä useita ajoneuvolaserkeilauksia samoista kohteista eri ajankohtina ja vertaamalla näin saatujen mallien tarkkuutta keskenään. Vertailujen tunnuslukuina käytettiin tien pituuskaltevuuksia sekä pituuskaltevuuden kulmanmuutoksia. Yksittäisen mittauksen tarkkuutta tutkittiin myös vertaamalla 3D-mallista ja referenssimallista laskettuja kulmanmuutoksia keskenään. Toistettavuutta tutkittiin myös tilastollisin menetelmin. Kahden mittauskerran väliltä laskettiin korrelaatioita sekä poikkeamien jakaumia ja suoritettiin laadunvalvonnassa käytetty Gage-R&R-testi.

Vertailujen tuloksena saatiin suuri määrä tietoa ajoneuvolaserkeilauksen tarkkuuksista ja toistettavuuksista. Tietyillä mittausten menetelmillä 3D-malleissa päästiin hyviin tarkkuuksiin. Mallien keskimääräinen poikkeama verrattuna referenssimalliin oli vain muutamia millimetrejä ja keskijajonta noin 10 mm. Esimerkiksi mallien perusteella määritettävissä pituuskaltevuuksissa voidaan päästä urakkavaatimusten mukaisiin toleransseihin. Mittausten toistettavuus oli hyvällä tasolla graafisten tarkasteluiden, korrelaatioiden ja Gage-R&R:n mukaan. Gage-R&R-testissä päästiin useilla dataseteillä 10 % tuntumaan.

Tämän pilotin tulosten perusteella ajoneuvolaserkeilaus tien painumamittauksessa vaikuttaa lupaavalta. Lisätarkasteluja kuitenkin tarvitaan. Ajoneuvolaserkeilausta voitaisiin ajatella käytettävän esimerkiksi rakennetun tiekohteen takuuajan painuman korkeussuuntaisen absoluuttisen painuman selvittämiseksi. Ajoneuvolaserkeilaus on myös sovellettavissa tien pinnan pituussuuntaisten kaltevuusmuutosten laskennan lähtötiedoksi. Pituuskaltevuuksien ja niiden kulmanmuutosten laskentaan tulee käyttää riittävän pitkiä jännevälejä.

Tässä tutkimuksessa painumien tarkasteluun käytettiin periaatteessa samanlaista tietoa kuin vaaituksella mitattaessa. Tiedon hankintaan vain käytettiin ajoneuvolaserkeilausta. Jatkossa tulisi laajemmin tutkia kokonaisuutena uusien mittausten menetelmien ja 3D-mallien tarjoamia hyötyjä niin painumien kuin muidenkin tien kunnon muuttajien tutkimiseen.

**Mika Jaakkola, Jussi Leinonen, Heikki Onninen:** Fordonsburen laserskanning för mätning av vägsättningar. Trafikverket, infrastruktur och miljö. Helsingfors 2015. Trafikverkets undersökningar och utredningar 8/2015. 70 sidor och 21 bilagor. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-056-8.

**Nyckelord:** fordonsburen laserskanning, mobil laserskanning, sättnings, punktmoln, 3D-modell,

## Sammanfattning

Med hjälp av det punktmolns- och bildmaterial som man kan framställa från fordonsburen laserskanning, är det möjligt att förädla en mer precis och täckande modell av strukturer på vägytor. Målet med detta projekt var att utreda om fordonsburen laserskanning kan tillämpas vid övervakning av vägsättningar och modellbaserade observationer. I pilotundersökningen redogjordes för precisionen och tillförlitligheten i de 3D-modeller som olika sorters fordonsburna laserskannrar och mätmetoder producerar, samt deras tillämplighet som källdata vid förändringar i beräkningar beträffande vägsättningar och längd lutningar.

Som testobjekt för 3D-modellernas precisions- och tillämpningsundersökningar användes två cirka en kilometer långa vägstycken i Drägsby och i Vahijärvi. Det var sedan tidigare känt att det fanns sättnings vid båda dessa objekt. Precisionen i punktmolnen och i 3D-modellerna, som producerats med den fordonsburna laserskanningen och modelleringsprocessen, undersöktes genom att jämföra dem med de i testobjekten uppmätta referensmodellerna. Med flera fordonsburna laserskanningar vid samma testobjekt, men vid olika tidpunkter, utreddes mätteknologins repeternoggrannhet genom att jämföra precisionen hos de olika modellerna, som skanningarna resulterat i. Som identifikationsnummer för jämförelserna användes vägens längd lutningar samt längd lutningens vinkelförändringar. Precisionen i enskilda mätningars undersöktes även genom jämförelser av de beräknade vinkelförändringarna mellan 3D-modeller och referensmodeller. Repeterbarheten undersöktes även med hjälp av statistiska metoder. Mellan två mätningar genomfördes dels uträkningar av korrelationer samt avvikelsefördelningar och dels utfördes Gage-R&R -test, som tillämpas vid kvalitetstillsynen.

Resultaten av jämförelserna gav en stor mängd information beträffande precision och repeternoggrannhet hos fordonsburen laserskanning. Bestämda mätmetoder ledde till goda och noggranna resultat hos 3D-modellerna. Jämfört med referensmodellen var modellernas avvikelser endast några få millimeter och standardavvikelsen ungefär 10 millimeter. Till exempel är det möjligt att med utgångspunkt i modellernas bestämda längd lutningar uppnå de toleranser som definieras i entreprenadkraven. Mätningarnas repeterbarhet låg enligt de grafiska observationerna, korrelationerna och Gage-R&R på en bra nivå. I Gage-R&R -testen nådde ett flertal av dataseten uppåt 10 procent.

Resultaten i den här pilotundersökningen visar att fordonsburen laserskanning kan ta fram tillräckligt noggranna modeller för övervakning av vägsättningar. För utredning av en absolut sättnings i höjddled av ett vägbygges sättnings under garantitiden, bör den fordonsburna laserskanningen tillämpa signalmätning eller basstationsmätning som mätmetod. Utöver ovan nämnda metoder rekommenderas även mätning utan signal för beräkningar av utdata beträffande vägytans längsgående lutningsförändringar. Vid beräkning av längd lutningar och deras vinkelförändringar bör en spännvidd om  $\geq 10$  meter tillämpas.

I den här undersökningen om övervakning av sättnings användes i stort sett samma information som vid nivåmätning. Skillnaden är att informationen samlades in med hjälp av fordonsburen laserskanning. I fortsättningsen bör mer omfattande utredningar göras för att få en helhetsbild av fördelarna som nya mätmetoder och 3D-modeller har att erbjuda när det gäller undersökning av sättnings och andra förändringar i vägstrukturen.

**Mika Jaakkola, Jussi Leinonen, Heikki Onninen: Mobile laser scanning in measuring road depression.** Finnish Transport Agency, Infrastructure and Environment. Helsinki 2015. Research reports of the Finnish Transport Agency 8/2015. 70 pages and 21 appendices. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-056-8.

**Keywords:** mobile laser scanning, mobile mapping, lidar, pointcloud, road depression, road deformation, 3D-model, BIM

## Summary

Modern mobile laser scanning technology can be efficiently used to produce a precise and accurate 3D-model from a road's surface. The purpose of this project was to research if the accuracy and precision are adequate enough and therefore applicable for road depression measurements. Furthermore the possibility of identifying and observing road depressions in a BIM-based environment was examined. The accuracy and precision of mobile laser scanning were researched by comparing different devices and measurement methods. The comparisons were made with height values and longitudinal slopes of the road.

Two about a one kilometer long road segments were measured for the research. The tested devices were Trimble MX8 for signalized and unsignalized methods and Riegl VMX-450 for RTK-base station method. The road segments were in Drägsby and Vahijärvi near Porvoo. They were chosen because clear depressions were located in those segments. Through mobile laser scanning and a modelling process, 3D models of the these road surfaces were created. To examine the absolute accuracy of the models, also a reference model was measured with a levelling instrument. Consequently a comparison in height differences between the 3D-models and the reference model was carried out. Generally the average error in the 3D-model was close to zero with a 1 cm dispersion.

The precision and reliability of mobile laser scanning were researched by measuring the road segments multiple times at different points in time during one day. The first and second measurement were compared with longitudinal slopes from road centerline and pavement edges. The comparison was made graphically in this case. The precision and reliability were also studied with statistical methods. Distributions of the height anomalies were studied and correlations between two different measurements were calculated. Also a Gage RR calculation was carried out between two separate measurements. Gage RR gave generally a result of 10 % or less which makes the mobile laser scanning technology very precise.

A comprehensive amount of information was obtained through the performed studies. Based on this information it could be concluded that with the right methods mobile laser scanning shows clear promise in road deformation and depression measurements. For example in measuring depression at the end of a road warranty period, the mobile laser scanning should always be done with the signalized or the RTK base station method for adequate accuracy. For measuring only longitudinal slopes also unsignalized method can be used. When measuring longitudinal slopes, enough long spans along the alignments should be used. The shorter the span, the greater the possible error is.

At the end, the measurement of the depressions was made with the same kind of method than with a levelling instrument. Height differences and slopes were compared. Only the source of the data was different. In the future the focus should be more and more in the 3D BIM-based methods. They have a lot more to give considering the road deformation and other road environment measurements.

## Esipuhe

Tässä projektissa selvitettiin Ajoneuvolaserkeilauksen soveltuvuutta painumien mittaukseseen väyläkohteissa. Projektin tilaajana toimi Liikennevirasto ja päätoteuttajana Destia Oy. Mallinnuksen ja ohjelmistokehityksen asiantuntijana toimi TerraSolid Oy, ajoneuvolaserkeilauksia tekivät Geotrim Oy ja Nordic Scan Center Oy.

Destian osalta projektipäällikkönä toimi Mika Jaakkola, mallinnuksesta ja vertailulaskelmista vastasivat Jussi Leinonen ja Heikki Onninen ja maastomittauksista vastasi Matti Laitinen. Laserkeilausaineiston mallinnuksen asiantuntijana toimi Arttu Soinen Terrasolid Oy:stä. Ajoneuvolaserkeilauksista vastasivat Anna Klemets Geotrim Oy:stä sekä Tauno Suominen Nordic Scan Centerin Oy:stä. Liikenneviraston vastuuhenkilöitä olivat Sami Petäjä ja Kari Lehtola.

Helsingissä helmikuussa 2015

Liikennevirasto  
Infra ja ympäristö -osasto



# Sisällysluettelo

TERMIT JA LYHENTEET .....	9
1 JOHDANTO .....	10
1.1 Tausta .....	10
1.2 Pilotin tavoitteet .....	11
1.3 Painumien tarkastelu tiekohteissa .....	12
2 MITTAUSTEN JA ANALYYSIEN TOTEUTUS .....	16
2.1 Mittauskohteet .....	16
2.2 Referenssimittaukset .....	18
2.3 Ajoneuvolaserkeilaus .....	19
2.3.1 Signaloimaton mittaus .....	19
2.3.2 Signaloitu mittaus .....	19
2.3.3 Tukiasemamittaus .....	21
2.4 Ajoneuvolaserkeilatun pistepilven käsittely .....	21
2.5 Ajoneuvolaserkeilatun pintamallin soveltuvuuden analysointi .....	22
2.5.1 Korkeustarkkuuden vertailu .....	22
2.5.2 Pituusprofiilien analyysi .....	23
2.5.3 Mittausten toistettavuus .....	25
3 TULOKSET .....	26
3.1 Referenssimittaukset .....	26
3.2 Ajoneuvolaserkeilaukset .....	28
3.3 Ajoneuvolaserkeilatun pistepilven käsittely .....	29
3.4 Ajoneuvolaserkeilatun pintamallin soveltuvuuden analysointi .....	30
3.4.1 Korkeustarkkuuden vertailu .....	30
3.4.2 Pituusprofiilien analyysi .....	35
3.4.3 Mittausten toistettavuus .....	57
4 TULOSTEN ARVIOINTI JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	64
4.1 Korkeustarkkuuden vertailu .....	64
4.2 Pituusprofiilien analyysit .....	65
4.3 Toistettavuus .....	67
4.4 Jatkotutkimus- ja kehitystarpeet .....	67
5 YHTEENVETO .....	68
LÄHTEET .....	70
LIITTEET	
Liite 1 Drägsbyn signaloimattoman pintamal-lin vertailuraportti 1 referenssimalliin	
Liite 2 Drägsbyn signaloimattoman pintamallin vertailuraportti referenssimalliin	
Liite 3 Drägsbyn signaloidun pintamallin vertailuraportti 1 referenssimalliin	
Liite 4 Drägsbyn signaloidun pintamallin vertailuraportti 2 referenssimalliin	
Liite 5 Vahijärven signaloimattoman pintamallin vertailuraportti 1 referenssimalliin	
Liite 6 Vahijärven signaloimattoman pintamallin vertailuraportti 2 referenssimalliin	

- Liite 7 Vahijärven signaloidun pintamallin vertailuraportti 1 referenssimalliin
- Liite 8 Vahijärven signaloidun pintamallin vertailuraportti 2 referenssimalliin
- Liite 9 Vahijärven yhdistetyn signaloidun pintamallin vertailuraportti referenssimalliin
- Liite 10 Drägsbyn yhdistetyn signaloidun pintamallin vertailuraportti referenssimalliin
- Liite 11 Drägsbyn 1. tukiasemamittauksen korkeusvertailun laskelmat.
- Liite 12 Drägsbyn 2. tukiasemamittauksen korkeusvertailuiden laskelmat
- Liite 13 Vahijärven 1. tukiasemamittauksen korkeusvertailuiden laskelmat
- Liite 14 Vahijärven 2. tukiasemamittauksen korkeusvertailuiden laskelmat
- Liite 15 Poikkileikkaus- ja ympyräsovituksen vertailu
- Liite 16 Vahijärven pituusprofiilin analyyseja signaloidun ja signaloimattomien mittausten osalta.
- Liite 17 Drägsbyn pituusprofiilien analyyseja signaloidun ja signaloimattomien mittausten osalta
- Liite 18 Vahijärven pituusprofiilin analyyseja nordic scan centerin tukiasemamittauksen osalta
- Liite 19 Drägsbyn pituusprofiilin analyyseja nordic scan centerin tukiasemamittauksen osalta
- Liite 20 Geotrimin signaloidun mittauksen ja nordic scan centerin tukiasemamittauksen vertailu.
- Liite 21 Signaloitujen ja vaaittujen pituusprofiilien vertailu

## Termit ja lyhenteet

<b>Lähtötietomalli</b>	Esimerkiksi tien 3D-malli, joka sisältää kaiken suunnitteluun tarvittavaa tietoa, kuten päällysteen pintamallin, maastomallin, taiteviivoja sekä rakenteiden ominaisuuksia.
<b>Mittausperusta</b>	Työmaan kiinteiden mittapisteiden muodostama verkko.
<b>Ajoneuvolaserkeilaus/ Mobiilikartoitus</b>	Laserkeilausta, valokuvausta sekä GNSS- ja inertia-paikannusta hyödyntävä mittausjärjestelmä, jolla tuotetaan paikkatietoon sidottua mallipohjaista pistepilvi- ja valokuva-aineistoa.
<b>Pintamalli</b>	Maaston pintaa kuvaava, xyz-pisteistä koostuva kolmioitu 3D-malli.
<b>Referenssimalli</b>	Referenssipisteistä koostuva kolmioitu pintamalli tai pistejoukko.
<b>Referenssipiste</b>	Vaaitsamalla tai takymetrillä mitattu tarkastuspiste, jonka sijainti tunnetaan.
<b>Signaalipiste</b>	Mobiilikartoitusdatan tarkkaa koordinaatistoon sitomista varten päällysteeseen maalattu kuvio, joka on havaittavissa mittausdatasta visuaalisesti. Kuvion keskipiste on mitattu joko vaaitsamalla tai takymetrillä, jolloin sen tarkka sijainti tunnetaan.

# 1 Johdanto

## 1.1 Tausta

Painumien mittausta ja seuranta on tehty perinteisesti vaaitsemalla, mikä on usein liikenteen seassa tehtävää vaarallista manuaalista työtä. Väyliä painumia mitataan samoista kohteista useaan kertaan tiettyjen aikajaksojen välein, ja näitä mittaus-tuloksia käytetään urakoiden takuuajan seurannassa arvonmuutosten sekä korjaus-tarpeen perusteina. Ajoneuvolaserkeilausteknologian kehittymisen mahdollistamalla uusilla mittaus- ja mallinnusmenetelmillä tavoitellaan tarkempaa ja kattavampaa tie-toa painumien aiheuttamista muutoksista väylän rakenteisiin aiempaa tehokkaammin ja turvallisemmin.

Uuden menetelmän soveltuvuus painumien seurantaan selvitettiin tutkimalla mit-taukseen käytettävän teknologian tarkkuutta ja luotettavuutta käytännön olosuhteis-sa. Kun ajoneuvo-laserkeilauksen ja mallinnusprosessin tuloksena saadun pistepilven tarkkuutta verrattiin vaaitsemalla väyläkohteesta tehtyihin referenssipisteisiin, oli mahdollista arvioida mallin tarkkuutta. Tekemällä useita ajoneuvolaserkeilauksia sa-masta väyläkohteesta ja vertaamalla saatuja malleja keskenään oli mahdollista arvi-oida mittaus- ja mallinnusprosessin luotettavuutta. Lisäksi tien pinnan muotoja ku-vaavasta pistepilvestä oli mahdollista laskea tien pituuskaltevuuden muutoksia, joi-den perusteella oli mahdollista arvioida painumien aiheuttamien tienpinnan muutok-sia ja edelleen korjaustarpeita.

Ajoneuvolaserkeilausta on käytetty erilaisissa tiehankkeissa lähtötiedon hankkimi-seen jo muutamia vuosia. Destia Oy:ssä ajoneuvolaserkeilausta on käytetty esimer-kiksi asfalttipäällysteen korjauksen suunnittelun lähtötietomallien luomiseen pilotti-hankkeissa vuonna 2012 kantatiellä 51 Kirkkonummella ja vuonna 2013 valtatiellä 13 Lappeenrannassa. Näissä piloteissa ajoneuvolaserkeilaus todettiin riittävän tarkaksi ja toimivaksi menetelmäksi päällystenkorjauksen suunnittelun lähtötiedon hankin-taan. Taulukossa 1 on esitetty pintamallin tarkkuutta signaalipisteiden kohdista. Niiden välisillä 200 m osuuksilla virheet ovat keski-määrin 1 cm luokkaa noin 1 cm hajonnalla. (Soininen 2012, Leinonen 2014)

	Sovittamaton		Sovitettu
	Ajolinja 1	Ajolinja 2	Mediaanipinta
<b>Keskiarvo (m)</b>	-0,08	0,049	0
<b>Minimi (m)</b>	-0,296	-0,141	-0,003
<b>Maksimi (m)</b>	0,11	0,125	0,004
<b>Keskihajonta (m)</b>	0,109	0,056	0,002

Vt 13 -pilotissa testatulla mallipohjaisella päällystenkorjausmenetelmällä korjattiin tien sivu- ja pituuskaltevuudet sekä optimoitiin tasaus- ja jyräntämassoja. Tutkimus-tulosten perusteella mallipohjainen menetelmä sopii erittäin hyvin valtatie- ja tie-kohteiden korjaamiseen, joissa vanhan päällysteen paksuus on riittävä mahdolli-saen jyräntänsä kattavan hyödyntämisen tien poikkeamien korjaamiseen. Lisäksi mo-biilikartoitusta on käytetty 2013-14 muun muassa Kirkkonummi-Kivenlahti Kt 51:n

toteumamallin sekä Saimaan kanavan huoltotien parantamishankkeen lähtötietomallin tekemiseen. (Leinonen 2014).

Mobiilikartoitetun mittausdatan monipuolinen hyödyntäminen tie- ja ratakohteissa lisääntyy, ja Suomen markkinoille toimii muutamia palveluntarjoajia ja mittausajoneuvoja. Suomessa Geotrim Oy tarjoaa ajoneuvolaserkeilaimella tehtävää mobiilikartoitusta Trimblen laitteistolla. Muita palveluntarjoajia Suomessa ovat esimerkiksi Nordic Scan Center Riegl:n laitteistolla, Road Scanners Streetmapper laitteistolla sekä Terratec Lynx Mobile Mapper -laitteistolla.

Esimerkiksi 2011 Uudessa-Seelannissa ajoneuvolaserkeilausta on käytetty maanjäristystuhojen inventointiin ja Belgiassa liikennemerkkien inventointiin. Ruotsissa mobiilikartoitusta käytetään jo systemaattisesti päätieverkoston kartoitukseen. Kartoitettua tietoa käytetään pohjana teiden ylläpidossa ja suunnittelussa. Toinen esimerkki Ruotsista on Pajalan kaivostie. Siellä laserkeilattua pintamallia käytettiin tien routanousujen mittaamiseen. (Leinonen 2014)

Lisäksi Topcon Ltd:llä, Viatech Ltd:llä ja Fraunhofer-instituutilla on kehitetty sovelluksia tienpinnan mittaamiseen. Topconin järjestelmä muistuttaa Suomessa käytetävän PTM-mittauksen profiilimittaria. Järjestelmä mittaa kolmella tiehen suunnatulla laserilla kolmea linjaa, joista saadaan tien pituus- ja poikkiprofiili. Dataa käytetään sellaisenaan esimerkiksi uuden päällystekerroksen suunnitteluun. Viatechilla ja Fraunhoferilla on myös ratkaisuja, joissa keilataan vain päällysteen pintaa. Ne tuottavat GPS:llä koordinaatistoon sidotun kattavan pistepilven tien pinnasta. Saksan tiehallinto käyttää Fraunhoferin päällysteprofiiliskanneria teiden pintakunnon kartoitukseen. Vastaavasti Norjan tiehallinto käyttää Viatechin laitetta. Topconin ja Viatechin järjestelmät mittaavat myös esimerkiksi IRI-arvoa. (Leinonen 2014)

## 1.2 Pilotin tavoitteet

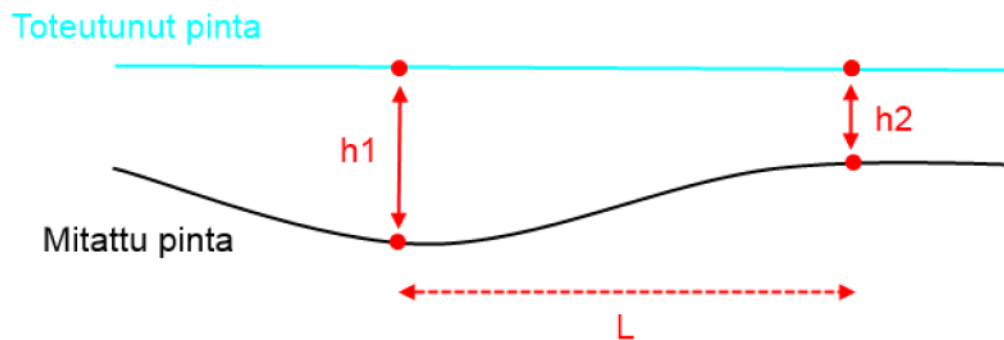
Pilotin päätavoitteena oli tutkia ajoneuvolaserkeilauksella tehtävän lähtötietomallin ja siitä jalostettavan mittaustiedon soveltuvuutta tien painumien seurantaan. Tavoitteena oli selvittää, onko ajoneuvolaserkeilauksen kautta tuotetun tien päällysteen pintamallin tarkkuus ja luotettavuus riittävä, jotta sitä voidaan hyödyntää väyläkohteiden painumien seurannassa.

Tarkoituksena oli tutkia laserkeilauksen soveltuvuutta painumien mittaamiseen kahdella tavalla. Tarkkuutta pystysuunnassa tutkittiin vertaamalla mallien korkeusasetmia takymetri- ja vaatusmittauksilla mitattuihin referenssipisteisiin. Soveltuvuutta voitiin arvioida myös vertaamalla keskenään eri kerroilla mitatuista tien pintamalleista määritettäviä pituuskaltevuuseroja. Toisin sanoen tukittiin kaltevuusmäärityksen epätarkkuutta, suhteessa ST-urakoissa yleisesti käytettäviin, tien painumasta aiheutuviin, pituuskaltevuuden muutosten raja-arvoihin. Absoluuttisten muuttujien vertailun lisäksi oli tarkoituksena tutkia mittausten toistettavuutta tilastollisin menetelmin.

Lisäksi mittauksen tavoitteena oli tuottaa väylän lähtötietomalleja hyödynnettäväksi tien korjaussuunnittelun ohjelmistotyökalun kehitystyössä sekä korjaussuunnittelun lähtötietona.

### 1.3 Painumien tarkastelu tiekohteissa

Tien painumia voidaan tarkastella kahdesta näkökulmasta. Ensimmäinen tapa on tarkastella absoluuttista painumaa. Tämä tehdään vertailemalla uuden tien suunnitellun tai toteutuneen tien pinnan eroja tietyssä ajankohtana mitattuun pintaan. Näiden pintojen korkeuseroista saadaan määritettyä absoluuttinen painuma. Esimerkiksi ST-urakan vaatimuksissa on yleensä esitetty vaatimus rakennetun kohteen suurimmalle sallitulle kokonaispainumalle takuuajan lopussa. Kokonaispainumalla tarkoitetaan valmistumishetken ja takuuajan lopun tilanteiden eroa. Sallitun painuman ylittäminen voi johtaa esimerkiksi arvonalennukseen tai jopa tien korjaamiseen urakoitsijan kustannuksella. Kuvan 1 avulla havainnollistaen arvon alenemiseen johtava painuma voisi olla  $h_1$  ja korjaamiseen johtava painuma voisi olla  $h_2$  (Peltäjä 2014)



Kokonaispainuman raja-arvot määrittää tilaaja. Raja-arvoille on olemassa tien suunnitteluvaihetta koskevat suositukset, jotka on esitetty taulukossa 2a. Raja-arvot voivat olla myös urakkakohtaisia (taulukko 2b), ja niihin voi vaikuttaa muun muassa rakentamisen toteutustapa, pohjamaan tyyppi ja tien mahdollinen kunnallistekniikka. Näiden raja-arvojen perusteella tien suunnitteluvaiheessa suoritetaan painumamitoitus. Mitoituksessa arvioidaan tierakenteen painuma haluttuina ajankohtina, ja tavoitteena on suunnitella sellainen rakenne, joka toteuttaa annetut raja-arvot. Toinen esimerkki tien routanousu- ja painuma painumakriteereistä on taulukossa 3. (

Taulukko 2a. Tien rakenteen arvioinnissa ja mitoituksessa käytettävät tienpinnan sallitut painumat, sallitut painumaerot ja sivukaltevuuden muutokset. (Liikennevirasto 2012)

Tien vaatimusluokka	Pituuskaltevuuden muutos 0...50 v <sup>(2)</sup> $p_{ksall}$ 0/50  [%] yksikköä	Kokonaispainuma 50 v aikana <sup>(1)</sup>  $S_{sall50v}$  [mm]	Sivukaltevuuden muutos 50 v aikana <sup>(2)</sup>  $sk_{sall50v}$  [%] yksikköä	Sivukaltevuuden muutos 10 v aikana <sup>(2)</sup>  $sk_{sall10v}$  [%] yksikköä
V1	0,6	300	± 1,5	-1,0 tai +1,0
V2	0,8	400	± 1,5	-1,0 tai +1,0
V3	1,1	600	± 2,0	-1,0 tai +1,0
V4	1,6	800	± 2,0	-1,0 tai +1,5
V5	2,2	800	± 2,0	-1,5 tai +1,5
R1	0,6	200	± 1,5	-1,0 tai +1,0
R2	0,8	200	± 1,5	-1,0 tai +1,5
R3	1,1	200	± 1,5	-1,5 tai +1,5
K1	2,2	800	± 1,5	-1,0 tai +1,5
K2	Kuten ajorata			

- (1) Kokonaispainuman sallittua arvoa tulee arvioida tämän ohjeen mukaisesti ja sitä täsmentää tarvittaessa. Lisäksi on huomioitava, että usein mitoittavana tekijänä on kaltevuuden muutos.
- (2) Siirtymärakenteiden mitoituksessa käytetään enintään 50 % taulukon pituuskaltevuuden ja sivukaltevuuden muutoksien sallituista arvoista. (Kappale 7.10)

Raja-arvot tien pituus- ja poikkikaltevuuden muutoksille (Esimerkkinä: E18 Hamina-Vaalimaa, Tekniset vaatimukset 2014)

Rakenne	Painuman raja-arvo mm	Kaltevuuden muutoksen raja-arvo %-yksikköä	
		Pituus-suunnassa	Poikki-suunnassa
Moottoritie ja rampit		0,32	0,6
Muut yleiset tiet mitoitussnopeuden ollessa $\geq 80$ km/h sekä Rekkaliikenteen Odotusalueen pääyhteydet		0,65	0,8
Muut yleiset tiet ja kadut mitoitussnopeuden ollessa 60 km/h sekä Rekkaliikenteen Odotusalueen pysäköintilohko-yhteydet		0,9	0,8
Muut yleiset tiet ja kadut mitoitussnopeuden ollessa $< 60$ km/h sekä Rekkaliikenteen Odotusalueen pysäköintilohkot		1,15	0,8
Erilliset kevyenliikenteenväylät		1,15	0,8
Korotetut kevyenliikenteenväylät		kuten ajorata	kuten ajorata
Väylät, joilla putkijohtoja tai muita painuma-arkoja rakenteita	50	0,4	0,4

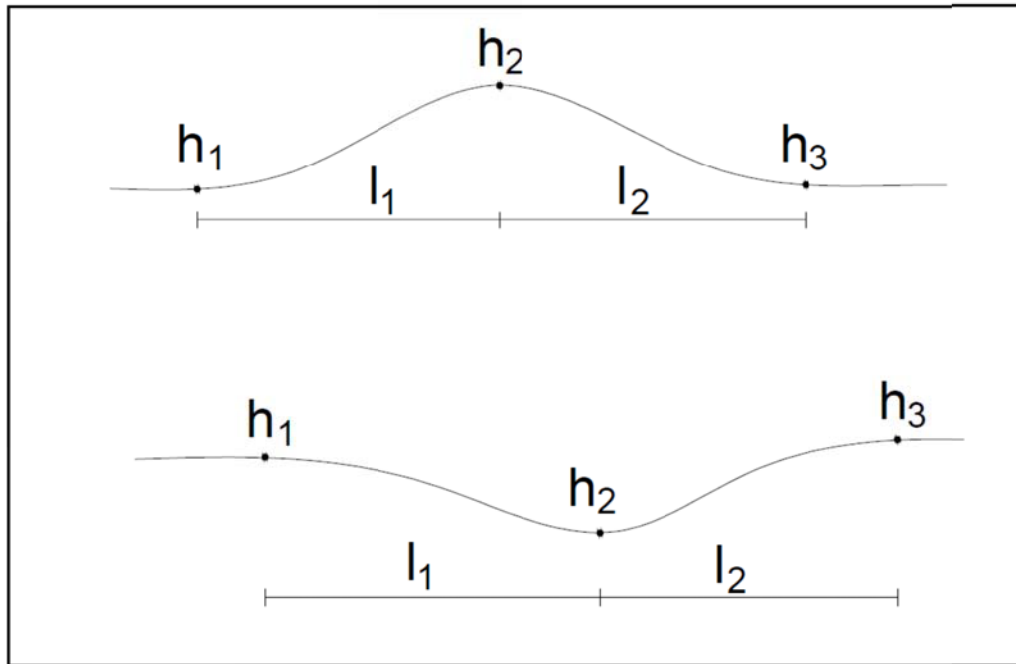
Aallonpituus $< 4$ m (2 m oikolauta)	Aallonpituus $\geq 4$ m
Moottoritie ja reunatuelliset tiet 0,8 %	Moottoritie ja reunatuelliset tiet 0,3 %
Muut Tiet 1,8 %	Muut Tiet 0,6 %

Kuten taulukosta 2a nähdään, kokonaispainuman lisäksi tarkastellaan myös pituuskaltevuuden ja sivukaltevuuden muutosta tietyn ajanjaksona. Tämä siis tarkoittaa tässä tapauksessa sitä, että verrataan saman kohdan kaltevuutta tien valmistumishetkellä ja esimerkiksi 10 vuoden kuluttua valmistumisesta. Myös kaltevuuksien muuttumiselle on usein määritetty raja-arvot urakka-asiakirjoissa. (Liikennevirasto 2012, Petäjä 2014)

Toinen tapa tarkastella painumia on niiden aiheuttama todellinen haitta. Tämä voi olla esimerkiksi vaikutus ajomukavuuteen ja tien dynaamisiin rasituksiin. Tässä tapauksessa tarkastellaan yleensä ja tien pituuskaltevuuden muutoksia tien pituus-suunnassa. kuvan 1 avulla havainnollistaen:  $\Delta h = h_1 - h_2$ . Mikäli tien painuma on erisuuruinen jännevälillä päissä, tie aiheuttaa ajoneuvoon pystysuuntaisia kiihtyvyyksiä. Mitä suurempi painumaero ja mitä pienempi painumaeron jänneväli on, sitä suurempi on esimerkiksi ajomukavuuteen aiheutunut haitta. (Liikennevirasto 2012, Petäjä 2014)



Ilmiötä voidaan kuvata myös tien kulmanmuutoksena. Pituuskaltevuuden kulmanmuutoksen periaate on esitetty kuvassa 2 ja sitä vastaavia raja-arvoja taulukossa 3. Tätä periaatetta sovelletaan yleisesti routaheittojen haitallisuuden tutkimiseen. Laskennassa tarkastellaan kahden peräkkäisen jännevälän  $L_1$  ja  $L_2$  pituuskaltevuuksien eroja. Mitä suurempi kaltevuusero on, sitä suurempi on tienkäyttäjään aiheutunut haitta. (Liikennevirasto 2012, Petäjä 2014)



## 2 Mittausten ja analyysien toteutus

### 2.1 Mittauskohteet

Mittauskohteiden valintaperusteena oli hakea pääkaupunkiseudun lähialueilta väyläkohteita, joissa esiintyy tyypillisiä ja merkittäviä painumia. Haluttiin, että kohteet eroavat ympäristön osalta toisistaan, jotta voidaan tunnistaa esimerkiksi puuston tai muiden katveiden vaikutus testattavien mittausmenetelmien suorituskykyyn. Pilotin tilaaja valitsi kaksi erilaista, noin yhden kilometrin mittaista pilottikohdetta mittausmenetelmien päävertailukohteiksi. Näitä olivat kuvan 3 osoittamat Drägsby (2) ja Vahijärvi (4). Lisäksi kartoitettiin kaksi muuta kohdetta, joissa ei tehty referenssimittauksia. Kaikki mittauskohteet sijaitsivat Porvoon ympäristössä valtatiellä nro. 7, kantaatiellä nro. 55 ja maantiellä nro. 170. Kohteet on esitetty kuvassa 3.



**Kohde 1:** Vt 7, Hangelbyn liittymä–Drägsby liittymä (15 km). Kohde mitattiin ainoastaan signaloimattomana.

**Kohde 2:** Drägsbyn suo, mt 170, tieosa 10/400 - 1400 m. Kohteen ilmakuva on esitetty kuvassa 4. Kohde mitattiin kaikilla kolmella menetelmällä: signaloituna, signaloimattomana ja tukiasemien avulla.

**Kohde 3:** Kt 55, tieosa 1/1500 - 5700 m. Kohde mitattiin ainoastaan signaloimattomana.

**Kohde 4:** Vahijärven painumat: Kt 55, tieosa 3/3075 - 3990 m (kuvat 5-6). Kohde mitattiin kaikilla kolmella menetelmällä: signaloituna, signaloimattomana ja tukiasemien avulla.

Drägsbyn ja Vahijärven kohteet oli valittu siten, että ne sisältävät selkeitä painumia. Ne olivat myös tämän pilotin soveltuvuusanalyysin kannalta tärkeimpiä kohteita ja ne mitattiin kaikilla tutkittavilla menetelmillä. Drägsbyn kohde sijaitsee metsäisellä alueella, kuten kuva 4 osoittaa. Vahijärven kohde oli pääosin peltoalueella, mutta kohteen keskiosassa sijaitsee harvaa puustoa, ja pohjoisosassa ympäristö muuttuu metsäksi, ja risteävän tien silta ylittää mitattavan tien. Vahijärven kohde on esitetty kuvissa 5 ja 6.

Vt 7:n kohde mitattiin ilman signalointia, koska tavoitteena oli selvittää signaloimattoman lähtötietomallin toistotarkkuutta ja käyttökelpoisuutta painumien tarkasteluun. Tavoitteena oli käyttää mittausaineistoa Terrasolid Oy:n painumien tunnistamiseen kehitettävän työkalun kehitystyössä. Lisäksi tätä mallia oli tarkoitus testata jatkohankkeissa esimerkiksi näkemien tarkasteluissa. Kt 55:n signaloimaton kohde mitattiin Uudenmaan ELY-keskuksen toimeksiannosta heidän omaa käyttötarkoitusta varten.





## 2.2 Referenssimittaukset

Ajoneuvolaserkeilauksen soveltuvuustutkimusta varten Drägsbyn ja Vahijärven kohteissa tehtiin referenssimittaukset. Näissä mittauksissa tieltä mitattiin xyz-pisteitä teiden reunaviivoja pitkin 25 m välein sekä selkeissä painumakohdissa 5 m välein. Referenssimittaukset tehtiin sekä runkomittaus- että tarkkavaaitusmenetelmillä aiemmin rakennetun mittausperustan avulla. Referenssipisteet mitattiin samanaikaisesti ja samoilla menetelmillä signaalipisteiden kanssa. Signaalipisteet ovat maalikuvioita lukuun ottamatta luonteeltaan samanlaisia kuin referenssipisteet. Tekemällä mittaukset kahdella menetelmällä voitiin samalla arvioida näiden menetelmien soveltuvuutta mobiilikartoitusta tukeväksi mittaukseksi.

## 2.3 Ajoneuvolaserkeilaus

### 2.3.1 Signaloimaton mittaus

Signaloimaton mittaus tarkoittaa tässä tapauksessa sitä, että kohteesta tehdään ajoneuvolaserkeilaus, mutta kohteeseen ei tehdä signalointia tai mittauksen aikana ei käytettä erillisiä GPS-tukiasemia mittauksen tarkkuuden parantamiseen. Ajoneuvolaserkeilaus tehtiin noin 50 km/h nopeudella ja muuten samalla tavalla kuin signalointia hyödynnettäessä.

Ilman signalointia tehtävässä mittauksessa tarkkuus perustuu mittaushetkellä vallitsevaan GNSS-satelliittipaikannukseen ja mittauslaitteen kiihtyvyy- ja asentoantureista saataviin tuloksiin. Mobiilikartoituslaitteisto kerää paikannustietoa koko mittauksen ajan. Tätä tietoa hyväksikäyttäen mittausdata käsitellään, ja sille lasketaan niin sanottu ajorataratkaisu eli se sidotaan mahdollisimman tarkasti koordinaatistoon.

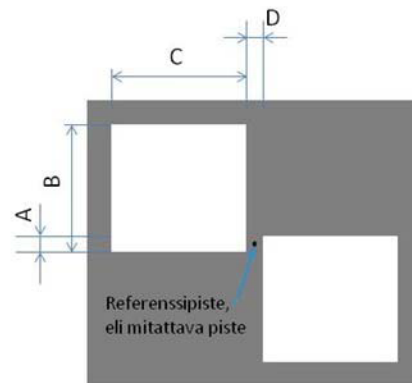
Mitatun pistepilven absoluuttisesta tarkkuus voi vaihdella jopa kymmeniä senttejä johtuen mittaushetken satelliittipaikannuksen tulosten hajonnasta. Signaloimatonta pistepilveä voidaan käyttää suhteellisen tiedon hankkimiseen. Tällaista tietoa voi olla esimerkiksi näkemät, tien kaarevuus, ilmakaapeleiden ja tolppien sijainti sekä siltojen korkeus.

Signaloimatonta menetelmää käytettiin kohteiden Vt 7 ja kt 55 mittauksissa. Tavoitteena oli selvittää signaloimattoman lähtötietomallin toistotarkkuutta ja käyttökelpoisuutta painumien tarkastelussa. Samalla haluttiin selvittää voidaanko vähemmällä maastomittauksilla saada painumatarkasteluun soveltuvaa mallia. Toistotarkkuutta tutkittiin mittaamalla kohteet kaksi kertaa siten, että mittauskertojen välillä oli aikaeroa.

Vaikka alun perin pilottia suunniteltaessa juuri Vt 7:ää oli tavoitteena käyttää signaloimattoman aineiston soveltuvuuden tutkimiseen, päädyttiin käyttämään Drägsbyn ja Vahijärven kohteita. Vaikka ne olivat mitattu signaloituna, signaalit voitiin jättää datan kalibroinnissa huomiotta, jolloin saatiin signaloimatonta dataa. Tällä tavalla saatiin yhdestä kohteesta kahta erilaista aineistoa, jolloin voitiin suorittaa kattavampaa vertailua.

### 2.3.2 Signaloitu mittaus

Signaloidun mittauksen paikannus tapahtuu samalla tavalla kuin signaloimattoman. Signalointi on tapa tarkentaa mobiilikartoituksen lopputarkkuutta. Itse mittaus on signaloidussa menetelmässä sama kuin signaloimattomassa. Erona on kuitenkin se, että mittatavan kohteen päällysteen pintaan maalataan ennen laserkeilausta kuvan 7 kaltainen kuvio, jonka keskikohdan sijainti on tarkkaan mitattu. Mittausdatan jälkikäsitelyssä kuvio voidaan havaita pistepilvestä ja sitä kautta pistepilvi voidaan sitoa tarkasti koordinaatistoon.



A= 1 cm  
 B= 20 cm  
 C= 20 cm  
 D= 1 cm

Tässä tutkimuksessa signaalipisteet maalattiin Drägsbyhyn ja Vahijärvelle. Molempiin kohteisiin kuviot maalattiin 200 m välein. Signaalipiste päällysteessä on esitetty kuvassa 8. Signaalipisteiden tarkka sijainti mitattiin sekä runkomittaus- että tarkka-vaaitusmenetelmillä aiemmin rakennetun mittausperustan avulla.



Kuten signaloimattomissakin kohteissa, myös signaloiduissa mittauksissa haluttiin selvittää ajoneuvolaserkeilauksen toistotarkkuutta. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi mittaus suoritettiin kaikille kohteille kaksi kertaa siten, että kahden mittauskerran välillä oli aikaeroa muutamia tunteja.

Signaloimaton ja signaloitu mittaus suoritettiin samalla kertaa eli mallien muodostuksessa käytettiin samaa dataa. Mittaukset suunniteltiin ajettavaksi yhtenä kierroksena (ajokerta 1) siten, että ensin mitattiin yksi kaista alkaen kohteesta yksi (1) josta edettiin järjestyksessä kohteen kaksi (2) ja kolme (3) kautta kohteeseen neljä (4) kuvan 3 mukaisesti. Seuraavaksi mitattiin kohteet toista kaistaa pitkin päinvastaisessa järjestyksessä. Viimeisenä mitattiin vielä Vt 7:n sisemmät kaistat, tien ollessa nelikaistainen. Tämä kierros toistettiin, jolloin muodostui toinen ajokerta.

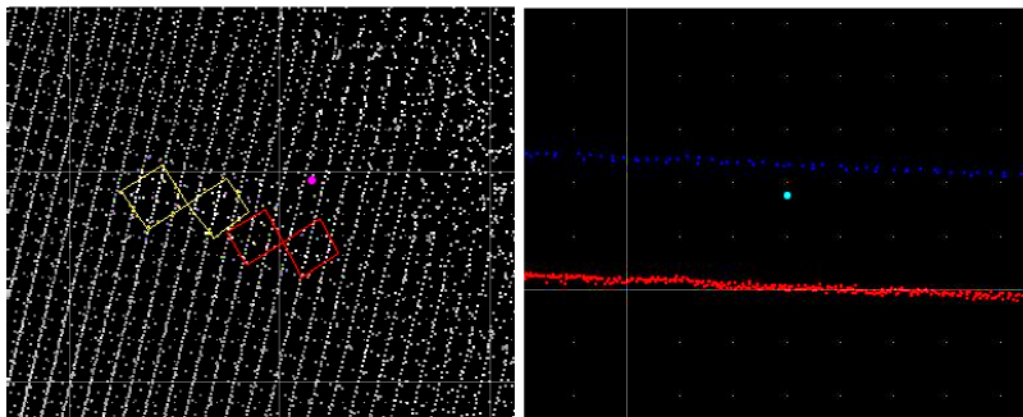
### 2.3.3 Tukiasemamittaus

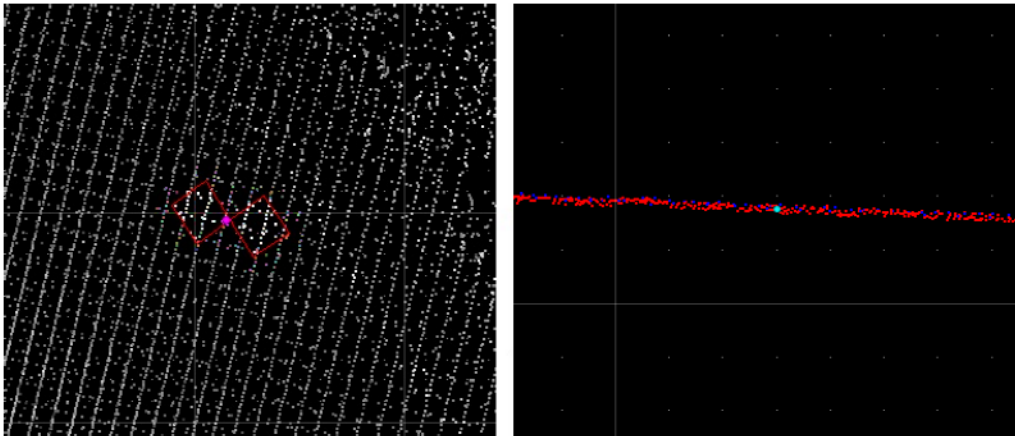
Tukiasemin tehdyssä mobiilikartoituksessa käytetään GPS-tukiasemavastaanottimia satelliittipaikannuksen parantamiseen. Vastaanottimia kutsutaan yleisesti RTK (real time kinematic)-tukiasemiksi. Signaalipisteitä ei tällöin tarvita. Tällä menetelmällä päästään parhaimmillaan samalle tarkkuustasolle kuin signaloidulla mittauksella. Tukiasemat asetetaan mitattavan tiekohteen varrelle tunnettuihin kiintopisteisiin esimerkiksi 5 tai 10 km välein riippuen kohteen pituudesta. (Suominen 2014)

Tukiasemien kautta saatua paikannustietoa käytetään vastaavasti ajorataratkaisun laskemiseen. Ajorataratkaisu voidaan laskea useamman tukiaseman suhteen ja sitä kautta vertailemalla saadaan paras mahdollinen ratkaisu. Tukiasemia lukuun ottamatta itse mittaus on samanlainen kuin signaloidun ja signaloimattoman mittauksen tapauksessa. Tukiasemamittaus tehtiin ainoastaan Drägsbyn ja Vahijärven kohteille. (Suominen 2014)

## 2.4 Ajoneuvolaserkeilatun pistepilven käsittely

Mittauksista saadut aineistot säädettiin ja niistä muodostettiin päällysteen pintamallit, joiden avulla tienpintaa voitiin tutkia. Aluksi kaikki aineisto tuotiin ETRS-GK26-koordinaatistoon ja N2000-korkeusjärjestelmään. Sen jälkeen kaikille kohteille tehtiin sisäisen tarkkuuden säätö eli ajolinjat sovitettiin toisiinsa esimerkiksi teiden maalimerkintöjen avulla. Toisessa vaiheessa Drägsbyn ja Vahijärven kohteille tehtiin ulkoinen tarkkuuden säätö eli ne sovitettiin mitattuihin signaalipisteisiin. Säätämättömän ja säädetyin pistepilven erot nähdään kuvissa 9 ja 10. Säädetyistä aineistoista eriteltiin päällysteen pinta, jota voitiin verrata referenssimalliin.





Mittausaineiston jalostamiseen käytettiin Terrasolid Oy:n Terra Scan ja Terra Match -ohjelmia. Aineisto käsiteltiin 1. ja 2. mittauskerta erikseen, jolloin pintamalleja saatiin kaksi jokaisesta kohteesta. Kaksi ensimmäistä ylityskertaa muodostivat yhden pintamallin ja kaksi viimeistä kertaa toisen pintamallin. Lisäksi tehtiin myös kaikista ajokerroista yhdistetty malli. Tarvittaessa voitiin digitoida myös esimerkiksi päällysteen reunat ja keskilinja eri aineistoista.

Tukiasemamittausten tuloksena saadut datat käsiteltiin samojen periaatteiden mukaisesti. Käsittely tapahtui Nordic Scan Centerin puolesta, ja siihen käytettiin Ri-Process, Ri-Precision sekä Terra Scan -ohjelmia. (Suominen 2014)

## 2.5 Ajoneuvolaserkeilatun pintamallin soveltuvuuden analysointi

### 2.5.1 Korkeustarkkuuden vertailu

Painumamittauksia on tehty perinteisesti vaaitusmenetelmällä ja myös tässä pilotissa muilla menetelmillä tehdyn mallin tarkkuutta verrataan vaaituksella mitattuun korkotietoon. Mittausaineiston tarkkuutta tutkittiin vertailemalla mitattujen referenssipisteiden ja kalibroitujen pistepilvien korkeusasemia. Korkeuksien vertailuun käytettiin Terra Scan -ohjelman toimintoja. Tarkkuusvertailun periaatteena on että ohjelmiston toiminnoilla kolmioidaan ja luokitellaan pistepilvestä tien pinta ja verrataan sen korkeustietoa tarkkavaaitusmenetelmällä mitattujen referenssipisteiden arvoihin.

Vertailut tehtiin Drägsbyn ja Vahijärven kohteille, kaikille kolmelle eri mittausmenetelmälle sekä molemmille ajokerroille erikseen. Lisäksi signaloidun mittauksen osalta molemmista ajokerroista muodostettiin yhdistetty malli, jolle suoritettiin samat vertailut. Korkeuksien eroista muodostettiin kuvaajat ja laskettiin keskiarvot, keskihajonnat, minimi- ja maksimit kuvaamaan niiden suuruutta.



## 2.5.2 Pituusprofiilien analyysi

Toisena toimenpiteenä Drägsbyn ja Vahijärven mittauskohteille tehtiin pintamallista mitattujen tien suuntaisten pituuskaltevuuksien laskenta (kuva 11). Tätä menetelmää käytetään yleisesti painumien mittaamiseen ja havaitsemiseen tiekohteissa. Tien pituuskaltevuudet laskettiin pintamalliin perustuen tien keski- ja reunalinjoilta käyttäen laskennassa eri jännevälejä.

Näitä tien kaltevuustietoja ja niiden muutoksia analysoimalla saatiin kattavampaa tietoa signaloinnin hyödyistä ja mittauksissa käytettyjen kahden eri laitteiston eroavaisuuksista. Tämä analyysi suoritettiin myös molemmille ajokerroille ja kaikille eri mittausmenetelmille (signaloinnaton, signaloitu, tukiasemamittaus). Vertailut koostuivat kaikkiaan seuraavista osista:

- signaloitu mittaus vs. vaaitumittaus
- 1. signaloitu mittauskerta vs. 2. signaloitu mittauskerta,
- 1. signaloinnaton mittauskerta vs. 2. signaloinnaton mittauskerta,
- signaloitu mittauskerta vs. signaloinnaton mittauskerta,
- 1. signaloitu mittaus vs. 2. signaloinnaton mittauskerta
- 2. signaloitu mittauskerta vs. 2. signaloinnaton mittauskerta
- 1. tukiasemamittaus vs. 2. tukiasemamittaus
- tukiasemamittaus vs. signaloitu mittaus

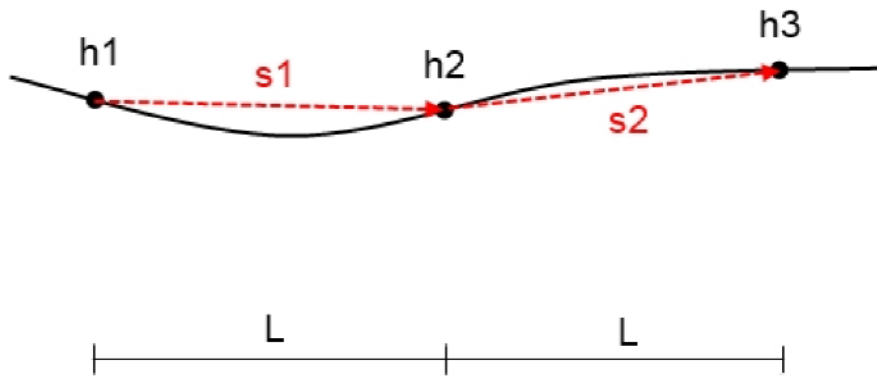
Pituusprofiilien analyysi suoritettiin lukemalla laserkeilatusta pintamallista korkeuspisteitä yhden metrin välein keskilinjaa ja reunoja pitkin. Vaaitujen pisteiden pituuskaltevuuksien vertailuun käytettiin korkovertailuissa luettuja aineistoja. Vaaituille pisteille ei voitu suorittaa vertailua metrin välein, koska referenssimittauksia tehtiin tiheimmillään vain viiden metrin välein.

Jotta vertailuja voitiin suorittaa luotettavasti, oli keski- ja reunalinjojen paalulukeman vastattava toisiaan jokaisessa vertailussa. Puutteellisen ohjelmistotyökalun vuoksi korkolukemat reunoilla eivät vastaa tien poikkisuunnassa reunaviivaa tarkasti, vaan ne on luettu vakio etäisyydeltä keskilinjasta. Näin paalulukemat saatiin vastaamaan linjoissa toisiaan. Etäisyys keskilinjasta on valittu siten, että se vastaa mahdollisimman hyvin reunaviivaa koko tien matkalta.

Korkeuksien lukemiseen pistepilvestä käytettiin kahta eri menetelmää. Toinen työkalu tuli käyttöön vasta tutkimuksen aikana, joten osa vertailuista oli jo tehty. Työkalujen ero tulee tavasta, jolla ohjelma lukee korkeuden pistepilvestä, mikäli halutussa kohtaa ei ole varsinaista pistettä. Tällöin ohjelma arvioi halutun kohdan korkeutta sovittamalla sen ympäröiviin pisteisiin. Molemmilla työkaluilla tehtyjä pituusprofiileja vertailtiin keskenään, jotta saatiin käsitys niiden eroista. Työkalu, jota pääasiallisesti käytettiin signaloidun ja signaloimattoman mittauksen osalta, sovitettiin korkeuden kyseisen kohdan poikkileikkauksen suhteen eli kyseessä oli tukiasemamittauksessa käytettiin työkalua, joka käyttää eli sovitus ta-  
pahtui tietyllä säteellä valitun sijainnin ympäriltä.

Luettujen korkojen avulla tien linjoista laskettiin pituuskaltevuudet sovituin jänneväleihin. Tässä tapauksessa käytettiin välejä  $L = 1, 2, 5, 10$  ja  $20$  m, joita käytetään myös muutoin painumien ja routaheittojen tutkimiseen (Petäjä 2014). Kaikilla jänneväleillä kaltevuuslaskennat ja niiden tulokset tehtiin  $1$  m välein niin, että tarkastelupiste siirtyi  $1$  m portaissa eteenpäin (ja jännevälin toinen pää siirtyi vastaavasti tarkastelu-

pisteen mukana). Tätä toistettiin, kunnes ko. jännevälin loppupää tavoitti mittausten loppupisteen. Pituuskaltevuuden laskennan periaate korkopisteiden ja jännevälien avulla on esitetty kuvassa 11.



Pituuskaltevuus laskettiin kuvan 11 mukaisesta tilanteesta kaavalla (1). Havainnollistamiskuvissa laskentatulokset esitetään jänteen L keskipisteen paalulukeman kohdalla.

$$s_1 = \frac{h_1 - h_2}{L}, \quad \text{kaava (1)}$$

missä  $s_1$  = pituuskaltevuus [%],  
 $h_1$  = 1. korko [m],  
 $h_2$  = 2. korko [m],  
 $L$  = korkopisteiden jänneväli [m].

Absoluuttisten pituuskaltevuuksien lisäksi tehtiin analyyskejä tienpinnan kulmanmuutoksille, eli kahden peräkkäisen jännevälin pituuskaltevuuden erolle. Kuvan 11 mukaisesta tilanteesta pituuskaltevuus ero lasketaan kaavalla (2). Havainnollistamiskuvissa laskentatulokset esitetään jänneiden  $L_1$  ja  $L_2$  välisen taitepisteen paalulukeman kohdalla.

$$\Delta s = s_1 - s_2 = \frac{h_1 - h_2}{L} - \frac{h_1 - h_2}{L}, \quad \text{kaava (2)}$$

missä  $\Delta s$  = pituuskaltevuuden muutos,  
 $s_{1-2}$  = pituuskaltevuudet [%],  
 $h_{1-4}$  = korkoja [m],  
 $L$  = korkopisteiden jänneväli [m].

### 2.5.3 Mittausten toistettavuus

Eri mittausten toistettavuutta voitiin tarkastella jo graafisesti korkeusvertailujen ja pituusprofiilien analyysien kautta tuotetun aineiston perusteella. Graafisen tarkastelun tueksi toistettavuuden tutkimisessa laskettiin laserkeilattujen pintamallien korkeuspoikkeamien jakauma sekä kahden mittauksen välinen korrelaatio. Korrelaatio laskettiin vertaamalla keskilinjan korkoja yhden metrin välein, kuten pituuskaltevuuk-sien laskennassakin. (Virtala 2014 a-d)

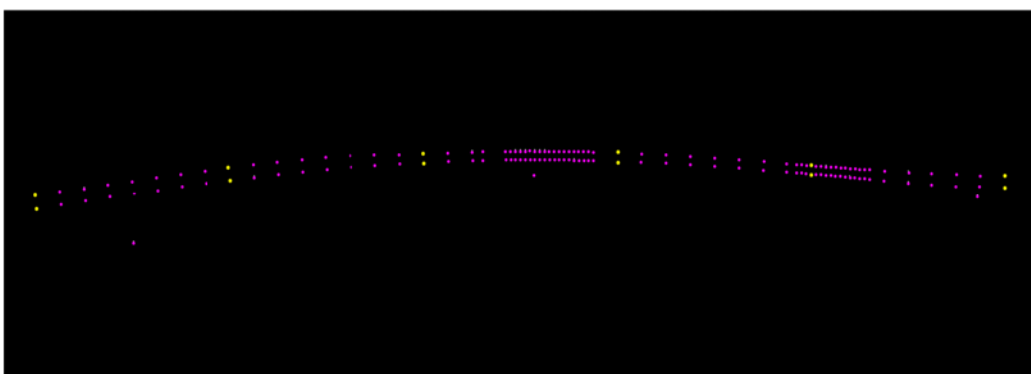
Toistettavuuden analysoimiseksi suoritettiin myös ns. Gage-R&R-testi. Gage-R&R-testi on laajasti käytetty laadunvalvonnan työkalu, joka on kattavampi kuin esimerkiksi korrelaatio. Sitä käytetään esimerkiksi osana "Six Sigma"-laatujohtamista. Testi suhteuttaa mittausvirheen kokonaisvaihteluun, mitä yksinkertaisemmat testit eivät tee. Gage-R&R-testiä käytetään laatukriteerinä esimerkiksi Liikenneviraston tilaamis-sa ja Destia Oy:n toteuttamissa tiestön PTM- eli palvelutasomittauksissa. (Virtala 2014 a-d)

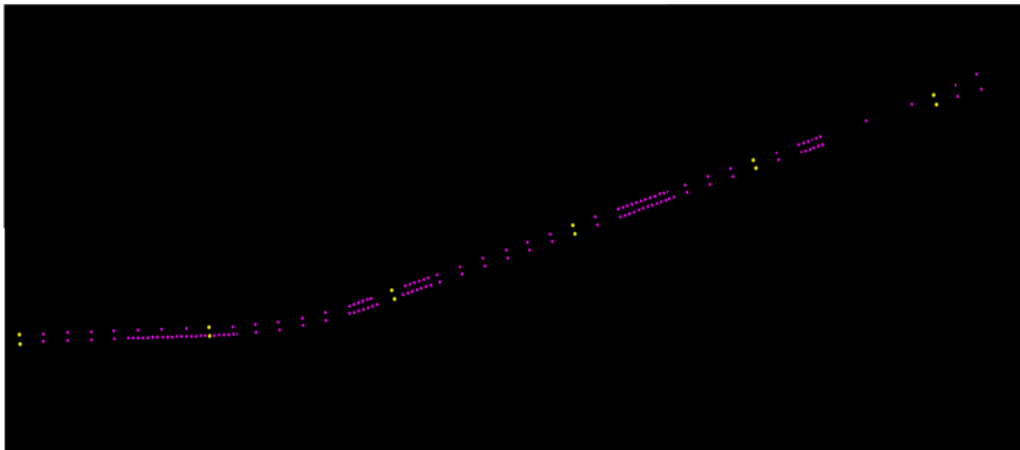
Gage-R&R-testin tuloksena saadaan prosenttiluku, joka ilmoittaa suoraan mittausten välisen tarkkuuden. Mittaustarkkuus on erittäin hyvä, kun tulos on <10 %, hyvä tulok-sella <20 %, tyydyttävä tuloksella <30 % ja huono tuloksella >30 %. (Virtala 2014/b, Breyfogle 2003)

## 3 Tulokset

### 3.1 Referenssimittaukset

Signaali- ja referenssipisteiden mittaaminen suoritettiin sekä vaaitsemalla että takymetrillä. Menetelmien välillä havaittiin eroja korkeustasoissa. Vaaituksen korkeustaso poikkesi keskimäärin 5,7 mm (min 3,0 mm, max 11,8 mm) takymetrimittauksen korkeustasosta. Tämän suuruinen ero näiden mittausmenetelmien välillä on havaittu muissakin projekteissa tyypilliseksi. Signaali- ja referenssipisteinä päädyttiin käyttämään vaaituksella tehtyjä pisteitä, koska se on oletusarvoisesti tarkempi menetelmä. Referenssipisteiden sijoittelu on esitetty kuvissa 12-15.





### **Vahijärven referenssimittaukset:**

Vahijärvellä tehdyn vaaituksen lähtöpisteenä käytettiin Maanmittauslaitoksen vaaittua kolmiopistettä nro. 87M1102C ja sulkupisteenä Maanmittauslaitoksen toisen luokan vaaituspistettä nro. 513407. Vaaitus tehtiin tarkkuusvaaituskojeella Leica NDA03, käyttäen jäykkää viivakoodilattaa. Vaaituksen sulkuvirheeksi muodostui 0.0109 m, mikä tasoitettiin lineaarisesti vaaituspisteille vaaitusreitän pituuden suhteessa. (Laitinen 2014/a)

Vahijärven kohteessa referenssipisteiden tasokoordinaatit ja korkeudet mitattiin runkomittauksen yhteydessä myös takymetrimittauksena. Mittaukset tehtiin kaukoputken molemmissa asennoissa sarjahavaintoina. Mittaus tehtiin Leica TCA 2003 tarkkuustakymetrillä. Havainnot tehtiin statiivilla tuettuun prismaauvaan. Tasokoordinaattien tasoituslaskenta tehtiin GNSS runkomittauksiin runkopisteisiin. Korkeudet tasoitettiin vaaituihin monikulmiopisteisiin. (Laitinen 2014/a)

Vaaituksen ja takymetrimittauksen korkeustason vertailussa havaittiin että vaaituksen korkeustason poikkeavan keskimäärin 9,4 mm takymetrimittauksen korkeustasosta. Minimipoikkeama oli 3,9 mm ja maksimipoikkeama 12,6 mm. (Laitinen 2014/a)

### Drägsbyn referenssimittaukset:

Vaaituksen lähtö- ja sulkupisteinä käytettiin Maanmittauslaitoksen ensimmäisen luokan korkeuskiintopisteitä nro. 57024 ja 57025. Vaaitus tehtiin tarkkuusvaaituskojeella Leica NDA03, käyttäen jäykkää viivakoodilattaa. Vaaituksen sulkuvirhe oli -0.0009 m, mikä on tasoitettu lineaarisesti vaaituspisteille vaaitusreitien pituuden suhteen. (Laitinen 2014/a)

Myös Drägsbyn referenssipisteiden tasokoordinaatit ja korkeudet mitattiin runkomittauksen yhteydessä takymetrimittauksena samalla mittausperiaatteella ja laitteistolla kuin Vahijärven kohteessa. Mittaustulosten vertailussa havaittiin että vaaituksen korkeustaso poikkeaa keskimäärin 5,7 mm takymetrimittauksesta. (Laitinen 2014/a)

## 3.2 Ajoneuvolaserkeilaukset

Ensimmäinen ajoneuvolaserkeilaukset signaloituja ja signaloimattomia malleja varten suoritettiin 20.5.2014 klo 9-15. Mittaus sujui suunnitellusti kahdessa kierroksessa. Ensimmäinen kierros ajettiin n. klo 10-12 ja toinen kierros klo 13-15. Sää oli aurinkoinen ja pilvetön. Tien pinta oli mittauhetkellä täysin kuiva. Mittausauton kuljettajana toimi Jussi Leinonen Destia Oy:stä ja mittausoperaattorina Anna Klemets Geotrim Oy:stä. Signaloituissa ja signaloimattomissa mittauksissa käytettiin Geotrim Oy:n Trimble MX8 -kartoituslaitetta (kuva 16). (Klemets 2014)



Tukiasemamittaukset suoritettiin 15.10.2014 klo 9-15 välisenä aikana. Mittaukset suoritti Nordic Scan Center Oy. Projektipäällikkönä toimi Tauno Suominen. Mittaus tehtiin käyttäen Riegl VMX-450 –mobiilikartoitusjärjestelmää sekä Foif A30 GPS-tukiasemia. Tukiasemien pystytys tapahtui Destia Oy:n puolesta. (Suominen 2014)

Drägsby ja Vahijärvi keilattiin suunnitellusti sekä aamupäivällä, että iltapäivällä. Näin saatiin molemmista kohteista kaksi mittauskertaa eri ajankohtina, kuten myös Geotrim Oy:n tekemissä mittauksissa. Mittauksissa havaittiin, että satelliittigeometria ja satelliittien määrä oli huomattavasti parempi iltapäivällä kuin aamulla. (Suominen 2014)

### 3.3 Ajoneuvolaserkeilatun pistepilven käsittely

Ennen varsinaista säätöä, mittausdata oli alkuprosessoitu Geotrim Oy:ssä. Prosessoinnissa aineisto sidottiin UTM-WGS84 35N –koordinaatistoon mittauksen aikana kerätyn paikannustiedon avulla. Toisin sanoen pistepilviaineistolle luotiin ns. ajorataratkaisu. (Klemets 2014)

Ensimmäisenä käsiteltiin kohde 3 ilman signalointia. Ajolinjat sovitettiin toisiinsa onnistuneesti molemmat ajokerrat erikseen. Signaloinnin puuttuessa eri ajokertojen välillä havaittiin useiden kymmenien senttien korkeuseroja. Säädetyistä datasta harvennettiin päällysteen pintamalli 0,5 m pistevälillä, siten ettei mikään piste poikkea korkeussuunnassa mediaanipinnasta enempää kuin  $\pm 1$  cm. Säädetyistä datasta digitoitiin myös päällysteen reunat sekä keskilinja. Taiteviivat ovat xy-suunnassa molemmilla ajolinjoilla samat. Korkeustasot säädettiin ajolinjoittain.

Drägsbyn ja Vahijärven kohteet käsiteltiin siten, että ensin säädettiin sisäinen tarkkuus ja sitten ulkoinen tarkkuus signaalien kanssa. Säädetyistä datasta eroteltiin asfaltin pintamalli molemmissa vaiheissa, jolloin voitaisiin verrata sekä signaloimatonta että signaloitua mallia referenssimalliin. Pintamallia ei näissä kohteissa harvennettu, koska korkeuksien analysointi ei sitä vaatinut.

Käsittelyn aikana ilmeni, että Geotrim Oy:n MX8-järjestelmä muodosti oikean puoleisin skannerin alapuolelle, tien reunaa, 1,5-2,5 metrin leveydellä kohinaa pistepilveen. Tämä aiheutti sen, että luokiteltuun pintaan muodostui epätasaisuutta, jota ei oikeasti tiessä ollut. Tästä johtuen pintamallin tekemiseen käytettiin ainoastaan toista skanneria, jolloin kohina poistui.

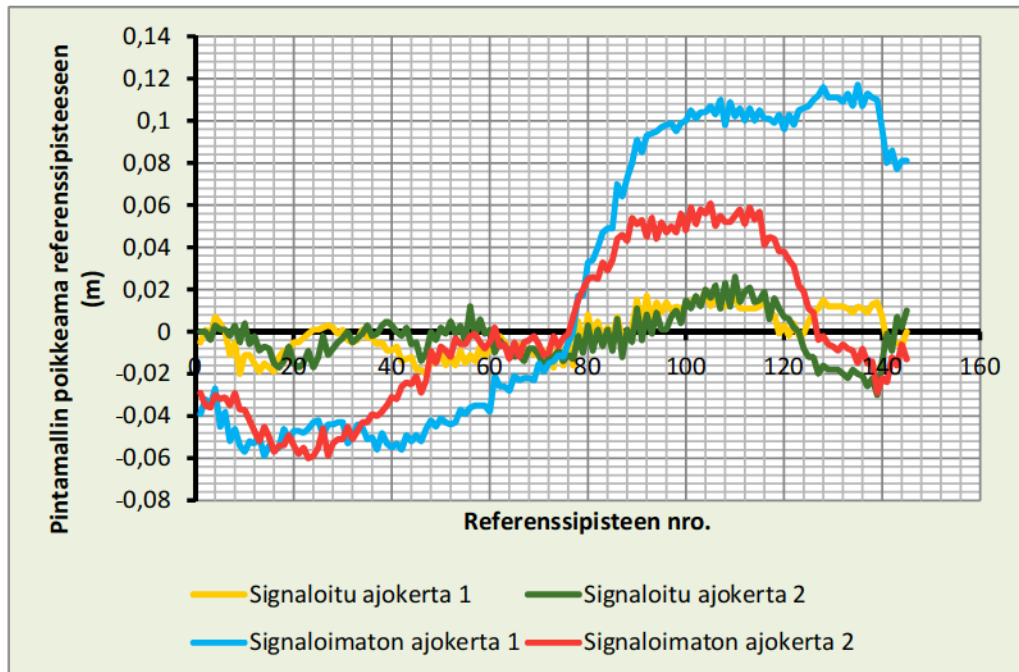
Tukiasemamittausten datan käsittelyn suoritti Nordic Scan Center Oy, joka toimitti vastaavan pistepilvestä luokitellun päällysteen pinnan korkeuksien ja pituusprofiilien analyysia varten. (Suominen 2014)

## 3.4 Ajoneuvolaserkeilatun pintamallin soveltuvuuden analysointi

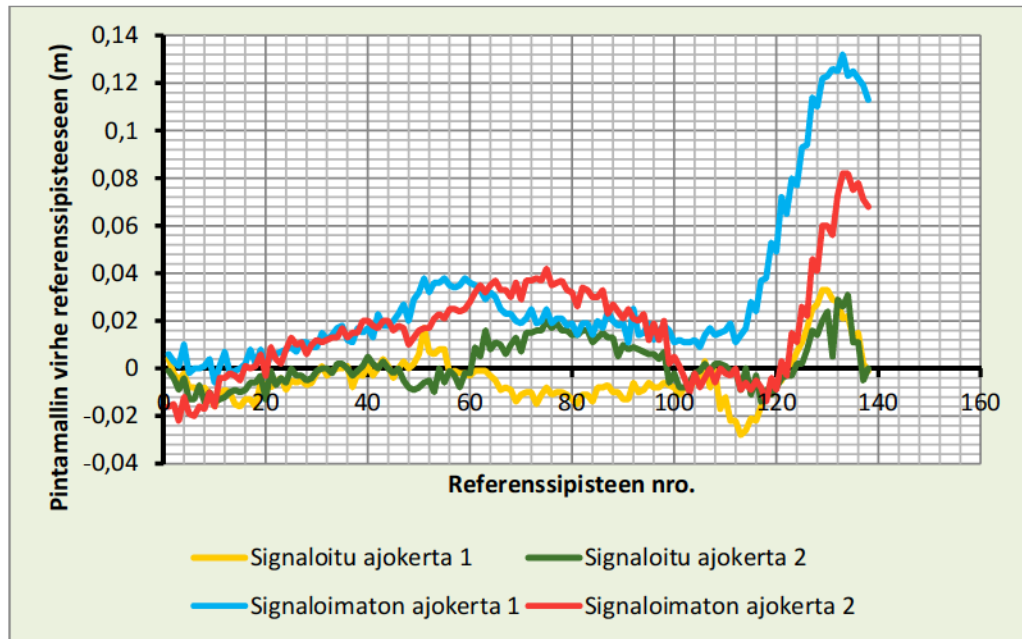
### 3.4.1 Korkeustarkkuuden vertailu

#### Signaloimattomat mallit:

Drägsbyn ja Vahijärven ilman signalointia muodostetujen pintamallien poikkeamat verrattuna referenssimalliin löytyvät kuvista 17 ja 18. Kuvista löytyy vertailun vuoksi myös signaloitujen pintamallien korkeuserot referenssimalliin. Kuvaajissa y-akselin 0-taso edustaa referenssipisteiden korkeutta. Taulukossa 4 nähdään poikkeaminen tilastolliset muuttujat. Kaikkien vertailujen tarkemmat laskennat löytyvät liitteistä 1, 2, 5 ja 6.



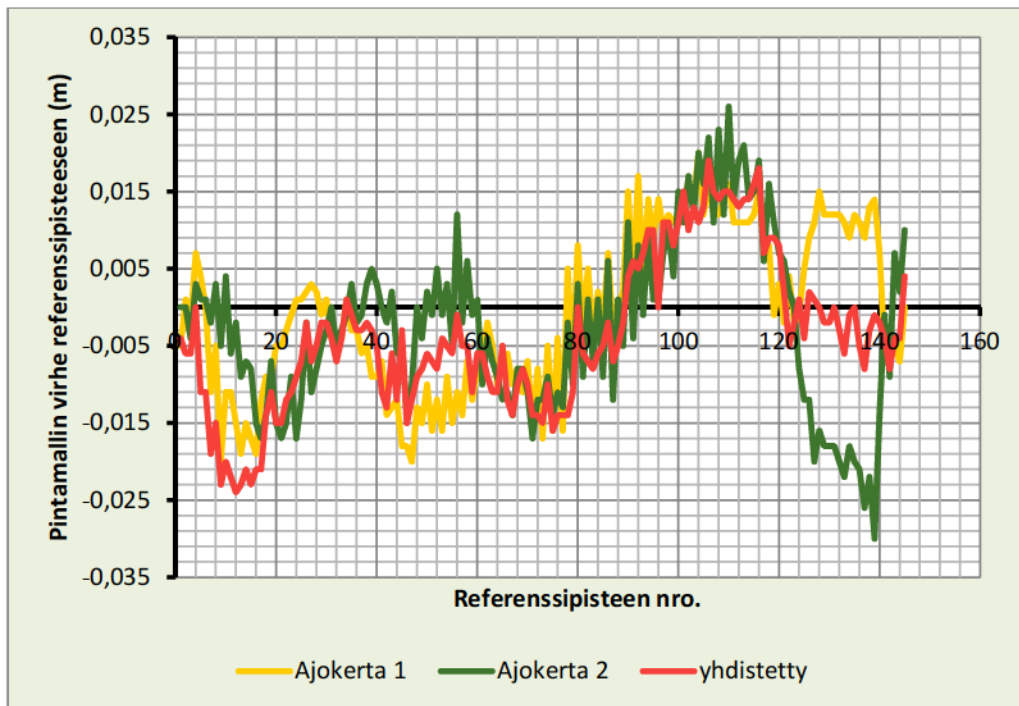
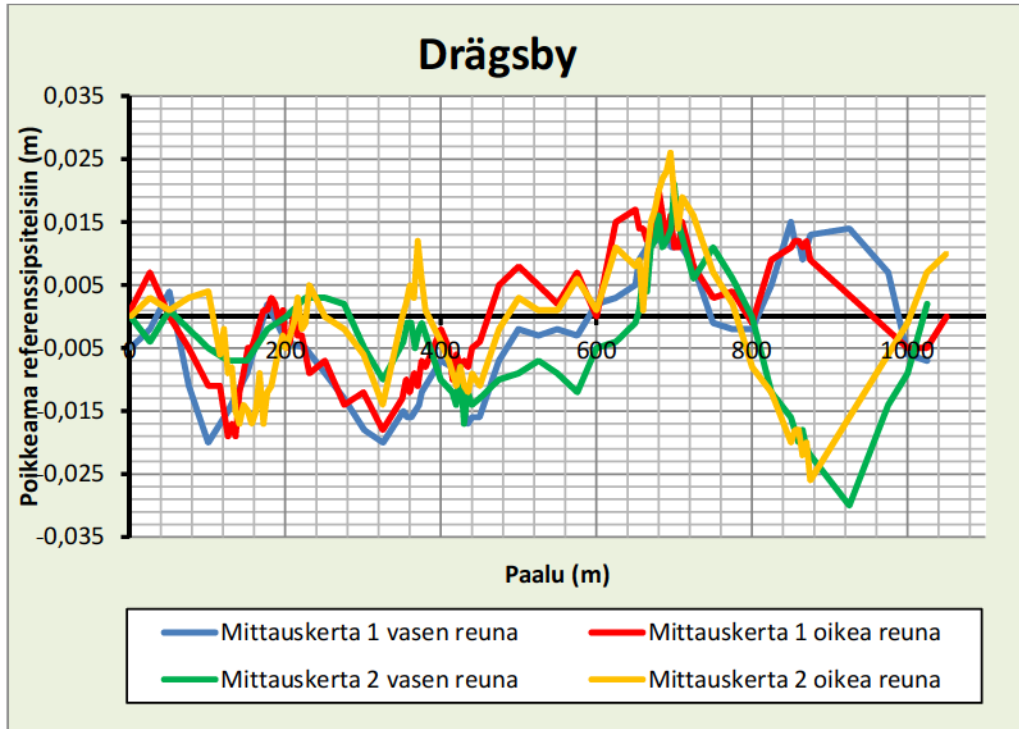


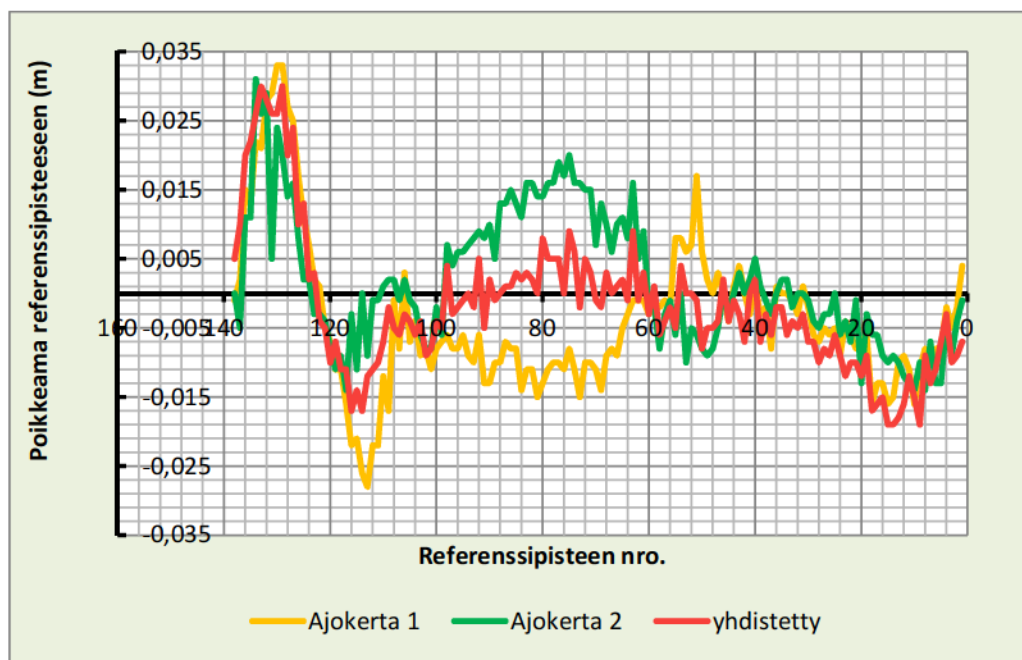
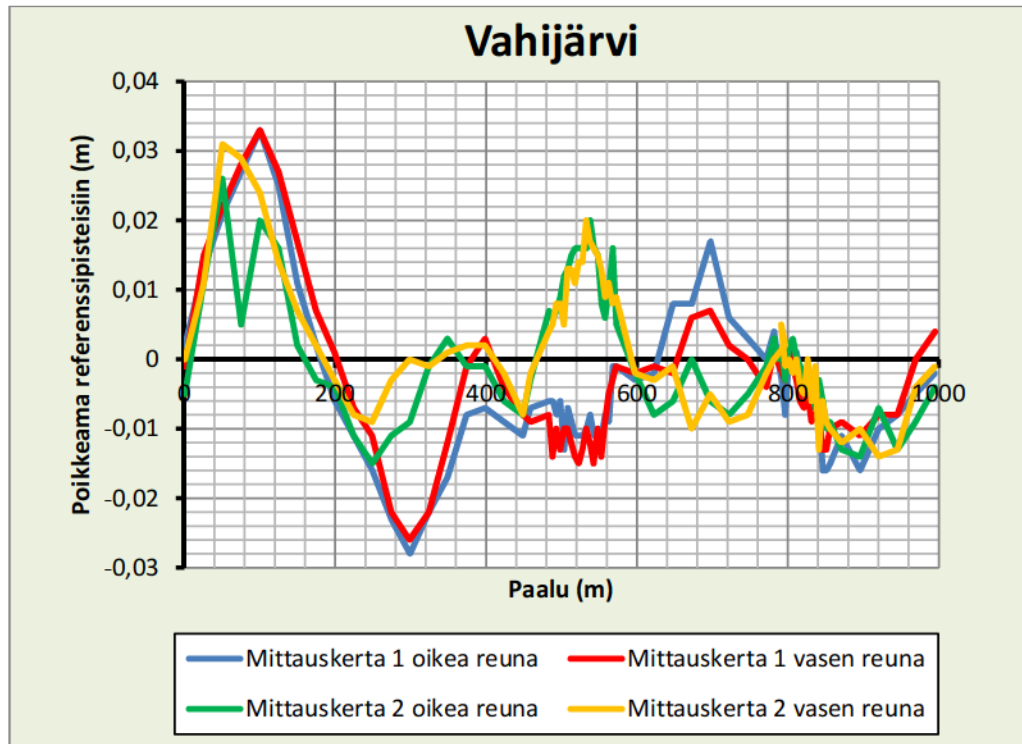


	Drägsby		Vahijärvi	
Keskim. Dz (m)	0.022	-0.002	0.029	0.017
Min dz (m)	-0.059	-0.060	-0.006	-0.022
Max dz (m)	0.117	0.061	0.132	0.082
Keskihajonta	0.069	0.037	0.033	0.022

**Signaloidut mallit:**

Signaloitujen pintamallien poikkeamat referenssimalliin näkyvät kuvissa 19–22. Poikkeamien tilastolliset muuttujat voidaan nähdä taulukossa 5. Tarkemmat tiedot vertailulaskennoista nähdään liitteistä 3, 4, 7, 8, 9 ja 10.

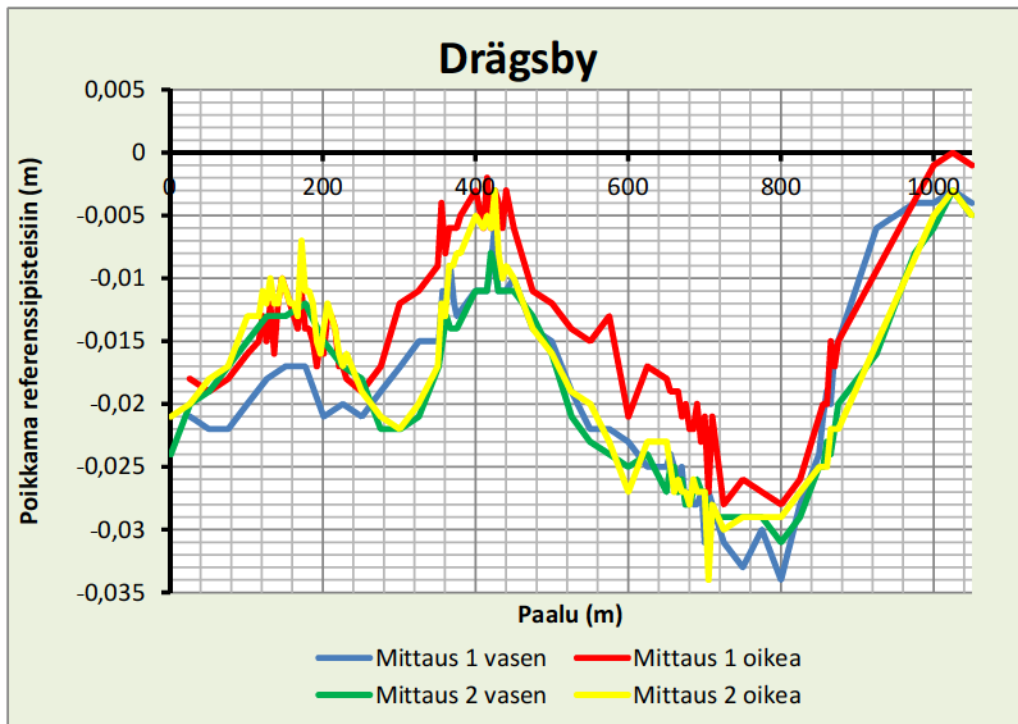


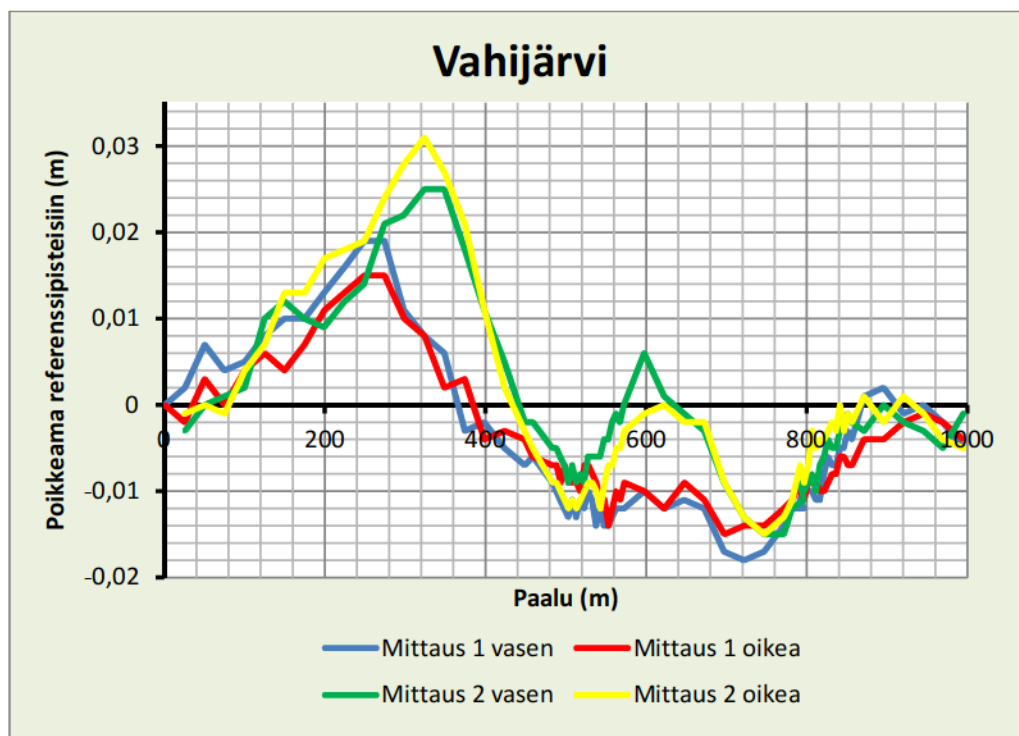


	Drägsby			Vahijärvi		
			Yhdistetty			
Keskim. Dz (m)	-0.001	-0.003	-0.004	-0.004	0.002	-0.002
Min dz (m)	-0.020	-0.030	-0.024	-0.028	-0.014	-0.019
Max dz (m)	0.020	0.026	0.019	0.033	0.031	0.030
Keskihajonta (m)	0.010	0.011	0.010	0.011	0.010	0.010

**Tukiasemamittaukset:**

Tukiasemamittausten korkeusvertailut nähdään kuvissa 23 ja 24. Tarkat laskelmat vertailuista on esitetty liitteissä 11-14.





Taulukossa 6 on esitetty tukiasemamittausten tilastot. Drägsbyn tukiasemamittaukseen muodostui huomattava keskimääräinen dz molemmilla mittauskerroilla.

	Drägsby		Vahijärvi	
	Ajokerta 1	Ajokerta 2	Ajokerta 1	Ajokerta 2
<b>Keskim. Dz (m)</b>	-0.016	-0.018	-0.005	-0.001
<b>Min dz (m)</b>	-0.034	-0.034	-0.018	-0.015
<b>Max dz (m)</b>	0.000	-0.003	0.019	0.031
<b>Keskihajonta (m)</b>	0.008	0.008	0.008	0.010

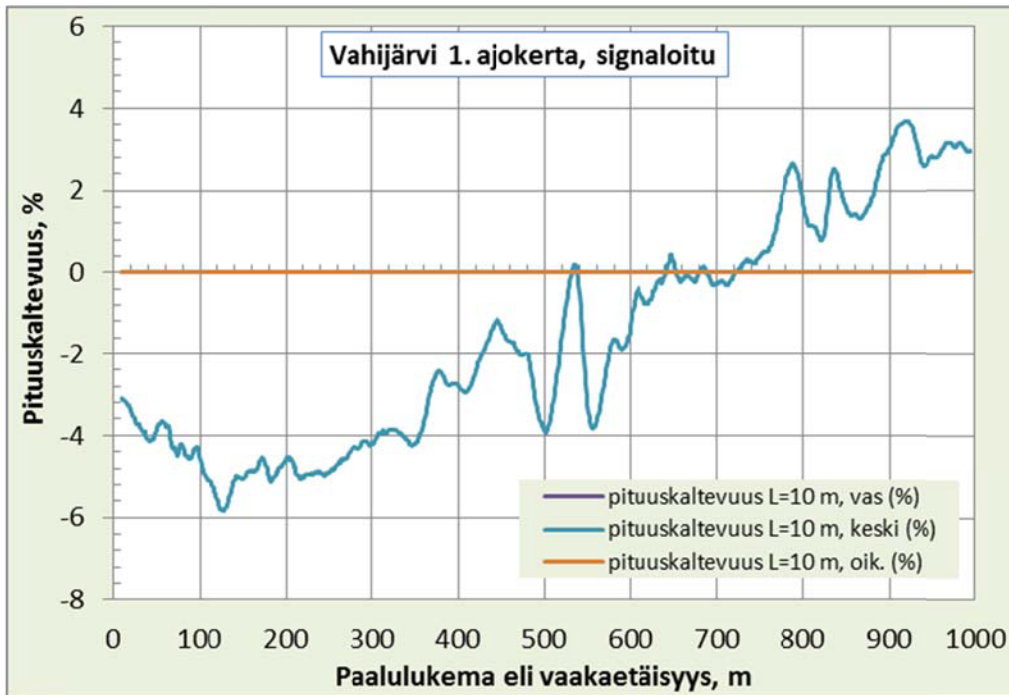
### 3.4.2 Pituusprofiilien analyysi

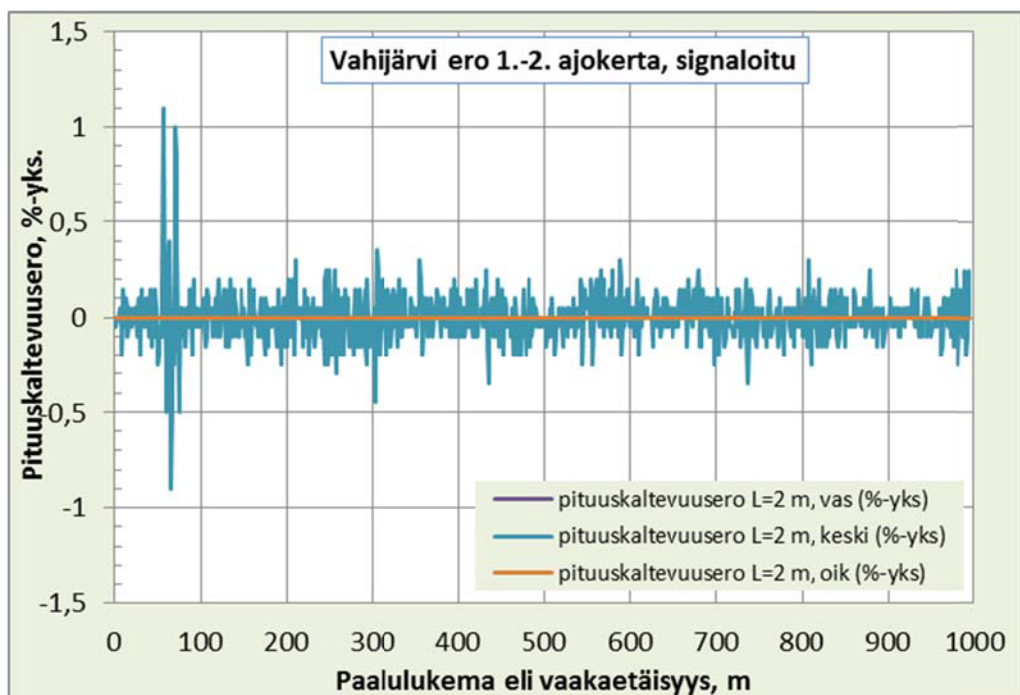
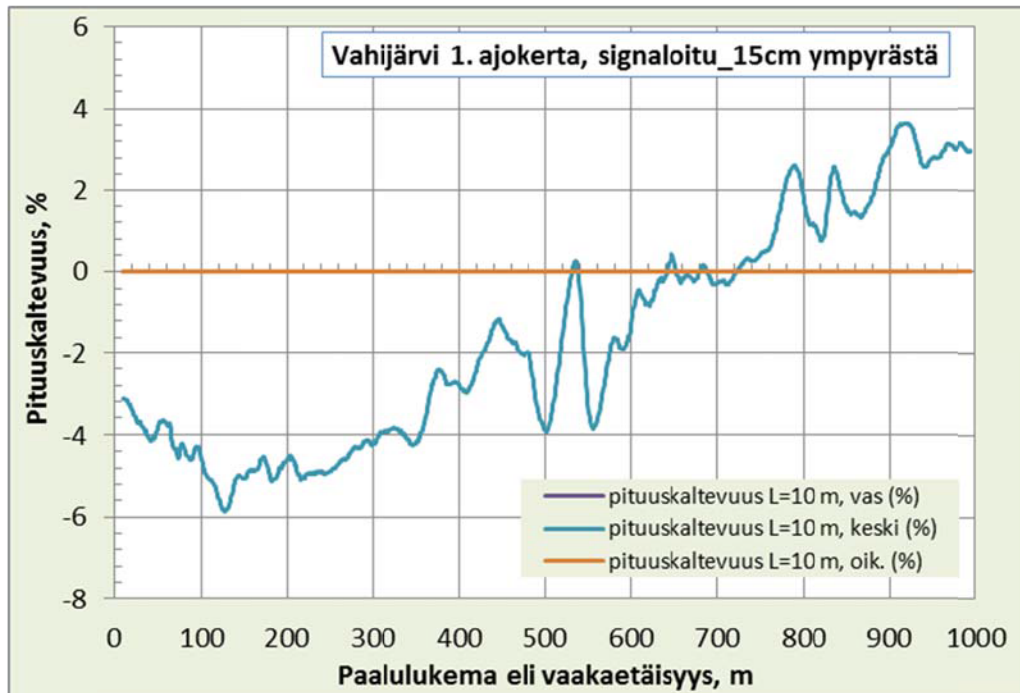
#### 3.4.2.1 Poikkileikkaus- ja ympyräsovituksen vertailu

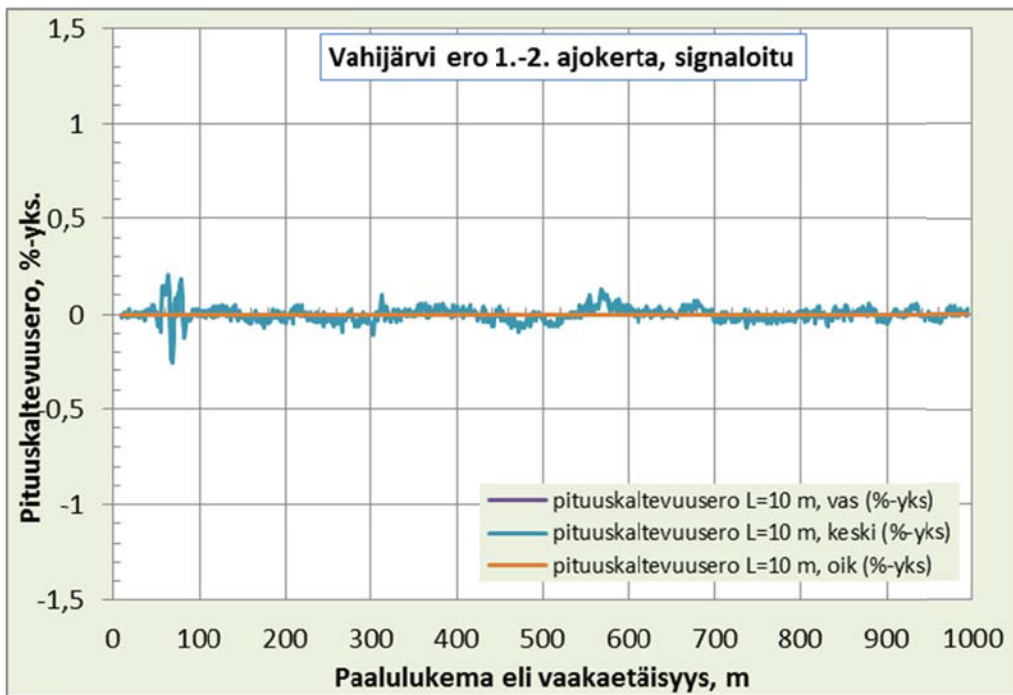
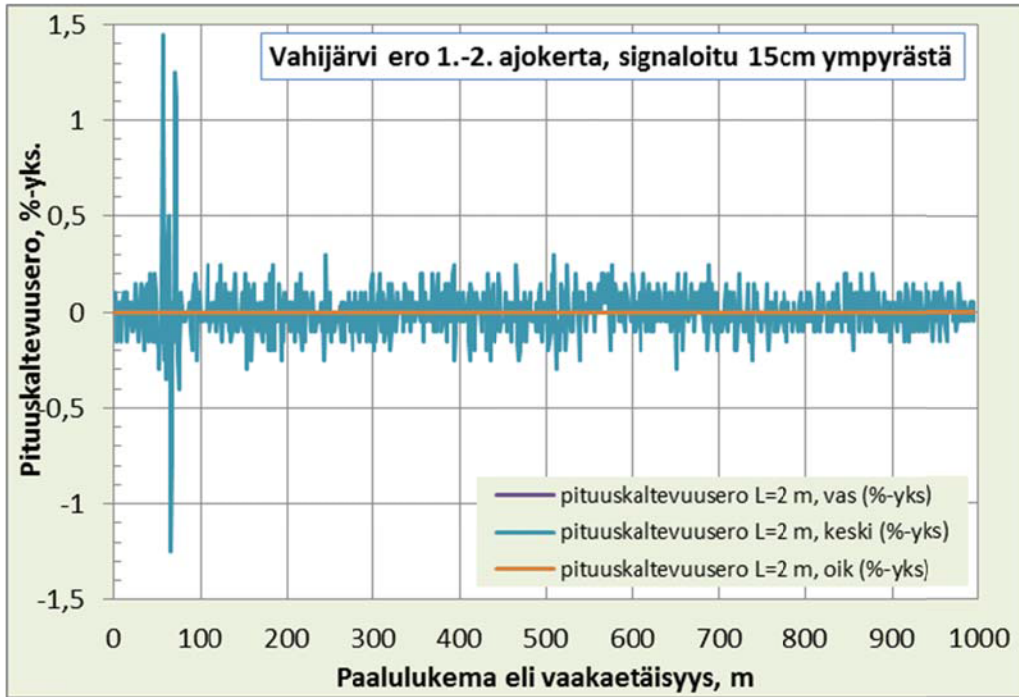
Kun tutkimusta aloitettiin, Terra Scan –ohjelmistossa oli ainoastaan yksi vaihtoehto korkeuksien lukemiseen pistepilviaineistosta. Tämä oli poikkileikkaussovituksen perustuva työkalu. Tutkimuksen aikana ohjelmisto päivittyi ja vaihtoehdoksi tuli ns. lautasmallia käyttävä työkalu. Lautasmalli oli lähtökohtaisesti parempi tapa tehdä vertailu. Päätettiin tehdä työkalujen vertailu, jotta tiedettäisiin, tarvitseeko jo tehtyjä analyysejä toistaa uudella menetelmällä.

Vertailut tehtiin Vahijärven signaloidun datan keskilinjan avulla. Korkeudet luettiin sekä poikkileikkaus, että ympyräsovituksella. Luetuista korkeuksista muodostettiin pituusprofiilit ja pituuskaltevuuserot kahden mittauksen välillä sekä pituuskaltevuusmuutokset eri jänneväleillä. Tulokset nähdään kuvista 25–30. Kuvissa on vain tien keskilinjaa kuvaavat tarkastelut (vaikka kuvien selitysteksteissä esiintyy myös reunaviivat).

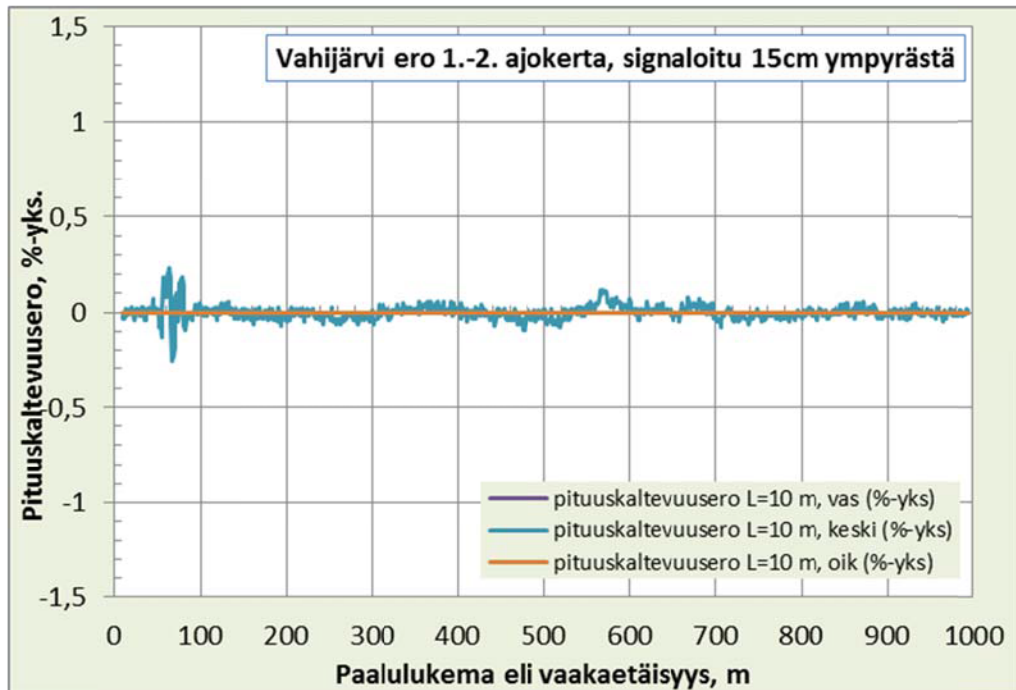
Merkittäviä eroja ei menetelmien välillä ole, kuten kuvista nähdään. Ero riippuu voimakkaasti käytetyn jännevälin pituudesta. 10 m jännteellä laskettu pituuskaltevuuskuvaaja on molemmilla tavoilla lähes identtinen (kuvat 25 ja 26).





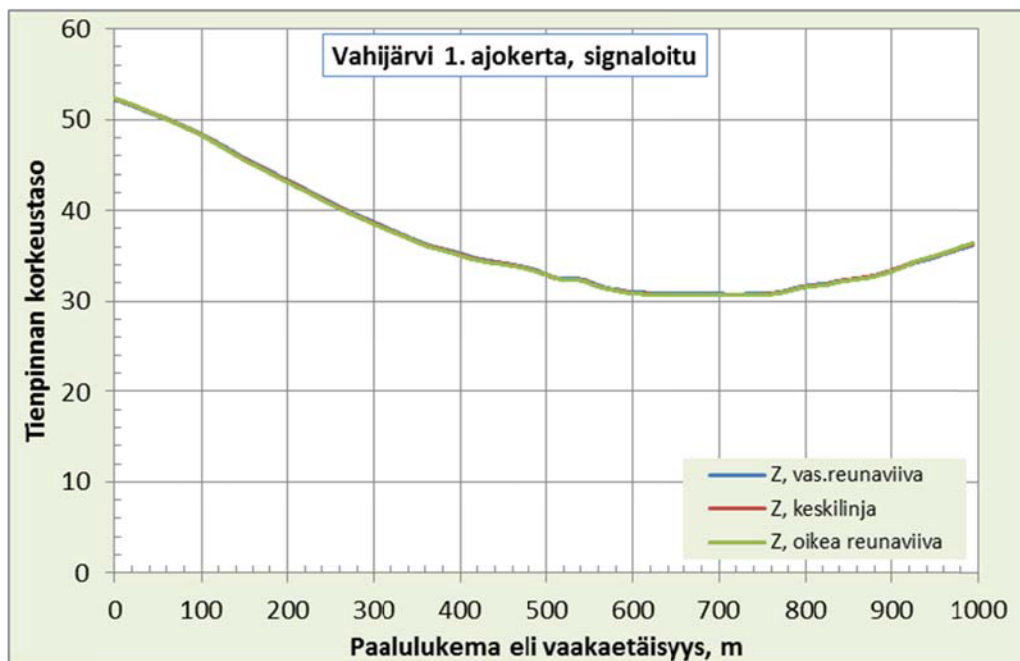






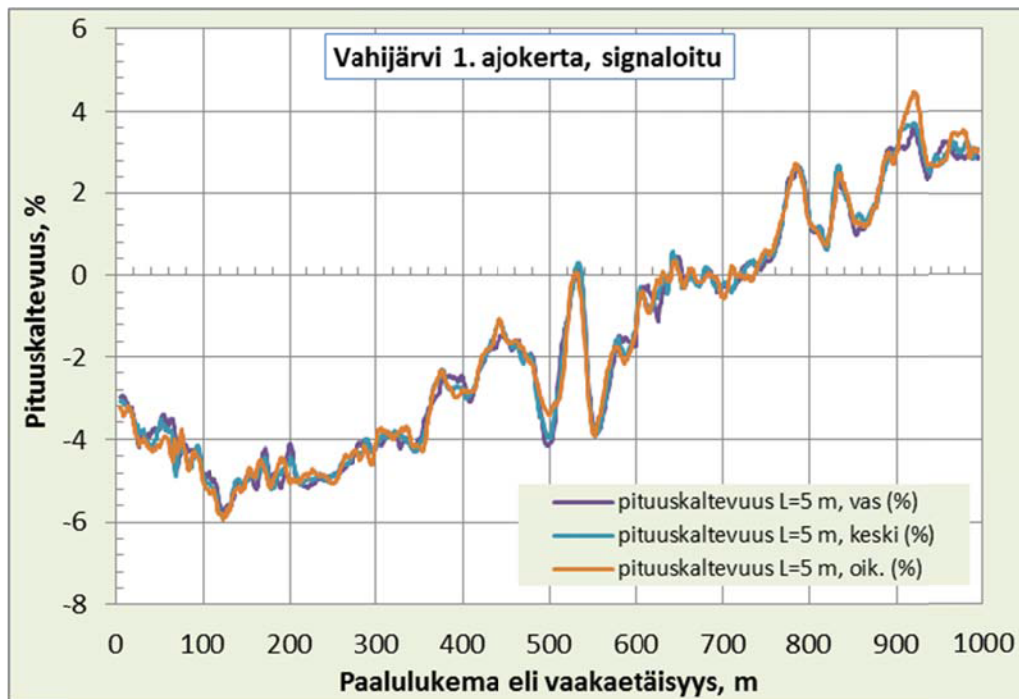
### 3.4.2.2 Vahijärven pituusprofiilit

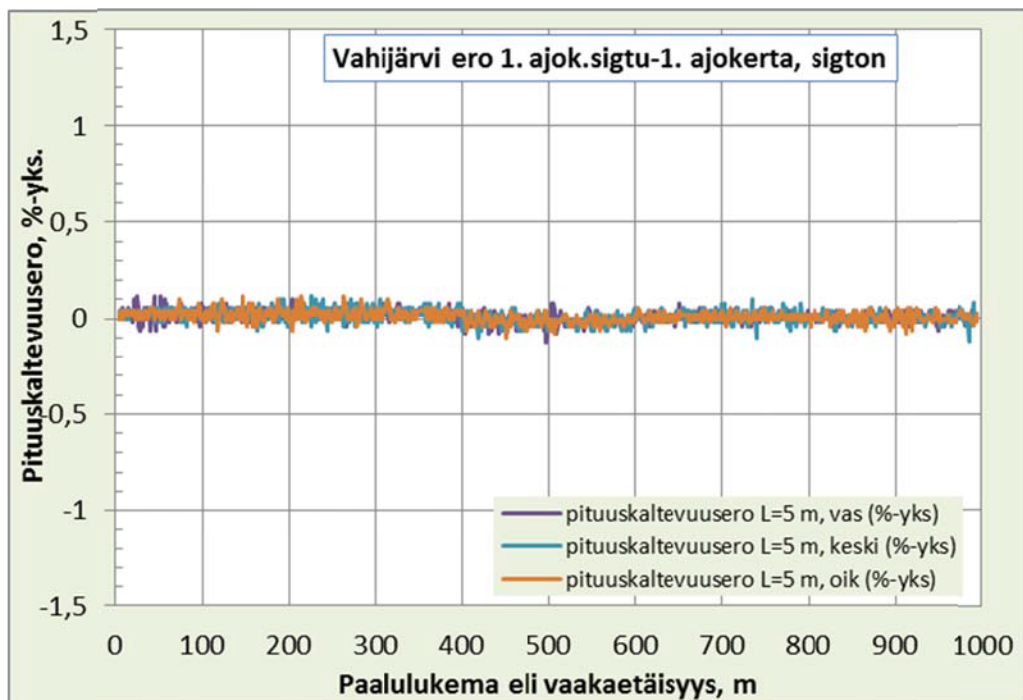
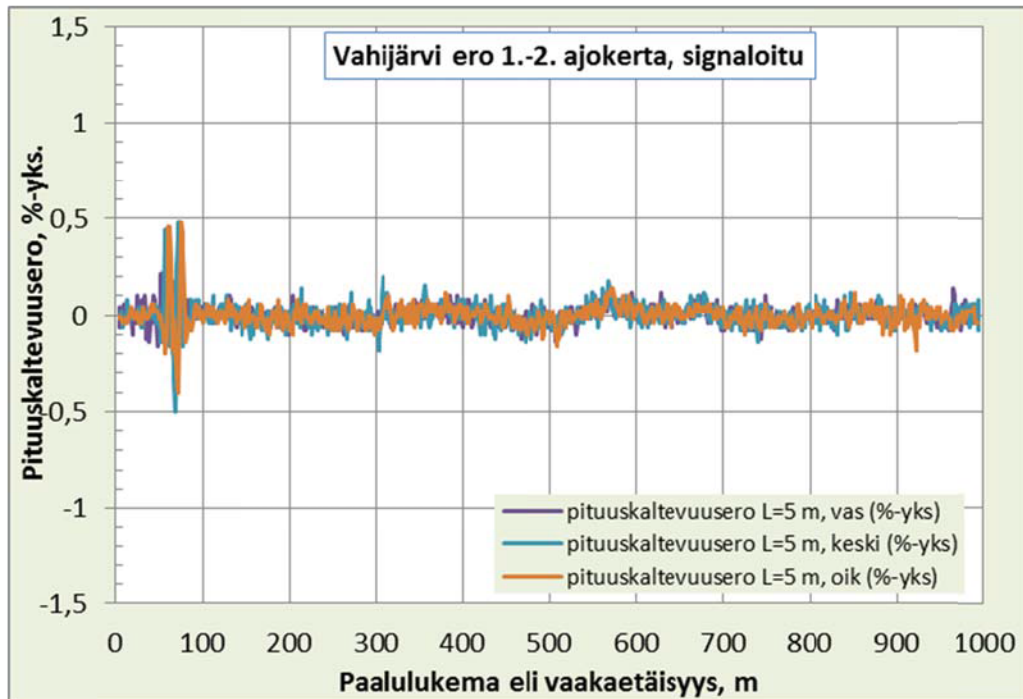
Vahijärven analysoitu pituusprofiili nähdään kuvassa 31.

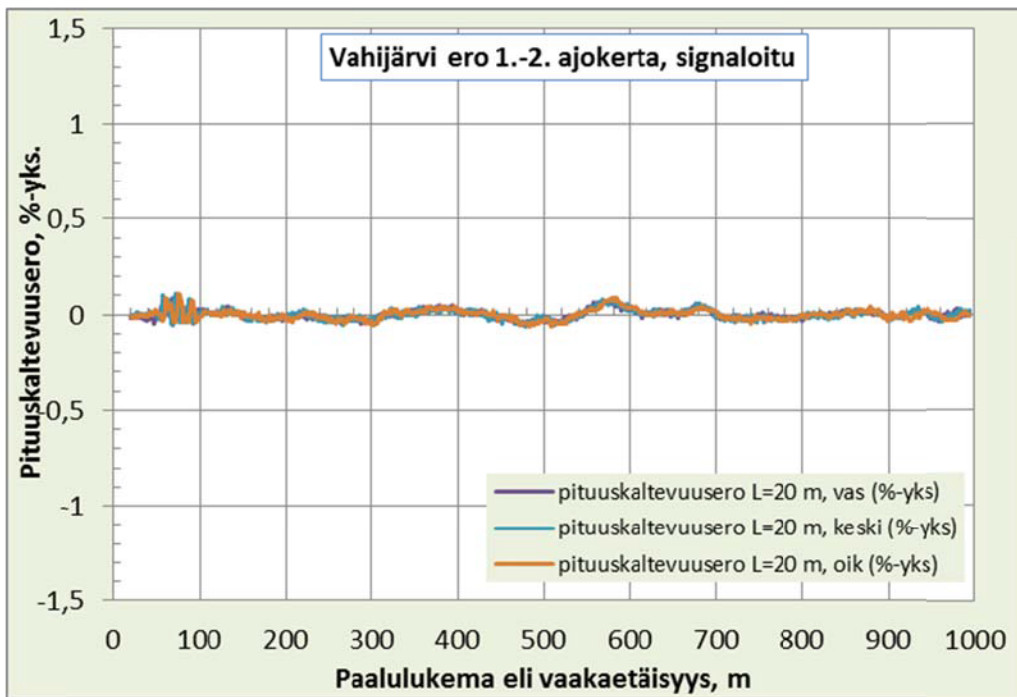
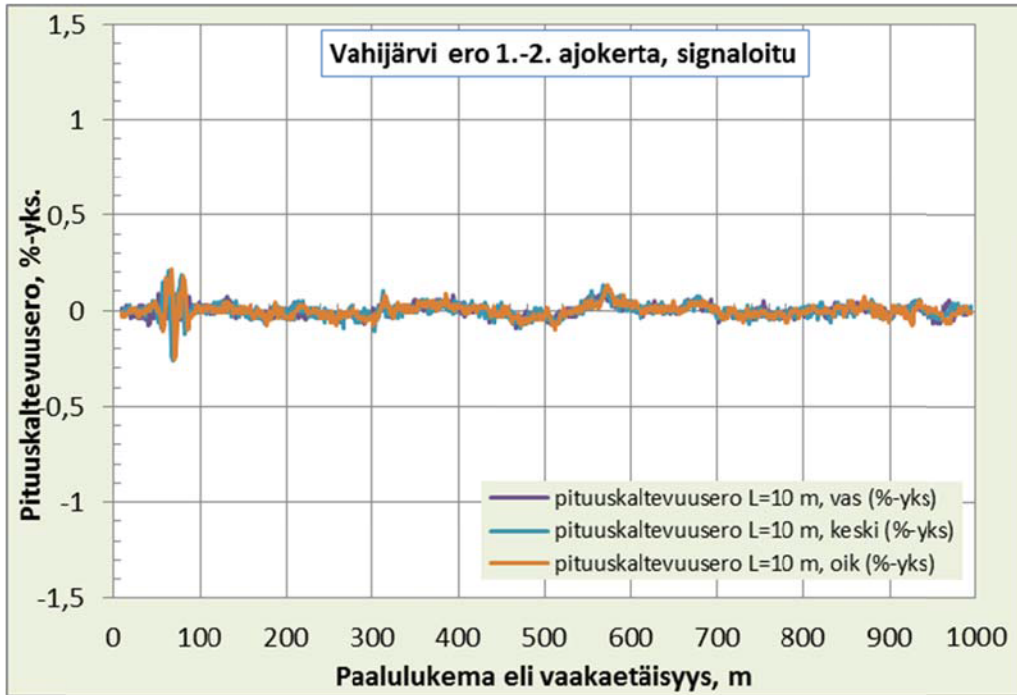


Vahijärven Geotrimin mittaamien signaloitujen ja signaloimattomien pituusprofiilien analysoinnin tulokset on esitetty tarkasti Liitteessä 16. Tärkeimmät tulokset on esitetty kuvissa 32-36. Kuvassa 32 on esitetty koko tiekohteen pituuskaltevuudet jännevälillä  $L = 5$  m laskettuna. Muilla jänneväleillä lasketut pituuskaltevuudet eivät juuri poikenneet tästä. Kuvassa 33 on esitetty pituuskaltevuuksien ero kahden eri mittauskerran välillä, jännevälillä  $L = 5$  m. Kuvasta 34 löytyy saman mittauskerran signaloimattoman ja signaloidun mittauksen pituuskaltevuuserot. Kuvissa 35 ja 36 on esitetty kahden mittauskerran pituuskaltevuuksien erot jänne väleillä  $L = 10$  m ja  $L = 20$  m.

Tuloksista on hyvin havaittavissa painuma paalulla 500–550 m. Kahden mittauksen väliset erot ovat sitä pienempiä mitä suurempia jännevälejä laskennassa on käytetty. Mittausten välisistä vertailuista voidaan myös havaita siltakatve paalulla 50–80 m (kuva 33). Signaloidun ja signaloimattoman pintamallin välillä ei näyttäisi olevan juurikaan eroa pituuskaltevuuksissa (kuva 34).



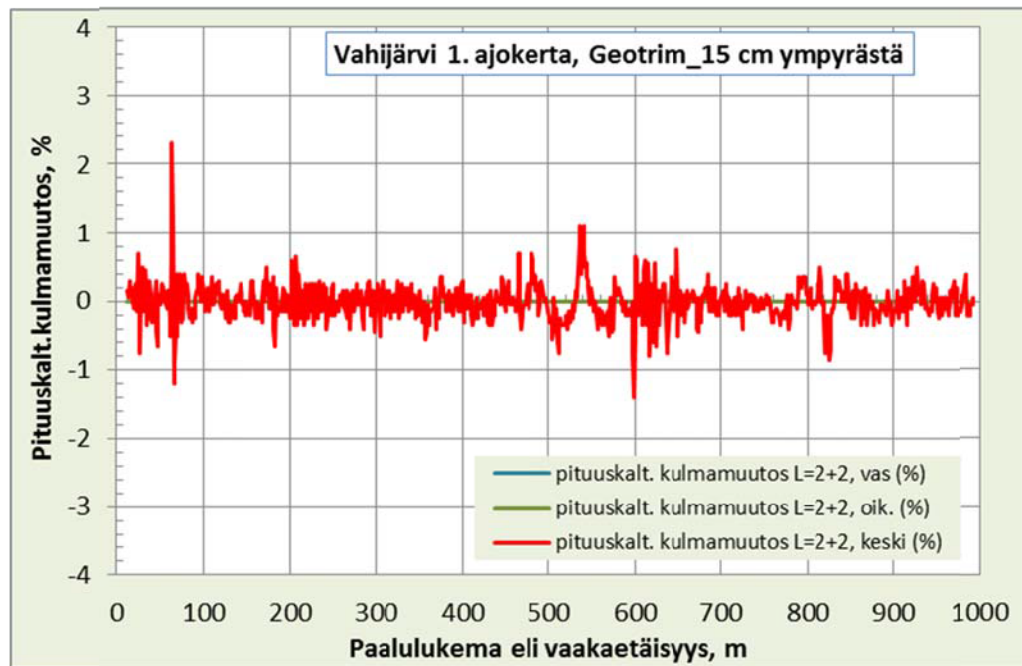


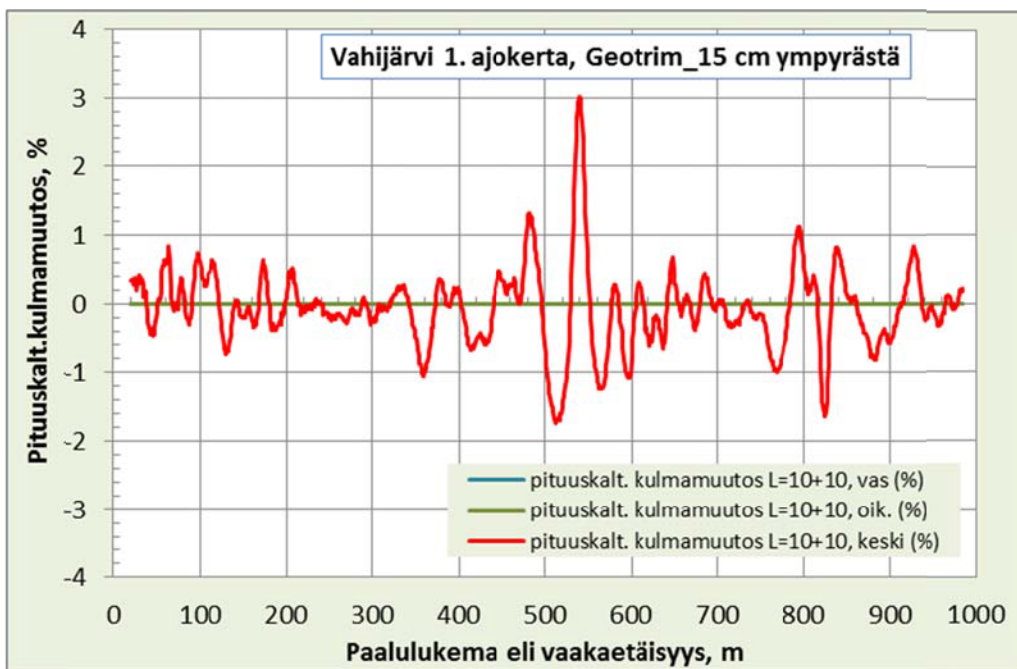
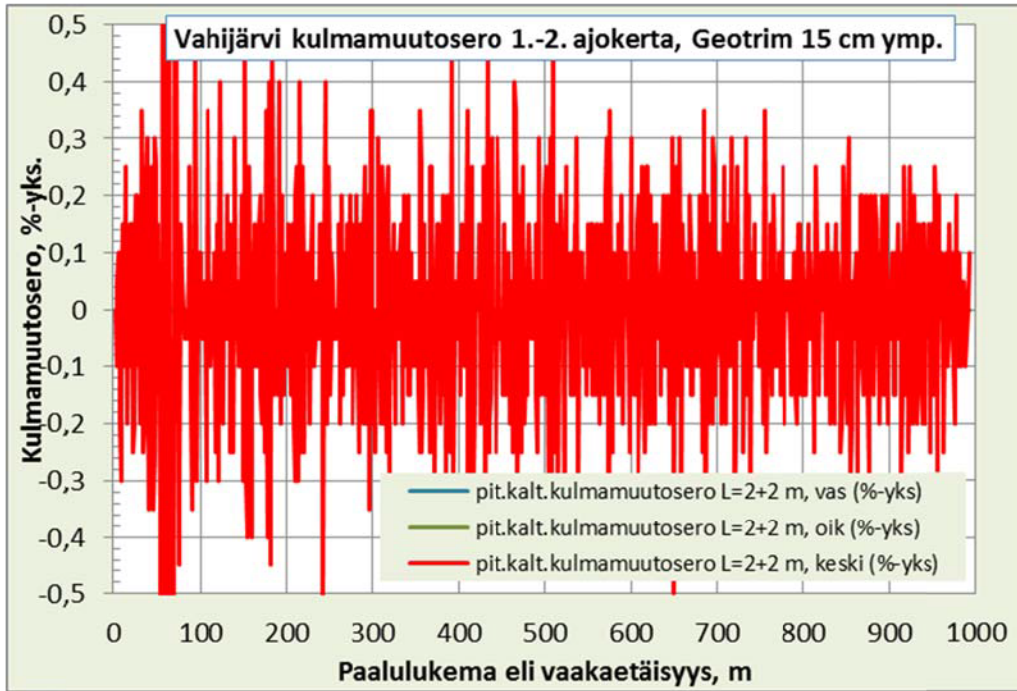


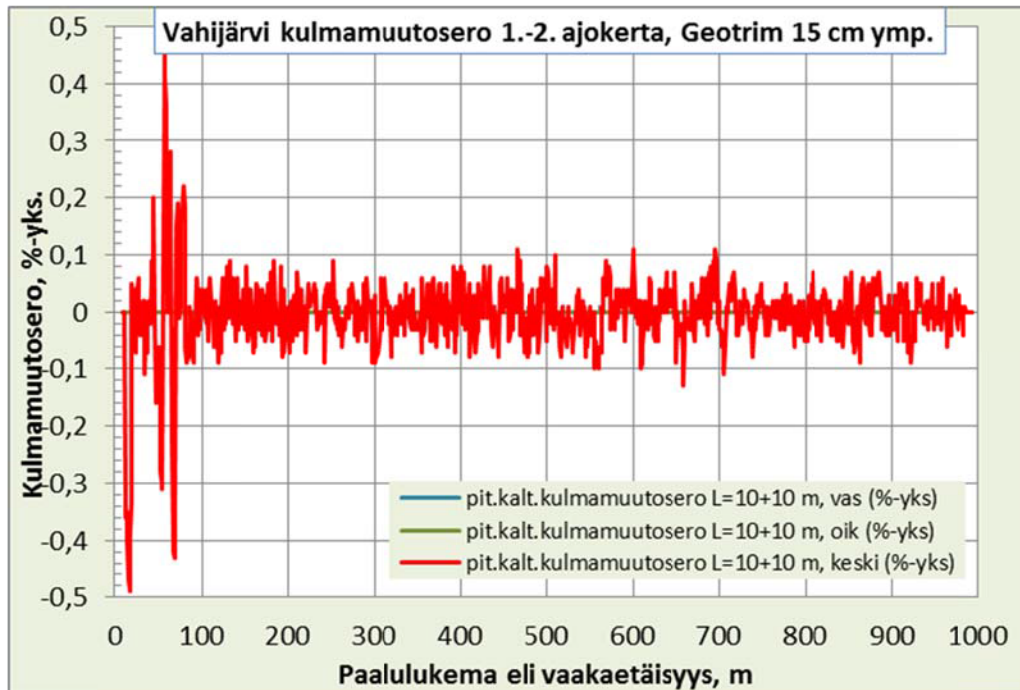
### 3.4.2.3 Vahijärven kulmanmuutostarkastelut

Kuvissa 37-40 on esitetty pituuskaltevuuden kulmamuuutoksia signaloidun mittauksen osalta Vahijärven keskilinjasta eri jänneväleillä. Pituuskaltevuuden kulmanmuutoksen kuvaajissa jänneväli on esimerkiksi muodossa L = 2+2 m. Tämä tarkoittaa, että kulmanmuutos on laskettu kahden peräkkäisen, 2 m pitkän jänteen väliltä.

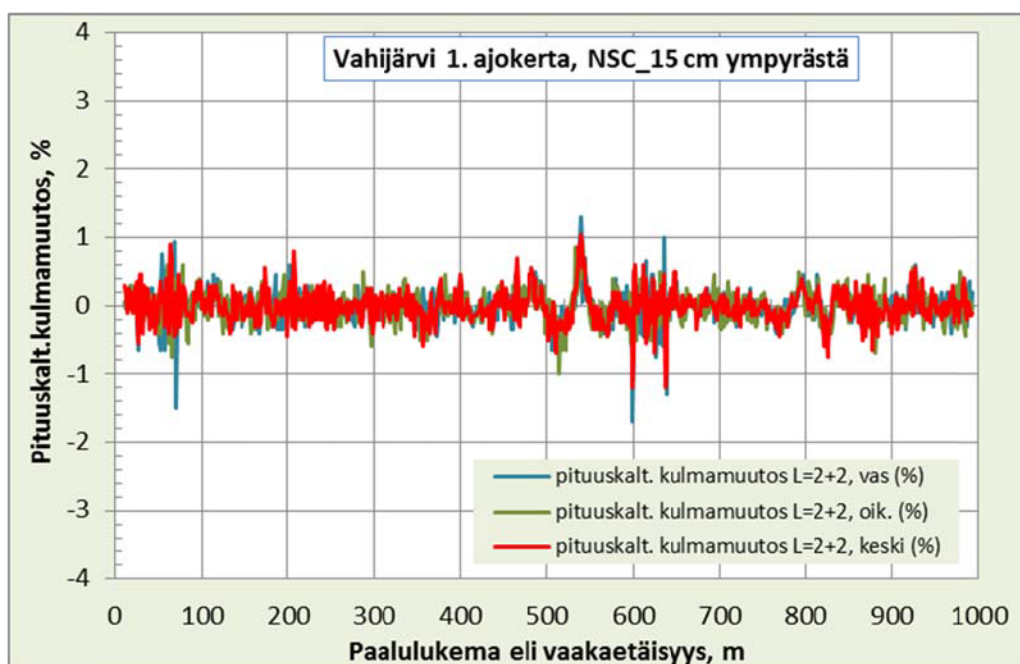
Kuvista 37-40 on myös hyvin havaittavissa pituuskaltevuuslaskennan jännevälin merkitys eri mittausten välisiin poikkeamiin. Pitkillä jänneväleillä pituuskaltevuuden kulmamuuutoksen luotettavuus selkeästi paranee (vrt. 38 ja 40). Myös pituuskaltevuuden kulmamuuutoskuvaajista voidaan helposti havaita tien painuma paalulta 500–550 m (kuva 39)

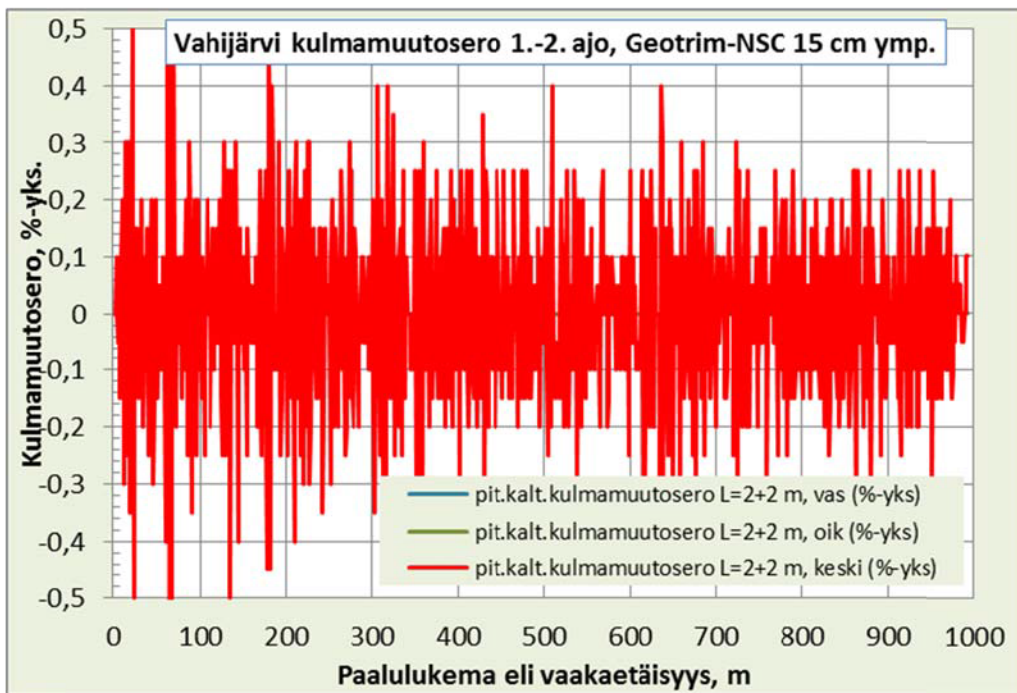
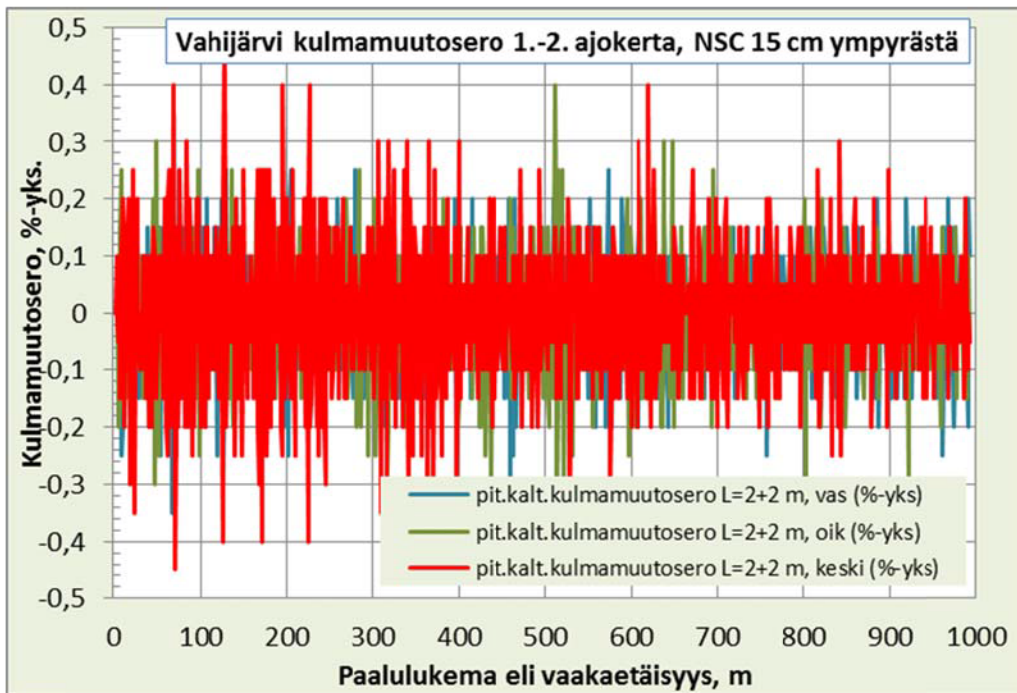




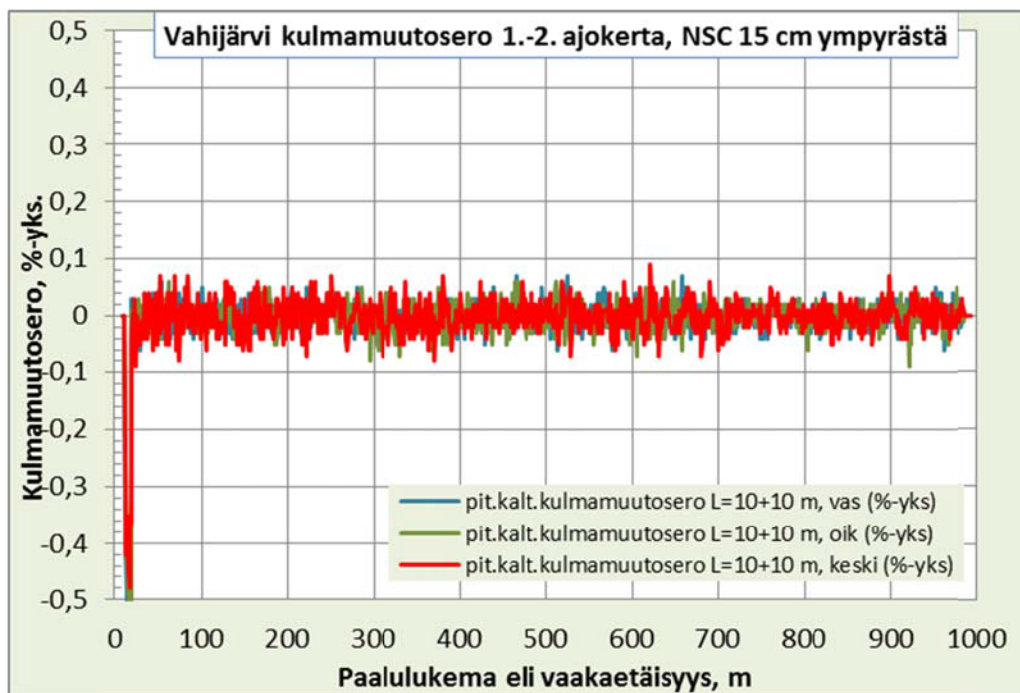
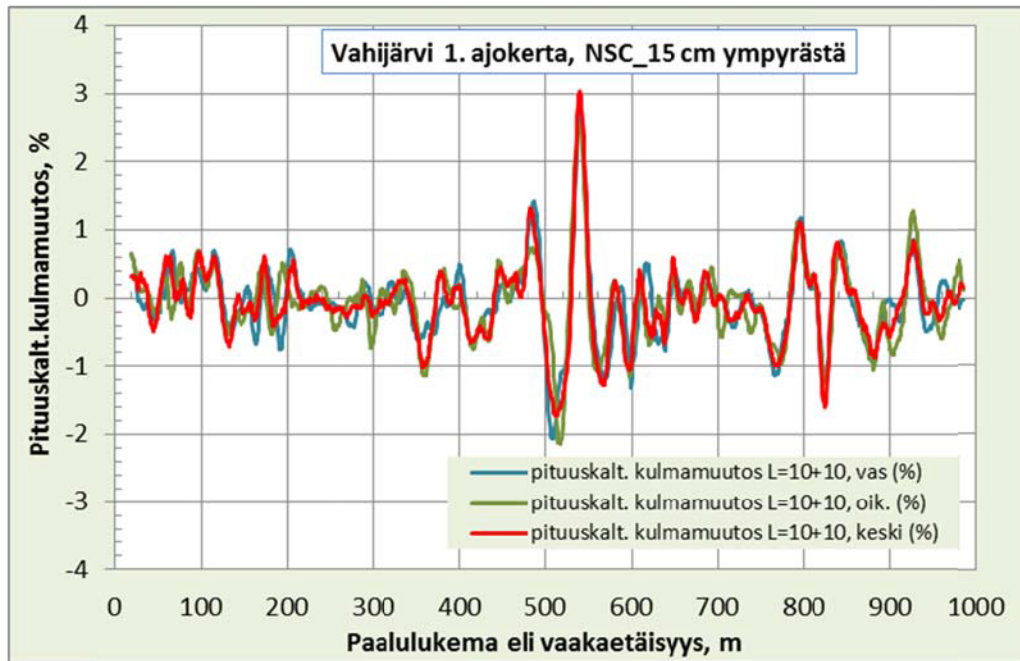


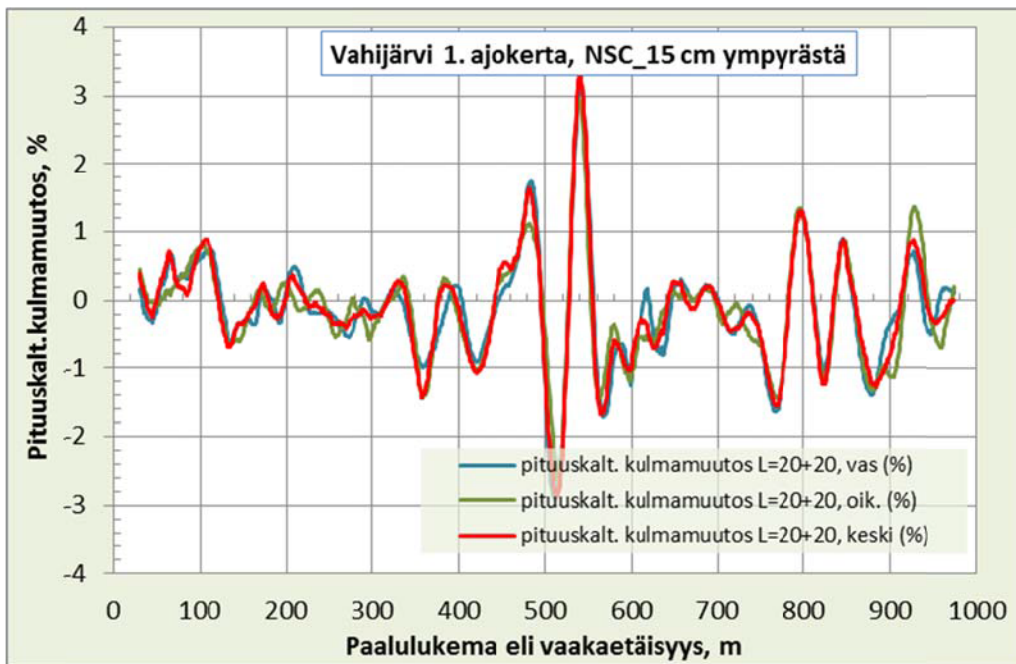
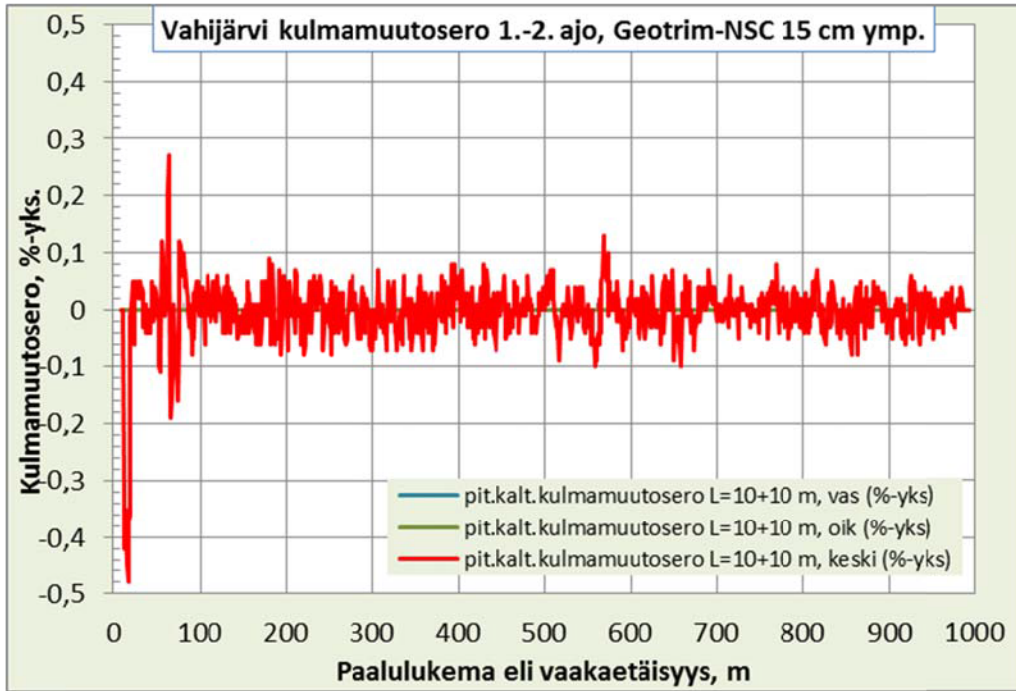
mitattujen pituusprofiilien vastaavat analyysit nähdään kokonaisuudessa liitteessä 18. Tärkeimmät tulokset on koottu kuviin 41-48. Nordic Scan Centerin ja Geotrimin laitteistojen välillä ei näyttäisi olevan suuria eroja vaan nekin noudattavat samaan trendiä jänneväliden pituuksien suhteen. 10 m jännteellä erot ovat jo pääsääntöisesti alle 0,1 %-yks. kulmanmuutoksissa. Nordic Scan Centerin tukiasemamittauksen kahden mittauskerran välinen hajonta näyttäisi tosin olevan hieman pienempi kuin Geotrimin signaloitun mittauksen.

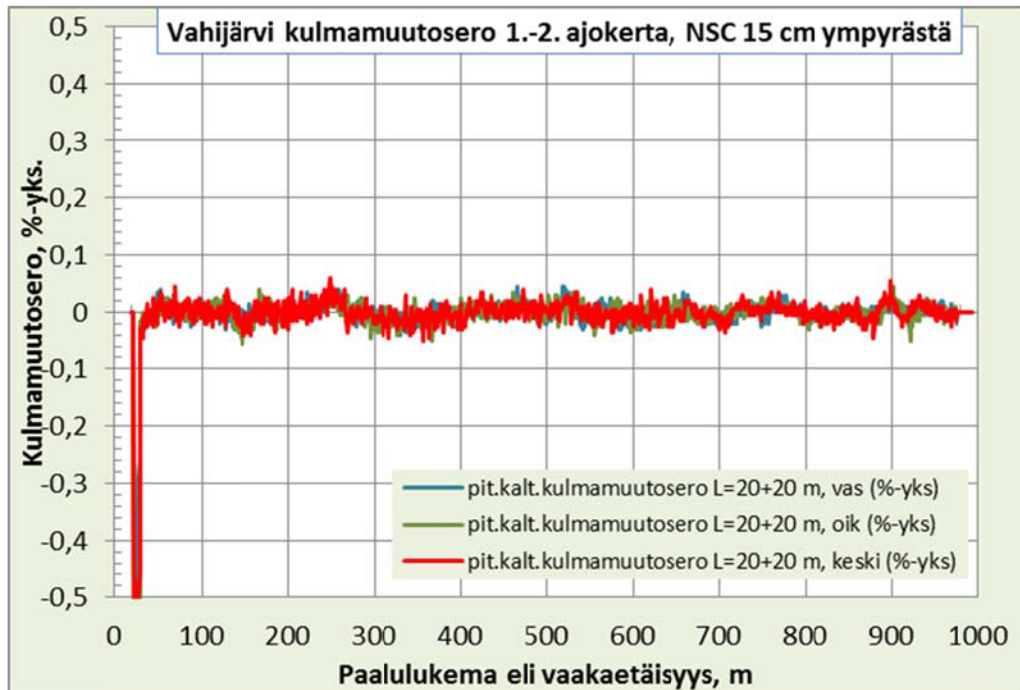






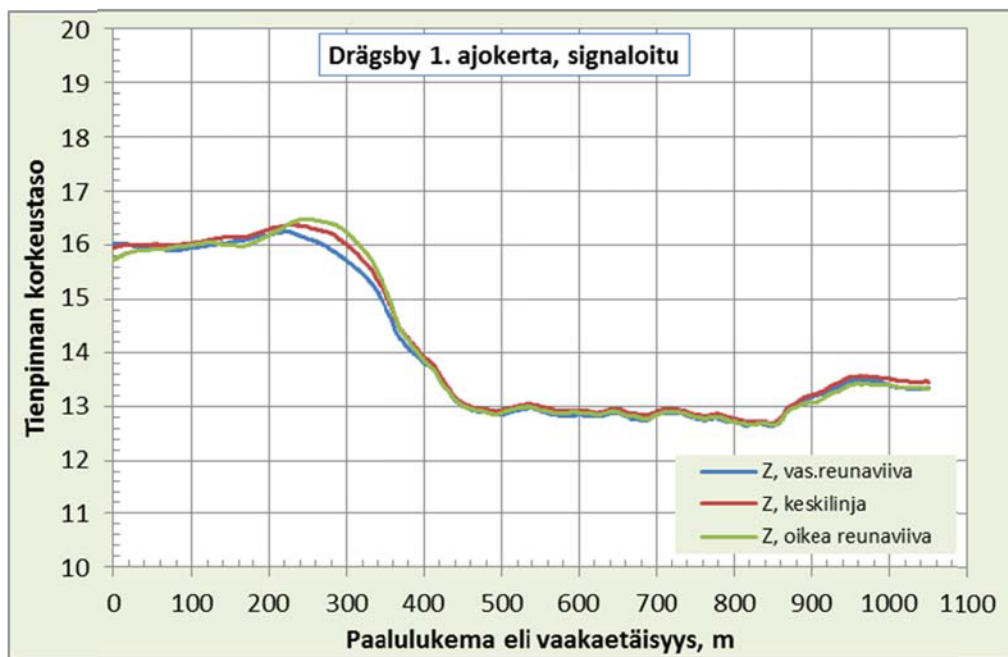




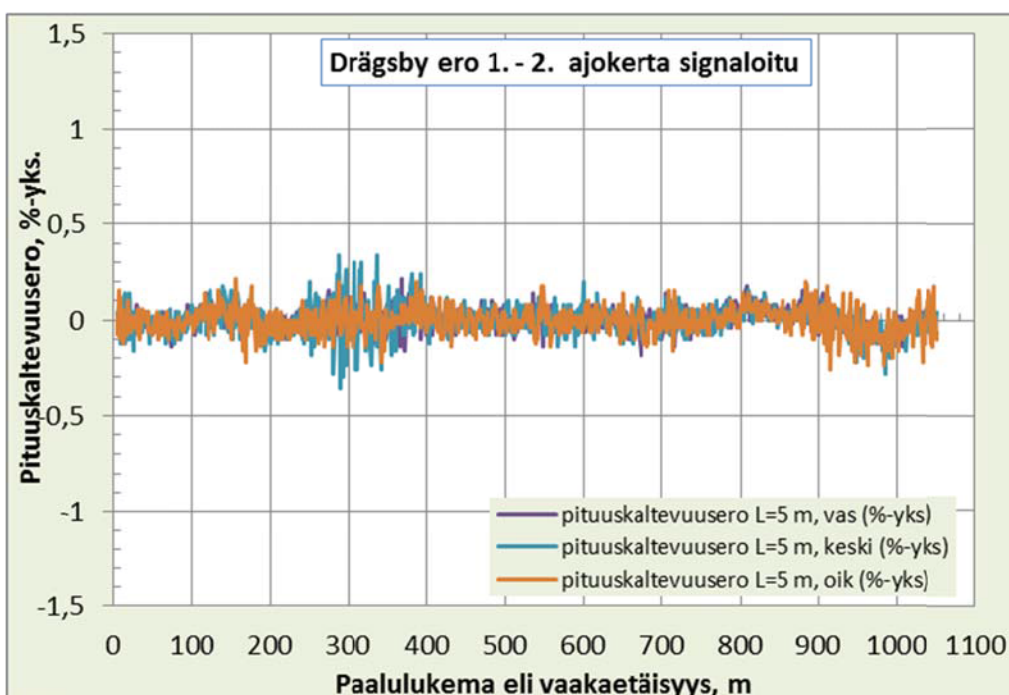
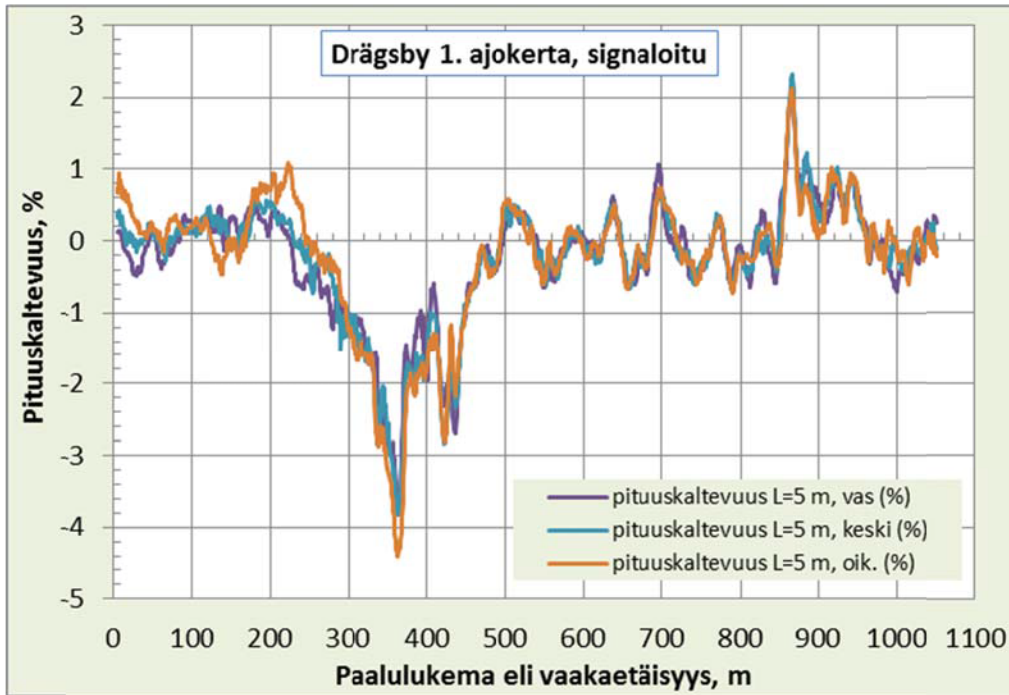


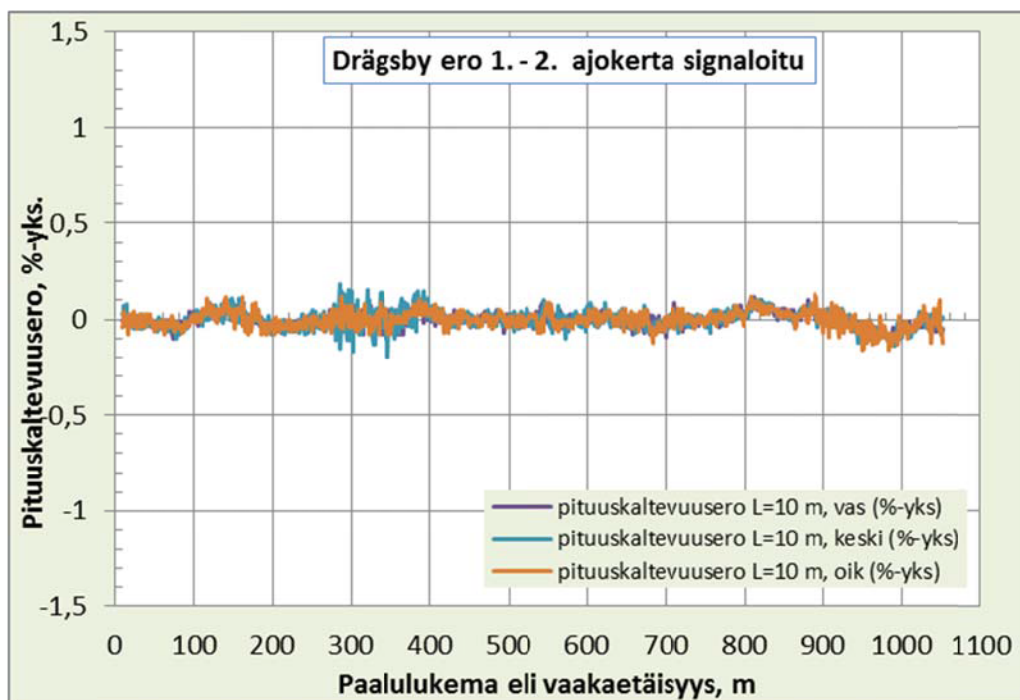
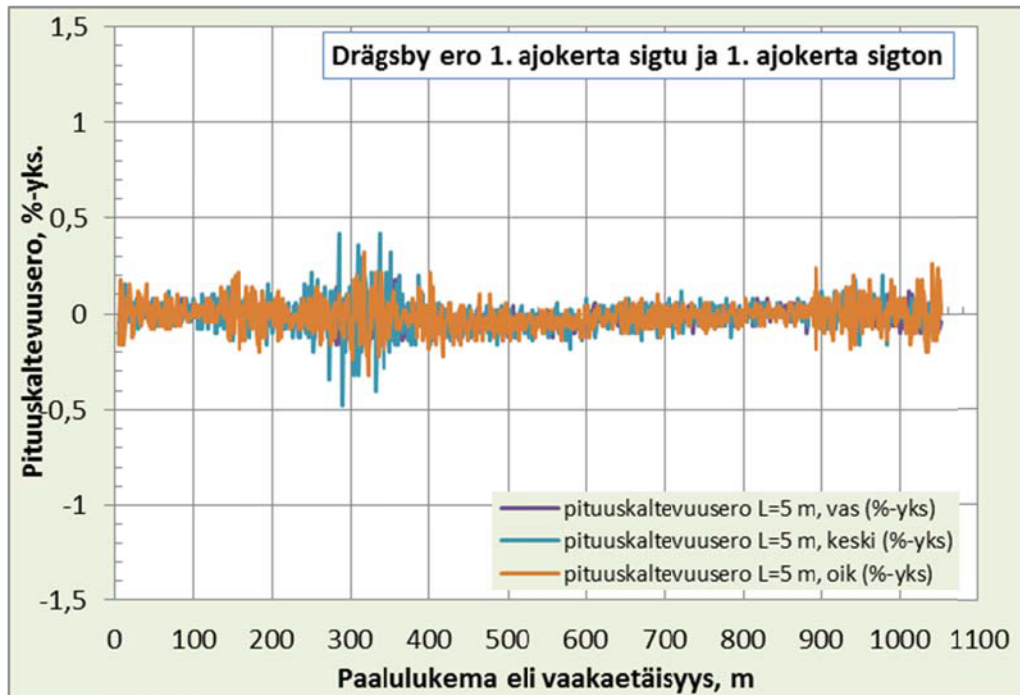
#### 3.4.2.4 Drägsbyn pituusprofiilit

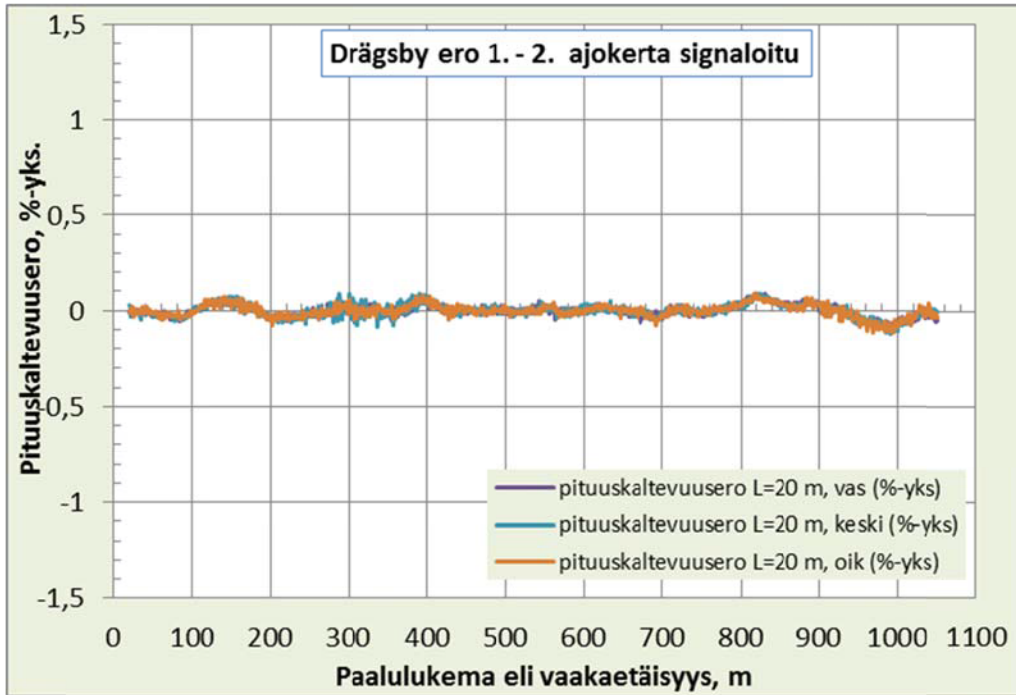
Drägsbyn analysoitu pituusprofiili on esitetty kuvassa 49.



Drägsbyn pituusprofiilien analysoinnin tulokset on esitetty kokonaisuudessaan liitteessä 13. Tärkeimmät tulokset on esitetty kuvissa 50-54. Kuvassa 50 on esitetty koko tiekohteen pituuskaltevuudet jännevälillä  $L = 5$  m laskettuna. Muilla jänneväleillä lasketut pituuskaltevuudet eivät juuri poikenneet tästä. Kuvassa 51 on esitetty pituuskaltevuuksien ero kahden eri mittauskerran datalla laskettuna, jännevälillä  $L = 5$  m. Kuvasta 52 löytyy saman mittauskerran signaloimattoman ja signaloidun datan pituuskaltevuuserot. Kuvissa 53 ja 54 on esitetty kahden mittaus kerran pituuskaltevuuksien erot jänne väleillä  $L = 10$  m ja  $L = 20$  m.

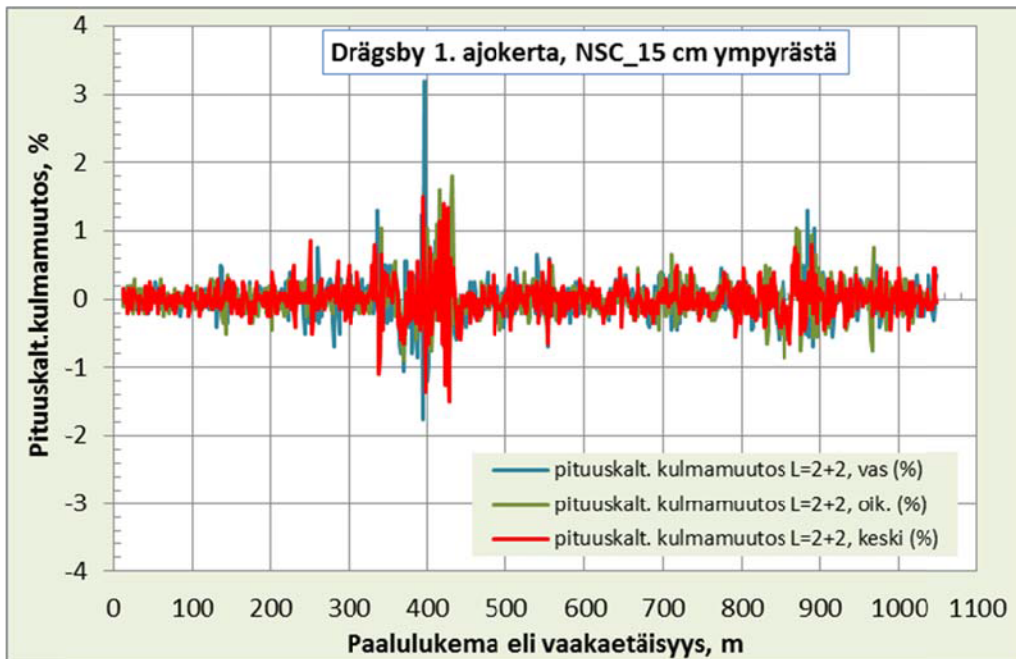


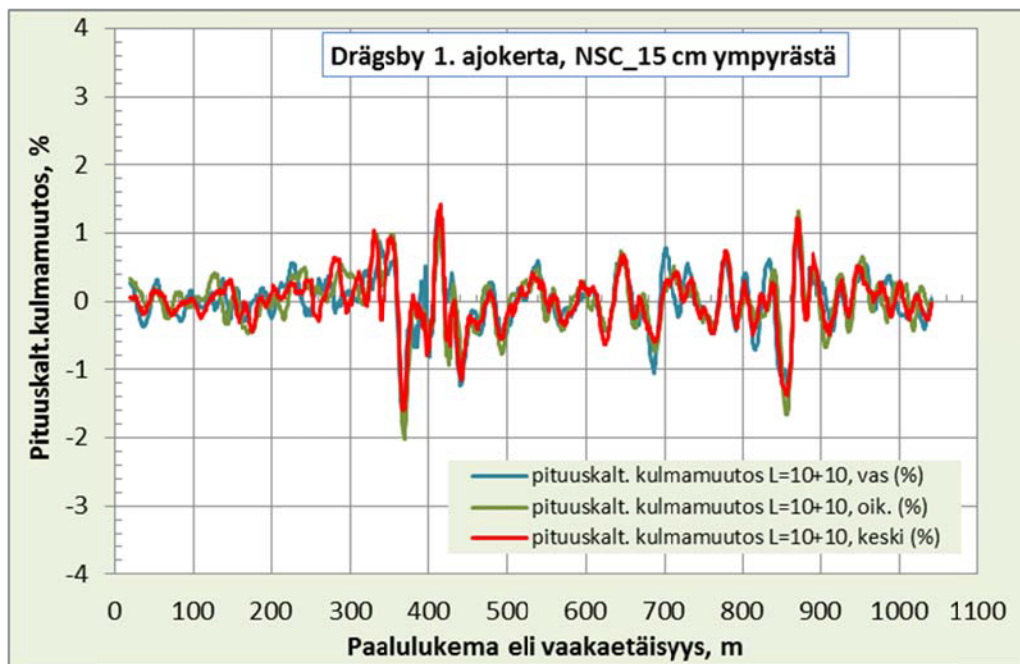
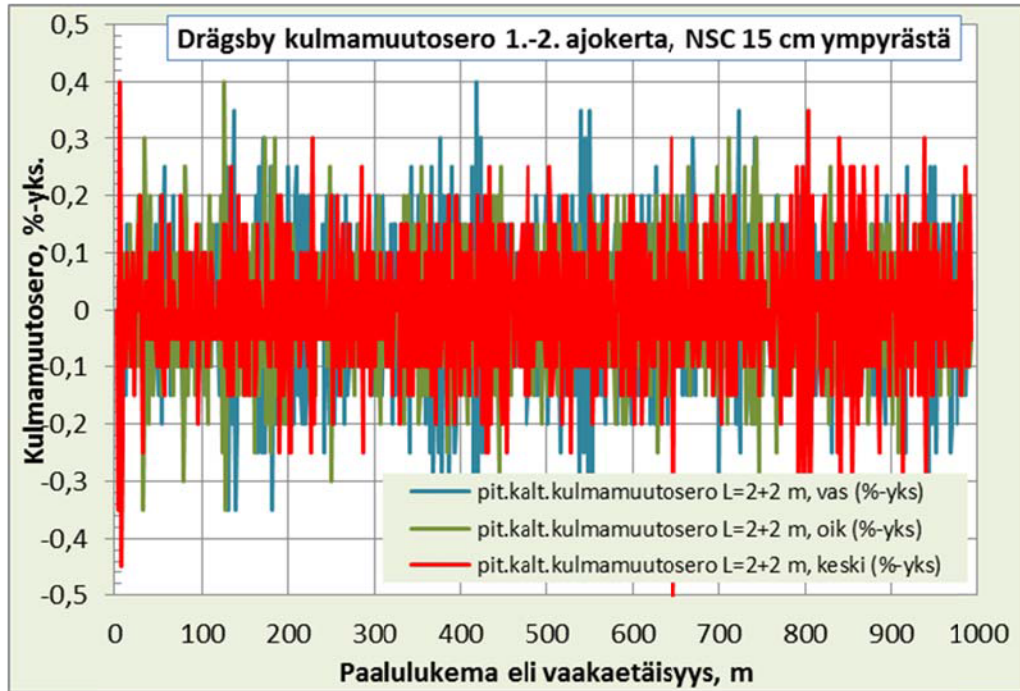


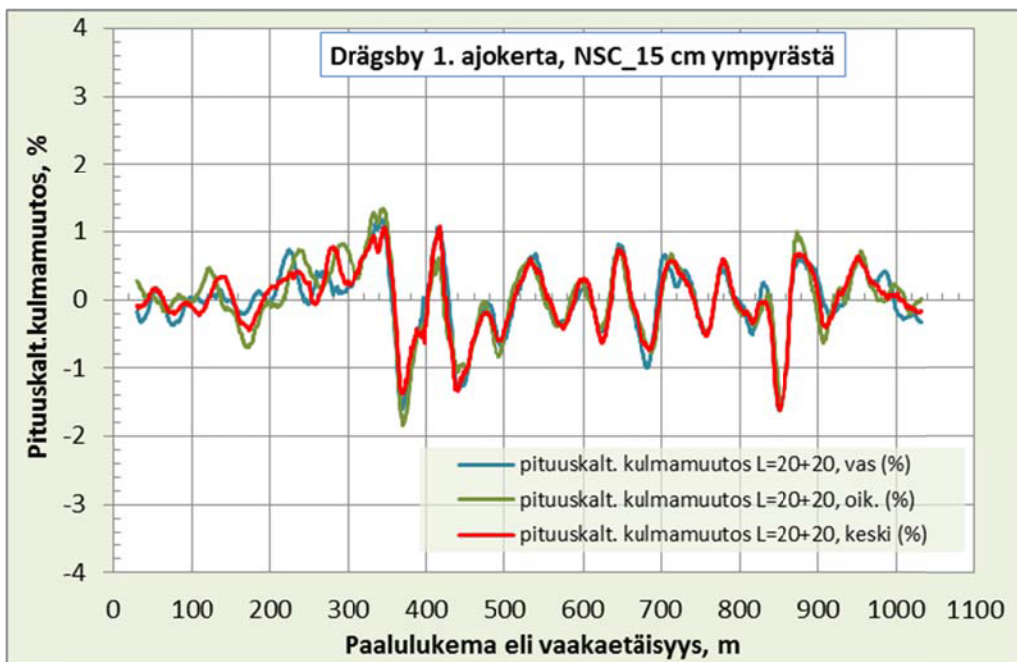
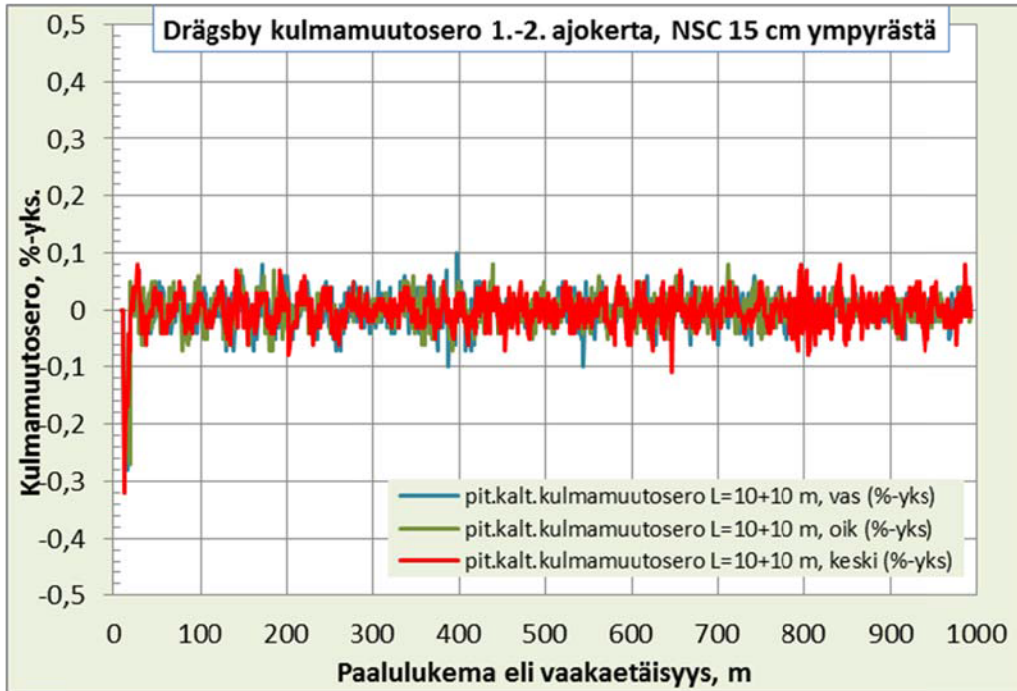


### 3.4.2.5 Drägsbyn kulmanmuutostarkastelut

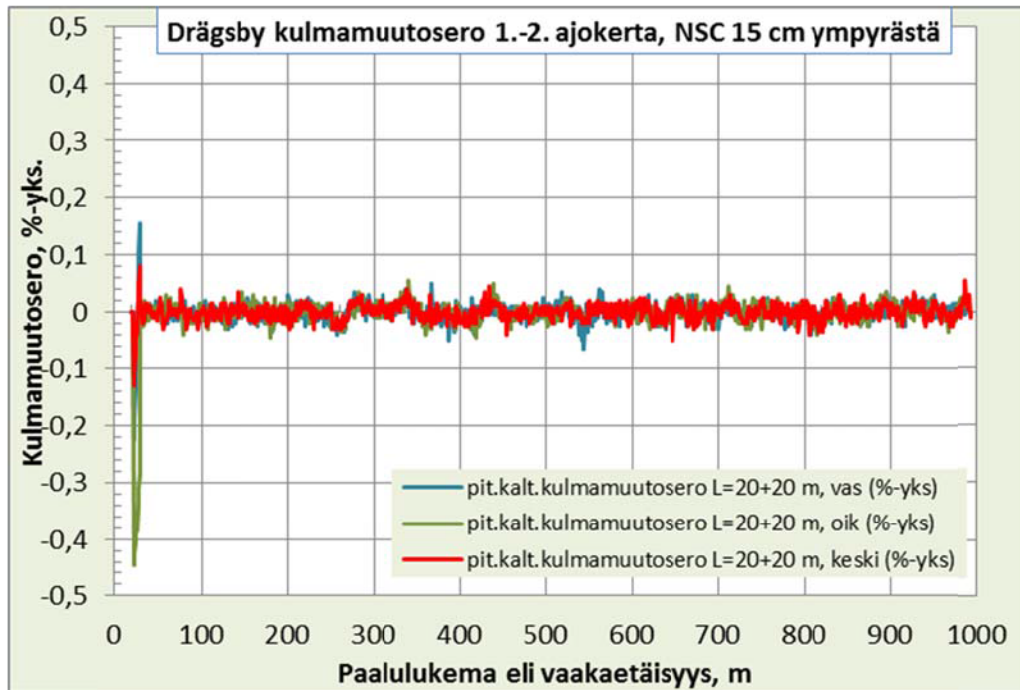
Tukiasemamenetelmällä mitattujen pituusprofiilien vastaavat analyysit nähdään kokonaisuudessa liitteessä 19. Tärkeimmät tulokset on koottu kuviin 55–60.





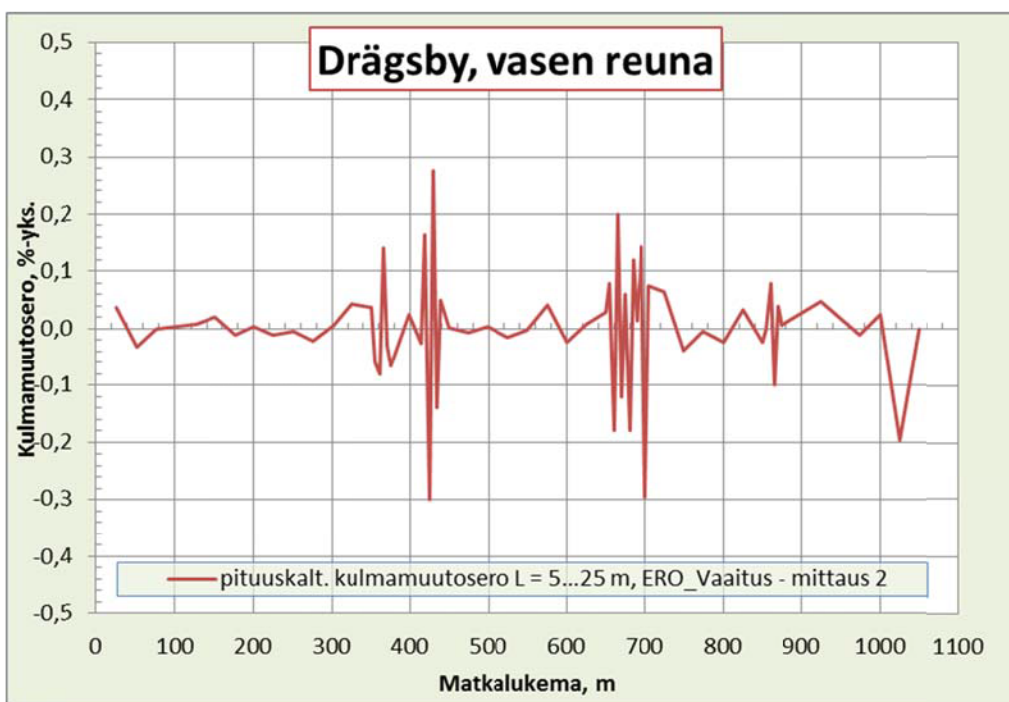
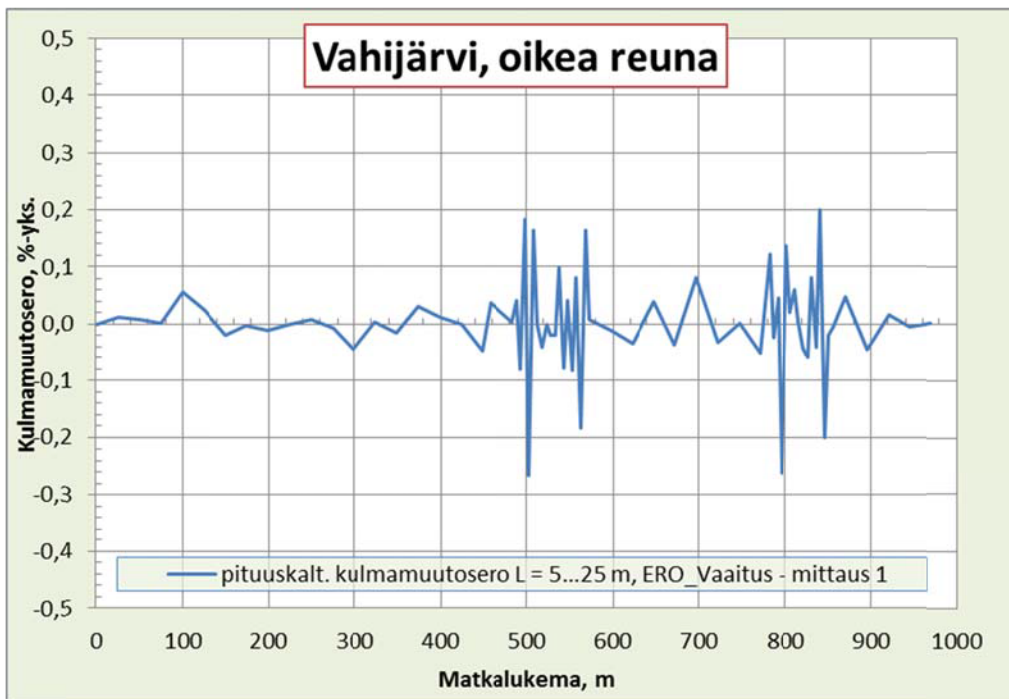






#### 3.4.2.6 Vaaitut pituusprofiilit

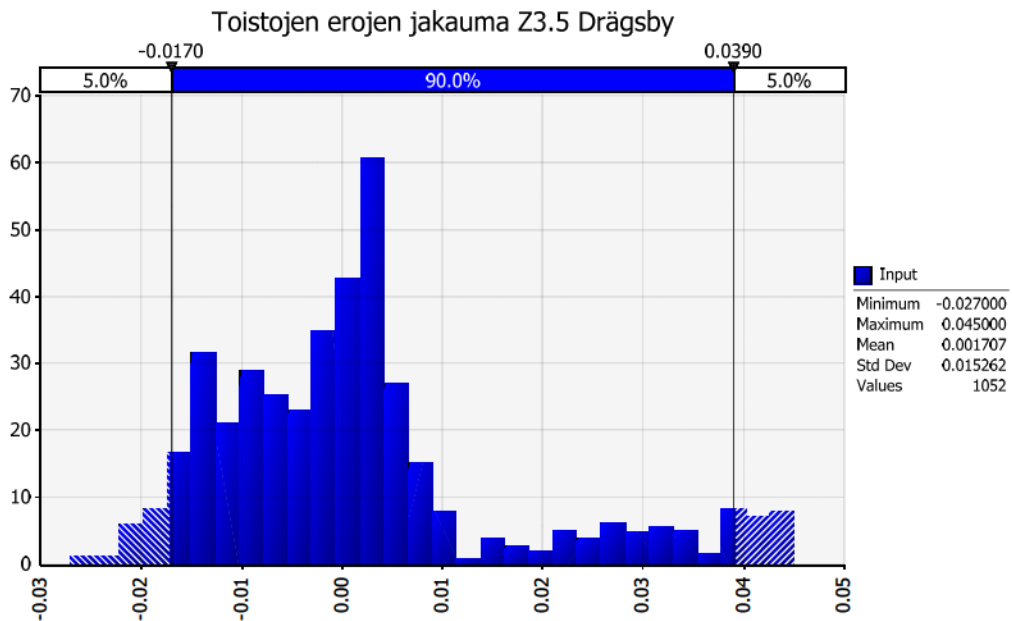
Geotrimin tekemiä mitattuja pisteitä verrattiin myös vaaittuihin pisteisiin, joita oli mitattu reunaviivojen kohdilta 25 m ja 5 m välein. Vertailut on tehty samoilla aineistoilla kuin kappaleen 3.4.1 korkeusvertailut. Vaaittuja pisteitä ei ollut kovin kattavasti, koska niitä ei ollut mitattu pituusprofiilien määrittämistä varten. Tämän vuoksi laskettuja jäniteitä ei voitu liu'uttaa metrin välein eteenpäin, kuten muissa vertailuissa. Vertailut löytyvät liitteestä 21. Kuvista 50 ja 51 voidaan nähdä analyyseissa toistunut yleinen trendi: 25 m välein mitatuilla pisteillä virheet ovat huomattavasti pienempiä kuin 5 m välein mitatuilla.

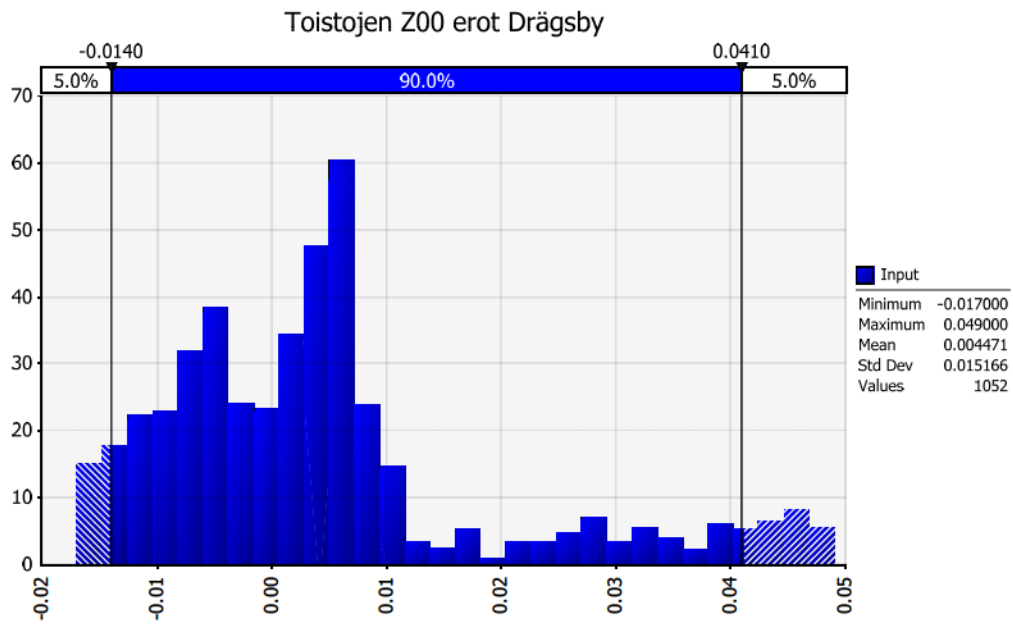
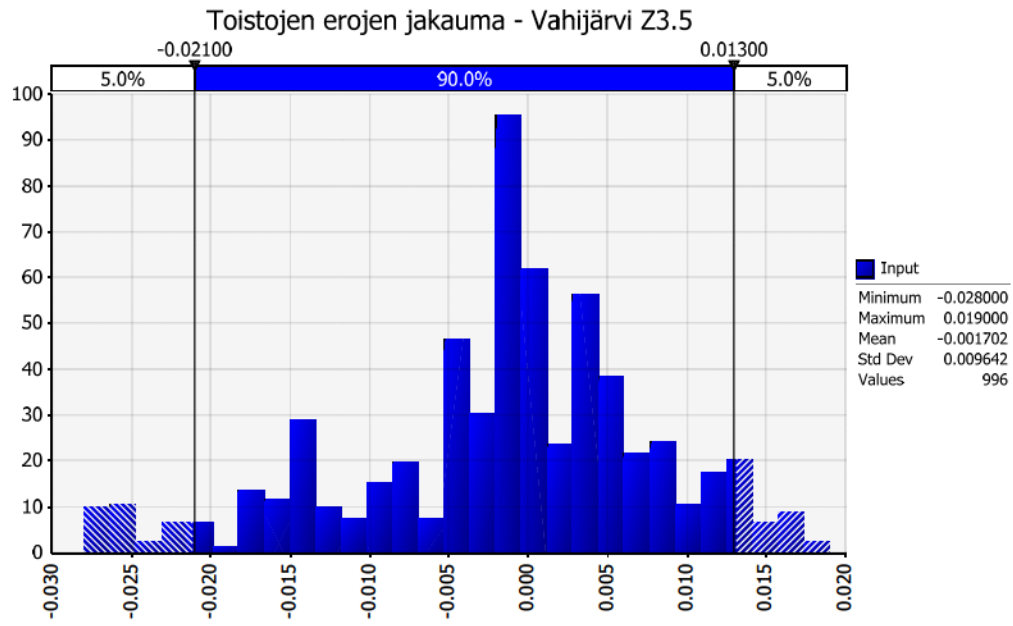


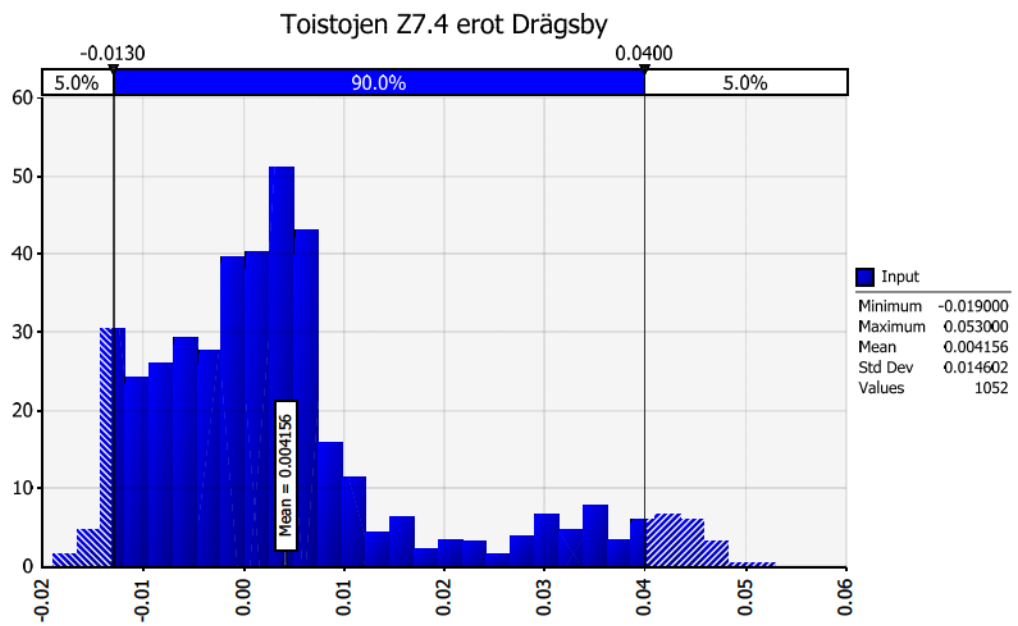
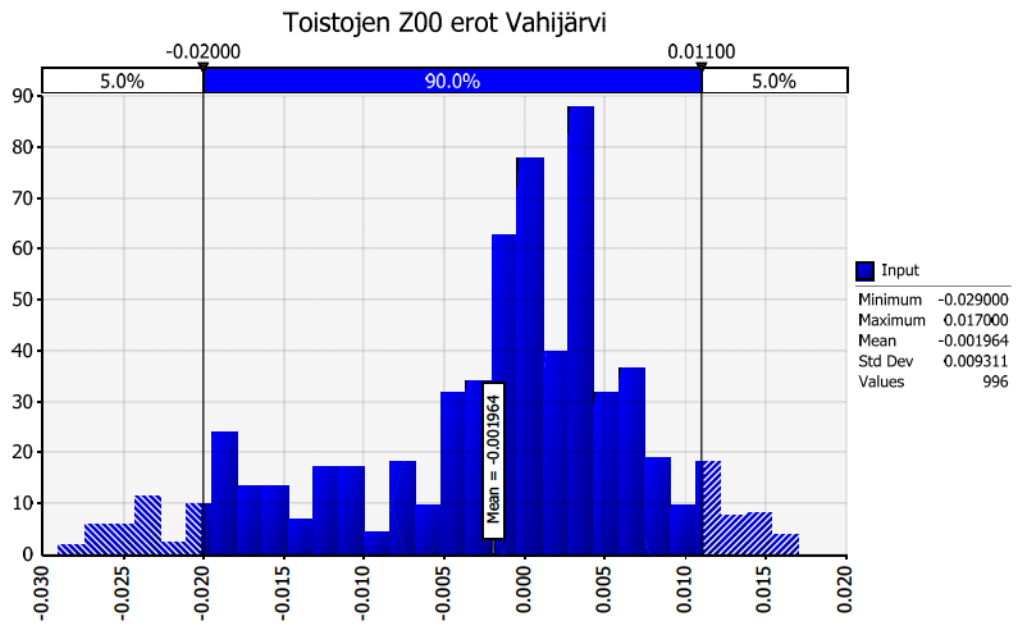
### 3.4.3 Mittausten toistettavuus

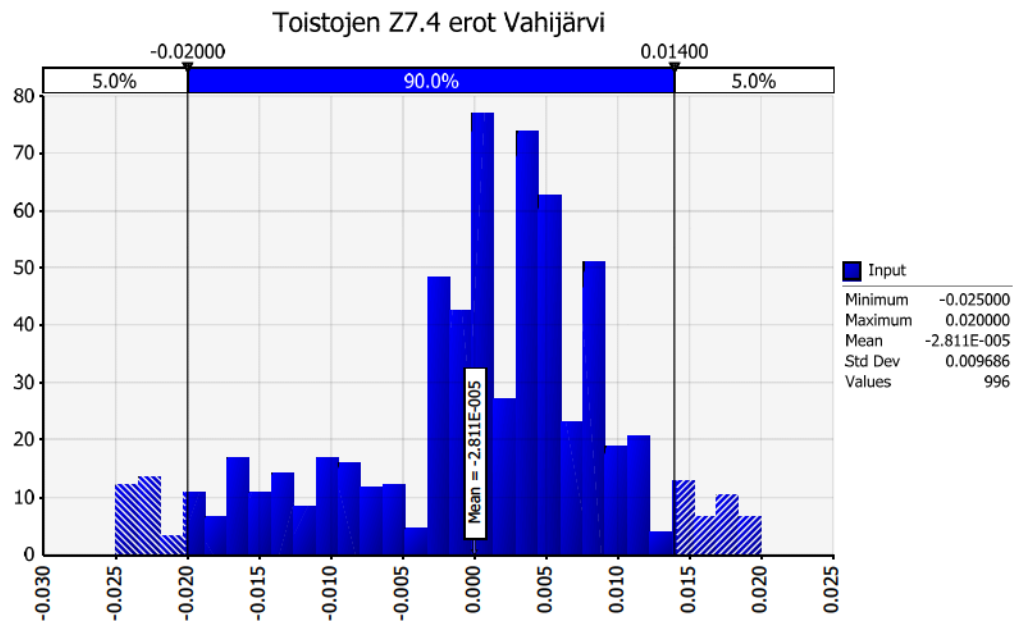
Eri mittaustenkeskilinjojen korkeuksien välinen korrelaation lähenteli 100 %. Vaikka datasta jopa poistettiin pienin arvo ja näin saatiin hajontaa suuremmaksi niin korrelaation oli 99 % tasolla. (Virtala 2014/d)

Geotrimin signaloidun mittauksen toistettavuuden jakaumat on esitetty kuvissa 63–68. Jakaumiin on korostettu 90 % luottamusväli. Kuvista voidaan tehdä samoja havaintoja kuin mallien korkeuksien vertailuista vaaittuihin pisteisiin. Keskivirhe on lähellä nolla, mutta hajontaa on jonkin verran. Hajonta on myös hieman epänormaalia eli virhe on usein painottunut nollan toiselle puolelle. Tämä on todennäköisesti selitettävissä laitteen paikannuksen menetelmällä.

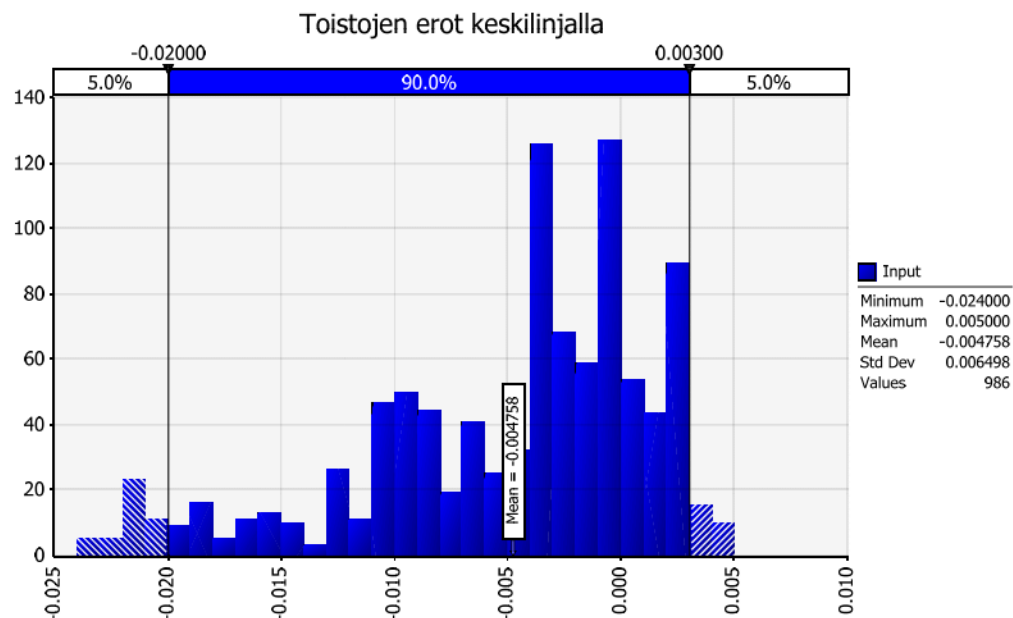


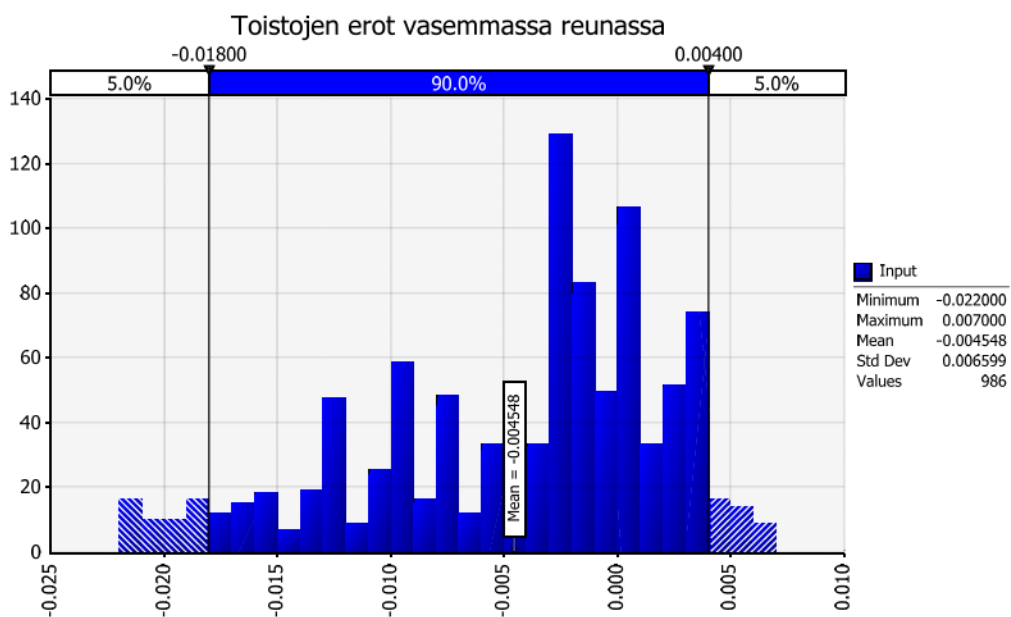
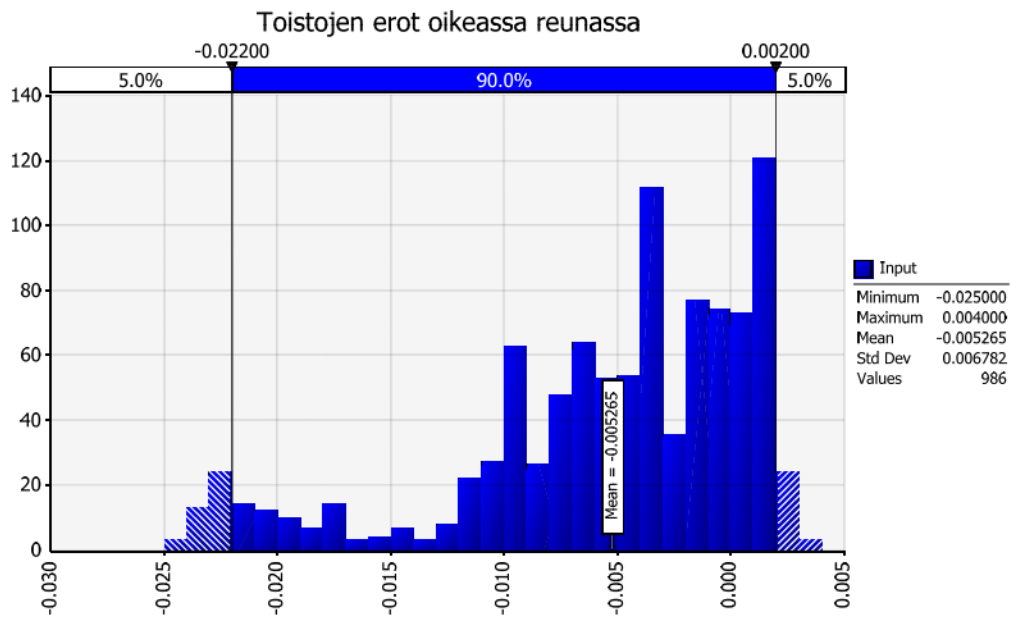




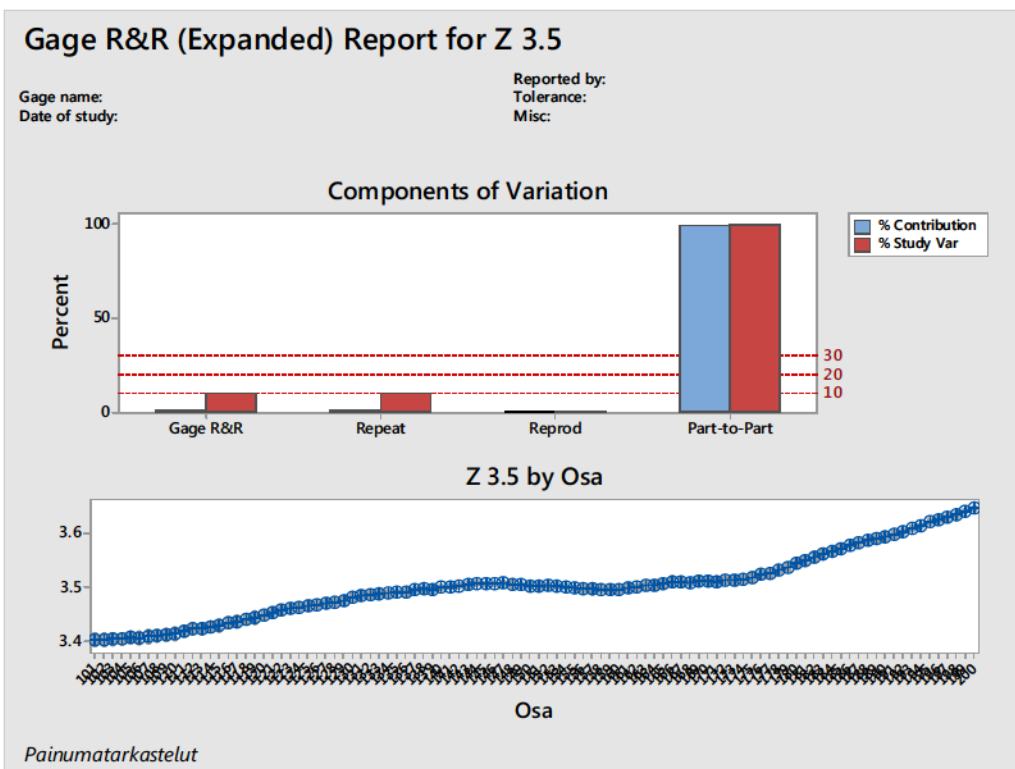
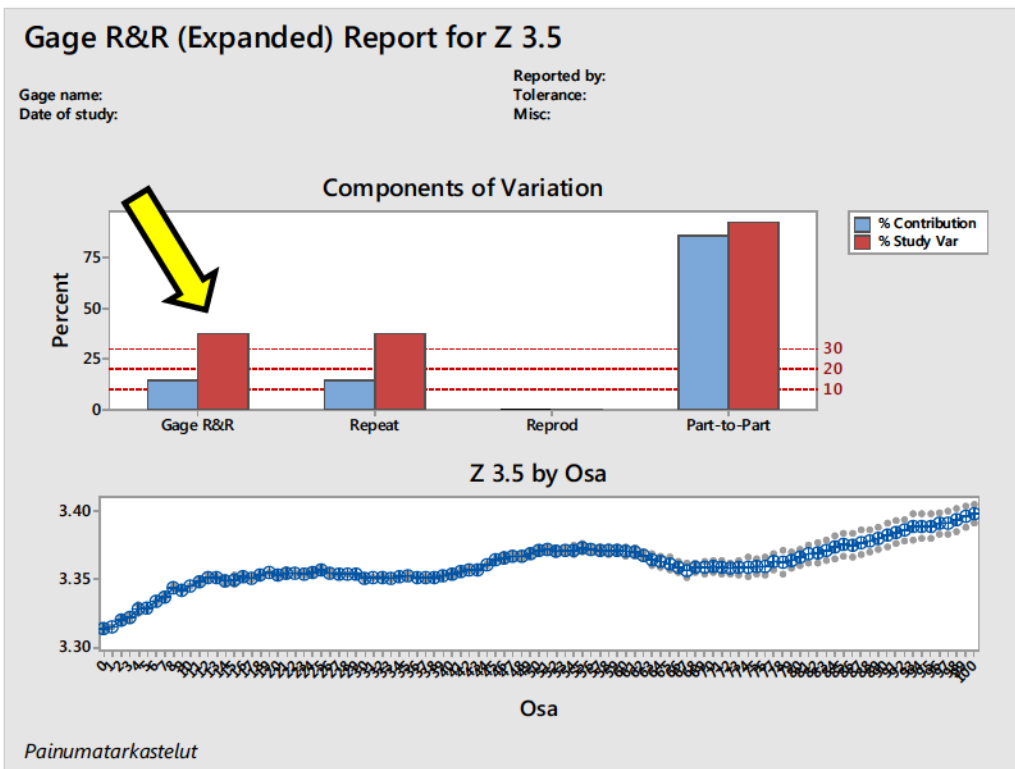


Nordic Scan Centerin tekemän Vahijärven tukiasemamittauksen poikkeamien jakaumat näkyvät kuvissa 69-71. Drägsbyn kohteesta ei laskettu jakaumia suuren systemaattisen virheen vuoksi. Vahijärven osalta havainnot ovat vastaavia kuin Geotrimin signaloidussakin mittauksessa.





Gage-R&R-testi tehtiin yksinkertaistetusti kohteiden keskilinjolle kokonaisilla 100 havainnon dataseiteillä (ts. korkeus dataa 1 m välein). Kaikkien kohteiden Gage-R&R-testien tulos kokonaisuutena oli alle 10 %. Tuloksia ei ole esitetty graafisesti, koska kuvat olivat epäselviä niin suurella datamäärällä. Kuvissa 72–75 nähdään esimerkkejä Vahijärven keskilinjän Gage-R&R-testistä 100 m matkoilta. Kuvassa 72 on osoitettu nuolella tärkein tulos. Ensimmäinen datasetti paaluilta 0–100 m menee yli 30 %, joka on huono tulos. Muut esimerkit ovat 10 % tai alle, joka on hyvä tulos.



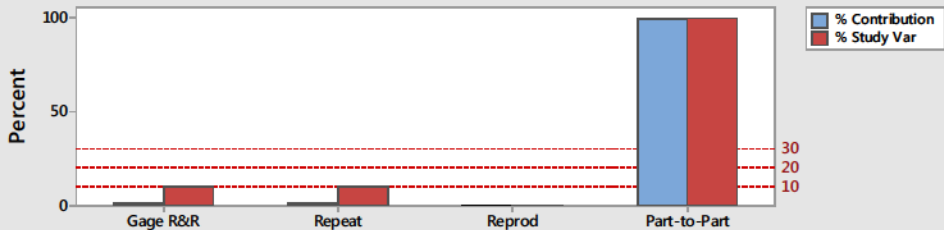


### Gage R&R (Expanded) Report for Z 3.5

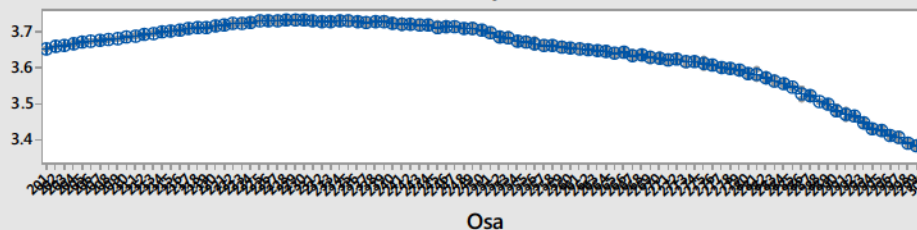
Gage name:  
Date of study:

Reported by:  
Tolerance:  
Misc:

#### Components of Variation



#### Z 3.5 by Osa



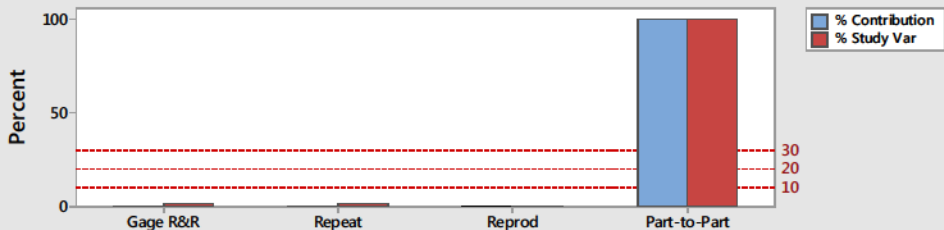
Painumatarkastelut

### Gage R&R (Expanded) Report for Z 3.5

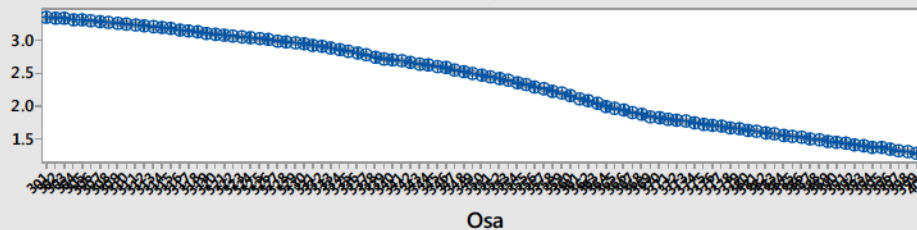
Gage name:  
Date of study:

Reported by:  
Tolerance:  
Misc:

#### Components of Variation



#### Z 3.5 by Osa



Painumatarkastelut

## 4 Tulosten arviointi ja johtopäätökset

### 4.1 Korkeustarkkuuden vertailu

Tulosten perusteella voidaan tehdä monia johtopäätöksiä ajoneuvolaserkeilauksen tarkkuudesta ja siten soveltuvuudesta tien pinnan mallintamiseen. Soveltuvuuden puolesta tulokset ovat lupaavia. Noudattamalla tiettyjä menetelmiä, ajoneuvolaserkeilauksella voidaan mallintaa tien pinta hyvinkin tarkasti. Myös lisätarkasteluja tarvitaan.

Referenssimittausten tuloksista voidaan tehdä johtopäätös, että tarkassa painumien seurantamittauksessa tulee korkeudenmittaus tehdä aina vaaitsemalla. Alkutilanne (0-mittaus) tulee vaaita kaksi kertaa toisistaan riippumattomasti, jotta mittaustyön epätarkkuus voidaan määrittää. Tarkkuustakymetrillä tehtävää trigonometristä korkeuden mittausta voidaan käyttää päällysrakenteen korjaustyöhön (jyrsintä/tasaus) tehtävien mallien signalointipisteiden mittauksessa.

Signaloinnilla on suuri merkitys laserkeilatun pintamallin absoluuttisen tarkkuuteen. Tämä kuvista 17 ja 18. Hyöty näkyy myös vertailemalla taulukoita 5 ja 6. Mallien keskivirhe, hajonta, minimi- ja maksimivirhe saavuttavat paremmat arvot. Signalointi on välttämätöntä, mikäli muodostettavalta pintamallilta odotetaan hyvää absoluuttista tarkkuutta. Tätä tarvitaan esimerkiksi rakennetun tiekohteen takuuajan lopun painuman määrittämiseen, jolloin sen hetkistä pintaa verrataan valmistumishetken toteutuneeseen pintaan.

GPS-yhteyden katvealueiden merkitys mallien tarkkuuteen on merkittävä. Katvealueiden aiheuttamat poikkeamat malleihin näkyvät erityisesti signaloimattomissa malleissa (kuvat 17 ja 18). Poikkeamat ovat havaittavissa myös signaloiduissa malleissa, mutta ei kuitenkaan niin selkeästi. Kaikkein selkein havainto katvealueiden merkityksestä on Vahijärven mittauskohteen ylittävä silta, n. paalulla 50–100 m. Niin z:n epätarkkuus, kuin pituuskaltevuuksienkin erot mittausten välillä kasvavat selkeästi sillan kohdalla. Ilmiö on havaittavissa esimerkiksi kuvissa 21, 33, 35 ja 40.

Tietä ympäröivä metsä vaikuttaa myös mallien tarkkuuteen hieman, mutta ero ei kuitenkaan ole niin selkeä varsinkaan signaloimattomilla malleilla. Drägsbyn mittauskohde sijaitsi metsäisellä alueella (kuva 4) ja Vahijärven kohde suurimmaksi osaksi avoimella peltoalueella. Korkeustarkkuuden osalta erot ovat pieniä kohteiden välillä. Kokonaisuudessaan keskivirhe ja hajonta ovat samaa luokkaa. Jos kuitenkin huomioidaan Vahijärven siltakatve, siellä hajonta olisi luultavasti hieman pienempää. Myös vertailemalla esimerkiksi kuvia 35 ja 49, nähdään myös, että pituuskaltevuuksien erot ovat hieman pienempiä Vahijärvellä kuin Drägsbyssä. Hajontakuvaajissa (kuvat 52–56) nähdään paremmin metsän aiheuttaman katveen vaikutus. Kahden mittauksen välisten poikkeamien 90 % luottamusväli on huomattavasti kapeampi Vahijärvellä kuin Drägsbyssä. Lisäksi Vahijärven poikkeamat ovat jakautuneet normaalimmin kuin Drägsbyssä, jossa poikkeamat ovat enemmän painottuneet nollan toiselle puolelle.

Eri ajokertojen välillä esiintyviin erisuuntaisiin virheisiin voitiin vaikuttaa jonkin verran tekemällä mittauksesta 1 ja 2 yhdistetty malli. Tällöin suuret eri suuntiin menevät virheet näyttivät keskiarvoistuvan. Ilmiö nähdään hyvin kuvan 20 pisteiden 60–100 (n. paalu 450 – 600 m) välillä sekä kuvan 22 pisteiden 120–140 (paalu 800 – 1000 m)

välillä. Muutoin myös yhdistetyt mallit näyttäisivät seuraavan samoja trendejä, kuin erillisten mittauskertojen mallit. Poikkeamat ovat paikoin jopa suurempia kuin mitauskerroilla 1 ja 2.

Tukiasemamittausten korkeuspoikkeamat olivat hyvin samantyyppisiä kuin signaloitun mittauksen, taulukosta 6 sekä kuvista 23 ja 24 nähdään. Hajonta poikkeamissa on hivenen pienempää, koska esimerkiksi silta Vahijärvellä ei vaikuta tukiasemien kautta tapahtuvaan paikannukseen. Hajontakuvaajista 58–59 voidaan tehdä sama havainto. Vaikka hajonta vaaittuihin pisteisiin on keskimäärin pienempi, 90 % luotamusväli kahden mittauksen välillä on kuitenkin samaa luokkaa.

Tukiasemin tehdyllä mittauksilla voidaan tuottaa myös hyviä tuloksia. Tukiasemien kiintopisteet eivät saa olla katvealueella, koska tällöin katve vaikuttaa koko mittaukseen. Tämä voi olla mahdollinen syy Drägsbyn mittauksen tulokseen. Molemmat mitatut pintamallit ovat systemaattisesti vaaittujen pisteiden alapuolella molemmissa mittauksissa. Toisaalta, GPS-paikannustakaan ei voida suoraan pitää syynä tähän, koska tilanne on sama molemmissa mittauksissa. Satelliitit olivat todennäköisesti ehtineet liikkua mittausten välillä ja GPS-tilanne oli selkeästi parempi iltapäivällä. Vaikka mittaus tehtiin loppukesällä ja vaaitus alkukesällä, ei myöskään noin suurta painumaakaan ole voinut tapahtua koko matkalla. Myöskään kiintopisteiden liikkumista ei voida pitää syynä poikkeamaan. Tripodi Oy:n ELY-keskukselle toimittaman työkertomuksen mukaan sovituksessa käytetyn kiintopisteen nro. 1222 korkeus oli ollut 31.12.2012 13,467 m. 13.5.2014 tehdyssä vaaituksessa korkeus oli 13,4642 m (Laitinen 2014/b).

Tässä tutkimuksessa tukiasemat olivat 1 km välein, koska mitattavat kohteet olivat niin lyhyitä. Normaalisissa tilanteissa tukiasemat sijoitettaisiin esimerkiksi 5 tai 10 km välein riippuen käytettävissä olevien tukiasemien määrästä ja mitattavan kohteen pituudesta. Yleisesti voidaan todeta, että mitä suurempi tukiasemien välimatka, sitä suuremmaksi mallin virheet kasvavat. Tämän tutkimuksen perusteella ei voidaan kuitenkaan ottaa kantaa, kuinka tukiasemien välimatka vaikuttaa muodostettavan mallin tarkkuuteen.

Z-koordinaatin tarkkuuden tulosten perusteella ajoneuvolaserkeilaus voisi sopia hyvin tiekohteen kokonaispainuman tai takuuajan lopun painuman tarkasteluun. Tällöin puhutaan usein jopa kymmenien senttimetrien painumista. Tällaisessa mittauksessa laserkeilaus tulisi tehdä joko signaloinnin tai tukiasemien avulla. GPS-paikannuksen aiheuttamista poikkeamista ja niiden hajonnasta johtuen, tarkkuutta olisi kuitenkin hyvä tarkastella kattavammin. Tässä tutkimuksessa tarkkuusparametrit laskettiin koko testikohteen matkalta. Tulokset tulisi laskea esimerkiksi 50 m ja 100 m tieosuuk-silta, jolloin saataisiin kattavampi kuva laserkeilatun pinnan paikallisesta tarkkuudesta.

## 4.2 Pituusprofiilien analyysit

Kaikissa kohteista ja mittauskerroista voidaan havaita, että pituuskaltevuuksien ja kulmamuuutosten laskennan tarkkuus riippuu voimakkaasti käytetyn jännevälän pituudesta. Mitä pitempi käytetty jänneväli on, sitä lähempänä kahden mittauskerran pituuskaltevuuslaskennat ovat toisiaan. Sama ilmiö toistuu myös, kun vertaillaan laserkeilattujen pintamallien pituuskaltevuuksia vaaittujen pisteiden pituuskaltevuuksiin (liite 21). Pitkillä jänneväleillä painumat voidaan hyvin erottaa kulmanmuu-

tos/pituuskaltevuuskuvaajasta (esimerkiksi kuvat 32 ja 39 sekä 50 ja 59). 10 m ja 20 m metrin jännteillä kahden mittauksen väliset erot ovat jo sitä tasoa, että niillä voitaisiin vastata urakoiden yleisiin vaatimuksiin.

Pituuskaltevuudet ja niiden muutokset eivät suuresti riipu korkopisteiden lukemiseen käytetystä menetelmästä. Tämä voidaan havaita vertaamalla kuvia 25 ja 26 sekä 29 ja 30 (tarkemmin liitteestä 15). Erot kahden mittauksen välillä ovat sekä poikkileikkaus että ympyräsovitusmenetelmällä samaa suuruusluokkaa ja riippuvat edelleen enemmän käytetystä jännevälisestä. Ympyräsovitus vastaa kuitenkin paremmin nykyisin yleisimmin käytettävää vaaitusmenetelmää, johon perustuen myös sallitun painuman kriteerit on ilmeisesti määritetty.

Vahijärven kohteessa lyhyillä jänneväleillä ( $L = 1$  m ja  $L = 2$  m) mittaustarkkuus ei ole riittävä, jos tarkoitus on arvioida onko tien pituuskaltevuus muuttunut painumasta johtuen esimerkiksi yli 0,3 % (ks. taulukko 2b). Vielä 2 m jännevälilläkin saadut pituuskaltevuuden erot kahden mittauksen välillä ovat paikoin liian suuria, vaikka todellisuudessa tien pinta oli pysynyt muuttumattomana mittausten välillä. Jännevälillä  $L = 5$  m saadut pituuskaltevuuden erot mittausten välillä olivat pääsääntöisesti alle 0,15 % -yksikköä ja jänneväleillä  $L = 10$  m ja  $L = 20$  m pääsääntöisesti alle 0,1 % -yksikköä.

Signaloinnilla saatava korkeusmäärityksen lisätarkkuus ei näytä lisäävän pituuskaltevuuden muutoksen määritystarkkuutta, ainakaan merkittävästi. Pelkän signaloinnin vaikutusta on tarkasteltu molemmilla mittauskerroilla 1 ja 2. Esimerkiksi kuvista 33 ja 34 nähdään, että kaltevuuserot signaloidun ja signaloimattoman mittauksen välillä ovat keskimäärin pienempiä kuin 1. ja 2. mittauskerran välillä. Lyhyillä jänneväleillä signaloidun ja signaloimattoman erot ovat suuruusluokaltaan 0,2–0,3 % molempiin suuntiin. Pidemmällä jänneväleillä  $L = 10$  m ja  $L = 20$  m erot ovat alle 0,1 % -yksikköä.

Drägsbyssä havainnot ovat saman tyyppisiä, kuin Vahijärvellä, mutta huojunta mittausten välillä on hieman suurempaa. Drägsbyssä alle 0,1 % erojen päästään ainoastaan 20 m jännevälillä. Mittausalueen keskivälillä (noin plv 450–850) tienpinta on suunnilleen samassa kunnossa kuin Vahijärven kohteessa, joten siltä osin mittaustulosten erot lienevät selitettävissä peitteisemmällä maastolla.

Geotrimin (signaloitu mittaus) ja Nordic Scan Centerin (tukiasemamittaus) laitteistoissa ei vaikuttaisi olevan suurta eroa kulmanmuutosten suhteen. Tämä nähdään esimerkiksi kuvista 39 ja 44, joiden keskilinjan kulmamuuotoskuvaajat ovat lähes identtiset (tarkemmin liitteessä 20). Molemmissa laitteissa erot ovat pääsääntöisesti alle 0,1 % kahden mittauksen välillä, pitkillä jänneväleillä laskettuna (kuva 40, 45). Laitteistojen välillä on eroa, kuten nähdään kuvasta 46, mutta ne ovat samaa luokkaa kuin samalla laitteella tehtyjen kahden mittauksen välillä. Liitteestä 20 voidaan havaita kuitenkin, että pitkillä jänneväleillä ( $L = 20$  m) tukiasemamittauksen huojunta on pienempää kuin signaloidun mittauksen. Tämä on selitettävissä todennäköisesti Nordic Scan Centerin uudemmalla ja kehittyneemmällä laitteistolla.

## 4.3 Toistettavuus

Tilastolliset toistettavuusanalyysit antoivat kokonaisuudessaan hyviä tuloksia. Korrelaatiot mittausten välillä olivat lähes 100 %. Mittausten välisten korkeuspoikkeamien hajonnat olivat odotetunlaisia. Keskivirhe lähenee nollaa, mutta hajontaa on jonkin verran. Toistojen 90 % luottamus väli on siedettävällä tasolla varsinkin Vahijärven mittauksilla, koska siellä paikannus oli laadukkaampaa. Tukiasemamittauksen hajonta on pienintä, mutta sen virhe näyttäisi painottuvan eniten nollan toiselle puolelle.

Gage-R&R-testin tulokset olivat myös hyviä. Kokonaisuudessaan mittausten Gage-R&R-arvo oli kaikissa tapauksissa alle 10 %. Mittauksia voidaan tämän perusteella pitää erittäin luotettavina. 100 kpl otannoilla peräkkäisiltä paaluilta tulokset saattoivat olla yli 30 %, mutta tämä on selitettävissä peräkkäisten havaintojen autokorreloitumisella, jolloin tulos vääristyy. Toisin sanoen peräkkäisten tulokset riippuvat aina toisistaan. Oikeaoppisesti testi olisi pitänyt tehdä useammalla 100 havainnon satunnaisotannalla 1000 kpl seteistä. Tähän ei kuitenkaan ajallisesti kyetty. (Virtala 2014 b-d)

## 4.4 Jatkotutkimus- ja kehitystarpeet

Tämän pilotin tulosten perusteella ajoneuvolaserkeilauksella voidaan tuottaa riittävän tarkka malli, jotta se on hyödynnettävissä tien painumien seurantaan. Tässä projektissa ei ollut mahdollista mitata samaa kohdetta ennen ja jälkeen painuman, mikä olisi mahdollistanut painumien laskennan 3D-mallien avulla. Tällä hetkellä on vielä epäselvää mikä olisi tarkoituksenmukaisin tapa asettaa ja määrittää tien pinnan painuma- ja routanousukriteerit. Niiden määrittelyyn ja valintaan vaikuttavat osaltaan käytettävissä olevien (uusimpien) mittausmenetelmien tarkkuus ja toistettavuus.

Seuraavassa vaiheessa on tarpeen kehittää painumien tunnuslukujen mittaamista 3D-mallien perusteella. Kattavan 3D-mallin avulla on mahdollista tarkastella painumia tarkemmilla matemaattisilla menetelmillä kuin pelkästään eri jänneväleillä laskettujen pituuskaltevuuksien avulla. Esimerkiksi tien linjan muotoa hyvin kuvaavan spline-käyrän analysointi voisi olla tällainen menetelmä. Väylän korkeussuuntaisen painuman ja pituuskaltevuusmuutosten laskenta sekä visualisointi mallien avulla edellyttää myös uusien ohjelmistotyökalujen kehittämistä ja pilotointia. Muita jatkotutkimustarpeita ovat esimerkiksi ajoneuvolaserkeilauksen hyödyntäminen tien näkemien, kaltevuuksien ja mahdollisesti myös ”ajomukavuuden tunnuslukujen” mittauksessa ja mallintamisessa.

## 5 Yhteenveto

Ajoneuvolaserkeilauksen tuottamasta pistepilvi- ja kuva-aineistosta voidaan jalostaa aiempaa tarkempi ja kattavampi malli väylän pinnan muodoista. Tämän projektin tavoitteena oli selvittää ajoneuvolaserkeilauksen soveltuvuutta väylien painumien seurantaan ja mallipohjaiseen tarkasteluun. Pilotissa selvitettiin eri ajoneuvolaserkeilauslaitteilla ja mittausmenetelmillä tuotettavien 3D-mallien tarkkuutta ja luotettavuutta sekä niiden soveltuvuutta tien painuman että pituuskaltevuuden muutosten laskennan lähtötiedoksi.

3D-mallien tarkkuus- ja soveltuvuustarkastelun testikohteina käytettiin kahta noin yhden kilometrin mittaista tiekohdetta Drägsbyssä ja Vahijärvellä, jotka sijaitsevat Porvoon lähistöllä. Molemmissa kohteissa tiedettiin olevan painumia. Molemmat kohteet mitattiin Trimblen MX8 ja Riegl VMX-450 -laitteistoilla. Molemmilla laitteilla mitaus tehtiin kahteen kertaan, sekä aamupäivällä, että iltapäivällä. Näin voitiin saatiin käsitys myös paikannussatelliittien liikkumisen vaikutuksesta lopputuloksiin. Trimblen laitteistolla tehtiin signaloitu ja signaloimaton mitaus. Riegl:n laitteistolla mitaus tehtiin tukiasemien avulla. Lisäksi kohteita mitattiin referenssimalli tarkkavaaitsemalla. Referenssimallin pisteet oli sijoitettu 5 m välein painumien kohdalla ja muutoin 25 m välein tien reunan maaliviivalle.

Mallinnusprosessin kautta laserkeilatuista pistepilvistä muodostettiin tien pintamalli. Pintamalleja oli jokaisesta kohteesta 4 kpl. Mallien absoluuttista korkeustarkkuutta mitattiin vertailemalla niitä referenssimallin korkeuksiin. Vertailut tehtiin kaikille mitauskerroille ja -menetelmille erikseen. Myös mallien kulmanmuutoksia vertailtiin vaaittuun referenssimalliin.

Mittausteknologian toistotarkkuutta selvitettiin tekemällä useita ajoneuvolaserkeilauksia samoista kohteista eri ajankohtina ja vertaamalla näin saatujen mallien tarkkuutta keskenään. Vertailujen tunnuslukuina käytettiin tien pituuskaltevuuksia sekä pituuskaltevuuden kulmanmuutoksia. Toistettavuutta tutkittiin myös tilastollisin menetelmin. Kahden mittauskerran väliltä laskettiin korrelaatioita sekä poikkeamien jakaumia ja suoritettiin laadunvalvonnassa käytetty Gage-R&R-testi.

Vertailujen tuloksena saatiin suuri määrä tietoa ajoneuvolaserkeilauksen tarkkuuksista ja toistettavuuksista. Tietyillä mittausmenetelmillä 3D-malleissa päästiin hyviin tarkkuuksiin. Esimerkiksi pituuskaltevuuksien laskennassa voidaan päästä oikealla tavalla tarkkuuksiin, jotka toteuttavat urakkavaatimusten raja-arvot. Aineiston keskimääräinen poikkeama oli lähellä nolla, mutta hajonta oli kuitenkin noin 10 mm jokaisessa mallissa. Tällainen tarkkuus riittää kuitenkin hyvin esimerkiksi tie kohteen takuu ajan loppumisen yhteydessä tapahtuvan painuman mittaamiseen. Pystytarkkuudessa on myös huomioitava mahdolliset katvealueet, jotka voivat vaikuttaa tarkkuuteen. Poikkeuksena pystytarkkuuksiin oli Drägsbyn tukiasemamittaus, jossa esiintyi huomattava määrä systemaattista virhettä.

Toistettavuus oli hyvällä tasolla graafisten tarkasteluiden, korrelaatioiden ja Gage-R&R:n mukaan. Gage-R&R-testissä päästiin useilla dataseteillä 10 % tuntumaan. Korrelaation oli lähellä 100 %. Jakaumista nähtävät 90 % luottamusvälit ovat samaa luokkaa kuin korkeusvertailuissa. Vahijärvellä luottamusvälit olivat hieman parempia paremman paikannuksen myötä. Riittävän pitkillä jänneväleillä tehty pituuskaltevuuksien ja niiden kulmanmuutosten vertailu näytti kahden mittauksen välisen poik-

keaman olevan alle 0,1 %, joka on riittävä tarkkuus yleisesti urakoissa määritettyjen raja-arvojen suhteen.

Tämän pilotin tulosten perusteella ajoneuvolaserkeilaus tien painumamittauksessa vaikuttaa lupaavalta. Lisätarkasteluja kuitenkin tarvitaan. Ajoneuvolaserkeilausta voitaisiin ajatella käytettävän esimerkiksi rakennetun tiekohteen takuuajan painuman korkeussuuntaisen absoluuttisen painuman selvittämiseksi. Ajoneuvolaserkeilaus on myös sovellettavissa tien pinnan pituussuuntaisten kaltevuusmuutosten laskennan lähtötiedoksi. Pituuskaltevuuksien ja niiden kulmanmuutosten laskentaan tulee käyttää riittävän pitkiä jännevälejä.

Tässä tutkimuksessa painumien tarkasteluun käytettiin periaatteessa samanlaista tietoa kuin vaaituksella mitattaessa. Tiedon hankintaan vain käytettiin eri menetelmää. Jatkossa tulisi laajemmin tutkia kokonaisuutena uusien mittausmenetelmien ja 3D-mallien tarjoamia hyötyjä niin painumien kuin muidenkin tien kunnon muuttujien tutkimiseen.

## Lähteet

Breyfogle, F, W. 2003. Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods. ISBN 978-0471265726. University of California.

Klemets, A. 2014. Painumamittauspilotti, Trimble MX8 Mobiilikartoitusraportti. Vantaa. Geotrim Oy. Julkaistu 13.6.2014

Laitinen, M. 2014a. Referenssipisteet, Mittausraportti. Destia Oy. Julkaistu 19.8.2014.

Leinonen, J. 2014. Tieväylien päällysteenkorjauksen tietomallipohjaisen suunnittelu-  
menetelmän kehittäminen. Diplomityö. Oulun Yliopisto, vesi- ja geoympäristötek-  
niikka, 78 s.

Liikennevirasto. 2006. Rakenteen parantamisen suunnittelu, Suunnitteluvaiheen oh-  
jeistus. Helsinki, Edita Prima Oy. ISBN 951-803-555-5. TIEH 2100035-v-05. Saatavis-  
sa:

<http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2100035-v-05rakentparantsuun.pdf>

Liikennevirasto. 2012. Tien geotekninen suunnittelu, Liikenneviraston ohjeita  
10/2012. Helsinki. ISBN 978-952-255-141-2

Soininen, A. 2012. Mobile data accuracy – How much control do we need? Verkkodo-  
kumentti. Julkaisupäivä tuntematon. [viitattu 19.11.2013]. Saatavissa:

[http://www.terrasolid.com/download/presentations/2012/mobile\\_accuracy\\_and\\_control.pdf](http://www.terrasolid.com/download/presentations/2012/mobile_accuracy_and_control.pdf)

Suominen, T. 2014. Ajoneuvolaserkeilaus Painumakohteissa, Mittausraportti. Parikka-  
la. Nordic Scan Center Oy. Julkaistu 11.11.2014.

Virtala P.2014/a. Painumamittauksen toistettavuus laserkeilauksella –esitys. Destia  
Oy, Espoo. Julkaistu 21.11.2014.

Virtala, P. 2014/b. Gage-R&R -esitys. Destia Oy, Espoo. Julkaistu 21.11.2014

### Suulliset lähteet

Petäjä, S. 2014. Pilottikokous 14.10.2014. Liikennevirasto, Pasila, Helsinki. Paikalla:  
Sami Petäjä, Kari Lehtonen, Mika Jaakkola, Jussi Leinonen, Matti Laitinen, Heikki On-  
ninen

Laitinen, M. 2014/b. Palvelupäällikkö, Mittauspalvelut, Destia Oy. Sähköpostikeskus-  
telu 20.11.2014.

Virtala, P. 2014/c. Tuotepäällikkö, Tiestötieto, Destia Oy. Sähköpostiviesti. 21.11.2014.

Virtala, P. 2014/d. Tuotepäällikkö, Tiestötieto, Destia Oy. Sähköpostiviesti. 21.11.2014.



## Drägsbyn signaloimattoman pintamallin vertailuraportti 1 referenssimalliin

Number	Easting	Northing	Known Z	Laser Z	Dz
1	477490.556	6695739.793	13.464	outside	*
2	476345.925	6695479.022	16.020	15.981	-0.039
3	476346.332	6695470.590	15.693	15.661	-0.032
4	476370.919	6695479.843	15.978	15.943	-0.035
5	476371.007	6695472.693	15.874	15.847	-0.027
6	476395.900	6695480.765	15.945	15.900	-0.045
7	476396.264	6695473.726	15.919	15.881	-0.038
8	476421.012	6695481.495	15.907	15.855	-0.052
9	476421.020	6695474.478	15.958	15.912	-0.046
10	476445.883	6695482.158	15.958	15.904	-0.054
11	476446.256	6695475.219	16.012	15.955	-0.057
12	476461.233	6695475.715	16.047	15.995	-0.052
13	476466.239	6695475.813	16.054	16.001	-0.053
14	476471.244	6695475.960	16.055	16.005	-0.050
15	476471.373	6695482.880	16.013	15.954	-0.059
16	476476.248	6695476.083	16.045	15.991	-0.054
17	476481.237	6695476.214	16.027	15.971	-0.056
18	476486.265	6695476.339	16.008	15.953	-0.055
19	476491.243	6695476.452	16.002	15.956	-0.046
20	476495.839	6695483.540	16.053	16.002	-0.051
21	476497.053	6695476.614	15.999	15.952	-0.047
22	476502.043	6695476.742	15.991	15.944	-0.047
23	476507.041	6695476.882	15.980	15.932	-0.048
24	476512.057	6695477.020	15.981	15.935	-0.046
25	476517.050	6695477.165	15.988	15.945	-0.043
26	476522.048	6695477.325	16.010	15.968	-0.042
27	476521.914	6695484.305	16.116	16.067	-0.049
28	476527.042	6695477.497	16.047	16.003	-0.044
29	476532.039	6695477.662	16.084	16.040	-0.044
30	476537.010	6695477.836	16.123	16.080	-0.043
31	476542.024	6695478.013	16.159	16.116	-0.043
32	476545.812	6695485.930	16.155	16.102	-0.053
33	476546.189	6695477.848	16.175	16.125	-0.050
34	476551.185	6695478.320	16.231	16.187	-0.044
35	476556.173	6695478.489	16.261	16.216	-0.045
36	476561.192	6695478.705	16.300	16.249	-0.051
37	476566.189	6695478.937	16.348	16.298	-0.050
38	476571.161	6695479.184	16.399	16.343	-0.056
39	476570.807	6695486.248	16.242	16.194	-0.048
40	476576.153	6695479.436	16.431	16.378	-0.053
41	476595.737	6695487.891	16.113	16.058	-0.055
42	476596.117	6695480.814	16.478	16.425	-0.053
43	476620.962	6695483.446	16.431	16.375	-0.056
44	476619.878	6695490.419	15.977	15.928	-0.049
45	476645.689	6695487.290	16.249	16.197	-0.052
46	476645.316	6695494.399	15.719	15.670	-0.049
47	476670.048	6695492.143	15.870	15.818	-0.052
48	476668.827	6695499.133	15.422	15.376	-0.046
49	476694.498	6695498.109	15.214	15.172	-0.042
50	476694.105	6695505.317	14.832	14.787	-0.045
51	476699.360	6695499.380	15.035	14.994	-0.041
52	476698.933	6695506.592	14.678	14.635	-0.043
53	476704.197	6695500.664	14.831	14.787	-0.044
54	476703.773	6695507.873	14.496	14.453	-0.043
55	476708.991	6695502.006	14.615	14.578	-0.037
56	476708.563	6695509.199	14.324	14.285	-0.039
57	476713.816	6695503.367	14.436	14.400	-0.036
58	476713.416	6695510.572	14.234	14.199	-0.035
59	476718.621	6695504.748	14.327	14.292	-0.035
60	476716.815	6695511.554	14.173	14.138	-0.035
61	476723.433	6695506.157	14.230	14.192	-0.038
62	476739.948	6695518.913	13.788	13.767	-0.021
63	476742.716	6695511.346	13.822	13.796	-0.026
64	476752.091	6695514.825	13.712	13.686	-0.026
65	476756.836	6695516.248	13.631	13.603	-0.028
66	476754.433	6695522.906	13.660	13.639	-0.021
67	476761.642	6695517.785	13.501	13.478	-0.023
68	476759.159	6695524.409	13.545	13.523	-0.022
69	476766.392	6695519.241	13.369	13.347	-0.022
70	476763.887	6695525.957	13.443	13.420	-0.023
71	476771.174	6695520.745	13.311	13.296	-0.015
72	476768.697	6695527.496	13.354	13.335	-0.019
73	476775.978	6695522.213	13.206	13.191	-0.015

Liite 1/ 2 (2)

74	476773.481	6695529.019	13.221	13.207	-0.014
75	476780.733	6695523.676	13.116	13.105	-0.011
76	476778.229	6695530.484	13.119	13.107	-0.012
77	476790.266	6695526.665	13.007	13.002	-0.005
78	476787.770	6695533.480	13.006	13.006	+0.000
79	476813.777	6695534.028	12.902	12.919	+0.017
80	476811.560	6695540.901	12.900	12.917	+0.017
81	476838.015	6695541.547	12.867	12.900	+0.033
82	476835.481	6695548.312	12.840	12.874	+0.034
83	476861.947	6695548.861	12.967	13.007	+0.040
84	476860.258	6695555.925	12.938	12.985	+0.047
85	476885.827	6695556.250	12.906	12.955	+0.049
86	476883.269	6695563.055	12.910	12.959	+0.049
87	476909.626	6695563.714	12.852	12.922	+0.070
88	476907.730	6695570.662	12.822	12.886	+0.064
89	476933.606	6695570.824	12.867	12.940	+0.073
90	476931.183	6695578.255	12.820	12.900	+0.080
91	476957.131	6695578.512	12.832	12.923	+0.091
92	476955.235	6695585.498	12.802	12.887	+0.085
93	476981.277	6695586.007	12.870	12.963	+0.093
94	476978.988	6695592.879	12.856	12.950	+0.094
95	476986.038	6695587.486	12.840	12.935	+0.095
96	476983.760	6695594.350	12.829	12.926	+0.097
97	476990.816	6695588.957	12.811	12.909	+0.098
98	476988.531	6695595.841	12.800	12.899	+0.099
99	476995.579	6695590.442	12.794	12.889	+0.095
100	476993.314	6695597.328	12.769	12.868	+0.099
101	477000.392	6695591.970	12.787	12.887	+0.100
102	476998.069	6695598.780	12.752	12.857	+0.105
103	477005.164	6695593.438	12.773	12.874	+0.101
104	477002.885	6695600.245	12.743	12.847	+0.104
105	477009.939	6695594.911	12.758	12.862	+0.104
106	477007.614	6695601.696	12.724	12.831	+0.107
107	477014.667	6695596.398	12.749	12.852	+0.103
108	477012.412	6695603.188	12.719	12.829	+0.110
109	477019.477	6695597.872	12.757	12.855	+0.098
110	477017.168	6695604.685	12.750	12.859	+0.109
111	477024.278	6695599.360	12.786	12.888	+0.102
112	477022.895	6695606.466	12.806	12.912	+0.106
113	477029.044	6695600.824	12.823	12.923	+0.100
114	477026.717	6695607.657	12.839	12.945	+0.106
115	477033.804	6695602.284	12.846	12.946	+0.100
116	477031.519	6695609.149	12.853	12.958	+0.105
117	477038.538	6695603.759	12.868	12.969	+0.101
118	477050.417	6695615.056	12.856	12.957	+0.101
119	477052.698	6695608.135	12.874	12.973	+0.099
120	477074.452	6695622.545	12.777	12.880	+0.103
121	477076.729	6695615.689	12.789	12.885	+0.096
122	477098.366	6695630.109	12.778	12.881	+0.103
123	477100.484	6695623.138	12.795	12.893	+0.098
124	477122.078	6695637.871	12.699	12.804	+0.105
125	477124.476	6695630.396	12.708	12.814	+0.106
126	477145.971	6695644.980	12.658	12.765	+0.107
127	477148.099	6695638.039	12.658	12.768	+0.110
128	477172.110	6695645.559	12.646	12.758	+0.112
129	477169.859	6695652.379	12.632	12.748	+0.116
130	477176.947	6695647.065	12.659	12.770	+0.111
131	477174.672	6695653.876	12.667	12.778	+0.111
132	477181.684	6695648.518	12.720	12.831	+0.111
133	477179.483	6695655.349	12.722	12.831	+0.109
134	477186.464	6695649.997	12.822	12.935	+0.113
135	477184.283	6695656.874	12.826	12.933	+0.107
136	477191.244	6695651.479	12.907	13.024	+0.117
137	477189.071	6695658.367	12.909	13.016	+0.107
138	477195.854	6695652.925	12.939	13.052	+0.113
139	477193.773	6695659.794	12.954	13.065	+0.111
140	477241.632	6695674.609	13.284	13.394	+0.110
141	477289.352	6695689.643	13.462	13.558	+0.096
142	477315.623	6695689.039	13.350	13.430	+0.080
143	477312.527	6695698.346	13.304	13.390	+0.086
144	477339.384	6695696.348	13.266	13.343	+0.077
145	477336.217	6695706.663	13.232	13.313	+0.081
146	477363.791	6695702.629	13.151	13.232	+0.081
147	477358.984	6695716.932	13.210	outside	*

Average dz	+0.022	Minimum dz	-0.059
Maximum dz	+0.117	Average magnitude	0.064
Root mean square	0.072	Std deviation	0.069

## Drägsbyn signaloimattoman pintamallin vertailuraportti referenssimalliin

Number	Easting	Northing	Known Z	Laser Z	Dz
1	477490.556	6695739.793	13.464	outside	*
2	476345.925	6695479.022	16.020	15.991	-0.029
3	476346.332	6695470.590	15.693	15.658	-0.035
4	476370.919	6695479.843	15.978	15.942	-0.036
5	476371.007	6695472.693	15.874	15.844	-0.030
6	476395.900	6695480.765	15.945	15.913	-0.032
7	476396.264	6695473.726	15.919	15.888	-0.031
8	476421.012	6695481.495	15.907	15.872	-0.035
9	476421.020	6695474.478	15.958	15.929	-0.029
10	476445.883	6695482.158	15.958	15.921	-0.037
11	476446.256	6695475.219	16.012	15.975	-0.037
12	476461.233	6695475.715	16.047	16.005	-0.042
13	476466.239	6695475.813	16.054	16.007	-0.047
14	476471.244	6695475.960	16.055	16.003	-0.052
15	476471.373	6695482.880	16.013	15.968	-0.045
16	476476.248	6695476.083	16.045	15.995	-0.050
17	476481.237	6695476.214	16.027	15.970	-0.057
18	476486.265	6695476.339	16.008	15.954	-0.054
19	476491.243	6695476.452	16.002	15.948	-0.054
20	476495.839	6695483.540	16.053	16.004	-0.049
21	476497.053	6695476.614	15.999	15.945	-0.054
22	476502.043	6695476.742	15.991	15.933	-0.058
23	476507.041	6695476.882	15.980	15.925	-0.055
24	476512.057	6695477.020	15.981	15.921	-0.060
25	476517.050	6695477.165	15.988	15.929	-0.059
26	476522.048	6695477.325	16.010	15.955	-0.055
27	476521.914	6695484.305	16.116	16.070	-0.046
28	476527.042	6695477.497	16.047	15.988	-0.059
29	476532.039	6695477.662	16.084	16.031	-0.053
30	476537.010	6695477.836	16.123	16.072	-0.051
31	476542.024	6695478.013	16.159	16.108	-0.051
32	476545.812	6695485.930	16.155	16.110	-0.045
33	476546.189	6695477.848	16.175	16.124	-0.051
34	476551.185	6695478.320	16.231	16.184	-0.047
35	476556.173	6695478.489	16.261	16.218	-0.043
36	476561.192	6695478.705	16.300	16.257	-0.043
37	476566.189	6695478.937	16.348	16.309	-0.039
38	476571.161	6695479.184	16.399	16.359	-0.040
39	476570.807	6695486.248	16.242	16.204	-0.038
40	476576.153	6695479.436	16.431	16.396	-0.035
41	476595.737	6695487.891	16.113	16.082	-0.031
42	476596.117	6695480.814	16.478	16.446	-0.032
43	476620.962	6695483.446	16.431	16.405	-0.026
44	476619.878	6695490.419	15.977	15.953	-0.024
45	476645.689	6695487.290	16.249	16.224	-0.025
46	476645.316	6695494.399	15.719	15.698	-0.021
47	476670.048	6695492.143	15.870	15.841	-0.029
48	476668.827	6695499.133	15.422	15.399	-0.023
49	476694.498	6695498.109	15.214	15.205	-0.009
50	476694.105	6695505.317	14.832	14.817	-0.015
51	476699.360	6695499.380	15.035	15.028	-0.007
52	476698.933	6695506.592	14.678	14.669	-0.009
53	476704.197	6695500.664	14.831	14.819	-0.012
54	476703.773	6695507.873	14.496	14.493	-0.003
55	476708.991	6695502.006	14.615	14.609	-0.006
56	476708.563	6695509.199	14.324	14.318	-0.006
57	476713.816	6695503.367	14.436	14.434	-0.002
58	476713.416	6695510.572	14.234	14.233	-0.001
59	476718.621	6695504.748	14.327	14.322	-0.005
60	476716.815	6695511.554	14.173	14.165	-0.008
61	476723.433	6695506.157	14.230	14.225	-0.005
62	476739.948	6695518.913	13.788	13.790	+0.002
63	476742.716	6695511.346	13.822	13.815	-0.007
64	476752.091	6695514.825	13.712	13.706	-0.006
65	476756.836	6695516.248	13.631	13.618	-0.013
66	476754.433	6695522.906	13.660	13.655	-0.005
67	476761.642	6695517.785	13.501	13.489	-0.012
68	476759.159	6695524.409	13.545	13.540	-0.005
69	476766.392	6695519.241	13.369	13.365	-0.004
70	476763.887	6695525.957	13.443	13.441	-0.002
71	476771.174	6695520.745	13.311	13.305	-0.006
72	476768.697	6695527.496	13.354	13.343	-0.011
73	476775.978	6695522.213	13.206	13.196	-0.010

Liite 2 / 2 (2)

74	476773.481	6695529.019	13.221	13.219	-0.002
75	476780.733	6695523.676	13.116	13.109	-0.007
76	476778.229	6695530.484	13.119	13.116	-0.003
77	476790.266	6695526.665	13.007	13.006	-0.001
78	476787.770	6695533.480	13.006	13.013	+0.007
79	476813.777	6695534.028	12.902	12.917	+0.015
80	476811.560	6695540.901	12.900	12.920	+0.020
81	476838.015	6695541.547	12.867	12.892	+0.025
82	476835.481	6695548.312	12.840	12.866	+0.026
83	476861.947	6695548.861	12.967	12.992	+0.025
84	476860.258	6695555.925	12.938	12.971	+0.033
85	476885.827	6695556.250	12.906	12.935	+0.029
86	476883.269	6695563.055	12.910	12.944	+0.034
87	476909.626	6695563.714	12.852	12.896	+0.044
88	476907.730	6695570.662	12.822	12.868	+0.046
89	476933.606	6695570.824	12.867	12.910	+0.043
90	476931.183	6695578.255	12.820	12.874	+0.054
91	476957.131	6695578.512	12.832	12.883	+0.051
92	476955.235	6695585.498	12.802	12.855	+0.053
93	476981.277	6695586.007	12.870	12.915	+0.045
94	476978.988	6695592.879	12.856	12.910	+0.054
95	476986.038	6695587.486	12.840	12.884	+0.044
96	476983.760	6695594.350	12.829	12.881	+0.052
97	476990.816	6695588.957	12.811	12.858	+0.047
98	476988.531	6695595.841	12.800	12.850	+0.050
99	476995.579	6695590.442	12.794	12.841	+0.047
100	476993.314	6695597.328	12.769	12.825	+0.056
101	477000.392	6695591.970	12.787	12.835	+0.048
102	476998.069	6695598.780	12.752	12.811	+0.059
103	477005.164	6695593.438	12.773	12.824	+0.051
104	477002.885	6695600.245	12.743	12.801	+0.058
105	477009.939	6695594.911	12.758	12.814	+0.056
106	477007.614	6695601.696	12.724	12.785	+0.061
107	477014.667	6695596.398	12.749	12.799	+0.050
108	477012.412	6695603.188	12.719	12.774	+0.055
109	477019.477	6695597.872	12.757	12.809	+0.052
110	477017.168	6695604.685	12.750	12.802	+0.052
111	477024.278	6695599.360	12.786	12.841	+0.055
112	477022.895	6695606.466	12.806	12.864	+0.058
113	477029.044	6695600.824	12.823	12.874	+0.051
114	477026.717	6695607.657	12.839	12.898	+0.059
115	477033.804	6695602.284	12.846	12.899	+0.053
116	477031.519	6695609.149	12.853	12.910	+0.057
117	477038.538	6695603.759	12.868	12.909	+0.041
118	477050.417	6695615.056	12.856	12.901	+0.045
119	477052.698	6695608.135	12.874	12.918	+0.044
120	477074.452	6695622.545	12.777	12.815	+0.038
121	477076.729	6695615.689	12.789	12.827	+0.038
122	477098.366	6695630.109	12.778	12.812	+0.034
123	477100.484	6695623.138	12.795	12.826	+0.031
124	477122.078	6695637.871	12.699	12.721	+0.022
125	477124.476	6695630.396	12.708	12.727	+0.019
126	477145.971	6695644.980	12.658	12.669	+0.011
127	477148.099	6695638.039	12.658	12.667	+0.009
128	477172.110	6695645.559	12.646	12.642	-0.004
129	477169.859	6695652.379	12.632	12.630	-0.002
130	477176.947	6695647.065	12.659	12.653	-0.006
131	477174.672	6695653.876	12.667	12.660	-0.007
132	477181.684	6695648.518	12.720	12.711	-0.009
133	477179.483	6695655.349	12.722	12.716	-0.006
134	477186.464	6695649.997	12.822	12.814	-0.008
135	477184.283	6695656.874	12.826	12.817	-0.009
136	477191.244	6695651.479	12.907	12.892	-0.015
137	477189.071	6695658.367	12.909	12.901	-0.008
138	477195.854	6695652.925	12.939	12.924	-0.015
139	477193.773	6695659.794	12.954	12.940	-0.014
140	477241.632	6695674.609	13.284	13.255	-0.029
141	477289.352	6695689.643	13.462	13.440	-0.022
142	477315.623	6695689.039	13.350	13.326	-0.024
143	477312.527	6695698.346	13.304	13.292	-0.012
144	477339.384	6695696.348	13.266	13.250	-0.016
145	477336.217	6695706.663	13.232	13.226	-0.006
146	477363.791	6695702.629	13.151	13.138	-0.013
147	477358.984	6695716.932	13.210	outside	*

Average dz	-0.002	Minimum dz	-0.060
Maximum dz	+0.061	Average magnitude	0.031
Root mean square	0.037	Std deviation	0.037

## Drägsbyn signaloidun pintamallin vertailuraportti 1 referenssimalliin

Number	Easting	Northing	Known Z	Laser Z	Dz
1	477490.556	6695739.793	13.464	outside	*
2	476345.925	6695479.022	16.020	16.015	-0.005
3	476346.332	6695470.590	15.693	15.694	+0.001
4	476370.919	6695479.843	15.978	15.976	-0.002
5	476371.007	6695472.693	15.874	15.881	+0.007
6	476395.900	6695480.765	15.945	15.949	+0.004
7	476396.264	6695473.726	15.919	15.919	+0.000
8	476421.012	6695481.495	15.907	15.896	-0.011
9	476421.020	6695474.478	15.958	15.953	-0.005
10	476445.883	6695482.158	15.958	15.938	-0.020
11	476446.256	6695475.219	16.012	16.001	-0.011
12	476461.233	6695475.715	16.047	16.036	-0.011
13	476466.239	6695475.813	16.054	16.039	-0.015
14	476471.244	6695475.960	16.055	16.036	-0.019
15	476471.373	6695482.880	16.013	15.998	-0.015
16	476476.248	6695476.083	16.045	16.028	-0.017
17	476481.237	6695476.214	16.027	16.008	-0.019
18	476486.265	6695476.339	16.008	15.996	-0.012
19	476491.243	6695476.452	16.002	15.993	-0.009
20	476495.839	6695483.540	16.053	16.044	-0.009
21	476497.053	6695476.614	15.999	15.994	-0.005
22	476502.043	6695476.742	15.991	15.986	-0.005
23	476507.041	6695476.882	15.980	15.977	-0.003
24	476512.057	6695477.020	15.981	15.980	-0.001
25	476517.050	6695477.165	15.988	15.989	+0.001
26	476522.048	6695477.325	16.010	16.011	+0.001
27	476521.914	6695484.305	16.116	16.118	+0.002
28	476527.042	6695477.497	16.047	16.050	+0.003
29	476532.039	6695477.662	16.084	16.086	+0.002
30	476537.010	6695477.836	16.123	16.122	-0.001
31	476542.024	6695478.013	16.159	16.160	+0.001
32	476545.812	6695485.930	16.155	16.151	-0.004
33	476546.189	6695477.848	16.175	16.170	-0.005
34	476551.185	6695478.320	16.231	16.227	-0.004
35	476556.173	6695478.489	16.261	16.262	+0.001
36	476561.192	6695478.705	16.300	16.297	-0.003
37	476566.189	6695478.937	16.348	16.345	-0.003
38	476571.161	6695479.184	16.399	16.393	-0.006
39	476570.807	6695486.248	16.242	16.237	-0.005
40	476576.153	6695479.436	16.431	16.422	-0.009
41	476595.737	6695487.891	16.113	16.104	-0.009
42	476596.117	6695480.814	16.478	16.471	-0.007
43	476620.962	6695483.446	16.431	16.417	-0.014
44	476619.878	6695490.419	15.977	15.964	-0.013
45	476645.689	6695487.290	16.249	16.237	-0.012
46	476645.316	6695494.399	15.719	15.701	-0.018
47	476670.048	6695492.143	15.870	15.852	-0.018
48	476668.827	6695499.133	15.422	15.402	-0.020
49	476694.498	6695498.109	15.214	15.201	-0.013
50	476694.105	6695505.317	14.832	14.817	-0.015
51	476699.360	6695499.380	15.035	15.025	-0.010
52	476698.933	6695506.592	14.678	14.662	-0.016
53	476704.197	6695500.664	14.831	14.819	-0.012
54	476703.773	6695507.873	14.496	14.480	-0.016
55	476708.991	6695502.006	14.615	14.606	-0.009
56	476708.563	6695509.199	14.324	14.309	-0.015
57	476713.816	6695503.367	14.436	14.425	-0.011
58	476713.416	6695510.572	14.234	14.220	-0.014
59	476718.621	6695504.748	14.327	14.320	-0.007
60	476716.815	6695511.554	14.173	14.161	-0.012
61	476723.433	6695506.157	14.230	14.222	-0.008
62	476739.948	6695518.913	13.788	13.781	-0.007
63	476742.716	6695511.346	13.822	13.820	-0.002
64	476752.091	6695514.825	13.712	13.707	-0.005
65	476756.836	6695516.248	13.631	13.621	-0.010
66	476754.433	6695522.906	13.660	13.652	-0.008
67	476761.642	6695517.785	13.501	13.495	-0.006
68	476759.159	6695524.409	13.545	13.535	-0.010
69	476766.392	6695519.241	13.369	13.361	-0.008
70	476763.887	6695525.957	13.443	13.432	-0.011
71	476771.174	6695520.745	13.311	13.304	-0.007
72	476768.697	6695527.496	13.354	13.339	-0.015
73	476775.978	6695522.213	13.206	13.198	-0.008

Liite 3 / 2 (2)

74	476773.481	6695529.019	13.221	13.204	-0.017
75	476780.733	6695523.676	13.116	13.111	-0.005
76	476778.229	6695530.484	13.119	13.103	-0.016
77	476790.266	6695526.665	13.007	13.003	-0.004
78	476787.770	6695533.480	13.006	12.990	-0.016
79	476813.777	6695534.028	12.902	12.907	+0.005
80	476811.560	6695540.901	12.900	12.893	-0.007
81	476838.015	6695541.547	12.867	12.875	+0.008
82	476835.481	6695548.312	12.840	12.838	-0.002
83	476861.947	6695548.861	12.967	12.972	+0.005
84	476860.258	6695555.925	12.938	12.935	-0.003
85	476885.827	6695556.250	12.906	12.908	+0.002
86	476883.269	6695563.055	12.910	12.908	-0.002
87	476909.626	6695563.714	12.852	12.859	+0.007
88	476907.730	6695570.662	12.822	12.819	-0.003
89	476933.606	6695570.824	12.867	12.867	+0.000
90	476931.183	6695578.255	12.820	12.822	+0.002
91	476957.131	6695578.512	12.832	12.847	+0.015
92	476955.235	6695585.498	12.802	12.805	+0.003
93	476981.277	6695586.007	12.870	12.887	+0.017
94	476978.988	6695592.879	12.856	12.861	+0.005
95	476986.038	6695587.486	12.840	12.854	+0.014
96	476983.760	6695594.350	12.829	12.838	+0.009
97	476990.816	6695588.957	12.811	12.825	+0.014
98	476988.531	6695595.841	12.800	12.810	+0.010
99	476995.579	6695590.442	12.794	12.806	+0.012
100	476993.314	6695597.328	12.769	12.780	+0.011
101	477000.392	6695591.970	12.787	12.799	+0.012
102	476998.069	6695598.780	12.752	12.766	+0.014
103	477005.164	6695593.438	12.773	12.789	+0.016
104	477002.885	6695600.245	12.743	12.757	+0.014
105	477009.939	6695594.911	12.758	12.778	+0.020
106	477007.614	6695601.696	12.724	12.736	+0.012
107	477014.667	6695596.398	12.749	12.765	+0.016
108	477012.412	6695603.188	12.719	12.731	+0.012
109	477019.477	6695597.872	12.757	12.769	+0.012
110	477017.168	6695604.685	12.750	12.764	+0.014
111	477024.278	6695599.360	12.786	12.802	+0.016
112	477022.895	6695606.466	12.806	12.817	+0.011
113	477029.044	6695600.824	12.823	12.834	+0.011
114	477026.717	6695607.657	12.839	12.850	+0.011
115	477033.804	6695602.284	12.846	12.857	+0.011
116	477031.519	6695609.149	12.853	12.865	+0.012
117	477038.538	6695603.759	12.868	12.883	+0.015
118	477050.417	6695615.056	12.856	12.864	+0.008
119	477052.698	6695608.135	12.874	12.882	+0.008
120	477074.452	6695622.545	12.777	12.776	-0.001
121	477076.729	6695615.689	12.789	12.792	+0.003
122	477098.366	6695630.109	12.778	12.776	-0.002
123	477100.484	6695623.138	12.795	12.799	+0.004
124	477122.078	6695637.871	12.699	12.697	-0.002
125	477124.476	6695630.396	12.708	12.707	-0.001
126	477145.971	6695644.980	12.658	12.663	+0.005
127	477148.099	6695638.039	12.658	12.667	+0.009
128	477172.110	6695645.559	12.646	12.657	+0.011
129	477169.859	6695652.379	12.632	12.647	+0.015
130	477176.947	6695647.065	12.659	12.671	+0.012
131	477174.672	6695653.876	12.667	12.679	+0.012
132	477181.684	6695648.518	12.720	12.732	+0.012
133	477179.483	6695655.349	12.722	12.734	+0.012
134	477186.464	6695649.997	12.822	12.833	+0.011
135	477184.283	6695656.874	12.826	12.835	+0.009
136	477191.244	6695651.479	12.907	12.919	+0.012
137	477189.071	6695658.367	12.909	12.920	+0.011
138	477195.854	6695652.925	12.939	12.948	+0.009
139	477193.773	6695659.794	12.954	12.967	+0.013
140	477241.632	6695674.609	13.284	13.298	+0.014
141	477289.352	6695689.643	13.462	13.469	+0.007
142	477315.623	6695689.039	13.350	13.345	-0.005
143	477312.527	6695698.346	13.304	13.298	-0.006
144	477339.384	6695696.348	13.266	13.261	-0.005
145	477336.217	6695706.663	13.232	13.225	-0.007
146	477363.791	6695702.629	13.151	13.151	+0.000
147	477358.984	6695716.932	13.210	outside	*

Average dz	-0.001	Minimum dz	-0.020
Maximum dz	+0.020	Average magnitude	0.009
Root mean square	0.010	Std deviation	0.010

## Drägsbyn signaloidun pintamallin vertailuraportti 2 referenssimalliin

Number	Easting	Northing	Known Z	Laser Z	Dz
1	477490.556	6695739.793	13.464	outside	*
2	476345.925	6695479.022	16.020	16.020	+0.000
3	476346.332	6695470.590	15.693	15.693	+0.000
4	476370.919	6695479.843	15.978	15.974	-0.004
5	476371.007	6695472.693	15.874	15.877	+0.003
6	476395.900	6695480.765	15.945	15.946	+0.001
7	476396.264	6695473.726	15.919	15.920	+0.001
8	476421.012	6695481.495	15.907	15.905	-0.002
9	476421.020	6695474.478	15.958	15.961	+0.003
10	476445.883	6695482.158	15.958	15.953	-0.005
11	476446.256	6695475.219	16.012	16.016	+0.004
12	476461.233	6695475.715	16.047	16.041	-0.006
13	476466.239	6695475.813	16.054	16.052	-0.002
14	476471.244	6695475.960	16.055	16.046	-0.009
15	476471.373	6695482.880	16.013	16.006	-0.007
16	476476.248	6695476.083	16.045	16.037	-0.008
17	476481.237	6695476.214	16.027	16.012	-0.015
18	476486.265	6695476.339	16.008	15.991	-0.017
19	476491.243	6695476.452	16.002	15.988	-0.014
20	476495.839	6695483.540	16.053	16.046	-0.007
21	476497.053	6695476.614	15.999	15.984	-0.015
22	476502.043	6695476.742	15.991	15.974	-0.017
23	476507.041	6695476.882	15.980	15.965	-0.015
24	476512.057	6695477.020	15.981	15.972	-0.009
25	476517.050	6695477.165	15.988	15.971	-0.017
26	476522.048	6695477.325	16.010	15.998	-0.012
27	476521.914	6695484.305	16.116	16.114	-0.002
28	476527.042	6695477.497	16.047	16.036	-0.011
29	476532.039	6695477.662	16.084	16.076	-0.008
30	476537.010	6695477.836	16.123	16.118	-0.005
31	476542.024	6695478.013	16.159	16.156	-0.003
32	476545.812	6695485.930	16.155	16.155	+0.000
33	476546.189	6695477.848	16.175	16.170	-0.005
34	476551.185	6695478.320	16.231	16.228	-0.003
35	476556.173	6695478.489	16.261	16.260	-0.001
36	476561.192	6695478.705	16.300	16.303	+0.003
37	476566.189	6695478.937	16.348	16.346	-0.002
38	476571.161	6695479.184	16.399	16.398	-0.001
39	476570.807	6695486.248	16.242	16.245	+0.003
40	476576.153	6695479.436	16.431	16.436	+0.005
41	476595.737	6695487.891	16.113	16.116	+0.003
42	476596.117	6695480.814	16.478	16.478	+0.000
43	476620.962	6695483.446	16.431	16.429	-0.002
44	476619.878	6695490.419	15.977	15.979	+0.002
45	476645.689	6695487.290	16.249	16.243	-0.006
46	476645.316	6695494.399	15.719	15.714	-0.005
47	476670.048	6695492.143	15.870	15.856	-0.014
48	476668.827	6695499.133	15.422	15.412	-0.010
49	476694.498	6695498.109	15.214	15.214	+0.000
50	476694.105	6695505.317	14.832	14.828	-0.004
51	476699.360	6695499.380	15.035	15.037	+0.002
52	476698.933	6695506.592	14.678	14.677	-0.001
53	476704.197	6695500.664	14.831	14.836	+0.005
54	476703.773	6695507.873	14.496	14.495	-0.001
55	476708.991	6695502.006	14.615	14.618	+0.003
56	476708.563	6695509.199	14.324	14.319	-0.005
57	476713.816	6695503.367	14.436	14.448	+0.012
58	476713.416	6695510.572	14.234	14.232	-0.002
59	476718.621	6695504.748	14.327	14.333	+0.006
60	476716.815	6695511.554	14.173	14.172	-0.001
61	476723.433	6695506.157	14.230	14.231	+0.001
62	476739.948	6695518.913	13.788	13.778	-0.010
63	476742.716	6695511.346	13.822	13.818	-0.004
64	476752.091	6695514.825	13.712	13.705	-0.007
65	476756.836	6695516.248	13.631	13.622	-0.009
66	476754.433	6695522.906	13.660	13.648	-0.012
67	476761.642	6695517.785	13.501	13.490	-0.011
68	476759.159	6695524.409	13.545	13.531	-0.014
69	476766.392	6695519.241	13.369	13.361	-0.008
70	476763.887	6695525.957	13.443	13.435	-0.008
71	476771.174	6695520.745	13.311	13.300	-0.011
72	476768.697	6695527.496	13.354	13.337	-0.017
73	476775.978	6695522.213	13.206	13.194	-0.012

Liite 4 / 2 (2)

74	476773.481	6695529.019	13.221	13.209	-0.012
75	476780.733	6695523.676	13.116	13.107	-0.009
76	476778.229	6695530.484	13.119	13.105	-0.014
77	476790.266	6695526.665	13.007	12.996	-0.011
78	476787.770	6695533.480	13.006	12.993	-0.013
79	476813.777	6695534.028	12.902	12.900	-0.002
80	476811.560	6695540.901	12.900	12.890	-0.010
81	476838.015	6695541.547	12.867	12.870	+0.003
82	476835.481	6695548.312	12.840	12.831	-0.009
83	476861.947	6695548.861	12.967	12.968	+0.001
84	476860.258	6695555.925	12.938	12.931	-0.007
85	476885.827	6695556.250	12.906	12.907	+0.001
86	476883.269	6695563.055	12.910	12.901	-0.009
87	476909.626	6695563.714	12.852	12.858	+0.006
88	476907.730	6695570.662	12.822	12.810	-0.012
89	476933.606	6695570.824	12.867	12.868	+0.001
90	476931.183	6695578.255	12.820	12.815	-0.005
91	476957.131	6695578.512	12.832	12.843	+0.011
92	476955.235	6695585.498	12.802	12.798	-0.004
93	476981.277	6695586.007	12.870	12.878	+0.008
94	476978.988	6695592.879	12.856	12.855	-0.001
95	476986.038	6695587.486	12.840	12.849	+0.009
96	476983.760	6695594.350	12.829	12.830	+0.001
97	476990.816	6695588.957	12.811	12.812	+0.001
98	476988.531	6695595.841	12.800	12.807	+0.007
99	476995.579	6695590.442	12.794	12.804	+0.010
100	476993.314	6695597.328	12.769	12.773	+0.004
101	477000.392	6695591.970	12.787	12.802	+0.015
102	476998.069	6695598.780	12.752	12.763	+0.011
103	477005.164	6695593.438	12.773	12.790	+0.017
104	477002.885	6695600.245	12.743	12.755	+0.012
105	477009.939	6695594.911	12.758	12.778	+0.020
106	477007.614	6695601.696	12.724	12.740	+0.016
107	477014.667	6695596.398	12.749	12.771	+0.022
108	477012.412	6695603.188	12.719	12.730	+0.011
109	477019.477	6695597.872	12.757	12.780	+0.023
110	477017.168	6695604.685	12.750	12.762	+0.012
111	477024.278	6695599.360	12.786	12.812	+0.026
112	477022.895	6695606.466	12.806	12.820	+0.014
113	477029.044	6695600.824	12.823	12.842	+0.019
114	477026.717	6695607.657	12.839	12.860	+0.021
115	477033.804	6695602.284	12.846	12.860	+0.014
116	477031.519	6695609.149	12.853	12.868	+0.015
117	477038.538	6695603.759	12.868	12.887	+0.019
118	477050.417	6695615.056	12.856	12.862	+0.006
119	477052.698	6695608.135	12.874	12.890	+0.016
120	477074.452	6695622.545	12.777	12.788	+0.011
121	477076.729	6695615.689	12.789	12.796	+0.007
122	477098.366	6695630.109	12.778	12.784	+0.006
123	477100.484	6695623.138	12.795	12.797	+0.002
124	477122.078	6695637.871	12.699	12.699	+0.000
125	477124.476	6695630.396	12.708	12.700	-0.008
126	477145.971	6695644.980	12.658	12.646	-0.012
127	477148.099	6695638.039	12.658	12.646	-0.012
128	477172.110	6695645.559	12.646	12.626	-0.020
129	477169.859	6695652.379	12.632	12.616	-0.016
130	477176.947	6695647.065	12.659	12.641	-0.018
131	477174.672	6695653.876	12.667	12.649	-0.018
132	477181.684	6695648.518	12.720	12.702	-0.018
133	477179.483	6695655.349	12.722	12.702	-0.020
134	477186.464	6695649.997	12.822	12.800	-0.022
135	477184.283	6695656.874	12.826	12.808	-0.018
136	477191.244	6695651.479	12.907	12.887	-0.020
137	477189.071	6695658.367	12.909	12.888	-0.021
138	477195.854	6695652.925	12.939	12.913	-0.026
139	477193.773	6695659.794	12.954	12.932	-0.022
140	477241.632	6695674.609	13.284	13.254	-0.030
141	477289.352	6695689.643	13.462	13.448	-0.014
142	477315.623	6695689.039	13.350	13.349	-0.001
143	477312.527	6695698.346	13.304	13.295	-0.009
144	477339.384	6695696.348	13.266	13.273	+0.007
145	477336.217	6695706.663	13.232	13.234	+0.002
146	477363.791	6695702.629	13.151	13.161	+0.010
147	477358.984	6695716.932	13.210	outside	*

Average dz	-0.003	Minimum dz	-0.030
Maximum dz	+0.026	Average magnitude	0.009
Root mean square	0.011	Std deviation	0.011



## Vahijärven signaloimattoman pintamallin vertailuraportti 1 referenssimalliin

Number	Easting	Northing	Known Z	Laser Z	Dz
4	473309.665	6711562.234	36.225	36.231	+0.006
5	473300.545	6711556.225	36.472	36.475	+0.003
6	473286.688	6711577.988	35.642	35.643	+0.001
7	473295.288	6711583.170	35.496	35.506	+0.010
8	473282.454	6711603.661	34.753	34.751	-0.002
9	473273.646	6711598.193	34.871	34.871	+0.000
10	473260.714	6711619.373	34.045	34.045	+0.000
11	473269.280	6711624.887	34.071	34.072	+0.001
12	473256.430	6711645.756	33.279	33.283	+0.004
13	473248.418	6711640.806	33.105	33.099	-0.006
14	473236.274	6711662.353	32.523	32.524	+0.001
15	473243.955	6711666.548	32.652	32.659	+0.007
16	473235.997	6711679.866	32.463	32.461	-0.002
17	473228.977	6711675.472	32.353	32.352	-0.001
18	473226.639	6711679.695	32.298	32.298	+0.000
19	473233.449	6711684.144	32.412	32.414	+0.002
20	473230.867	6711688.440	32.354	32.362	+0.008
21	473224.143	6711684.127	32.237	32.239	+0.002
22	473221.673	6711688.503	32.148	32.156	+0.008
23	473228.496	6711692.525	32.272	32.272	+0.000
24	473225.975	6711696.776	32.175	32.181	+0.006
25	473219.274	6711692.720	32.045	32.051	+0.006
26	473216.856	6711697.008	31.925	31.932	+0.007
27	473223.429	6711701.130	32.060	32.068	+0.008
28	473220.961	6711705.366	31.958	31.967	+0.009
29	473214.426	6711701.305	31.823	31.830	+0.007
30	473211.912	6711705.774	31.754	31.765	+0.011
31	473218.445	6711709.663	31.891	31.902	+0.011
32	473215.842	6711714.100	31.852	31.861	+0.009
33	473209.506	6711709.959	31.714	31.723	+0.009
34	473207.020	6711714.335	31.676	31.691	+0.015
35	473213.408	6711718.260	31.810	31.822	+0.012
36	473210.881	6711722.543	31.751	31.765	+0.014
37	473204.545	6711718.640	31.624	31.641	+0.017
38	473202.055	6711722.915	31.570	31.588	+0.018
39	473208.367	6711726.839	31.699	31.711	+0.012
40	473198.964	6711726.996	31.499	31.510	+0.011
41	473206.465	6711731.631	31.659	31.676	+0.017
42	473197.092	6711731.495	31.424	31.439	+0.015
43	473203.250	6711735.606	31.528	31.545	+0.017
44	473200.794	6711739.856	31.401	31.414	+0.013
45	473194.549	6711735.837	31.300	31.323	+0.023
46	473192.055	6711740.046	31.169	31.187	+0.018
47	473198.351	6711744.090	31.271	31.289	+0.018
48	473193.266	6711752.852	31.033	31.053	+0.020
49	473186.768	6711749.059	30.923	30.946	+0.023
50	473174.519	6711770.092	30.685	30.712	+0.027
51	473180.885	6711774.063	30.828	30.848	+0.020
52	473168.372	6711795.542	30.764	30.793	+0.029
53	473161.917	6711791.797	30.644	30.676	+0.032
54	473149.521	6711812.924	30.664	30.702	+0.038
55	473155.807	6711817.055	30.810	30.842	+0.032
56	473143.155	6711838.418	30.835	30.871	+0.036
57	473136.784	6711834.393	30.695	30.731	+0.036
58	473124.069	6711855.410	30.711	30.749	+0.038
59	473130.212	6711859.659	30.840	30.875	+0.035
60	473117.072	6711880.796	30.884	30.918	+0.034
61	473110.668	6711876.832	30.703	30.738	+0.035
62	473104.122	6711902.337	31.025	31.063	+0.038
63	473096.822	6711897.202	30.843	30.879	+0.036
64	473090.041	6711923.258	31.412	31.447	+0.035
65	473083.905	6711918.673	31.315	31.348	+0.033
66	473081.234	6711922.817	31.412	31.441	+0.029
67	473087.453	6711927.283	31.526	31.558	+0.032
68	473084.721	6711931.511	31.673	31.703	+0.030
69	473078.593	6711926.899	31.527	31.552	+0.025
70	473075.836	6711931.160	31.675	31.698	+0.023
71	473082.031	6711935.623	31.843	31.866	+0.023
72	473079.380	6711939.703	32.031	32.051	+0.020
73	473073.231	6711935.222	31.841	31.860	+0.019
74	473076.648	6711943.860	32.213	32.234	+0.021
75	473070.522	6711939.428	32.035	32.060	+0.025
76	473073.785	6711948.194	32.379	32.398	+0.019

Liite 5 / 2 (2)

77	473067.837	6711943.583	32.218	32.238	+0.020
78	473065.051	6711947.855	32.334	32.359	+0.025
79	473071.074	6711952.315	32.463	32.482	+0.019
80	473068.351	6711956.449	32.467	32.488	+0.021
81	473062.305	6711952.035	32.379	32.400	+0.021
82	473059.611	6711956.092	32.378	32.396	+0.018
83	473065.611	6711960.607	32.458	32.477	+0.019
84	473062.878	6711964.726	32.470	32.484	+0.014
85	473056.910	6711960.171	32.378	32.397	+0.019
86	473054.140	6711964.337	32.412	32.431	+0.019
87	473060.186	6711968.727	32.512	32.526	+0.014
88	473057.361	6711972.910	32.578	32.598	+0.020
89	473051.323	6711968.529	32.509	32.526	+0.017
90	473048.629	6711972.559	32.651	32.675	+0.024
91	473054.578	6711977.032	32.680	32.700	+0.020
92	473051.884	6711980.985	32.838	32.856	+0.018
93	473045.812	6711976.656	32.808	32.827	+0.019
94	473049.051	6711985.136	33.044	33.055	+0.011
95	473043.072	6711980.639	32.964	32.989	+0.025
96	473046.099	6711989.436	33.258	33.272	+0.014
97	473040.226	6711984.726	33.134	33.149	+0.015
98	473037.452	6711988.721	33.286	33.305	+0.019
99	473043.294	6711993.494	33.441	33.453	+0.012
100	473040.540	6711997.450	33.580	33.596	+0.016
101	473034.581	6711992.834	33.427	33.445	+0.018
102	473020.259	6712013.107	33.917	33.933	+0.016
103	473026.613	6712017.321	34.037	34.048	+0.011
104	473014.426	6712021.224	34.079	34.091	+0.012
105	473020.459	6712025.960	34.221	34.232	+0.011
106	472999.812	6712041.211	34.438	34.449	+0.011
107	473005.767	6712046.037	34.633	34.645	+0.012
108	472984.320	6712060.941	35.049	35.058	+0.009
109	472991.339	6712066.500	35.321	35.335	+0.014
110	472969.992	6712081.085	35.769	35.786	+0.017
111	472976.600	6712085.804	35.917	35.931	+0.014
112	472954.744	6712101.064	36.587	36.602	+0.015
113	472962.440	6712107.193	36.768	36.784	+0.016
114	472939.584	6712120.649	37.573	37.592	+0.019
115	472948.070	6712127.170	37.800	37.811	+0.011
116	472924.042	6712140.187	38.540	38.554	+0.014
117	472932.227	6712147.553	38.823	38.840	+0.017
118	472908.448	6712159.498	39.619	39.647	+0.028
119	472917.089	6712166.432	39.823	39.847	+0.024
120	472892.620	6712178.724	40.754	40.791	+0.037
121	472900.901	6712186.338	41.031	41.069	+0.038
122	472876.621	6712197.807	41.963	42.016	+0.053
123	472885.405	6712204.844	42.218	42.267	+0.049
124	472860.208	6712216.311	43.153	43.225	+0.072
125	472869.151	6712224.563	43.494	43.559	+0.065
126	472844.370	6712235.489	44.364	44.444	+0.080
127	472852.769	6712242.864	44.623	44.700	+0.077
128	472827.958	6712254.171	45.532	45.625	+0.093
129	472836.328	6712261.739	45.780	45.874	+0.094
130	472811.457	6712272.785	46.848	46.962	+0.114
131	472819.935	6712280.348	47.063	47.173	+0.110
132	472795.149	6712291.301	48.204	48.326	+0.122
133	472803.467	6712298.857	48.377	48.500	+0.123
134	472778.586	6712309.957	49.350	49.476	+0.126
135	472786.679	6712317.688	49.448	49.573	+0.125
136	472762.064	6712328.398	50.369	50.501	+0.132
137	472770.509	6712335.931	50.318	50.441	+0.123
138	472745.479	6712347.122	51.421	51.546	+0.125
139	472754.188	6712354.468	51.204	51.326	+0.122
140	472728.779	6712365.439	52.293	52.412	+0.119
141	472737.969	6712373.491	52.123	52.236	+0.113
1	473278.215	6711574.719	34.246	outside	*
2	473039.148	6711961.603	32.473	outside	*
3	472758.256	6712267.064	51.086	outside	*

Average dz	+0.029
Minimum dz	-0.006
Maximum dz	+0.132
Average magnitude	0.029
Root mean square	0.044
Std deviation	0.033

## Vahijärven signaloimattoman pintamallin vertailuraportti 2 referenssimalliin

Number	Easting	Northing	Known Z	Laser Z	Dz
136	472762.064	6712328.398	50.369	50.451	+0.082
137	472770.509	6712335.931	50.318	50.400	+0.082
139	472754.188	6712354.468	51.204	51.282	+0.078
138	472745.479	6712347.122	51.421	51.496	+0.075
135	472786.679	6712317.688	49.448	49.521	+0.073
140	472728.779	6712365.439	52.293	52.364	+0.071
141	472737.969	6712373.491	52.123	52.191	+0.068
132	472795.149	6712291.301	48.204	48.264	+0.060
133	472803.467	6712298.857	48.377	48.437	+0.060
134	472778.586	6712309.957	49.350	49.406	+0.056
130	472811.457	6712272.785	46.848	46.894	+0.046
78	473065.051	6711947.855	32.334	32.376	+0.042
131	472819.935	6712280.348	47.063	47.104	+0.041
76	473073.785	6711948.194	32.379	32.417	+0.038
75	473070.522	6711939.428	32.035	32.072	+0.037
81	473062.305	6711952.035	32.379	32.416	+0.037
68	473084.721	6711931.511	31.673	31.710	+0.037
74	473076.648	6711943.860	32.213	32.250	+0.037
77	473067.837	6711943.583	32.218	32.255	+0.037
72	473079.380	6711939.703	32.031	32.067	+0.036
80	473068.351	6711956.449	32.467	32.503	+0.036
65	473083.905	6711918.673	31.315	31.350	+0.035
67	473087.453	6711927.283	31.526	31.561	+0.035
79	473071.074	6711952.315	32.463	32.498	+0.035
85	473056.910	6711960.171	32.378	32.412	+0.034
69	473078.593	6711926.899	31.527	31.560	+0.033
70	473075.836	6711931.160	31.675	31.708	+0.033
82	473059.611	6711956.092	32.378	32.411	+0.033
86	473054.140	6711964.337	32.412	32.445	+0.033
89	473051.323	6711968.529	32.509	32.542	+0.033
83	473065.611	6711960.607	32.458	32.490	+0.032
64	473090.041	6711923.258	31.412	31.444	+0.032
66	473081.234	6711922.817	31.412	31.444	+0.032
71	473082.031	6711935.623	31.843	31.873	+0.030
87	473060.186	6711968.727	32.512	32.542	+0.030
88	473057.361	6711972.910	32.578	32.608	+0.030
73	473073.231	6711935.222	31.841	31.870	+0.029
63	473096.822	6711897.202	30.843	30.871	+0.028
91	473054.578	6711977.032	32.680	32.707	+0.027
84	473062.878	6711964.726	32.470	32.496	+0.026
128	472827.958	6712254.171	45.532	45.558	+0.026
94	473049.051	6711985.136	33.044	33.069	+0.025
59	473130.212	6711859.659	30.840	30.865	+0.025
62	473104.122	6711902.337	31.025	31.050	+0.025
60	473117.072	6711880.796	30.884	30.909	+0.025
61	473110.668	6711876.832	30.703	30.727	+0.024
92	473051.884	6711980.985	32.838	32.862	+0.024
97	473040.226	6711984.726	33.134	33.157	+0.023
57	473136.784	6711834.393	30.695	30.718	+0.023
90	473048.629	6711972.559	32.651	32.674	+0.023
129	472836.328	6712261.739	45.780	45.802	+0.022
56	473143.155	6711838.418	30.835	30.856	+0.021
58	473124.069	6711855.410	30.711	30.732	+0.021
93	473045.812	6711976.656	32.808	32.829	+0.021
95	473043.072	6711980.639	32.964	32.985	+0.021
43	473203.250	6711735.606	31.528	31.548	+0.020
101	473034.581	6711992.834	33.427	33.447	+0.020
42	473197.092	6711731.495	31.424	31.444	+0.020
46	473192.055	6711740.046	31.169	31.189	+0.020
47	473198.351	6711744.090	31.271	31.291	+0.020
96	473046.099	6711989.436	33.258	33.278	+0.020
99	473043.294	6711993.494	33.441	33.460	+0.019
44	473200.794	6711739.856	31.401	31.419	+0.018
49	473186.768	6711749.059	30.923	30.941	+0.018
50	473174.519	6711770.092	30.685	30.702	+0.017
55	473155.807	6711817.055	30.810	30.827	+0.017
38	473202.055	6711722.915	31.570	31.587	+0.017
45	473194.549	6711735.837	31.300	31.317	+0.017
54	473149.521	6711812.924	30.664	30.681	+0.017
53	473161.917	6711791.797	30.644	30.660	+0.016
48	473193.266	6711752.852	31.033	31.049	+0.016
40	473198.964	6711726.996	31.499	31.514	+0.015
41	473206.465	6711731.631	31.659	31.674	+0.015

Liite 6 / 2 (2)

126	472844.370	6712235.489	44.364	44.379	+0.015
28	473220.961	6711705.366	31.958	31.971	+0.013
37	473204.545	6711718.640	31.624	31.637	+0.013
52	473168.372	6711795.542	30.764	30.777	+0.013
36	473210.881	6711722.543	31.751	31.764	+0.013
39	473208.367	6711726.839	31.699	31.712	+0.013
33	473209.506	6711709.959	31.714	31.726	+0.012
35	473213.408	6711718.260	31.810	31.822	+0.012
98	473037.452	6711988.721	33.286	33.298	+0.012
100	473040.540	6711997.450	33.580	33.592	+0.012
34	473207.020	6711714.335	31.676	31.687	+0.011
127	472852.769	6712242.864	44.623	44.634	+0.011
30	473211.912	6711705.774	31.754	31.765	+0.011
29	473214.426	6711701.305	31.823	31.833	+0.010
32	473215.842	6711714.100	31.852	31.862	+0.010
51	473180.885	6711774.063	30.828	30.838	+0.010
24	473225.975	6711696.776	32.175	32.184	+0.009
27	473223.429	6711701.130	32.060	32.068	+0.008
31	473218.445	6711709.663	31.891	31.897	+0.006
22	473221.673	6711688.503	32.148	32.154	+0.006
103	473026.613	6712017.321	34.037	34.042	+0.005
25	473219.274	6711692.720	32.045	32.049	+0.004
124	472860.208	6712216.311	43.153	43.156	+0.003
102	473020.259	6712013.107	33.917	33.919	+0.002
26	473216.856	6711697.008	31.925	31.927	+0.002
19	473233.449	6711684.144	32.412	32.413	+0.001
21	473224.143	6711684.127	32.237	32.238	+0.001
104	473014.426	6712021.224	34.079	34.080	+0.001
115	472948.070	6712127.170	37.800	37.800	+0.000
20	473230.867	6711688.440	32.354	32.354	+0.000
110	472969.992	6712081.085	35.769	35.769	+0.000
112	472954.744	6712101.064	36.587	36.587	+0.000
16	473235.997	6711679.866	32.463	32.461	-0.002
107	473005.767	6712046.037	34.633	34.631	-0.002
113	472962.440	6712107.193	36.768	36.766	-0.002
17	473228.977	6711675.472	32.353	32.350	-0.003
23	473228.496	6711692.525	32.272	32.269	-0.003
114	472939.584	6712120.649	37.573	37.570	-0.003
125	472869.151	6712224.563	43.494	43.491	-0.003
15	473243.955	6711666.548	32.652	32.648	-0.004
105	473020.459	6712025.960	34.221	34.217	-0.004
109	472991.339	6712066.500	35.321	35.317	-0.004
122	472876.621	6712197.807	41.963	41.959	-0.004
14	473236.274	6711662.353	32.523	32.519	-0.004
18	473226.639	6711679.695	32.298	32.293	-0.005
119	472917.089	6712166.432	39.823	39.818	-0.005
111	472976.600	6712085.804	35.917	35.911	-0.006
117	472932.227	6712147.553	38.823	38.817	-0.006
108	472984.320	6712060.941	35.049	35.041	-0.008
120	472892.620	6712178.724	40.754	40.746	-0.008
116	472924.042	6712140.187	38.540	38.531	-0.009
118	472908.448	6712159.498	39.619	39.610	-0.009
123	472885.405	6712204.844	42.218	42.209	-0.009
12	473256.430	6711645.756	33.279	33.269	-0.010
106	472999.812	6712041.211	34.438	34.428	-0.010
7	473295.288	6711583.170	35.496	35.484	-0.012
121	472900.901	6712186.338	41.031	41.017	-0.014
5	473300.545	6711556.225	36.472	36.457	-0.015
4	473309.665	6711562.234	36.225	36.209	-0.016
10	473260.714	6711619.373	34.045	34.029	-0.016
13	473248.418	6711640.806	33.105	33.089	-0.016
11	473269.280	6711624.887	34.071	34.054	-0.017
8	473282.454	6711603.661	34.753	34.734	-0.019
9	473273.646	6711598.193	34.871	34.851	-0.020
6	473286.688	6711577.988	35.642	35.620	-0.022
1	473278.215	6711574.719	34.246	outside	*
2	473039.148	6711961.603	32.473	outside	*
3	472758.256	6712267.064	51.086	outside	*

Average dz	+0.017
Minimum dz	-0.022
Maximum dz	+0.082
Average magnitude	0.021
Root mean square	0.028
Std deviation	0.022

## Vahijärven signaloidun pintamallin vertailuraportti 1 referenssimalliin

Number	Easting	Northing	Known Z	Laser Z	Dz
132	472795.149	6712291.301	48.204	48.237	+0.033
133	472803.467	6712298.857	48.377	48.410	+0.033
134	472778.586	6712309.957	49.350	49.379	+0.029
135	472786.679	6712317.688	49.448	49.476	+0.028
131	472819.935	6712280.348	47.063	47.090	+0.027
130	472811.457	6712272.785	46.848	46.873	+0.025
137	472770.509	6712335.931	50.318	50.340	+0.022
136	472762.064	6712328.398	50.369	50.390	+0.021
129	472836.328	6712261.739	45.780	45.797	+0.017
54	473149.521	6711812.924	30.664	30.681	+0.017
139	472754.188	6712354.468	51.204	51.219	+0.015
138	472745.479	6712347.122	51.421	51.434	+0.013
128	472827.958	6712254.171	45.532	45.543	+0.011
58	473124.069	6711855.410	30.711	30.719	+0.008
57	473136.784	6711834.393	30.695	30.703	+0.008
127	472852.769	6712242.864	44.623	44.630	+0.007
55	473155.807	6711817.055	30.810	30.817	+0.007
53	473161.917	6711791.797	30.644	30.650	+0.006
56	473143.155	6711838.418	30.835	30.841	+0.006
46	473192.055	6711740.046	31.169	31.173	+0.004
4	473309.665	6711562.234	36.225	36.229	+0.004
50	473174.519	6711770.092	30.685	30.688	+0.003
109	472991.339	6712066.500	35.321	35.324	+0.003
52	473168.372	6711795.542	30.764	30.766	+0.002
126	472844.370	6712235.489	44.364	44.366	+0.002
140	472728.779	6712365.439	52.293	52.295	+0.002
34	473207.020	6711714.335	31.676	31.677	+0.001
43	473203.250	6711735.606	31.528	31.529	+0.001
47	473198.351	6711744.090	31.271	31.272	+0.001
39	473208.367	6711726.839	31.699	31.700	+0.001
125	472869.151	6712224.563	43.494	43.495	+0.001
37	473204.545	6711718.640	31.624	31.624	+0.000
49	473186.768	6711749.059	30.923	30.923	+0.000
38	473202.055	6711722.915	31.570	31.570	+0.000
45	473194.549	6711735.837	31.300	31.300	+0.000
51	473180.885	6711774.063	30.828	30.828	+0.000
64	473090.041	6711923.258	31.412	31.411	-0.001
66	473081.234	6711922.817	31.412	31.411	-0.001
111	472976.600	6712085.804	35.917	35.916	-0.001
141	472737.969	6712373.491	52.123	52.122	-0.001
36	473210.881	6711722.543	31.751	31.750	-0.001
60	473117.072	6711880.796	30.884	30.883	-0.001
65	473083.905	6711918.673	31.315	31.314	-0.001
33	473209.506	6711709.959	31.714	31.712	-0.002
41	473206.465	6711731.631	31.659	31.657	-0.002
59	473130.212	6711859.659	30.840	30.838	-0.002
61	473110.668	6711876.832	30.703	30.701	-0.002
62	473104.122	6711902.337	31.025	31.023	-0.002
5	473300.545	6711556.225	36.472	36.470	-0.002
7	473295.288	6711583.170	35.496	35.494	-0.002
35	473213.408	6711718.260	31.810	31.807	-0.003
42	473197.092	6711731.495	31.424	31.421	-0.003
44	473200.794	6711739.856	31.401	31.398	-0.003
63	473096.822	6711897.202	30.843	30.840	-0.003
67	473087.453	6711927.283	31.526	31.523	-0.003
26	473216.856	6711697.008	31.925	31.921	-0.004
48	473193.266	6711752.852	31.033	31.029	-0.004
107	473005.767	6712046.037	34.633	34.629	-0.004
124	472860.208	6712216.311	43.153	43.148	-0.005
28	473220.961	6711705.366	31.958	31.953	-0.005
30	473211.912	6711705.774	31.754	31.749	-0.005
68	473084.721	6711931.511	31.673	31.668	-0.005
6	473286.688	6711577.988	35.642	35.637	-0.005
22	473221.673	6711688.503	32.148	32.142	-0.006
25	473219.274	6711692.720	32.045	32.039	-0.006
29	473214.426	6711701.305	31.823	31.817	-0.006
32	473215.842	6711714.100	31.852	31.846	-0.006
95	473043.072	6711980.639	32.964	32.958	-0.006
98	473037.452	6711988.721	33.286	33.280	-0.006
101	473034.581	6711992.834	33.427	33.421	-0.006
23	473228.496	6711692.525	32.272	32.265	-0.007
31	473218.445	6711709.663	31.891	31.884	-0.007
102	473020.259	6712013.107	33.917	33.910	-0.007

Liite 7 / 2 (2)

108	472984.320	6712060.941	35.049	35.042	-0.007
90	473048.629	6711972.559	32.651	32.644	-0.007
123	472885.405	6712204.844	42.218	42.211	-0.007
11	473269.280	6711624.887	34.071	34.063	-0.008
24	473225.975	6711696.776	32.175	32.167	-0.008
100	473040.540	6711997.450	33.580	33.572	-0.008
103	473026.613	6712017.321	34.037	34.029	-0.008
105	473020.459	6712025.960	34.221	34.213	-0.008
110	472969.992	6712081.085	35.769	35.761	-0.008
40	473198.964	6711726.996	31.499	31.491	-0.008
70	473075.836	6711931.160	31.675	31.667	-0.008
8	473282.454	6711603.661	34.753	34.745	-0.008
9	473273.646	6711598.193	34.871	34.863	-0.008
78	473065.051	6711947.855	32.334	32.326	-0.008
88	473057.361	6711972.910	32.578	32.570	-0.008
89	473051.323	6711968.529	32.509	32.501	-0.008
99	473043.294	6711993.494	33.441	33.433	-0.008
15	473243.955	6711666.548	32.652	32.643	-0.009
27	473223.429	6711701.130	32.060	32.051	-0.009
69	473078.593	6711926.899	31.527	31.518	-0.009
71	473082.031	6711935.623	31.843	31.834	-0.009
97	473040.226	6711984.726	33.134	33.125	-0.009
106	472999.812	6712041.211	34.438	34.429	-0.009
10	473260.714	6711619.373	34.045	34.035	-0.010
16	473235.997	6711679.866	32.463	32.453	-0.010
74	473076.648	6711943.860	32.213	32.203	-0.010
75	473070.522	6711939.428	32.035	32.025	-0.010
80	473068.351	6711956.449	32.467	32.457	-0.010
81	473062.305	6711952.035	32.379	32.369	-0.010
91	473054.578	6711977.032	32.680	32.670	-0.010
92	473051.884	6711980.985	32.838	32.828	-0.010
96	473046.099	6711989.436	33.258	33.248	-0.010
86	473054.140	6711964.337	32.412	32.401	-0.011
121	472900.901	6712186.338	41.031	41.020	-0.011
73	473073.231	6711935.222	31.841	31.830	-0.011
12	473256.430	6711645.756	33.279	33.268	-0.011
14	473236.274	6711662.353	32.523	32.512	-0.011
77	473067.837	6711943.583	32.218	32.207	-0.011
79	473071.074	6711952.315	32.463	32.452	-0.011
82	473059.611	6711956.092	32.378	32.367	-0.011
85	473056.910	6711960.171	32.378	32.367	-0.011
104	473014.426	6712021.224	34.079	34.068	-0.011
122	472876.621	6712197.807	41.963	41.952	-0.011
113	472962.440	6712107.193	36.768	36.756	-0.012
19	473233.449	6711684.144	32.412	32.399	-0.013
20	473230.867	6711688.440	32.354	32.341	-0.013
83	473065.611	6711960.607	32.458	32.445	-0.013
93	473045.812	6711976.656	32.808	32.795	-0.013
94	473049.051	6711985.136	33.044	33.031	-0.013
72	473079.380	6711939.703	32.031	32.017	-0.014
87	473060.186	6711968.727	32.512	32.498	-0.014
17	473228.977	6711675.472	32.353	32.338	-0.015
76	473073.785	6711948.194	32.379	32.364	-0.015
84	473062.878	6711964.726	32.470	32.455	-0.015
13	473248.418	6711640.806	33.105	33.089	-0.016
18	473226.639	6711679.695	32.298	32.282	-0.016
21	473224.143	6711684.127	32.237	32.221	-0.016
120	472892.620	6712178.724	40.754	40.738	-0.016
112	472954.744	6712101.064	36.587	36.570	-0.017
118	472908.448	6712159.498	39.619	39.598	-0.021
114	472939.584	6712120.649	37.573	37.551	-0.022
115	472948.070	6712127.170	37.800	37.778	-0.022
119	472917.089	6712166.432	39.823	39.801	-0.022
117	472932.227	6712147.553	38.823	38.797	-0.026
116	472924.042	6712140.187	38.540	38.512	-0.028
1	473278.215	6711574.719	34.246	outside	*
2	473039.148	6711961.603	32.473	outside	*
3	472758.256	6712267.064	51.086	outside	*

Average dz	-0.004
Minimum dz	-0.028
Maximum dz	+0.033
Average magnitude	0.009
Root mean square	0.012
Std deviation	0.011

## Vahijärven signaloidun pintamallin vertailuraportti 2 referenssimalliin

Number	Easting	Northing	Known Z	Laser Z	Dz
137	472770.509	6712335.931	50.318	50.349	+0.031
135	472786.679	6712317.688	49.448	49.477	+0.029
136	472762.064	6712328.398	50.369	50.395	+0.026
133	472803.467	6712298.857	48.377	48.401	+0.024
132	472795.149	6712291.301	48.204	48.224	+0.020
78	473065.051	6711947.855	32.334	32.354	+0.020
80	473068.351	6711956.449	32.467	32.486	+0.019
79	473071.074	6711952.315	32.463	32.480	+0.017
76	473073.785	6711948.194	32.379	32.395	+0.016
81	473062.305	6711952.035	32.379	32.395	+0.016
130	472811.457	6712272.785	46.848	46.864	+0.016
66	473081.234	6711922.817	31.412	31.428	+0.016
77	473067.837	6711943.583	32.218	32.234	+0.016
82	473059.611	6711956.092	32.378	32.394	+0.016
85	473056.910	6711960.171	32.378	32.394	+0.016
86	473054.140	6711964.337	32.412	32.428	+0.016
74	473076.648	6711943.860	32.213	32.228	+0.015
75	473070.522	6711939.428	32.035	32.050	+0.015
89	473051.323	6711968.529	32.509	32.524	+0.015
83	473065.611	6711960.607	32.458	32.472	+0.014
84	473062.878	6711964.726	32.470	32.484	+0.014
131	472819.935	6712280.348	47.063	47.077	+0.014
72	473079.380	6711939.703	32.031	32.044	+0.013
88	473057.361	6711972.910	32.578	32.591	+0.013
90	473048.629	6711972.559	32.651	32.664	+0.013
91	473054.578	6711977.032	32.680	32.693	+0.013
68	473084.721	6711931.511	31.673	31.684	+0.011
87	473060.186	6711968.727	32.512	32.523	+0.011
138	472745.479	6712347.122	51.421	51.432	+0.011
139	472754.188	6712354.468	51.204	51.215	+0.011
71	473082.031	6711935.623	31.843	31.853	+0.010
69	473078.593	6711926.899	31.527	31.537	+0.010
93	473045.812	6711976.656	32.808	32.818	+0.010
64	473090.041	6711923.258	31.412	31.421	+0.009
95	473043.072	6711980.639	32.964	32.973	+0.009
94	473049.051	6711985.136	33.044	33.052	+0.008
129	472836.328	6712261.739	45.780	45.788	+0.008
67	473087.453	6711927.283	31.526	31.534	+0.008
96	473046.099	6711989.436	33.258	33.266	+0.008
73	473073.231	6711935.222	31.841	31.848	+0.007
97	473040.226	6711984.726	33.134	33.141	+0.007
101	473034.581	6711992.834	33.427	33.434	+0.007
70	473075.836	6711931.160	31.675	31.681	+0.006
98	473037.452	6711988.721	33.286	33.292	+0.006
99	473043.294	6711993.494	33.441	33.447	+0.006
43	473203.250	6711735.606	31.528	31.533	+0.005
92	473051.884	6711980.985	32.838	32.843	+0.005
134	472778.586	6712309.957	49.350	49.355	+0.005
65	473083.905	6711918.673	31.315	31.320	+0.005
100	473040.540	6711997.450	33.580	33.584	+0.004
46	473192.055	6711740.046	31.169	31.172	+0.003
37	473204.545	6711718.640	31.624	31.626	+0.002
44	473200.794	6711739.856	31.401	31.403	+0.002
109	472991.339	6712066.500	35.321	35.323	+0.002
111	472976.600	6712085.804	35.917	35.919	+0.002
127	472852.769	6712242.864	44.623	44.625	+0.002
128	472827.958	6712254.171	45.532	45.534	+0.002
38	473202.055	6711722.915	31.570	31.572	+0.002
112	472954.744	6712101.064	36.587	36.589	+0.002
42	473197.092	6711731.495	31.424	31.425	+0.001
113	472962.440	6712107.193	36.768	36.769	+0.001
28	473220.961	6711705.366	31.958	31.958	+0.000
34	473207.020	6711714.335	31.676	31.676	+0.000
35	473213.408	6711718.260	31.810	31.810	+0.000
49	473186.768	6711749.059	30.923	30.923	+0.000
39	473208.367	6711726.839	31.699	31.699	+0.000
45	473194.549	6711735.837	31.300	31.300	+0.000
47	473198.351	6711744.090	31.271	31.271	+0.000
57	473136.784	6711834.393	30.695	30.695	+0.000
117	472932.227	6712147.553	38.823	38.823	+0.000
141	472737.969	6712373.491	52.123	52.123	+0.000
4	473309.665	6711562.234	36.225	36.224	-0.001
24	473225.975	6711696.776	32.175	32.174	-0.001

Liite 8 / 2 (2)

33	473209.506	6711709.959	31.714	31.713	-0.001
41	473206.465	6711731.631	31.659	31.658	-0.001
59	473130.212	6711859.659	30.840	30.839	-0.001
108	472984.320	6712060.941	35.049	35.048	-0.001
110	472969.992	6712081.085	35.769	35.768	-0.001
114	472939.584	6712120.649	37.573	37.572	-0.001
115	472948.070	6712127.170	37.800	37.799	-0.001
103	473026.613	6712017.321	34.037	34.035	-0.002
36	473210.881	6711722.543	31.751	31.749	-0.002
48	473193.266	6711752.852	31.033	31.031	-0.002
62	473104.122	6711902.337	31.025	31.023	-0.002
63	473096.822	6711897.202	30.843	30.841	-0.002
107	473005.767	6712046.037	34.633	34.631	-0.002
126	472844.370	6712235.489	44.364	44.361	-0.003
40	473198.964	6711726.996	31.499	31.496	-0.003
22	473221.673	6711688.503	32.148	32.145	-0.003
29	473214.426	6711701.305	31.823	31.820	-0.003
30	473211.912	6711705.774	31.754	31.751	-0.003
60	473117.072	6711880.796	30.884	30.881	-0.003
119	472917.089	6712166.432	39.823	39.820	-0.003
125	472869.151	6712224.563	43.494	43.491	-0.003
5	473300.545	6711556.225	36.472	36.468	-0.004
124	472860.208	6712216.311	43.153	43.149	-0.004
26	473216.856	6711697.008	31.925	31.921	-0.004
32	473215.842	6711714.100	31.852	31.848	-0.004
7	473295.288	6711583.170	35.496	35.492	-0.004
140	472728.779	6712365.439	52.293	52.288	-0.005
31	473218.445	6711709.663	31.891	31.886	-0.005
50	473174.519	6711770.092	30.685	30.680	-0.005
55	473155.807	6711817.055	30.810	30.805	-0.005
58	473124.069	6711855.410	30.711	30.705	-0.006
20	473230.867	6711688.440	32.354	32.348	-0.006
21	473224.143	6711684.127	32.237	32.231	-0.006
27	473223.429	6711701.130	32.060	32.054	-0.006
54	473149.521	6711812.924	30.664	30.658	-0.006
102	473020.259	6712013.107	33.917	33.911	-0.006
106	472999.812	6712041.211	34.438	34.432	-0.006
10	473260.714	6711619.373	34.045	34.038	-0.007
25	473219.274	6711692.720	32.045	32.038	-0.007
105	473020.459	6712025.960	34.221	34.213	-0.008
51	473180.885	6711774.063	30.828	30.820	-0.008
53	473161.917	6711791.797	30.644	30.636	-0.008
61	473110.668	6711876.832	30.703	30.695	-0.008
104	473014.426	6712021.224	34.079	34.071	-0.008
123	472885.405	6712204.844	42.218	42.210	-0.008
6	473286.688	6711577.988	35.642	35.633	-0.009
17	473228.977	6711675.472	32.353	32.344	-0.009
19	473233.449	6711684.144	32.412	32.403	-0.009
52	473168.372	6711795.542	30.764	30.755	-0.009
116	472924.042	6712140.187	38.540	38.531	-0.009
121	472900.901	6712186.338	41.031	41.022	-0.009
16	473235.997	6711679.866	32.463	32.453	-0.010
18	473226.639	6711679.695	32.298	32.288	-0.010
56	473143.155	6711838.418	30.835	30.825	-0.010
12	473256.430	6711645.756	33.279	33.269	-0.010
118	472908.448	6712159.498	39.619	39.608	-0.011
122	472876.621	6712197.807	41.963	41.952	-0.011
15	473243.955	6711666.548	32.652	32.640	-0.012
8	473282.454	6711603.661	34.753	34.740	-0.013
9	473273.646	6711598.193	34.871	34.858	-0.013
23	473228.496	6711692.525	32.272	32.259	-0.013
14	473236.274	6711662.353	32.523	32.510	-0.013
11	473269.280	6711624.887	34.071	34.057	-0.014
13	473248.418	6711640.806	33.105	33.091	-0.014
120	472892.620	6712178.724	40.754	40.740	-0.014
1	473278.215	6711574.719	34.246	outside	*
2	473039.148	6711961.603	32.473	outside	*
3	472758.256	6712267.064	51.086	outside	*

Average dz	+0.002
Minimum dz	-0.014
Maximum dz	+0.031
Average magnitude	0.008
Root mean square	0.010
Std deviation	0.010



## Vahijärven yhdistetyn signaloidun pintamallin vertailuraportti referenssimalliin

Number	Easting	Northing	Known Z	Laser Z	Dz
1	473278.215	6711574.719	34.246	outside	*
2	473039.148	6711961.603	32.473	outside	*
3	472758.256	6712267.064	51.086	outside	*
4	473309.665	6711562.234	36.225	36.218	-0.007
5	473300.545	6711556.225	36.472	36.463	-0.009
6	473286.688	6711577.988	35.642	35.632	-0.010
7	473295.288	6711583.170	35.496	35.493	-0.003
8	473282.454	6711603.661	34.753	34.746	-0.007
9	473273.646	6711598.193	34.871	34.860	-0.011
10	473260.714	6711619.373	34.045	34.032	-0.013
11	473269.280	6711624.887	34.071	34.062	-0.009
12	473256.430	6711645.756	33.279	33.260	-0.019
13	473248.418	6711640.806	33.105	33.090	-0.015
14	473236.274	6711662.353	32.523	32.511	-0.012
15	473243.955	6711666.548	32.652	32.636	-0.016
16	473235.997	6711679.866	32.463	32.445	-0.018
17	473228.977	6711675.472	32.353	32.334	-0.019
18	473226.639	6711679.695	32.298	32.279	-0.019
19	473233.449	6711684.144	32.412	32.397	-0.015
20	473230.867	6711688.440	32.354	32.338	-0.016
21	473224.143	6711684.127	32.237	32.220	-0.017
22	473221.673	6711688.503	32.148	32.139	-0.009
23	473228.496	6711692.525	32.272	32.260	-0.012
24	473225.975	6711696.776	32.175	32.165	-0.010
25	473219.274	6711692.720	32.045	32.035	-0.010
26	473216.856	6711697.008	31.925	31.913	-0.012
27	473223.429	6711701.130	32.060	32.051	-0.009
28	473220.961	6711705.366	31.958	31.952	-0.006
29	473214.426	6711701.305	31.823	31.814	-0.009
30	473211.912	6711705.774	31.754	31.746	-0.008
31	473218.445	6711709.663	31.891	31.881	-0.010
32	473215.842	6711714.100	31.852	31.845	-0.007
33	473209.506	6711709.959	31.714	31.707	-0.007
34	473207.020	6711714.335	31.676	31.673	-0.003
35	473213.408	6711718.260	31.810	31.805	-0.005
36	473210.881	6711722.543	31.751	31.747	-0.004
37	473204.545	6711718.640	31.624	31.618	-0.006
38	473202.055	6711722.915	31.570	31.568	-0.002
39	473208.367	6711726.839	31.699	31.697	-0.002
40	473198.964	6711726.996	31.499	31.493	-0.006
41	473206.465	6711731.631	31.659	31.656	-0.003
42	473197.092	6711731.495	31.424	31.417	-0.007
43	473203.250	6711735.606	31.528	31.530	+0.002
44	473200.794	6711739.856	31.401	31.401	+0.000
45	473194.549	6711735.837	31.300	31.293	-0.007
46	473192.055	6711740.046	31.169	31.166	-0.003
47	473198.351	6711744.090	31.271	31.270	-0.001
48	473193.266	6711752.852	31.033	31.029	-0.004
49	473186.768	6711749.059	30.923	30.925	+0.002
50	473174.519	6711770.092	30.685	30.681	-0.004
51	473180.885	6711774.063	30.828	30.823	-0.005
52	473168.372	6711795.542	30.764	30.759	-0.005
53	473161.917	6711791.797	30.644	30.636	-0.008
54	473149.521	6711812.924	30.664	30.663	-0.001
55	473155.807	6711817.055	30.810	30.810	+0.000
56	473143.155	6711838.418	30.835	30.835	+0.000
57	473136.784	6711834.393	30.695	30.699	+0.004
58	473124.069	6711855.410	30.711	30.706	-0.005
59	473130.212	6711859.659	30.840	30.838	-0.002
60	473117.072	6711880.796	30.884	30.880	-0.004
61	473110.668	6711876.832	30.703	30.697	-0.006
62	473104.122	6711902.337	31.025	31.026	+0.001
63	473096.822	6711897.202	30.843	30.840	-0.003
64	473090.041	6711923.258	31.412	31.415	+0.003
65	473083.905	6711918.673	31.315	31.314	-0.001
66	473081.234	6711922.817	31.412	31.421	+0.009
67	473087.453	6711927.283	31.526	31.525	-0.001
68	473084.721	6711931.511	31.673	31.675	+0.002
69	473078.593	6711926.899	31.527	31.528	+0.001
70	473075.836	6711931.160	31.675	31.675	+0.000
71	473082.031	6711935.623	31.843	31.846	+0.003
72	473079.380	6711939.703	32.031	32.029	-0.002
73	473073.231	6711935.222	31.841	31.840	-0.001

Liite 9 / 2 (2)

74	473076.648	6711943.860	32.213	32.216	+0.003
75	473070.522	6711939.428	32.035	32.040	+0.005
76	473073.785	6711948.194	32.379	32.377	-0.002
77	473067.837	6711943.583	32.218	32.224	+0.006
78	473065.051	6711947.855	32.334	32.343	+0.009
79	473071.074	6711952.315	32.463	32.463	+0.000
80	473068.351	6711956.449	32.467	32.472	+0.005
81	473062.305	6711952.035	32.379	32.384	+0.005
82	473059.611	6711956.092	32.378	32.383	+0.005
83	473065.611	6711960.607	32.458	32.466	+0.008
84	473062.878	6711964.726	32.470	32.470	+0.000
85	473056.910	6711960.171	32.378	32.380	+0.002
86	473054.140	6711964.337	32.412	32.415	+0.003
87	473060.186	6711968.727	32.512	32.514	+0.002
88	473057.361	6711972.910	32.578	32.581	+0.003
89	473051.323	6711968.529	32.509	32.510	+0.001
90	473048.629	6711972.559	32.651	32.652	+0.001
91	473054.578	6711977.032	32.680	32.680	+0.000
92	473051.884	6711980.985	32.838	32.837	-0.001
93	473045.812	6711976.656	32.808	32.810	+0.002
94	473049.051	6711985.136	33.044	33.039	-0.005
95	473043.072	6711980.639	32.964	32.969	+0.005
96	473046.099	6711989.436	33.258	33.256	-0.002
97	473040.226	6711984.726	33.134	33.134	+0.000
98	473037.452	6711988.721	33.286	33.285	-0.001
99	473043.294	6711993.494	33.441	33.439	-0.002
100	473040.540	6711997.450	33.580	33.577	-0.003
101	473034.581	6711992.834	33.427	33.431	+0.004
102	473020.259	6712013.107	33.917	33.912	-0.005
103	473026.613	6712017.321	34.037	34.033	-0.004
104	473014.426	6712021.224	34.079	34.071	-0.008
105	473020.459	6712025.960	34.221	34.212	-0.009
106	472999.812	6712041.211	34.438	34.434	-0.004
107	473005.767	6712046.037	34.633	34.627	-0.006
108	472984.320	6712060.941	35.049	35.045	-0.004
109	472991.339	6712066.500	35.321	35.318	-0.003
110	472969.992	6712081.085	35.769	35.763	-0.006
111	472976.600	6712085.804	35.917	35.912	-0.005
112	472954.744	6712101.064	36.587	36.585	-0.002
113	472962.440	6712107.193	36.768	36.761	-0.007
114	472939.584	6712120.649	37.573	37.563	-0.010
115	472948.070	6712127.170	37.800	37.789	-0.011
116	472924.042	6712140.187	38.540	38.528	-0.012
117	472932.227	6712147.553	38.823	38.806	-0.017
118	472908.448	6712159.498	39.619	39.605	-0.014
119	472917.089	6712166.432	39.823	39.806	-0.017
120	472892.620	6712178.724	40.754	40.743	-0.011
121	472900.901	6712186.338	41.031	41.020	-0.011
122	472876.621	6712197.807	41.963	41.956	-0.007
123	472885.405	6712204.844	42.218	42.208	-0.010
124	472860.208	6712216.311	43.153	43.148	-0.005
125	472869.151	6712224.563	43.494	43.490	-0.004
126	472844.370	6712235.489	44.364	44.367	+0.003
127	472852.769	6712242.864	44.623	44.625	+0.002
128	472827.958	6712254.171	45.532	45.545	+0.013
129	472836.328	6712261.739	45.780	45.790	+0.010
130	472811.457	6712272.785	46.848	46.872	+0.024
131	472819.935	6712280.348	47.063	47.083	+0.020
132	472795.149	6712291.301	48.204	48.234	+0.030
133	472803.467	6712298.857	48.377	48.403	+0.026
134	472778.586	6712309.957	49.350	49.376	+0.026
135	472786.679	6712317.688	49.448	49.476	+0.028
136	472762.064	6712328.398	50.369	50.399	+0.030
137	472770.509	6712335.931	50.318	50.344	+0.026
138	472745.479	6712347.122	51.421	51.443	+0.022
139	472754.188	6712354.468	51.204	51.224	+0.020
140	472728.779	6712365.439	52.293	52.303	+0.010
141	472737.969	6712373.491	52.123	52.128	+0.005

Average dz	-0.002
Minimum dz	-0.019
Maximum dz	+0.030
Average magnitude	0.008
Root mean square	0.010
Std deviation	0.010

## Drägsbyn yhdistetyn signaloidun pintamallin vertailuraportti referenssimalliin

Number	Easting	Northing	Known Z	Laser Z	Dz
1	477490.556	6695739.793	13.464	outside	*
2	476345.925	6695479.022	16.020	16.016	-0.004
3	476346.332	6695470.590	15.693	15.687	-0.006
4	476370.919	6695479.843	15.978	15.972	-0.006
5	476371.007	6695472.693	15.874	15.874	+0.000
6	476395.900	6695480.765	15.945	15.934	-0.011
7	476396.264	6695473.726	15.919	15.908	-0.011
8	476421.012	6695481.495	15.907	15.888	-0.019
9	476421.020	6695474.478	15.958	15.943	-0.015
10	476445.883	6695482.158	15.958	15.935	-0.023
11	476446.256	6695475.219	16.012	15.992	-0.020
12	476461.233	6695475.715	16.047	16.025	-0.022
13	476466.239	6695475.813	16.054	16.030	-0.024
14	476471.244	6695475.960	16.055	16.032	-0.023
15	476471.373	6695482.880	16.013	15.992	-0.021
16	476476.248	6695476.083	16.045	16.022	-0.023
17	476481.237	6695476.214	16.027	16.006	-0.021
18	476486.265	6695476.339	16.008	15.987	-0.021
19	476491.243	6695476.452	16.002	15.988	-0.014
20	476495.839	6695483.540	16.053	16.042	-0.011
21	476497.053	6695476.614	15.999	15.984	-0.015
22	476502.043	6695476.742	15.991	15.976	-0.015
23	476507.041	6695476.882	15.980	15.968	-0.012
24	476512.057	6695477.020	15.981	15.970	-0.011
25	476517.050	6695477.165	15.988	15.979	-0.009
26	476522.048	6695477.325	16.010	16.003	-0.007
27	476521.914	6695484.305	16.116	16.114	-0.002
28	476527.042	6695477.497	16.047	16.040	-0.007
29	476532.039	6695477.662	16.084	16.079	-0.005
30	476537.010	6695477.836	16.123	16.121	-0.002
31	476542.024	6695478.013	16.159	16.157	-0.002
32	476545.812	6695485.930	16.155	16.151	-0.004
33	476546.189	6695477.848	16.175	16.168	-0.007
34	476551.185	6695478.320	16.231	16.227	-0.004
35	476556.173	6695478.489	16.261	16.262	+0.001
36	476561.192	6695478.705	16.300	16.299	-0.001
37	476566.189	6695478.937	16.348	16.345	-0.003
38	476571.161	6695479.184	16.399	16.396	-0.003
39	476570.807	6695486.248	16.242	16.240	-0.002
40	476576.153	6695479.436	16.431	16.428	-0.003
41	476595.737	6695487.891	16.113	16.108	-0.005
42	476596.117	6695480.814	16.478	16.467	-0.011
43	476620.962	6695483.446	16.431	16.418	-0.013
44	476619.878	6695490.419	15.977	15.971	-0.006
45	476645.689	6695487.290	16.249	16.237	-0.012
46	476645.316	6695494.399	15.719	15.716	-0.003
47	476670.048	6695492.143	15.870	15.855	-0.015
48	476668.827	6695499.133	15.422	15.410	-0.012
49	476694.498	6695498.109	15.214	15.205	-0.009
50	476694.105	6695505.317	14.832	14.824	-0.008
51	476699.360	6695499.380	15.035	15.029	-0.006
52	476698.933	6695506.592	14.678	14.671	-0.007
53	476704.197	6695500.664	14.831	14.823	-0.008
54	476703.773	6695507.873	14.496	14.492	-0.004
55	476708.991	6695502.006	14.615	14.610	-0.005
56	476708.563	6695509.199	14.324	14.318	-0.006
57	476713.816	6695503.367	14.436	14.435	-0.001
58	476713.416	6695510.572	14.234	14.229	-0.005
59	476718.621	6695504.748	14.327	14.322	-0.005
60	476716.815	6695511.554	14.173	14.162	-0.011
61	476723.433	6695506.157	14.230	14.224	-0.006
62	476739.948	6695518.913	13.788	13.782	-0.006
63	476742.716	6695511.346	13.822	13.813	-0.009
64	476752.091	6695514.825	13.712	13.701	-0.011
65	476756.836	6695516.248	13.631	13.620	-0.011
66	476754.433	6695522.906	13.660	13.655	-0.005
67	476761.642	6695517.785	13.501	13.489	-0.012
68	476759.159	6695524.409	13.545	13.531	-0.014
69	476766.392	6695519.241	13.369	13.359	-0.010
70	476763.887	6695525.957	13.443	13.435	-0.008
71	476771.174	6695520.745	13.311	13.301	-0.010
72	476768.697	6695527.496	13.354	13.340	-0.014
73	476775.978	6695522.213	13.206	13.192	-0.014

Liite 10 / 2 (2)

74	476773.481	6695529.019	13.221	13.206	-0.015
75	476780.733	6695523.676	13.116	13.106	-0.010
76	476778.229	6695530.484	13.119	13.103	-0.016
77	476790.266	6695526.665	13.007	12.993	-0.014
78	476787.770	6695533.480	13.006	12.992	-0.014
79	476813.777	6695534.028	12.902	12.888	-0.014
80	476811.560	6695540.901	12.900	12.889	-0.011
81	476838.015	6695541.547	12.867	12.867	+0.000
82	476835.481	6695548.312	12.840	12.834	-0.006
83	476861.947	6695548.861	12.967	12.960	-0.007
84	476860.258	6695555.925	12.938	12.930	-0.008
85	476885.827	6695556.250	12.906	12.900	-0.006
86	476883.269	6695563.055	12.910	12.905	-0.005
87	476909.626	6695563.714	12.852	12.850	-0.002
88	476907.730	6695570.662	12.822	12.815	-0.007
89	476933.606	6695570.824	12.867	12.862	-0.005
90	476931.183	6695578.255	12.820	12.818	-0.002
91	476957.131	6695578.512	12.832	12.836	+0.004
92	476955.235	6695585.498	12.802	12.808	+0.006
93	476981.277	6695586.007	12.870	12.875	+0.005
94	476978.988	6695592.879	12.856	12.863	+0.007
95	476986.038	6695587.486	12.840	12.850	+0.010
96	476983.760	6695594.350	12.829	12.839	+0.010
97	476990.816	6695588.957	12.811	12.811	+0.000
98	476988.531	6695595.841	12.800	12.811	+0.011
99	476995.579	6695590.442	12.794	12.805	+0.011
100	476993.314	6695597.328	12.769	12.777	+0.008
101	477000.392	6695591.970	12.787	12.798	+0.011
102	476998.069	6695598.780	12.752	12.767	+0.015
103	477005.164	6695593.438	12.773	12.783	+0.010
104	477002.885	6695600.245	12.743	12.756	+0.013
105	477009.939	6695594.911	12.758	12.769	+0.011
106	477007.614	6695601.696	12.724	12.737	+0.013
107	477014.667	6695596.398	12.749	12.768	+0.019
108	477012.412	6695603.188	12.719	12.734	+0.015
109	477019.477	6695597.872	12.757	12.771	+0.014
110	477017.168	6695604.685	12.750	12.765	+0.015
111	477024.278	6695599.360	12.786	12.801	+0.015
112	477022.895	6695606.466	12.806	12.820	+0.014
113	477029.044	6695600.824	12.823	12.836	+0.013
114	477026.717	6695607.657	12.839	12.853	+0.014
115	477033.804	6695602.284	12.846	12.860	+0.014
116	477031.519	6695609.149	12.853	12.869	+0.016
117	477038.538	6695603.759	12.868	12.886	+0.018
118	477050.417	6695615.056	12.856	12.863	+0.007
119	477052.698	6695608.135	12.874	12.883	+0.009
120	477074.452	6695622.545	12.777	12.786	+0.009
121	477076.729	6695615.689	12.789	12.797	+0.008
122	477098.366	6695630.109	12.778	12.780	+0.002
123	477100.484	6695623.138	12.795	12.790	-0.005
124	477122.078	6695637.871	12.699	12.697	-0.002
125	477124.476	6695630.396	12.708	12.709	+0.001
126	477145.971	6695644.980	12.658	12.654	-0.004
127	477148.099	6695638.039	12.658	12.660	+0.002
128	477172.110	6695645.559	12.646	12.647	+0.001
129	477169.859	6695652.379	12.632	12.632	+0.000
130	477176.947	6695647.065	12.659	12.657	-0.002
131	477174.672	6695653.876	12.667	12.665	-0.002
132	477181.684	6695648.518	12.720	12.720	+0.000
133	477179.483	6695655.349	12.722	12.719	-0.003
134	477186.464	6695649.997	12.822	12.816	-0.006
135	477184.283	6695656.874	12.826	12.825	-0.001
136	477191.244	6695651.479	12.907	12.907	+0.000
137	477189.071	6695658.367	12.909	12.904	-0.005
138	477195.854	6695652.925	12.939	12.931	-0.008
139	477193.773	6695659.794	12.954	12.951	-0.003
140	477241.632	6695674.609	13.284	13.283	-0.001
141	477289.352	6695689.643	13.462	13.460	-0.002
142	477315.623	6695689.039	13.350	13.346	-0.004
143	477312.527	6695698.346	13.304	13.296	-0.008
144	477339.384	6695696.348	13.266	13.262	-0.004
145	477336.217	6695706.663	13.232	13.228	-0.004
146	477363.791	6695702.629	13.151	13.155	+0.004
147	477358.984	6695716.932	13.210	13.217	+0.007

Average dz	-0.004	Minimum dz	-0.024
Maximum dz	+0.019	Average magnitude	0.009
Root mean square	0.010	Std deviation	0.010

## Drägsbyn 1. tukiasemamittauksen korkeusvertailun laskelmat.

Number	Easting	Northing	Known Z	Laser Z	Dz
1	477490.556	6695739.793	13.464	outside	*
2	476345.925	6695479.022	16.020	outside	*
3	476346.332	6695470.590	15.693	outside	*
4	476370.919	6695479.843	15.978	15.957	-0.021
5	476371.007	6695472.693	15.874	15.856	-0.018
6	476395.900	6695480.765	15.945	15.923	-0.022
7	476396.264	6695473.726	15.919	15.900	-0.019
8	476421.012	6695481.495	15.907	15.885	-0.022
9	476421.020	6695474.478	15.958	15.940	-0.018
10	476445.883	6695482.158	15.958	15.938	-0.020
11	476446.256	6695475.219	16.012	15.996	-0.016
12	476461.233	6695475.715	16.047	16.032	-0.015
13	476466.239	6695475.813	16.054	16.041	-0.013
14	476471.244	6695475.960	16.055	16.040	-0.015
15	476471.373	6695482.880	16.013	15.995	-0.018
16	476476.248	6695476.083	16.045	16.033	-0.012
17	476481.237	6695476.214	16.027	16.011	-0.016
18	476486.265	6695476.339	16.008	15.996	-0.012
19	476491.243	6695476.452	16.002	15.992	-0.010
20	476495.839	6695483.540	16.053	16.036	-0.017
21	476497.053	6695476.614	15.999	15.988	-0.011
22	476502.043	6695476.742	15.991	15.979	-0.012
23	476507.041	6695476.882	15.980	15.967	-0.013
24	476512.057	6695477.020	15.981	15.967	-0.014
25	476517.050	6695477.165	15.988	15.977	-0.011
26	476522.048	6695477.325	16.010	15.996	-0.014
27	476521.914	6695484.305	16.116	16.099	-0.017
28	476527.042	6695477.497	16.047	16.033	-0.014
29	476532.039	6695477.662	16.084	16.069	-0.015
30	476537.010	6695477.836	16.123	16.106	-0.017
31	476542.024	6695478.013	16.159	16.144	-0.015
32	476545.812	6695485.930	16.155	16.134	-0.021
33	476546.189	6695477.848	16.175	16.159	-0.016
34	476551.185	6695478.320	16.231	16.218	-0.013
35	476556.173	6695478.489	16.261	16.248	-0.013
36	476561.192	6695478.705	16.300	16.286	-0.014
37	476566.189	6695478.937	16.348	16.331	-0.017
38	476571.161	6695479.184	16.399	16.382	-0.017
39	476570.807	6695486.248	16.242	16.222	-0.020
40	476576.153	6695479.436	16.431	16.413	-0.018
41	476595.737	6695487.891	16.113	16.092	-0.021
42	476596.117	6695480.814	16.478	16.459	-0.019
43	476620.962	6695483.446	16.431	16.414	-0.017
44	476619.878	6695490.419	15.977	15.958	-0.019
45	476645.689	6695487.290	16.249	16.237	-0.012
46	476645.316	6695494.399	15.719	15.702	-0.017
47	476670.048	6695492.143	15.870	15.859	-0.011
48	476668.827	6695499.133	15.422	15.407	-0.015
49	476694.498	6695498.109	15.214	15.205	-0.009
50	476694.105	6695505.317	14.832	14.817	-0.015
51	476699.360	6695499.380	15.035	15.031	-0.004
52	476698.933	6695506.592	14.678	14.667	-0.011
53	476704.197	6695500.664	14.831	14.823	-0.008
54	476703.773	6695507.873	14.496	14.484	-0.012
55	476708.991	6695502.006	14.615	14.609	-0.006
56	476708.563	6695509.199	14.324	14.315	-0.009
57	476713.816	6695503.367	14.436	14.430	-0.006
58	476713.416	6695510.572	14.234	14.222	-0.012
59	476718.621	6695504.748	14.327	14.321	-0.006
60	476716.815	6695511.554	14.173	14.160	-0.013
61	476723.433	6695506.157	14.230	14.225	-0.005
62	476739.948	6695518.913	13.788	13.777	-0.011
63	476742.716	6695511.346	13.822	13.819	-0.003
64	476752.091	6695514.825	13.712	13.706	-0.006
65	476756.836	6695516.248	13.631	13.629	-0.002
66	476754.433	6695522.906	13.660	13.649	-0.011
67	476761.642	6695517.785	13.501	13.495	-0.006
68	476759.159	6695524.409	13.545	13.536	-0.009
69	476766.392	6695519.241	13.369	13.366	-0.003
70	476763.887	6695525.957	13.443	13.437	-0.006
71	476771.174	6695520.745	13.311	13.307	-0.004
72	476768.697	6695527.496	13.354	13.343	-0.011
73	476775.978	6695522.213	13.206	13.200	-0.006

Liite 11 / 2 (2)

74	476773.481	6695529.019	13.221	13.210	-0.011
75	476780.733	6695523.676	13.116	13.113	-0.003
76	476778.229	6695530.484	13.119	13.108	-0.011
77	476790.266	6695526.665	13.007	13.001	-0.006
78	476787.770	6695533.480	13.006	12.996	-0.010
79	476813.777	6695534.028	12.902	12.891	-0.011
80	476811.560	6695540.901	12.900	12.886	-0.014
81	476838.015	6695541.547	12.867	12.855	-0.012
82	476835.481	6695548.312	12.840	12.825	-0.015
83	476861.947	6695548.861	12.967	12.953	-0.014
84	476860.258	6695555.925	12.938	12.919	-0.019
85	476885.827	6695556.250	12.906	12.891	-0.015
86	476883.269	6695563.055	12.910	12.888	-0.022
87	476909.626	6695563.714	12.852	12.839	-0.013
88	476907.730	6695570.662	12.822	12.800	-0.022
89	476933.606	6695570.824	12.867	12.846	-0.021
90	476931.183	6695578.255	12.820	12.797	-0.023
91	476957.131	6695578.512	12.832	12.815	-0.017
92	476955.235	6695585.498	12.802	12.777	-0.025
93	476981.277	6695586.007	12.870	12.852	-0.018
94	476978.988	6695592.879	12.856	12.831	-0.025
95	476986.038	6695587.486	12.840	12.821	-0.019
96	476983.760	6695594.350	12.829	12.805	-0.024
97	476990.816	6695588.957	12.811	12.792	-0.019
98	476988.531	6695595.841	12.800	12.775	-0.025
99	476995.579	6695590.442	12.794	12.775	-0.019
100	476993.314	6695597.328	12.769	12.743	-0.026
101	477000.392	6695591.970	12.787	12.766	-0.021
102	476998.069	6695598.780	12.752	12.727	-0.025
103	477005.164	6695593.438	12.773	12.753	-0.020
104	477002.885	6695600.245	12.743	12.715	-0.028
105	477009.939	6695594.911	12.758	12.736	-0.022
106	477007.614	6695601.696	12.724	12.697	-0.027
107	477014.667	6695596.398	12.749	12.727	-0.022
108	477012.412	6695603.188	12.719	12.691	-0.028
109	477019.477	6695597.872	12.757	12.737	-0.020
110	477017.168	6695604.685	12.750	12.722	-0.028
111	477024.278	6695599.360	12.786	12.763	-0.023
112	477022.895	6695606.466	12.806	12.779	-0.027
113	477029.044	6695600.824	12.823	12.802	-0.021
114	477026.717	6695607.657	12.839	12.808	-0.031
115	477033.804	6695602.284	12.846	12.819	-0.027
116	477031.519	6695609.149	12.853	12.826	-0.027
117	477038.538	6695603.759	12.868	12.847	-0.021
118	477050.417	6695615.056	12.856	12.825	-0.031
119	477052.698	6695608.135	12.874	12.846	-0.028
120	477074.452	6695622.545	12.777	12.744	-0.033
121	477076.729	6695615.689	12.789	12.763	-0.026
122	477098.366	6695630.109	12.778	12.748	-0.030
123	477100.484	6695623.138	12.795	12.768	-0.027
124	477122.078	6695637.871	12.699	12.665	-0.034
125	477124.476	6695630.396	12.708	12.680	-0.028
126	477145.971	6695644.980	12.658	12.630	-0.028
127	477148.099	6695638.039	12.658	12.632	-0.026
128	477172.110	6695645.559	12.646	12.625	-0.021
129	477169.859	6695652.379	12.632	12.608	-0.024
130	477176.947	6695647.065	12.659	12.639	-0.020
131	477174.672	6695653.876	12.667	12.646	-0.021
132	477181.684	6695648.518	12.720	12.700	-0.020
133	477179.483	6695655.349	12.722	12.703	-0.019
134	477186.464	6695649.997	12.822	12.807	-0.015
135	477184.283	6695656.874	12.826	12.806	-0.020
136	477191.244	6695651.479	12.907	12.890	-0.017
137	477189.071	6695658.367	12.909	12.893	-0.016
138	477195.854	6695652.925	12.939	12.924	-0.015
139	477193.773	6695659.794	12.954	12.939	-0.015
140	477241.632	6695674.609	13.284	13.278	-0.006
141	477289.352	6695689.643	13.462	13.458	-0.004
142	477315.623	6695689.039	13.350	13.349	-0.001
143	477312.527	6695698.346	13.304	13.300	-0.004
144	477339.384	6695696.348	13.266	13.266	+0.000
145	477336.217	6695706.663	13.232	13.229	-0.003
146	477363.791	6695702.629	13.151	13.150	-0.001
147	477358.984	6695716.932	13.210	13.206	-0.004

Average dz	-0.016	Minimum dz	-0.034
Maximum dz	+0.000	Average magnitude	0.016
Root mean square	0.018	Std deviation	0.008

## Drägsbyn 2. tukiasemamittauksen korkeusvertailuiden laskelmat

Number	Easting	Northing	Known Z	Laser Z	Dz
1	477490.556	6695739.793	13.464	outside	*
2	476345.925	6695479.022	16.020	15.996	-0.024
3	476346.332	6695470.590	15.693	15.672	-0.021
4	476370.919	6695479.843	15.978	15.958	-0.020
5	476371.007	6695472.693	15.874	15.854	-0.020
6	476395.900	6695480.765	15.945	15.926	-0.019
7	476396.264	6695473.726	15.919	15.901	-0.018
8	476421.012	6695481.495	15.907	15.890	-0.017
9	476421.020	6695474.478	15.958	15.941	-0.017
10	476445.883	6695482.158	15.958	15.943	-0.015
11	476446.256	6695475.219	16.012	15.999	-0.013
12	476461.233	6695475.715	16.047	16.034	-0.013
13	476466.239	6695475.813	16.054	16.043	-0.011
14	476471.244	6695475.960	16.055	16.043	-0.012
15	476471.373	6695482.880	16.013	16.000	-0.013
16	476476.248	6695476.083	16.045	16.035	-0.010
17	476481.237	6695476.214	16.027	16.015	-0.012
18	476486.265	6695476.339	16.008	15.996	-0.012
19	476491.243	6695476.452	16.002	15.992	-0.010
20	476495.839	6695483.540	16.053	16.040	-0.013
21	476497.053	6695476.614	15.999	15.988	-0.011
22	476502.043	6695476.742	15.991	15.979	-0.012
23	476507.041	6695476.882	15.980	15.968	-0.012
24	476512.057	6695477.020	15.981	15.968	-0.013
25	476517.050	6695477.165	15.988	15.981	-0.007
26	476522.048	6695477.325	16.010	15.999	-0.011
27	476521.914	6695484.305	16.116	16.104	-0.012
28	476527.042	6695477.497	16.047	16.036	-0.011
29	476532.039	6695477.662	16.084	16.072	-0.012
30	476537.010	6695477.836	16.123	16.108	-0.015
31	476542.024	6695478.013	16.159	16.143	-0.016
32	476545.812	6695485.930	16.155	16.140	-0.015
33	476546.189	6695477.848	16.175	16.161	-0.014
34	476551.185	6695478.320	16.231	16.219	-0.012
35	476556.173	6695478.489	16.261	16.248	-0.013
36	476561.192	6695478.705	16.300	16.286	-0.014
37	476566.189	6695478.937	16.348	16.332	-0.016
38	476571.161	6695479.184	16.399	16.382	-0.017
39	476570.807	6695486.248	16.242	16.225	-0.017
40	476576.153	6695479.436	16.431	16.415	-0.016
41	476595.737	6695487.891	16.113	16.095	-0.018
42	476596.117	6695480.814	16.478	16.459	-0.019
43	476620.962	6695483.446	16.431	16.410	-0.021
44	476619.878	6695490.419	15.977	15.955	-0.022
45	476645.689	6695487.290	16.249	16.227	-0.022
46	476645.316	6695494.399	15.719	15.697	-0.022
47	476670.048	6695492.143	15.870	15.850	-0.020
48	476668.827	6695499.133	15.422	15.401	-0.021
49	476694.498	6695498.109	15.214	15.197	-0.017
50	476694.105	6695505.317	14.832	14.815	-0.017
51	476699.360	6695499.380	15.035	15.023	-0.012
52	476698.933	6695506.592	14.678	14.663	-0.015
53	476704.197	6695500.664	14.831	14.818	-0.013
54	476703.773	6695507.873	14.496	14.483	-0.013
55	476708.991	6695502.006	14.615	14.606	-0.009
56	476708.563	6695509.199	14.324	14.310	-0.014
57	476713.816	6695503.367	14.436	14.427	-0.009
58	476713.416	6695510.572	14.234	14.220	-0.014
59	476718.621	6695504.748	14.327	14.319	-0.008
60	476716.815	6695511.554	14.173	14.159	-0.014
61	476723.433	6695506.157	14.230	14.222	-0.008
62	476739.948	6695518.913	13.788	13.777	-0.011
63	476742.716	6695511.346	13.822	13.817	-0.005
64	476752.091	6695514.825	13.712	13.706	-0.006
65	476756.836	6695516.248	13.631	13.626	-0.005
66	476754.433	6695522.906	13.660	13.649	-0.011
67	476761.642	6695517.785	13.501	13.495	-0.006
68	476759.159	6695524.409	13.545	13.537	-0.008
69	476766.392	6695519.241	13.369	13.366	-0.003
70	476763.887	6695525.957	13.443	13.434	-0.009
71	476771.174	6695520.745	13.311	13.303	-0.008
72	476768.697	6695527.496	13.354	13.343	-0.011
73	476775.978	6695522.213	13.206	13.196	-0.010

Liite 12 / 2 (2)

74	476773.481	6695529.019	13.221	13.210	-0.011
75	476780.733	6695523.676	13.116	13.107	-0.009
76	476778.229	6695530.484	13.119	13.108	-0.011
77	476790.266	6695526.665	13.007	12.997	-0.010
78	476787.770	6695533.480	13.006	12.995	-0.011
79	476813.777	6695534.028	12.902	12.888	-0.014
80	476811.560	6695540.901	12.900	12.887	-0.013
81	476838.015	6695541.547	12.867	12.851	-0.016
82	476835.481	6695548.312	12.840	12.824	-0.016
83	476861.947	6695548.861	12.967	12.948	-0.019
84	476860.258	6695555.925	12.938	12.917	-0.021
85	476885.827	6695556.250	12.906	12.886	-0.020
86	476883.269	6695563.055	12.910	12.887	-0.023
87	476909.626	6695563.714	12.852	12.829	-0.023
88	476907.730	6695570.662	12.822	12.798	-0.024
89	476933.606	6695570.824	12.867	12.840	-0.027
90	476931.183	6695578.255	12.820	12.795	-0.025
91	476957.131	6695578.512	12.832	12.809	-0.023
92	476955.235	6695585.498	12.802	12.778	-0.024
93	476981.277	6695586.007	12.870	12.847	-0.023
94	476978.988	6695592.879	12.856	12.829	-0.027
95	476986.038	6695587.486	12.840	12.815	-0.025
96	476983.760	6695594.350	12.829	12.804	-0.025
97	476990.816	6695588.957	12.811	12.784	-0.027
98	476988.531	6695595.841	12.800	12.775	-0.025
99	476995.579	6695590.442	12.794	12.768	-0.026
100	476993.314	6695597.328	12.769	12.742	-0.027
101	477000.392	6695591.970	12.787	12.760	-0.027
102	476998.069	6695598.780	12.752	12.726	-0.026
103	477005.164	6695593.438	12.773	12.746	-0.027
104	477002.885	6695600.245	12.743	12.715	-0.028
105	477009.939	6695594.911	12.758	12.730	-0.028
106	477007.614	6695601.696	12.724	12.696	-0.028
107	477014.667	6695596.398	12.749	12.723	-0.026
108	477012.412	6695603.188	12.719	12.692	-0.027
109	477019.477	6695597.872	12.757	12.730	-0.027
110	477017.168	6695604.685	12.750	12.724	-0.026
111	477024.278	6695599.360	12.786	12.759	-0.027
112	477022.895	6695606.466	12.806	12.779	-0.027
113	477029.044	6695600.824	12.823	12.796	-0.027
114	477026.717	6695607.657	12.839	12.812	-0.027
115	477033.804	6695602.284	12.846	12.812	-0.034
116	477031.519	6695609.149	12.853	12.824	-0.029
117	477038.538	6695603.759	12.868	12.840	-0.028
118	477050.417	6695615.056	12.856	12.827	-0.029
119	477052.698	6695608.135	12.874	12.844	-0.030
120	477074.452	6695622.545	12.777	12.748	-0.029
121	477076.729	6695615.689	12.789	12.760	-0.029
122	477098.366	6695630.109	12.778	12.749	-0.029
123	477100.484	6695623.138	12.795	12.766	-0.029
124	477122.078	6695637.871	12.699	12.668	-0.031
125	477124.476	6695630.396	12.708	12.679	-0.029
126	477145.971	6695644.980	12.658	12.629	-0.029
127	477148.099	6695638.039	12.658	12.631	-0.027
128	477172.110	6695645.559	12.646	12.621	-0.025
129	477169.859	6695652.379	12.632	12.607	-0.025
130	477176.947	6695647.065	12.659	12.634	-0.025
131	477174.672	6695653.876	12.667	12.642	-0.025
132	477181.684	6695648.518	12.720	12.695	-0.025
133	477179.483	6695655.349	12.722	12.699	-0.023
134	477186.464	6695649.997	12.822	12.800	-0.022
135	477184.283	6695656.874	12.826	12.802	-0.024
136	477191.244	6695651.479	12.907	12.885	-0.022
137	477189.071	6695658.367	12.909	12.887	-0.022
138	477195.854	6695652.925	12.939	12.917	-0.022
139	477193.773	6695659.794	12.954	12.934	-0.020
140	477241.632	6695674.609	13.284	13.268	-0.016
141	477289.352	6695689.643	13.462	13.454	-0.008
142	477315.623	6695689.039	13.350	13.345	-0.005
143	477312.527	6695698.346	13.304	13.298	-0.006
144	477339.384	6695696.348	13.266	13.263	-0.003
145	477336.217	6695706.663	13.232	13.229	-0.003
146	477363.791	6695702.629	13.151	13.146	-0.005
147	477358.984	6695716.932	13.210	13.205	-0.005

Average dz	-0.018	Minimum dz	-0.034
Maximum dz	-0.003	Average magnitude	0.018
Root mean square	0.019	Std deviation	0.008



## Vahijärven 1. tukiasemamittauksen korkeusvertailuiden laskelmat

Number	Easting	Northing	Known Z	Laser Z	Dz
1	473278.215	6711574.719	34.246	outside	*
2	473039.148	6711961.603	32.473	outside	*
3	472758.256	6712267.064	51.086	outside	*
4	473309.665	6711562.234	36.225	36.220	-0.005
5	473300.545	6711556.225	36.472	36.468	-0.004
6	473286.688	6711577.988	35.642	35.640	-0.002
7	473295.288	6711583.170	35.496	35.494	-0.002
8	473282.454	6711603.661	34.753	34.753	+0.000
9	473273.646	6711598.193	34.871	34.870	-0.001
10	473260.714	6711619.373	34.045	34.043	-0.002
11	473269.280	6711624.887	34.071	34.070	-0.001
12	473256.430	6711645.756	33.279	33.281	+0.002
13	473248.418	6711640.806	33.105	33.101	-0.004
14	473236.274	6711662.353	32.523	32.519	-0.004
15	473243.955	6711666.548	32.652	32.653	+0.001
16	473235.997	6711679.866	32.463	32.459	-0.004
17	473228.977	6711675.472	32.353	32.346	-0.007
18	473226.639	6711679.695	32.298	32.291	-0.007
19	473233.449	6711684.144	32.412	32.409	-0.003
20	473230.867	6711688.440	32.354	32.349	-0.005
21	473224.143	6711684.127	32.237	32.231	-0.006
22	473221.673	6711688.503	32.148	32.142	-0.006
23	473228.496	6711692.525	32.272	32.267	-0.005
24	473225.975	6711696.776	32.175	32.168	-0.007
25	473219.274	6711692.720	32.045	32.037	-0.008
26	473216.856	6711697.008	31.925	31.917	-0.008
27	473223.429	6711701.130	32.060	32.053	-0.007
28	473220.961	6711705.366	31.958	31.952	-0.006
29	473214.426	6711701.305	31.823	31.814	-0.009
30	473211.912	6711705.774	31.754	31.744	-0.010
31	473218.445	6711709.663	31.891	31.883	-0.008
32	473215.842	6711714.100	31.852	31.841	-0.011
33	473209.506	6711709.959	31.714	31.704	-0.010
34	473207.020	6711714.335	31.676	31.667	-0.009
35	473213.408	6711718.260	31.810	31.799	-0.011
36	473210.881	6711722.543	31.751	31.741	-0.010
37	473204.545	6711718.640	31.624	31.615	-0.009
38	473202.055	6711722.915	31.570	31.561	-0.009
39	473208.367	6711726.839	31.699	31.689	-0.010
40	473198.964	6711726.996	31.499	31.488	-0.011
41	473206.465	6711731.631	31.659	31.649	-0.010
42	473197.092	6711731.495	31.424	31.414	-0.010
43	473203.250	6711735.606	31.528	31.517	-0.011
44	473200.794	6711739.856	31.401	31.389	-0.012
45	473194.549	6711735.837	31.300	31.290	-0.010
46	473192.055	6711740.046	31.169	31.158	-0.011
47	473198.351	6711744.090	31.271	31.259	-0.012
48	473193.266	6711752.852	31.033	31.019	-0.014
49	473186.768	6711749.059	30.923	30.911	-0.012
50	473174.519	6711770.092	30.685	30.671	-0.014
51	473180.885	6711774.063	30.828	30.811	-0.017
52	473168.372	6711795.542	30.764	30.746	-0.018
53	473161.917	6711791.797	30.644	30.630	-0.014
54	473149.521	6711812.924	30.664	30.649	-0.015
55	473155.807	6711817.055	30.810	30.793	-0.017
56	473143.155	6711838.418	30.835	30.823	-0.012
57	473136.784	6711834.393	30.695	30.684	-0.011
58	473124.069	6711855.410	30.711	30.702	-0.009
59	473130.212	6711859.659	30.840	30.829	-0.011
60	473117.072	6711880.796	30.884	30.872	-0.012
61	473110.668	6711876.832	30.703	30.691	-0.012
62	473104.122	6711902.337	31.025	31.015	-0.010
63	473096.822	6711897.202	30.843	30.833	-0.010
64	473090.041	6711923.258	31.412	31.400	-0.012
65	473083.905	6711918.673	31.315	31.306	-0.009
66	473081.234	6711922.817	31.412	31.401	-0.011
67	473087.453	6711927.283	31.526	31.514	-0.012
68	473084.721	6711931.511	31.673	31.661	-0.012
69	473078.593	6711926.899	31.527	31.517	-0.010
70	473075.836	6711931.160	31.675	31.663	-0.012
71	473082.031	6711935.623	31.843	31.830	-0.013
72	473079.380	6711939.703	32.031	32.017	-0.014
73	473073.231	6711935.222	31.841	31.827	-0.014

Liite 13 / 2 (2)

74	473076.648	6711943.860	32.213	32.199	-0.014
75	473070.522	6711939.428	32.035	32.024	-0.011
76	473073.785	6711948.194	32.379	32.367	-0.012
77	473067.837	6711943.583	32.218	32.207	-0.011
78	473065.051	6711947.855	32.334	32.325	-0.009
79	473071.074	6711952.315	32.463	32.449	-0.014
80	473068.351	6711956.449	32.467	32.456	-0.011
81	473062.305	6711952.035	32.379	32.371	-0.008
82	473059.611	6711956.092	32.378	32.371	-0.007
83	473065.611	6711960.607	32.458	32.448	-0.010
84	473062.878	6711964.726	32.470	32.458	-0.012
85	473056.910	6711960.171	32.378	32.371	-0.007
86	473054.140	6711964.337	32.412	32.402	-0.010
87	473060.186	6711968.727	32.512	32.501	-0.011
88	473057.361	6711972.910	32.578	32.565	-0.013
89	473051.323	6711968.529	32.509	32.500	-0.009
90	473048.629	6711972.559	32.651	32.642	-0.009
91	473054.578	6711977.032	32.680	32.669	-0.011
92	473051.884	6711980.985	32.838	32.825	-0.013
93	473045.812	6711976.656	32.808	32.799	-0.009
94	473049.051	6711985.136	33.044	33.032	-0.012
95	473043.072	6711980.639	32.964	32.957	-0.007
96	473046.099	6711989.436	33.258	33.247	-0.011
97	473040.226	6711984.726	33.134	33.125	-0.009
98	473037.452	6711988.721	33.286	33.279	-0.007
99	473043.294	6711993.494	33.441	33.431	-0.010
100	473040.540	6711997.450	33.580	33.571	-0.009
101	473034.581	6711992.834	33.427	33.420	-0.007
102	473020.259	6712013.107	33.917	33.911	-0.006
103	473026.613	6712017.321	34.037	34.031	-0.006
104	473014.426	6712021.224	34.079	34.075	-0.004
105	473020.459	6712025.960	34.221	34.214	-0.007
106	472999.812	6712041.211	34.438	34.435	-0.003
107	473005.767	6712046.037	34.633	34.628	-0.005
108	472984.320	6712060.941	35.049	35.045	-0.004
109	472991.339	6712066.500	35.321	35.319	-0.002
110	472969.992	6712081.085	35.769	35.772	+0.003
111	472976.600	6712085.804	35.917	35.914	-0.003
112	472954.744	6712101.064	36.587	36.589	+0.002
113	472962.440	6712107.193	36.768	36.774	+0.006
114	472939.584	6712120.649	37.573	37.581	+0.008
115	472948.070	6712127.170	37.800	37.808	+0.008
116	472924.042	6712140.187	38.540	38.550	+0.010
117	472932.227	6712147.553	38.823	38.834	+0.011
118	472908.448	6712159.498	39.619	39.634	+0.015
119	472917.089	6712166.432	39.823	39.842	+0.019
120	472892.620	6712178.724	40.754	40.769	+0.015
121	472900.901	6712186.338	41.031	41.050	+0.019
122	472876.621	6712197.807	41.963	41.976	+0.013
123	472885.405	6712204.844	42.218	42.234	+0.016
124	472860.208	6712216.311	43.153	43.164	+0.011
125	472869.151	6712224.563	43.494	43.507	+0.013
126	472844.370	6712235.489	44.364	44.371	+0.007
127	472852.769	6712242.864	44.623	44.633	+0.010
128	472827.958	6712254.171	45.532	45.536	+0.004
129	472836.328	6712261.739	45.780	45.790	+0.010
130	472811.457	6712272.785	46.848	46.854	+0.006
131	472819.935	6712280.348	47.063	47.071	+0.008
132	472795.149	6712291.301	48.204	48.208	+0.004
133	472803.467	6712298.857	48.377	48.382	+0.005
134	472778.586	6712309.957	49.350	49.350	+0.000
135	472786.679	6712317.688	49.448	49.452	+0.004
136	472762.064	6712328.398	50.369	50.372	+0.003
137	472770.509	6712335.931	50.318	50.325	+0.007
138	472745.479	6712347.122	51.421	51.419	-0.002
139	472754.188	6712354.468	51.204	51.206	+0.002
140	472728.779	6712365.439	52.293	outside	*
141	472737.969	6712373.491	52.123	outside	*

Average dz	-0.005
Minimum dz	-0.018
Maximum dz	+0.019
Average magnitude	0.009
Root mean square	0.010
Std deviation	0.008

## Vahijärven 2. tukiasemamittauksen korkeusvertailuiden laskelmat

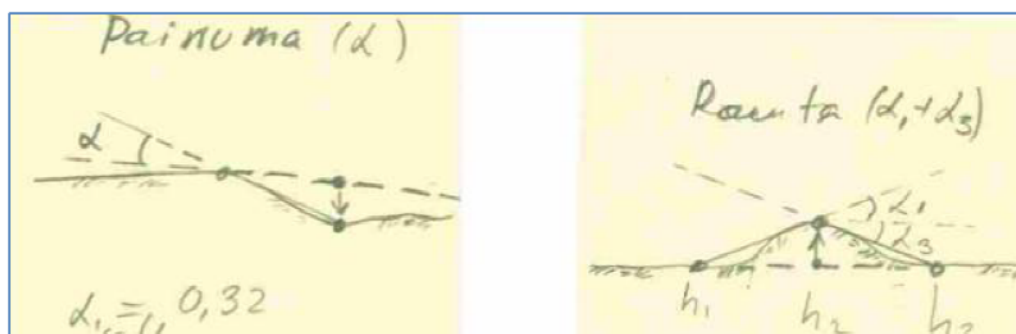
Number	Easting	Northing	Known Z	Laser Z	Dz
1	473278.215	6711574.719	34.246	outside	*
2	473039.148	6711961.603	32.473	outside	*
3	472758.256	6712267.064	51.086	outside	*
4	473309.665	6711562.234	36.225	36.224	-0.001
5	473300.545	6711556.225	36.472	36.467	-0.005
6	473286.688	6711577.988	35.642	35.638	-0.004
7	473295.288	6711583.170	35.496	35.491	-0.005
8	473282.454	6711603.661	34.753	34.750	-0.003
9	473273.646	6711598.193	34.871	34.870	-0.001
10	473260.714	6711619.373	34.045	34.046	+0.001
11	473269.280	6711624.887	34.071	34.069	-0.002
12	473256.430	6711645.756	33.279	33.279	+0.000
13	473248.418	6711640.806	33.105	33.103	-0.002
14	473236.274	6711662.353	32.523	32.524	+0.001
15	473243.955	6711666.548	32.652	32.649	-0.003
16	473235.997	6711679.866	32.463	32.461	-0.002
17	473228.977	6711675.472	32.353	32.351	-0.002
18	473226.639	6711679.695	32.298	32.297	-0.001
19	473233.449	6711684.144	32.412	32.411	-0.001
20	473230.867	6711688.440	32.354	32.352	-0.002
21	473224.143	6711684.127	32.237	32.234	-0.003
22	473221.673	6711688.503	32.148	32.148	+0.000
23	473228.496	6711692.525	32.272	32.269	-0.003
24	473225.975	6711696.776	32.175	32.170	-0.005
25	473219.274	6711692.720	32.045	32.042	-0.003
26	473216.856	6711697.008	31.925	31.923	-0.002
27	473223.429	6711701.130	32.060	32.055	-0.005
28	473220.961	6711705.366	31.958	31.954	-0.004
29	473214.426	6711701.305	31.823	31.820	-0.003
30	473211.912	6711705.774	31.754	31.750	-0.004
31	473218.445	6711709.663	31.891	31.885	-0.006
32	473215.842	6711714.100	31.852	31.845	-0.007
33	473209.506	6711709.959	31.714	31.710	-0.004
34	473207.020	6711714.335	31.676	31.671	-0.005
35	473213.408	6711718.260	31.810	31.800	-0.010
36	473210.881	6711722.543	31.751	31.743	-0.008
37	473204.545	6711718.640	31.624	31.621	-0.003
38	473202.055	6711722.915	31.570	31.563	-0.007
39	473208.367	6711726.839	31.699	31.690	-0.009
40	473198.964	6711726.996	31.499	31.490	-0.009
41	473206.465	6711731.631	31.659	31.649	-0.010
42	473197.092	6711731.495	31.424	31.417	-0.007
43	473203.250	6711735.606	31.528	31.519	-0.009
44	473200.794	6711739.856	31.401	31.390	-0.011
45	473194.549	6711735.837	31.300	31.291	-0.009
46	473192.055	6711740.046	31.169	31.158	-0.011
47	473198.351	6711744.090	31.271	31.259	-0.012
48	473193.266	6711752.852	31.033	31.018	-0.015
49	473186.768	6711749.059	30.923	30.910	-0.013
50	473174.519	6711770.092	30.685	30.670	-0.015
51	473180.885	6711774.063	30.828	30.813	-0.015
52	473168.372	6711795.542	30.764	30.751	-0.013
53	473161.917	6711791.797	30.644	30.631	-0.013
54	473149.521	6711812.924	30.664	30.655	-0.009
55	473155.807	6711817.055	30.810	30.801	-0.009
56	473143.155	6711838.418	30.835	30.832	-0.003
57	473136.784	6711834.393	30.695	30.693	-0.002
58	473124.069	6711855.410	30.711	30.709	-0.002
59	473130.212	6711859.659	30.840	30.839	-0.001
60	473117.072	6711880.796	30.884	30.885	+0.001
61	473110.668	6711876.832	30.703	30.703	+0.000
62	473104.122	6711902.337	31.025	31.031	+0.006
63	473096.822	6711897.202	30.843	30.842	-0.001
64	473090.041	6711923.258	31.412	31.412	+0.000
65	473083.905	6711918.673	31.315	31.312	-0.003
66	473081.234	6711922.817	31.412	31.407	-0.005
67	473087.453	6711927.283	31.526	31.524	-0.002
68	473084.721	6711931.511	31.673	31.672	-0.001
69	473078.593	6711926.899	31.527	31.522	-0.005
70	473075.836	6711931.160	31.675	31.668	-0.007
71	473082.031	6711935.623	31.843	31.841	-0.002
72	473079.380	6711939.703	32.031	32.027	-0.004
73	473073.231	6711935.222	31.841	31.834	-0.007

Liite 14 / 2 (2)

74	473076.648	6711943.860	32.213	32.209	-0.004
75	473070.522	6711939.428	32.035	32.026	-0.009
76	473073.785	6711948.194	32.379	32.373	-0.006
77	473067.837	6711943.583	32.218	32.206	-0.012
78	473065.051	6711947.855	32.334	32.324	-0.010
79	473071.074	6711952.315	32.463	32.457	-0.006
80	473068.351	6711956.449	32.467	32.461	-0.006
81	473062.305	6711952.035	32.379	32.370	-0.009
82	473059.611	6711956.092	32.378	32.369	-0.009
83	473065.611	6711960.607	32.458	32.452	-0.006
84	473062.878	6711964.726	32.470	32.461	-0.009
85	473056.910	6711960.171	32.378	32.368	-0.010
86	473054.140	6711964.337	32.412	32.401	-0.011
87	473060.186	6711968.727	32.512	32.504	-0.008
88	473057.361	6711972.910	32.578	32.569	-0.009
89	473051.323	6711968.529	32.509	32.497	-0.012
90	473048.629	6711972.559	32.651	32.640	-0.011
91	473054.578	6711977.032	32.680	32.673	-0.007
92	473051.884	6711980.985	32.838	32.829	-0.009
93	473045.812	6711976.656	32.808	32.796	-0.012
94	473049.051	6711985.136	33.044	33.037	-0.007
95	473043.072	6711980.639	32.964	32.953	-0.011
96	473046.099	6711989.436	33.258	33.252	-0.006
97	473040.226	6711984.726	33.134	33.124	-0.010
98	473037.452	6711988.721	33.286	33.277	-0.009
99	473043.294	6711993.494	33.441	33.436	-0.005
100	473040.540	6711997.450	33.580	33.575	-0.005
101	473034.581	6711992.834	33.427	33.418	-0.009
102	473020.259	6712013.107	33.917	33.912	-0.005
103	473026.613	6712017.321	34.037	34.035	-0.002
104	473014.426	6712021.224	34.079	34.076	-0.003
105	473020.459	6712025.960	34.221	34.219	-0.002
106	472999.812	6712041.211	34.438	34.440	+0.002
107	473005.767	6712046.037	34.633	34.638	+0.005
108	472984.320	6712060.941	35.049	35.060	+0.011
109	472991.339	6712066.500	35.321	35.332	+0.011
110	472969.992	6712081.085	35.769	35.790	+0.021
111	472976.600	6712085.804	35.917	35.935	+0.018
112	472954.744	6712101.064	36.587	36.614	+0.027
113	472962.440	6712107.193	36.768	36.793	+0.025
114	472939.584	6712120.649	37.573	37.604	+0.031
115	472948.070	6712127.170	37.800	37.825	+0.025
116	472924.042	6712140.187	38.540	38.568	+0.028
117	472932.227	6712147.553	38.823	38.845	+0.022
118	472908.448	6712159.498	39.619	39.643	+0.024
119	472917.089	6712166.432	39.823	39.844	+0.021
120	472892.620	6712178.724	40.754	40.773	+0.019
121	472900.901	6712186.338	41.031	41.045	+0.014
122	472876.621	6712197.807	41.963	41.981	+0.018
123	472885.405	6712204.844	42.218	42.230	+0.012
124	472860.208	6712216.311	43.153	43.170	+0.017
125	472869.151	6712224.563	43.494	43.503	+0.009
126	472844.370	6712235.489	44.364	44.377	+0.013
127	472852.769	6712242.864	44.623	44.633	+0.010
128	472827.958	6712254.171	45.532	45.545	+0.013
129	472836.328	6712261.739	45.780	45.792	+0.012
130	472811.457	6712272.785	46.848	46.855	+0.007
131	472819.935	6712280.348	47.063	47.073	+0.010
132	472795.149	6712291.301	48.204	48.208	+0.004
133	472803.467	6712298.857	48.377	48.379	+0.002
134	472778.586	6712309.957	49.350	49.349	-0.001
135	472786.679	6712317.688	49.448	49.449	+0.001
136	472762.064	6712328.398	50.369	50.369	+0.000
137	472770.509	6712335.931	50.318	50.318	+0.000
138	472745.479	6712347.122	51.421	51.420	-0.001
139	472754.188	6712354.468	51.204	51.201	-0.003
140	472728.779	6712365.439	52.293	outside	*
141	472737.969	6712373.491	52.123	outside	*

Average dz	-0.001
Minimum dz	-0.015
Maximum dz	+0.031
Average magnitude	0.008
Root mean square	0.010
Std deviation	0.010

## Poikkileikkaus- ja ympyräsovituksen vertailu



Tässä esityksessä tarkastellaan kuvien avulla Kt 55 Vahijärven kohteen laserkeilauksesta kahdella eri tavalla määritettyjen korkeuslukemien mukaan laskettuja pituuskaltevuuseroja. Vertailussa on vain molempien ajokertojen mittaukset tien keskilinjalta. Kokouksessa (14.10.14) sovitun toisen määrittystavan (ns. ympyräsovitusmenetelmä, jossa pisteet poimitaan pienen ympyrän alueelta) erottaa kuvaotsikon loppuun lisätystä tekstistä "15cm ympyrästä".

Esityksen alussa, sivulla 2 on tien pituusprofiili (kuva 2).

Sivulla 3 on ensin jänneväleille  $L = 10$  m lasketut pituuskaltevuudet em. kahdella eri tavalla määritettynä (poikkileikkaussovitus ja ympyräsovitus). Sivun 3 alin kuva 5 esittää pituuskaltevuuden kulmamuuhosta kuvan 1 vasemmanpuolisen tavan mukaan laskettuna.

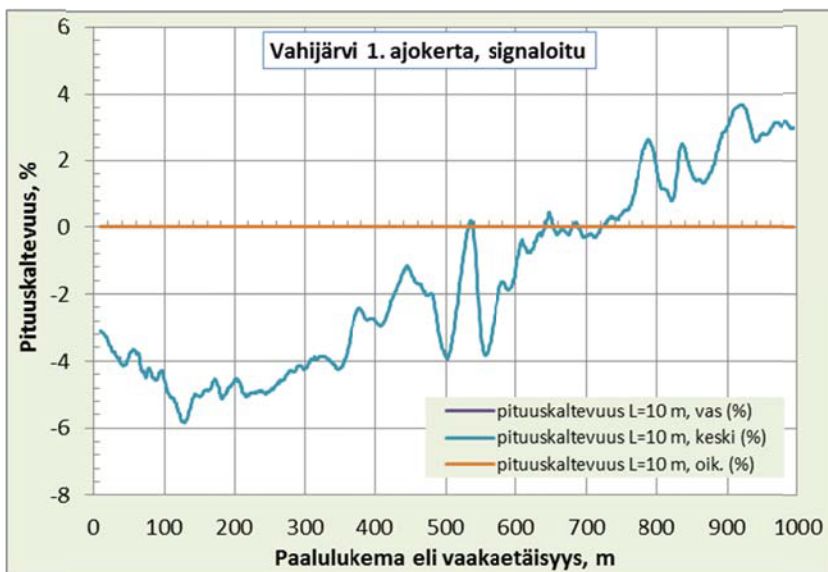
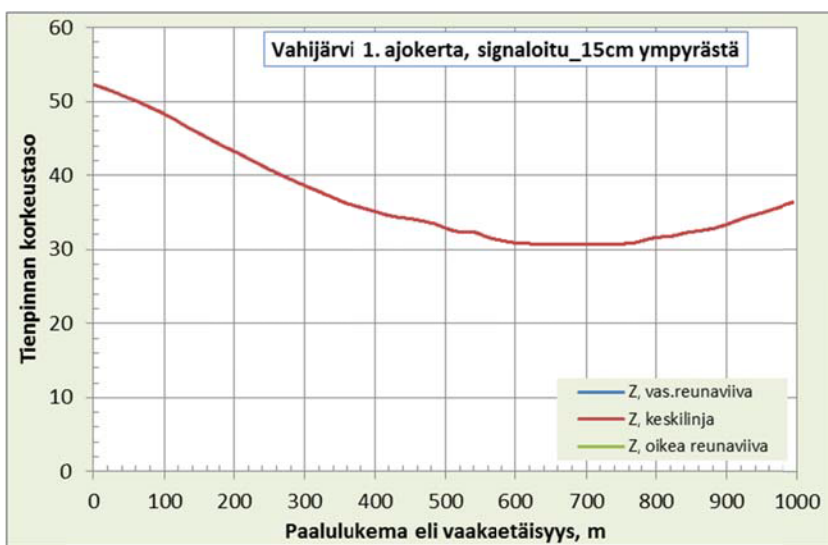
Sivulla 4 on pelkästään ympyrämenetelmän 1. ajokerran taitekulmia (kulmamuuotos ko. pisteessä) kuvan 1 oikeanpuoleisen tavan mukaan laskettuna jänneväleille  $L+L=1$  m+1 m,  $L+L=5$  m+5 m ja  $L+L=20$  m+20 m.

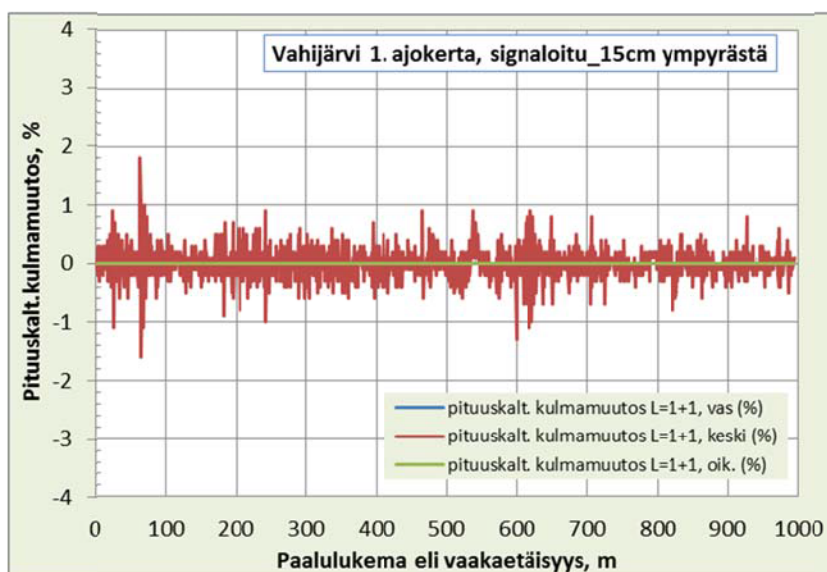
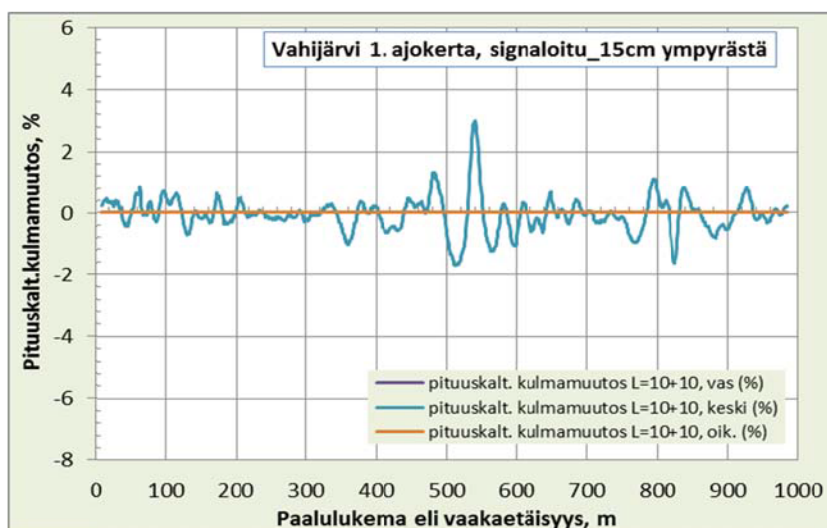
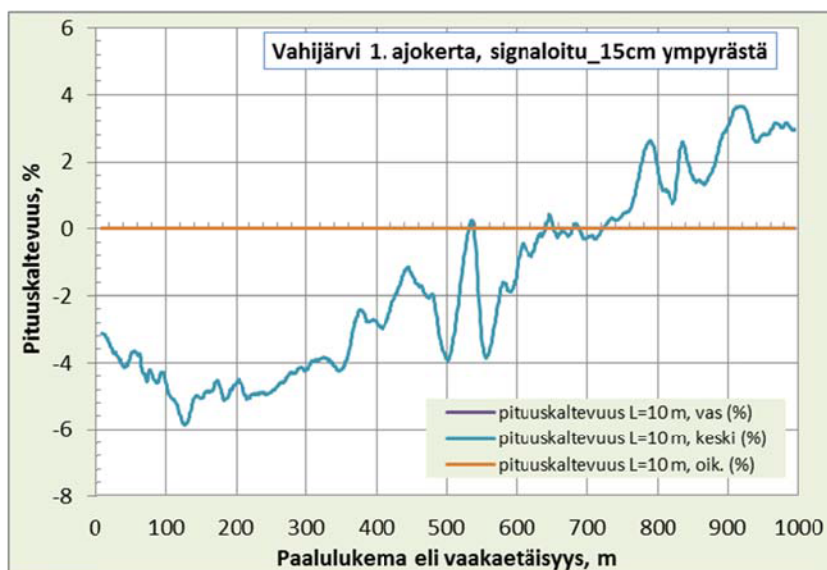
Seuraavilla sivuilla (s. 5...9) on ensin pareittain ensin poikkileikkaussovituksen sitten ympyräsovituksen (15 cm ympyrä) mukaan lasketut kaltevuuserot (jänneväleillä  $L = 1$  m...20 m) mittauskertojen 1 ja 2 välillä. Sivun keskimäinen kuva on siis saatu ottamalla "mittauspisteen" korkeudeksi keskiarvo halkaisijaltaan 15 cm ympyrään sijoituneista mittaustuloksista. Kunkin sivun (s. 5...9) alin kuva on vastaavasti "kulmamuuotosero" eri mittauskertojen 1 ja 2 välillä eri jänneväleillä ( $L+L = 1$  m+1 m...20 m+20 m).

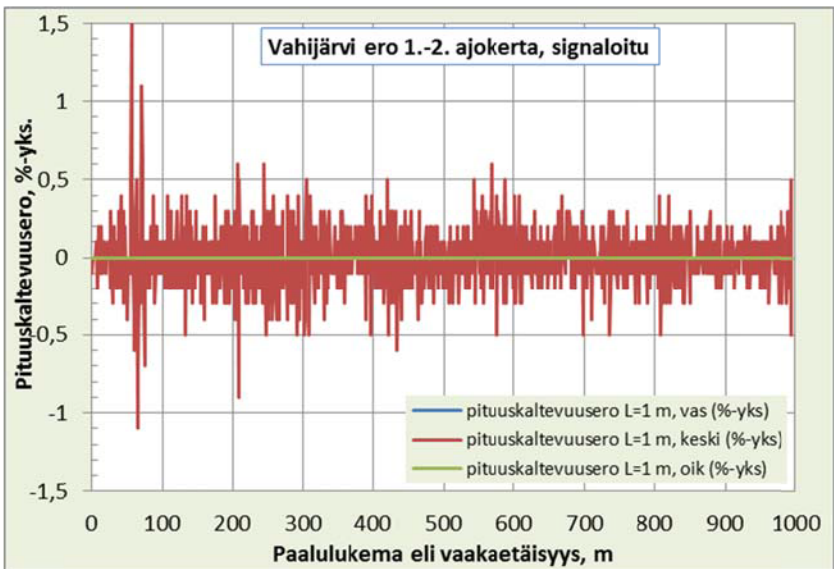
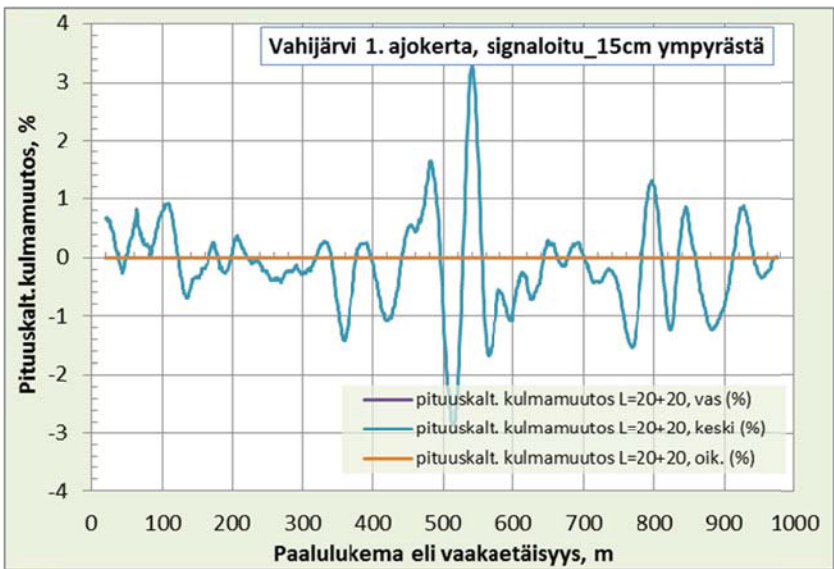
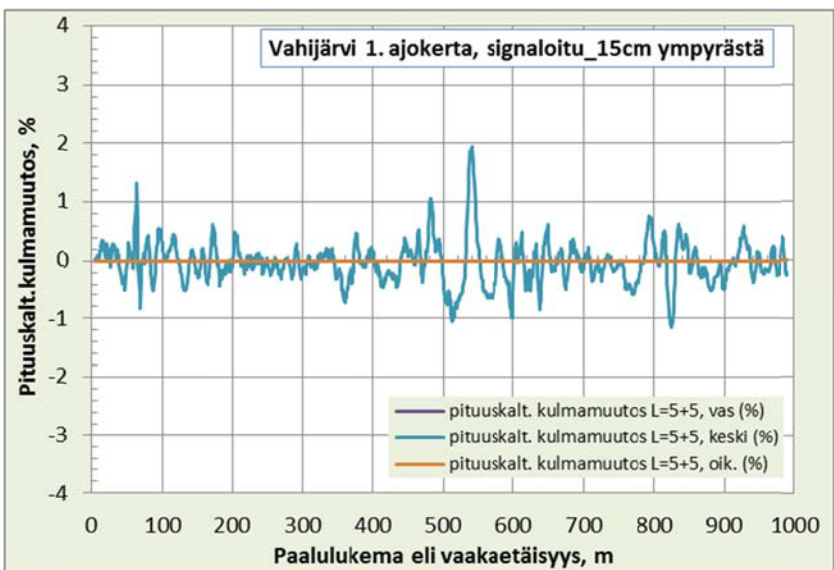
Alustava johtopäätös

Koska mitään todellista muutosta ei ole tapahtunut tienpinnassa eri mittauskertojen välisenä aikana, niin kaikki sivujen 5...9 ”kaltevuuden muutokset” ja ”kulmamuu-  
toserot” pitäisi olla pelkkiä nolliä, jos mittausmenettely datan käsittelyineen antaisi ns. ”oikean tuloksen”. Nyt lyhyillä jänneväleillä erot ovat 0,1...0,5 %-yksikköä, ja pi-  
demmilläkin jänneväleillä (10 ja 20 m) paikoin 0,1 %-yksikön luokkaa. Sivujen 5...9  
alimman kuvan ”kulmamuuutosero” kahden mittauskerran välillä (jätteet L1 = L2) on  
yleensä suurempi kuin yhden jätteen L ”kaltevuuden muutos”.

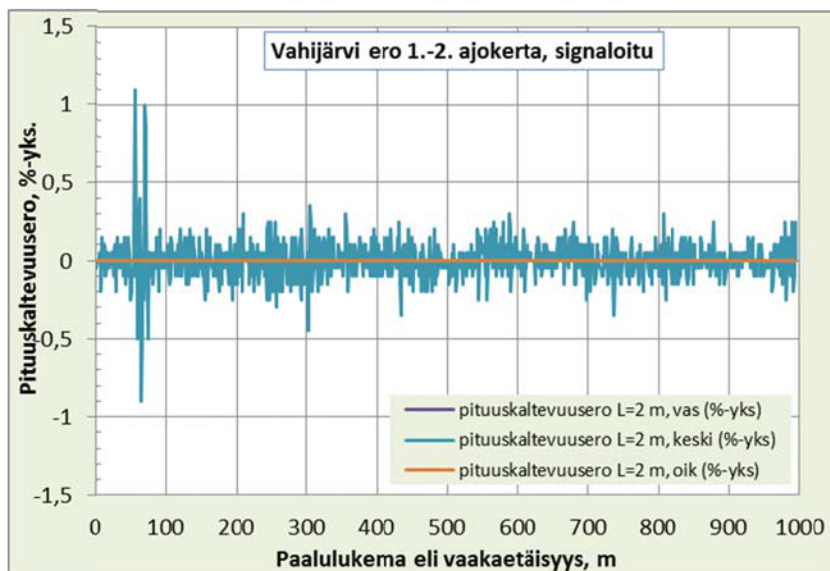
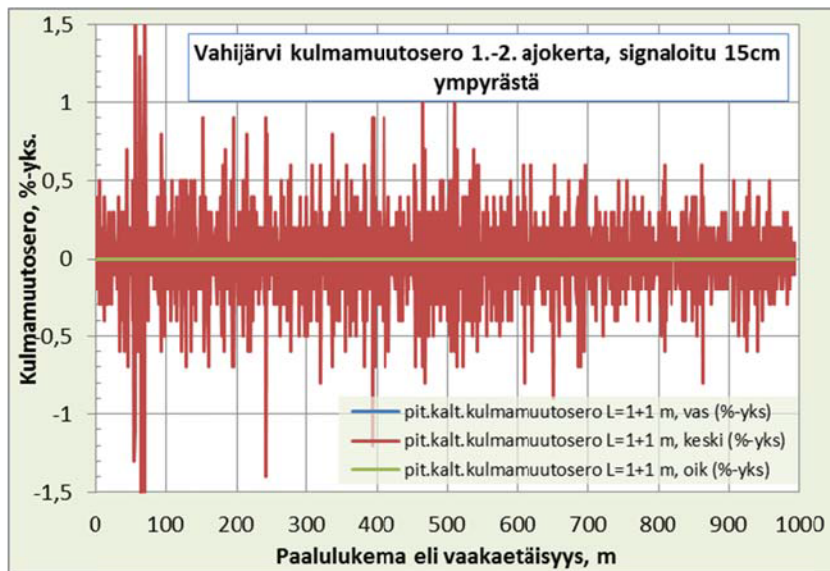
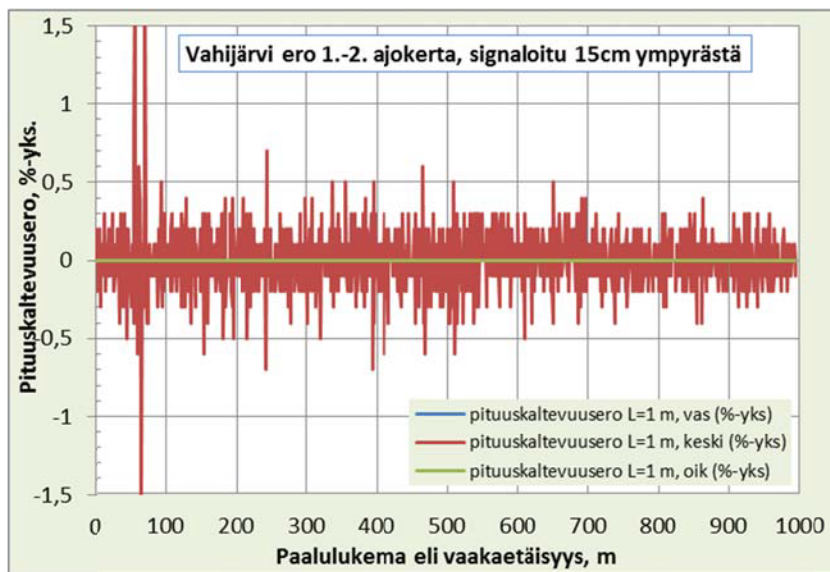
Tämän liitteen kaikissa kuvissa on **vain tien keskilinjan tuloksia** toisin kuin kuvien  
selitetekstistä voisi ymmärtää.

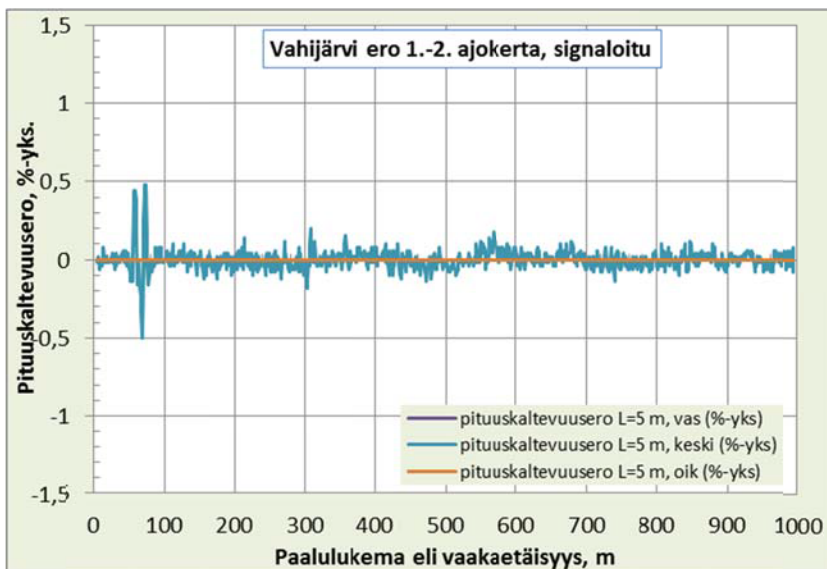
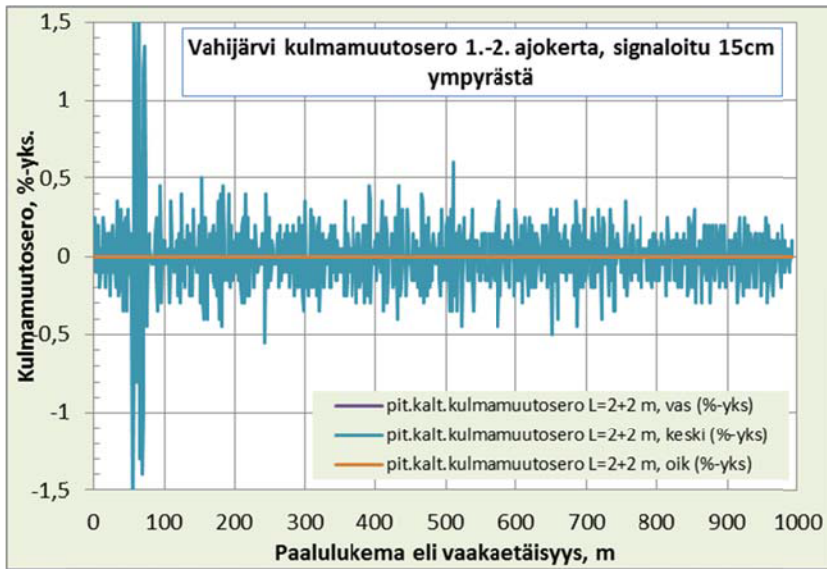
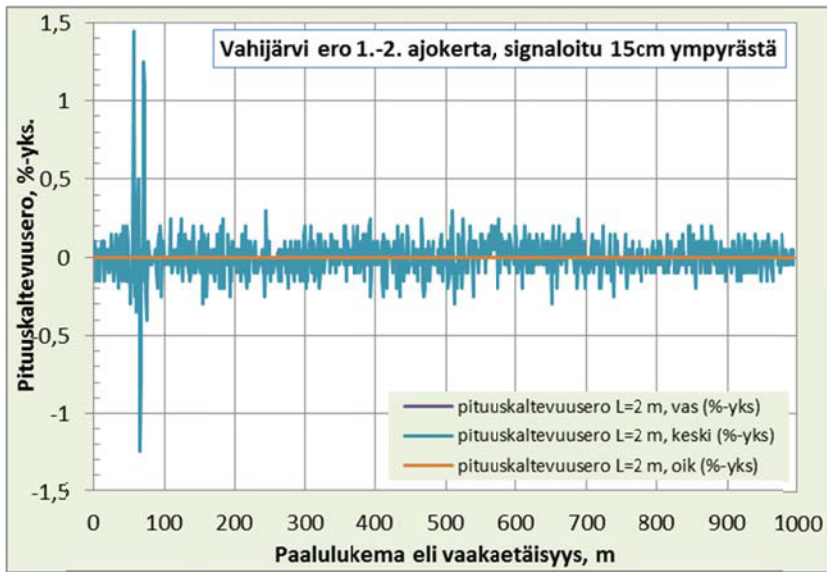


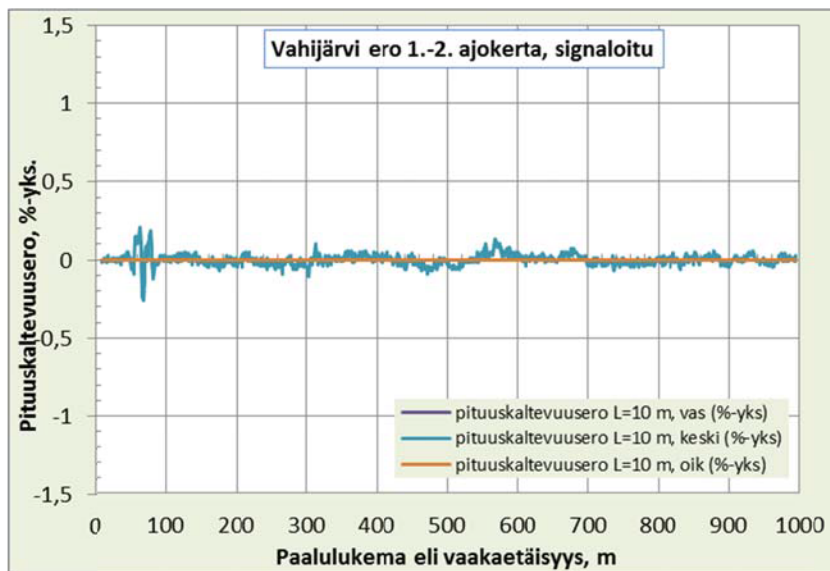
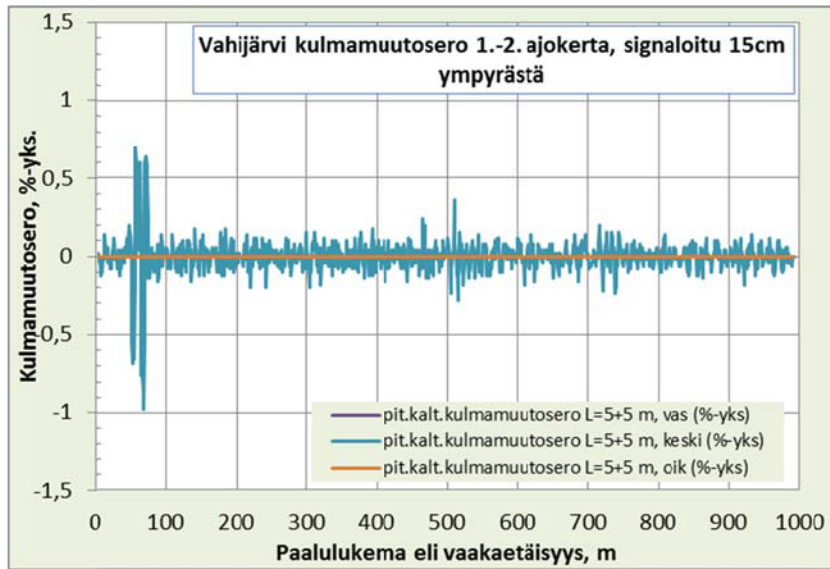
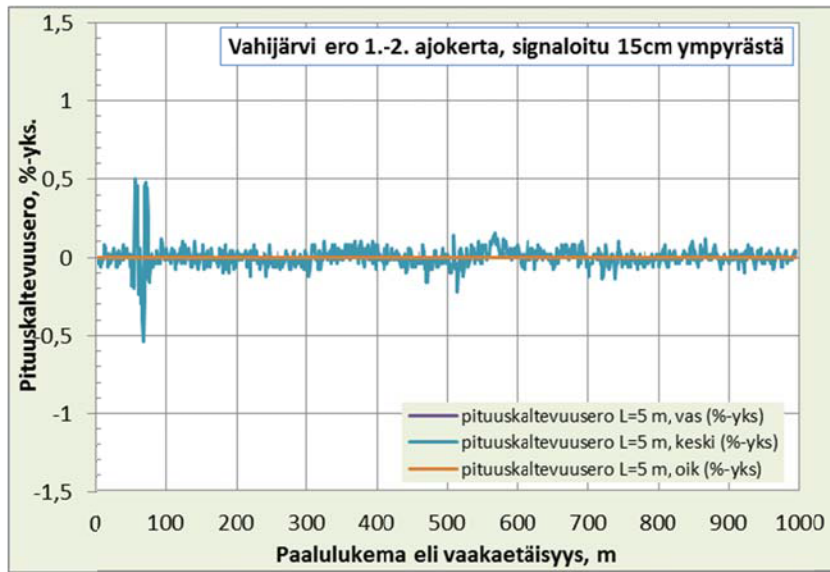


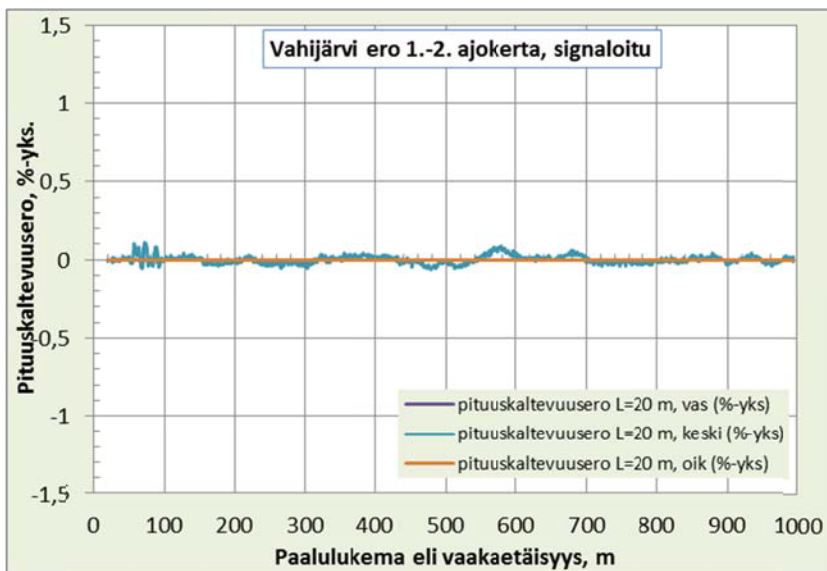
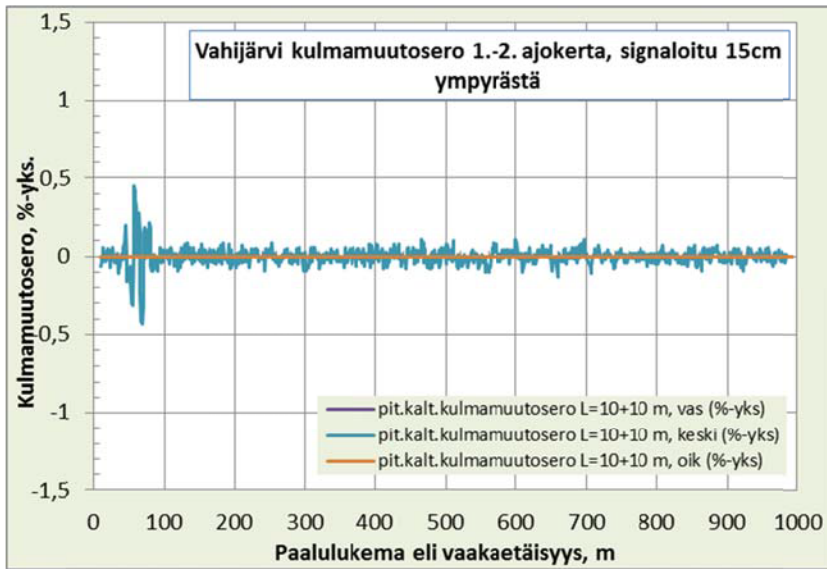
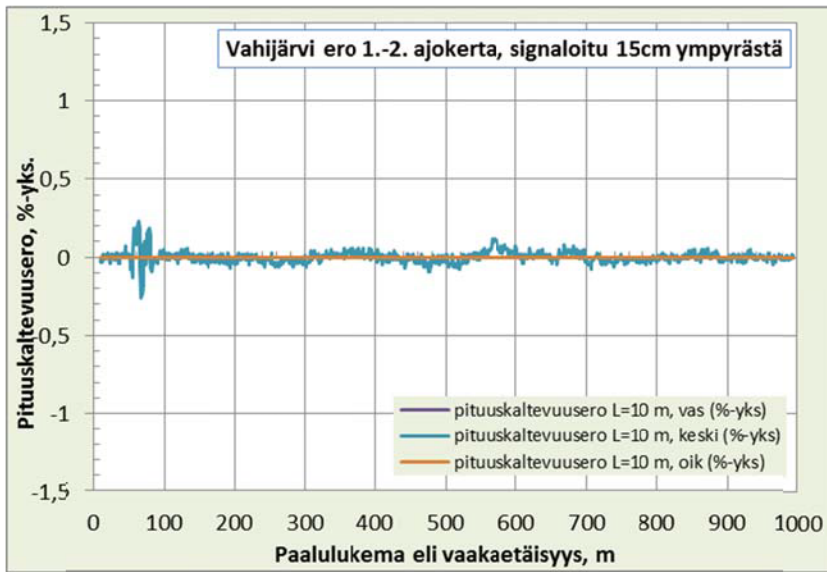


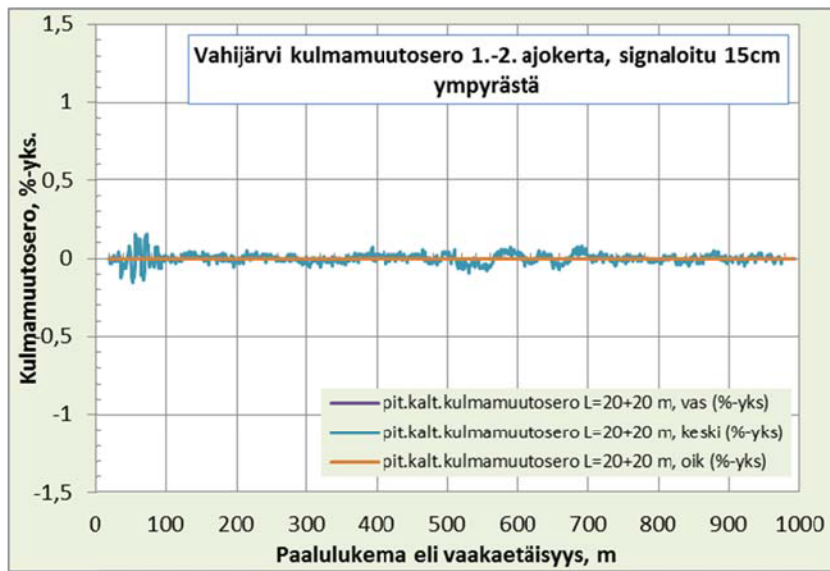
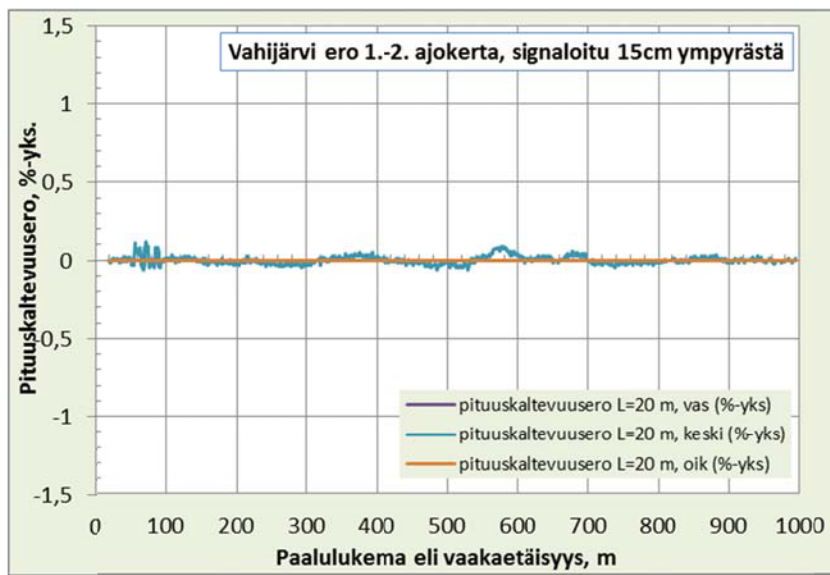








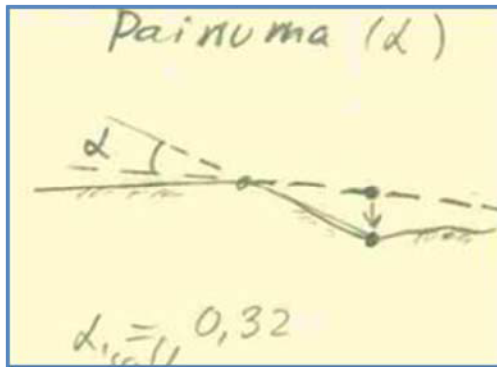






## Vahijärven pituusprofiilin analyysija signaloidun ja signaloimattomien mittausten osalta

Tässä tarkasteltavan Vahijärven kohteen tien pituusprofiili on esitetty liitteen 15 kuvassa 2.



Jäljempänä esitetään tien pituuskaltevuuksia (%) ja pituuskaltevuuseroja (%-yks.) laskettuna eri jänneväleille:  $L = 1$  m, 2 m, 5 m, 10 m ja 20 m. Yhdessä kuvassa on aina tien molempien reunaviivojen ja keskilinjan tulokset eri väreillä.

Ensimmäisenä on jänneväleillä  $L = 1$  laskettuja pituuskaltevuuksia (kuva 1). Sen perässä on jänneväleillä  $L = 1$  laskettuja kaltevuuseroja (kuvat 2 - 6) eri mittauskertojen (1. ja 2. mittauskerta) sekä mittausstapojen (signaloitu ja signaloimaton) välillä seuraavasti:

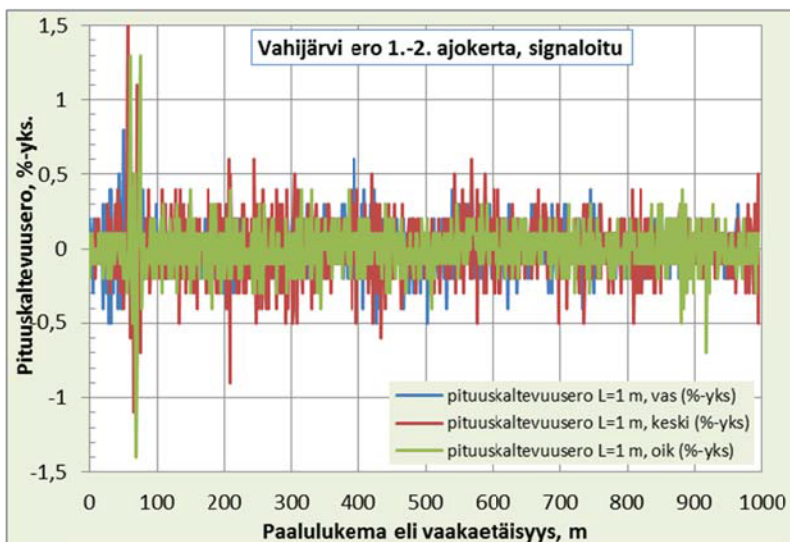
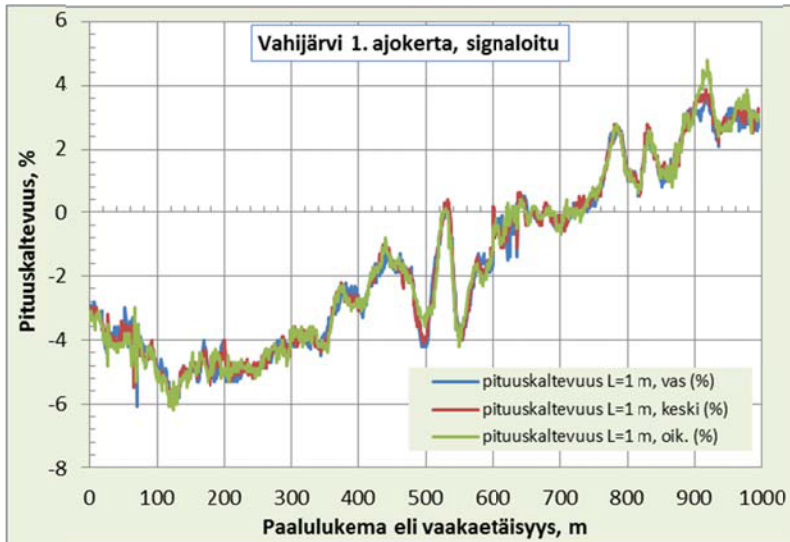
Sen jälkeen esitetään vastaavat tulokset muille jänneväleille (1 + 5 kuvaa jokaiselle jänneväleille).

Kaikki em. tulokset on laskettu ja esitetään 1 m välein siten, että jänteen alku- ja loppupää siirtyy metrin kerrastaan eteenpäin. Kuvissa kaltevuus tai kaltevuuden muutos esitetään kyseisen jännevälin keskikohdalle sijoitettuna.

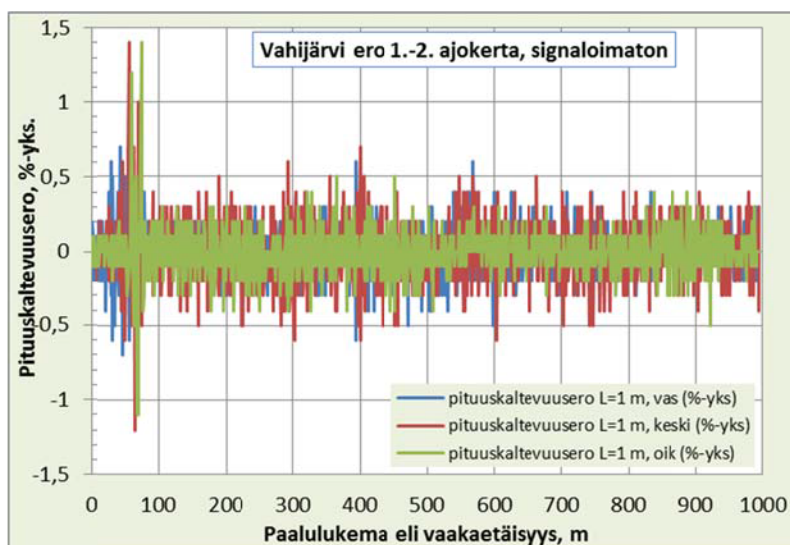
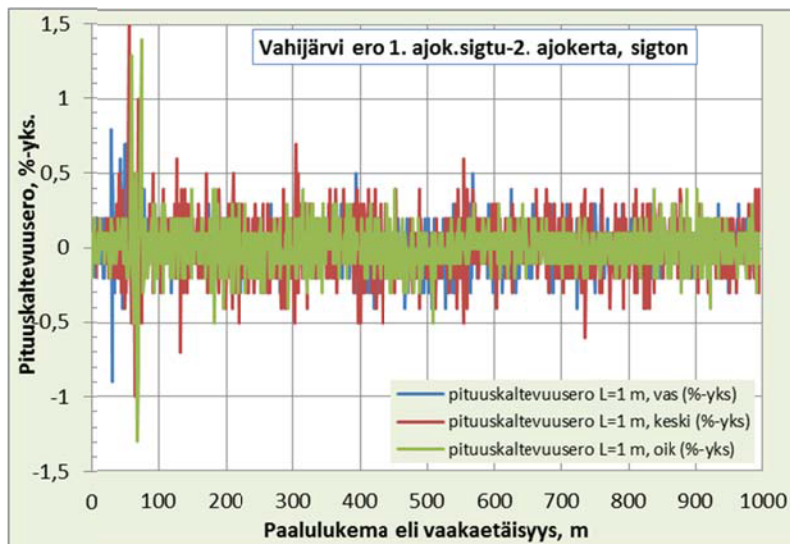
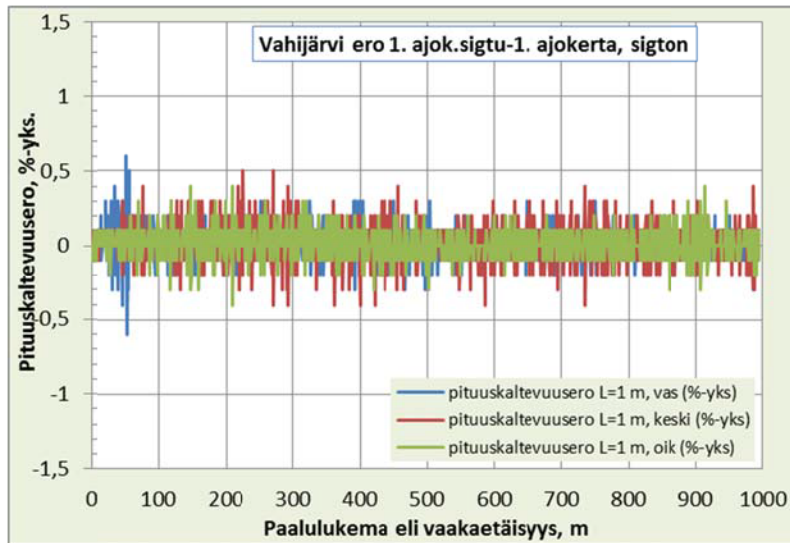
### Alustavia päätelmiä:

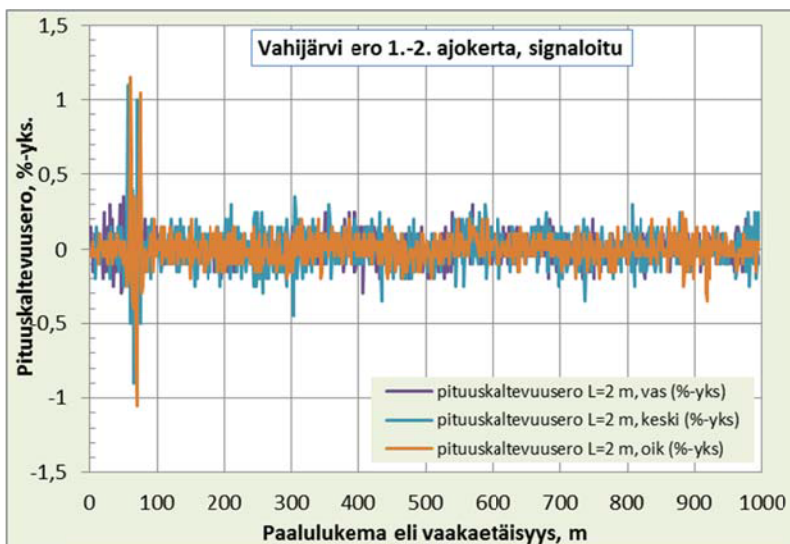
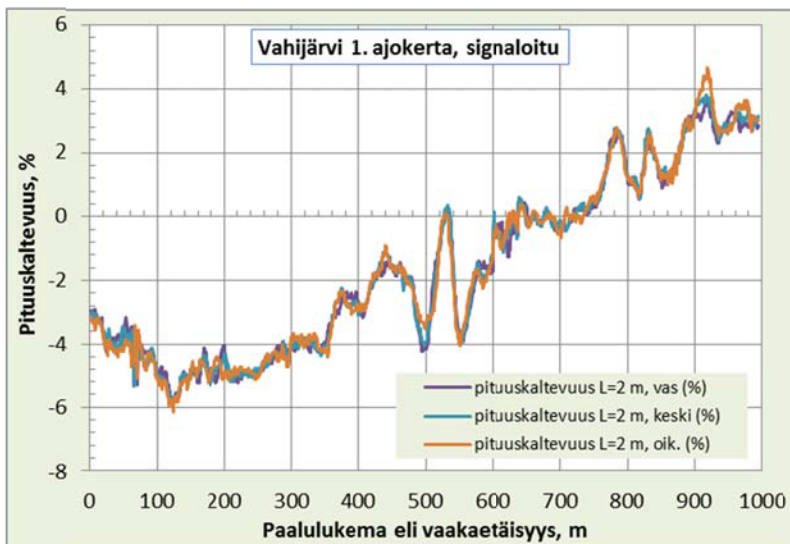
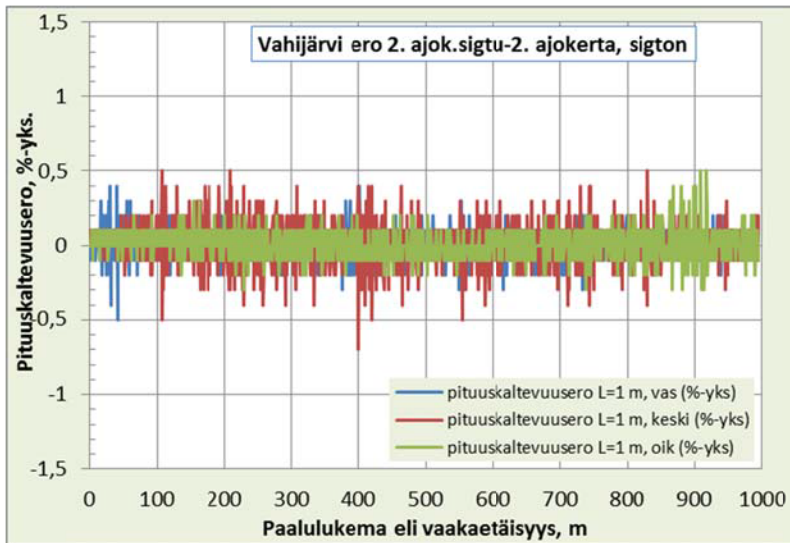
Ainakaan lyhyillä jänneväleillä ( $L = 1$  m ja  $L = 2$  m) mittaustarkkuus ei ole riittävä, jos tarkoitus on arvioida onko tien pituuskaltevuus muuttunut painumasta johtuen esim. yli 0,3 % -yksikköä. Vielä 2 m jänneväleilläkin saadut pituuskaltevuuden "muutokset" ovat olleet paikoin yli ja paikoin lähes 0,3 % -yksikköä vaikka mitään lisäpainumaa (kaltevuuden muutoksia) ei ole tapahtunut eri mittausten välillä. Jänneväleillä  $L = 5$  m saadut pituuskaltevuuden "muutokset" ovat pääsääntöisesti alle 0,15 % -yksikköä ja jänneväleillä  $L = 10$  m ja  $L = 20$  m pääsääntöisesti alle 0,1 % -yksikköä.

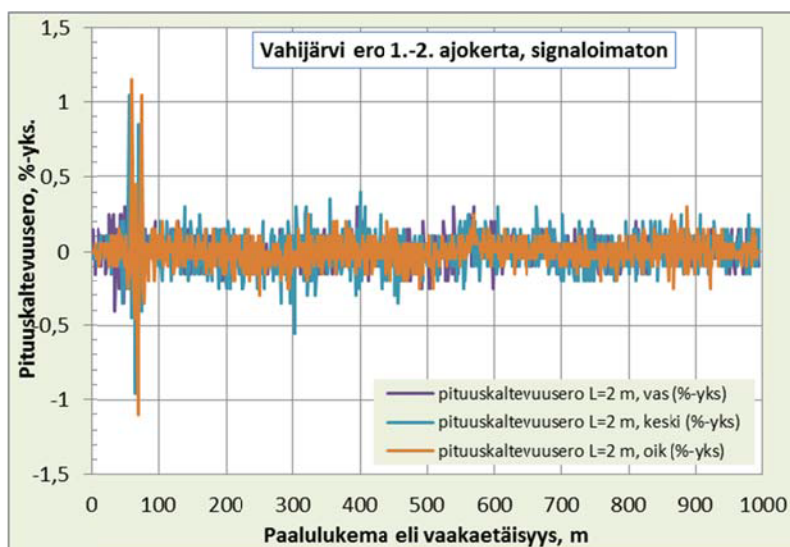
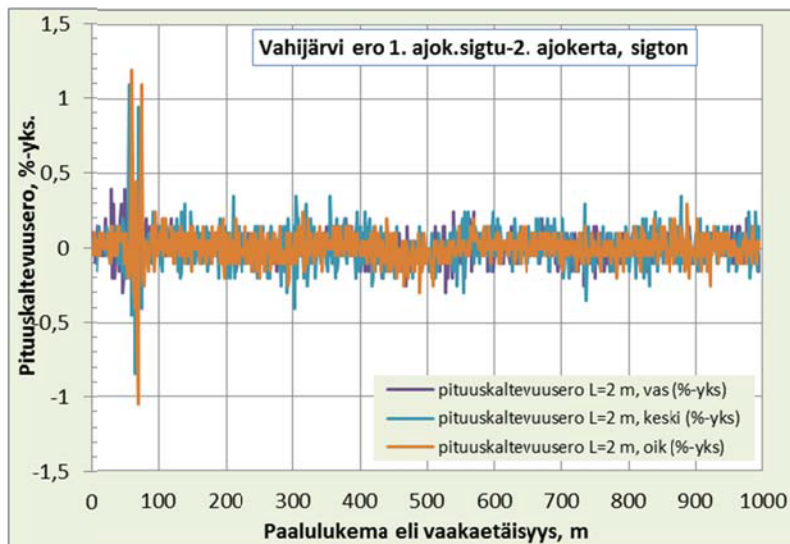
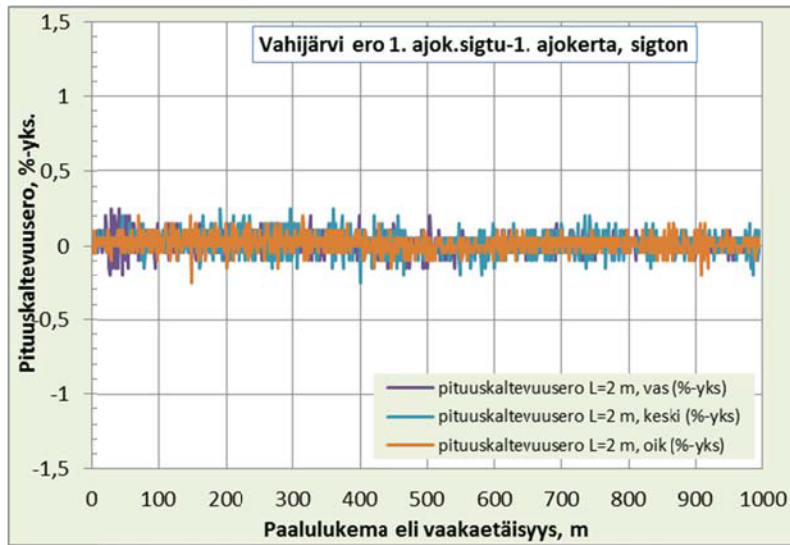
Signaloinnilla saatava korkeusmäärityksen lisätarkkuus ei näytä lisäävän pituuskaltevuuden muutoksen määritystarkkuutta, ainakaan merkittävästi. Pelkän signaloinnin vaikutusta on tarkasteltu molemmilla mittauskerroilla 1 ja 2. Esimerkiksi kuvista 3 ja 6 (L = 1 m) sekä kuvista 9 ja 12 (L = 2 m) nähdään kaltevuuserot signaloiduista ja signaloimattomista mittaustuloksista laskettujen pituuskaltevuuksien välillä. Lyhyillä jänneväleillä niissäkin on suuruusluokaltaan 0,2 – 0,3 % -yksikön eroja molempiin suuntiin. Pidemmällä jänneväleillä L = 10 m ja L = 20 m erot ovat alle 0,1 % -yksikköä (kuvat 21 ja 24 sekä 27 ja 30).

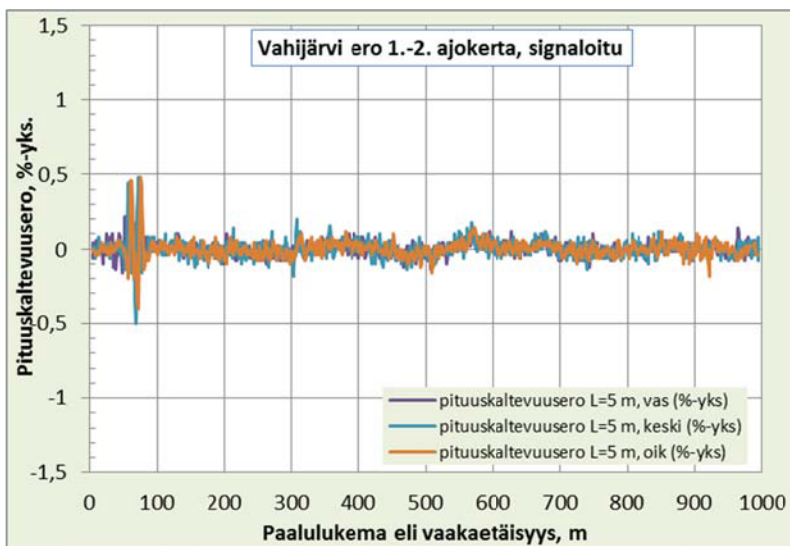
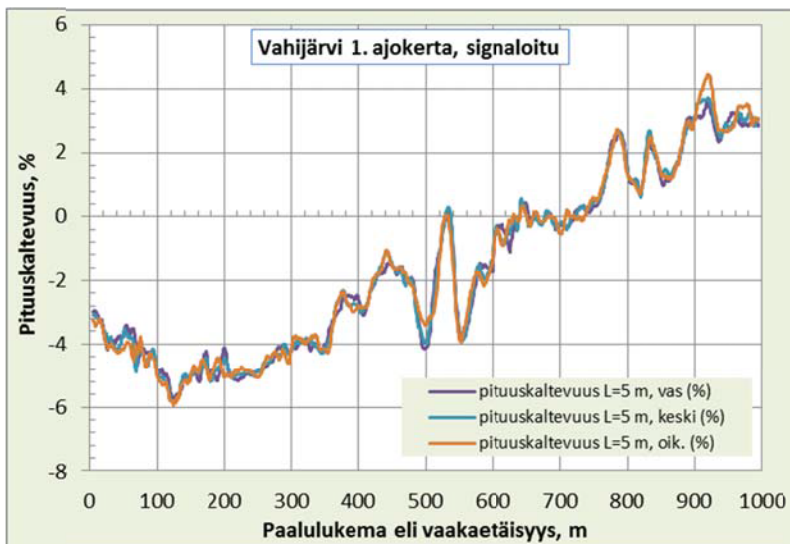
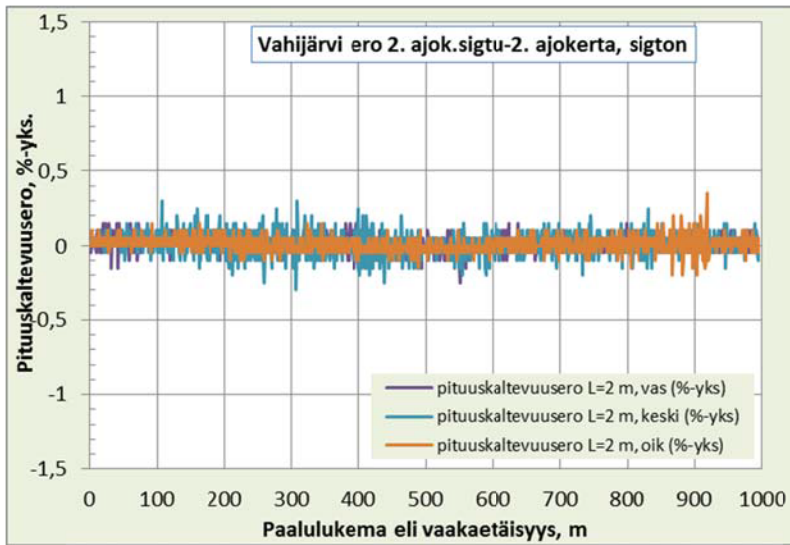


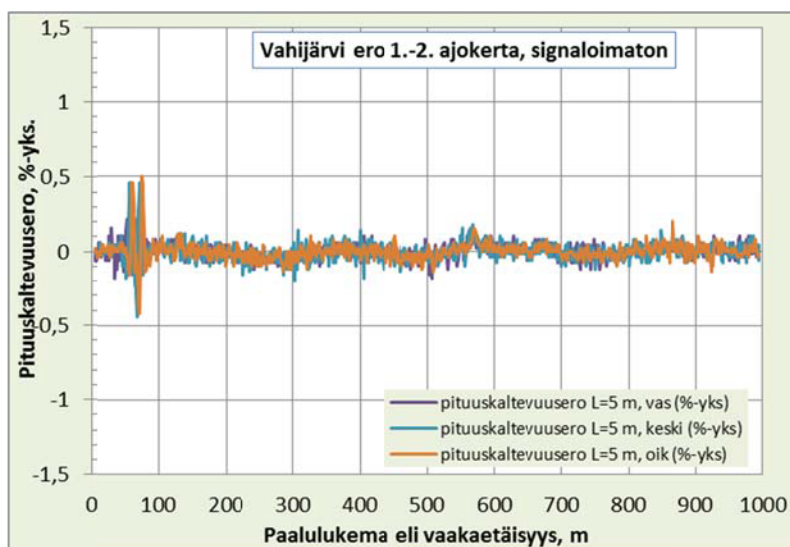
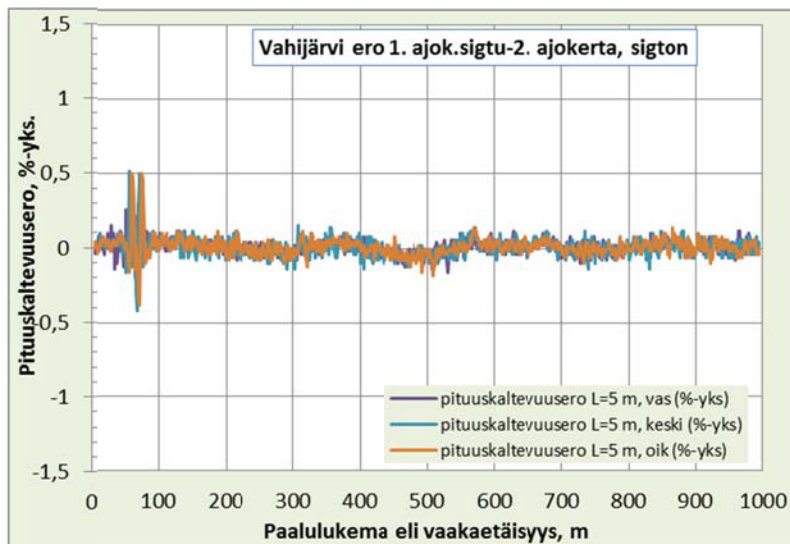
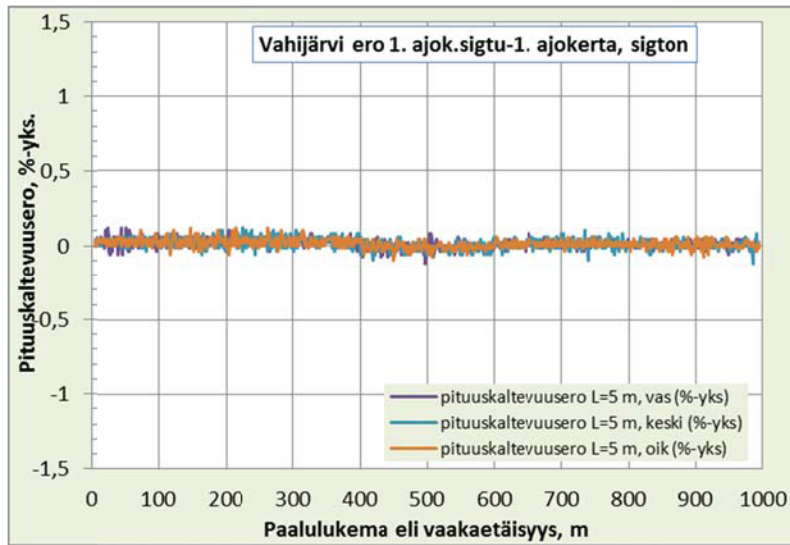


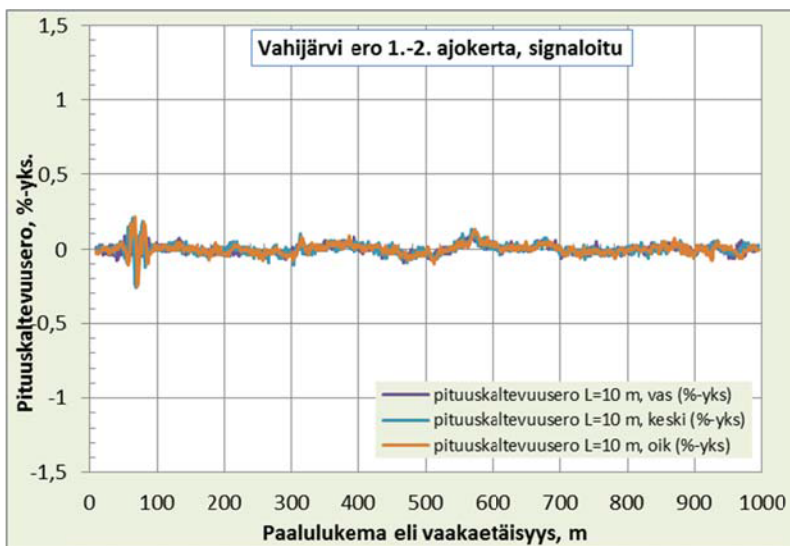
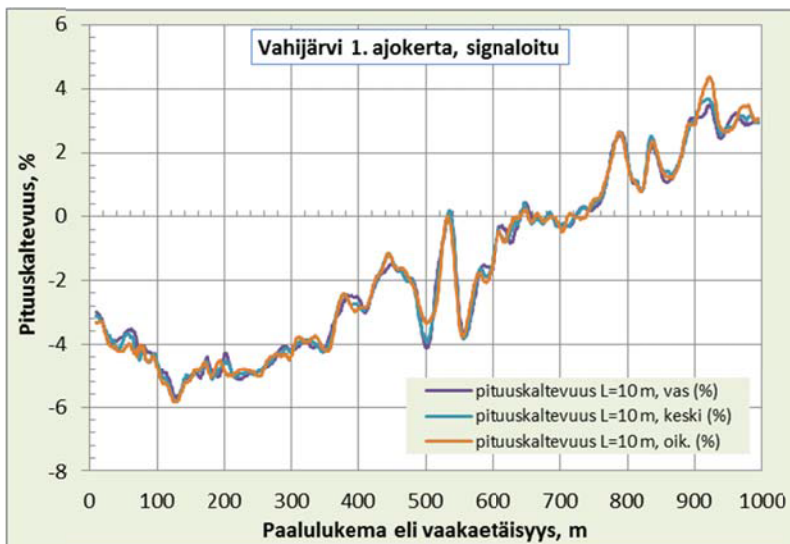
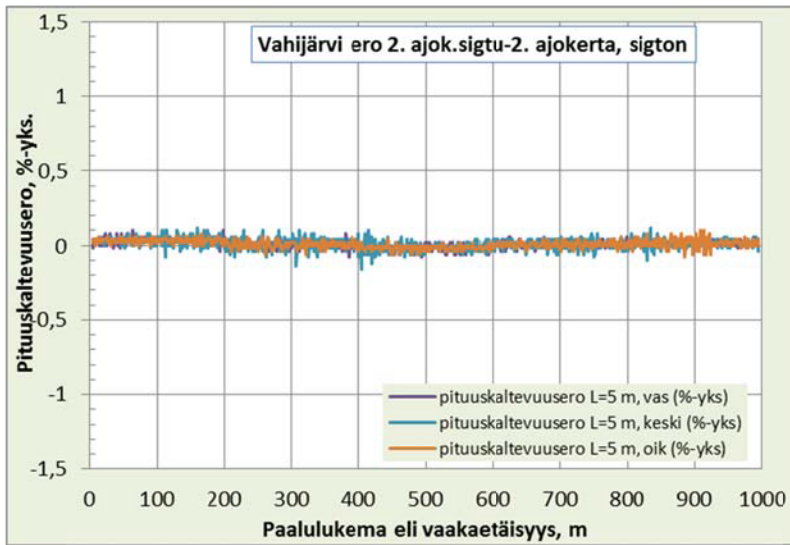


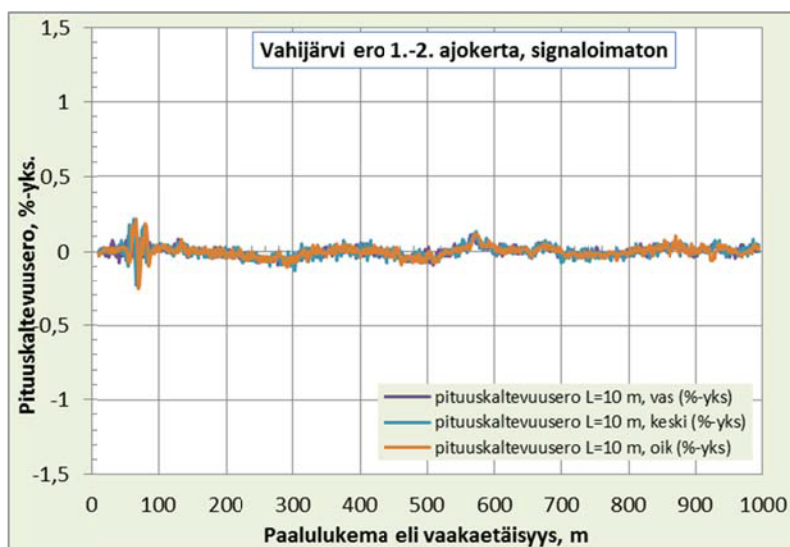
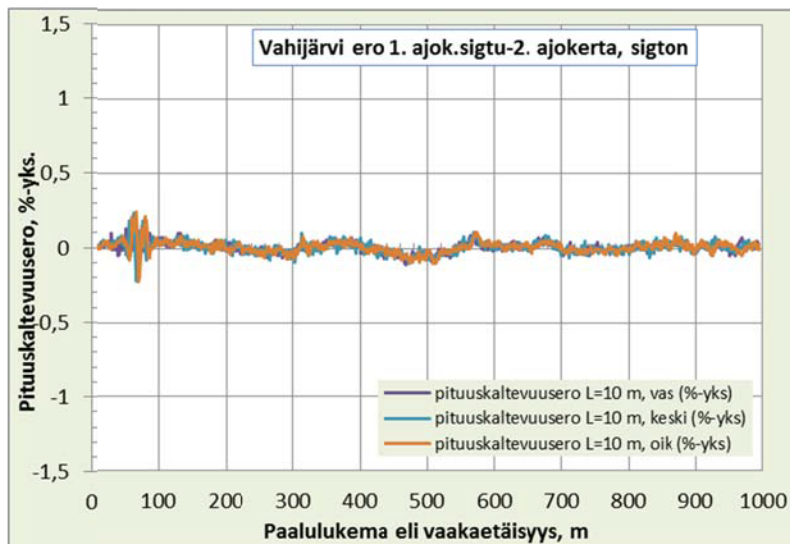
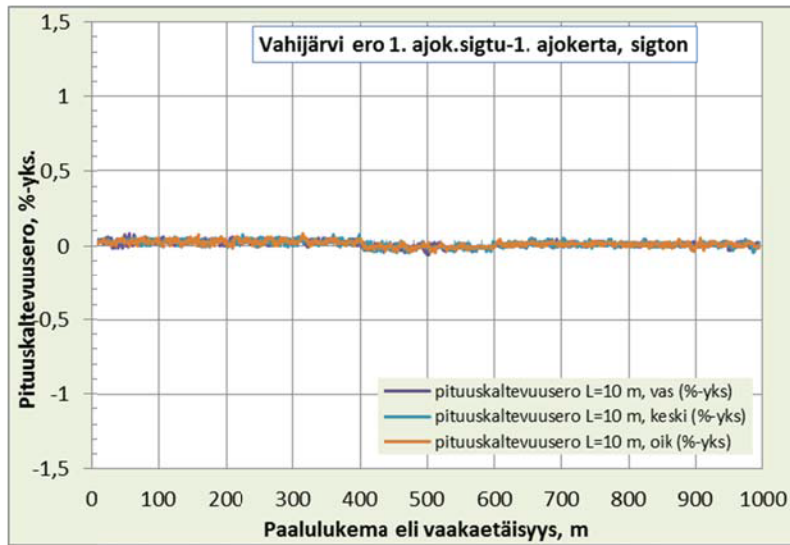


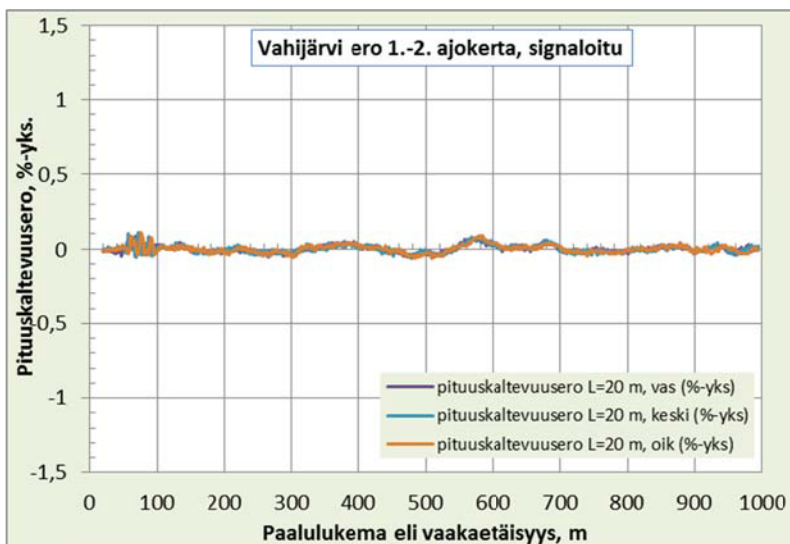
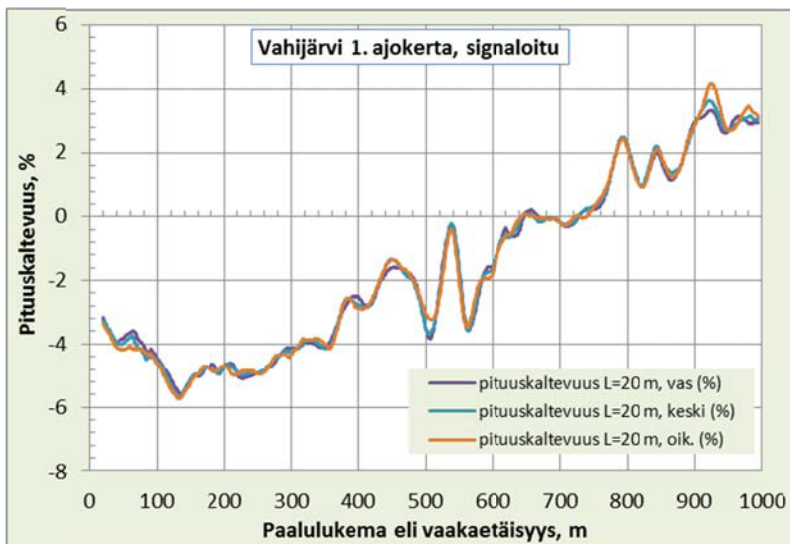
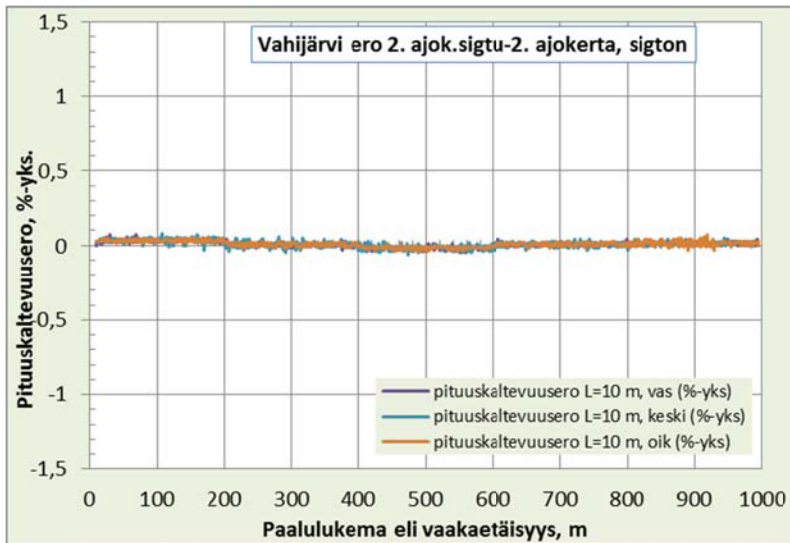




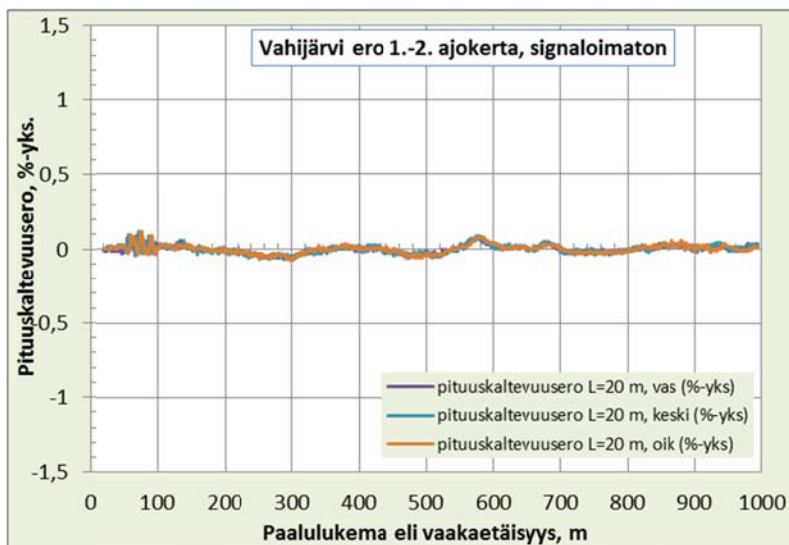
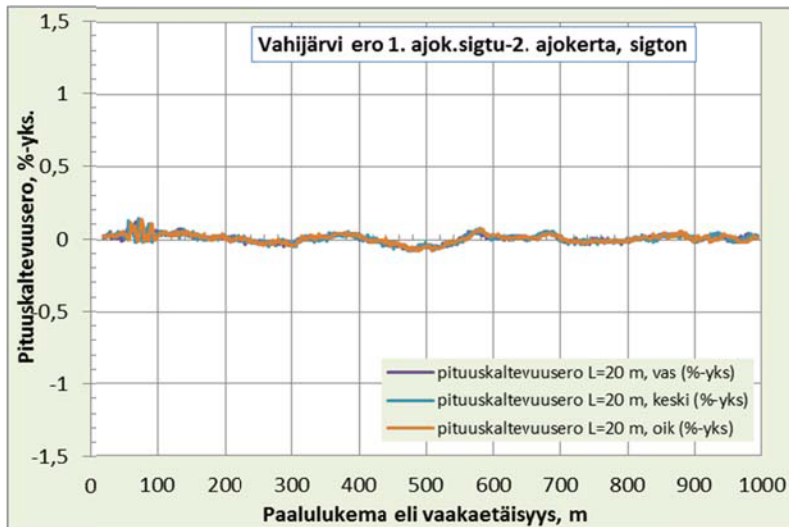
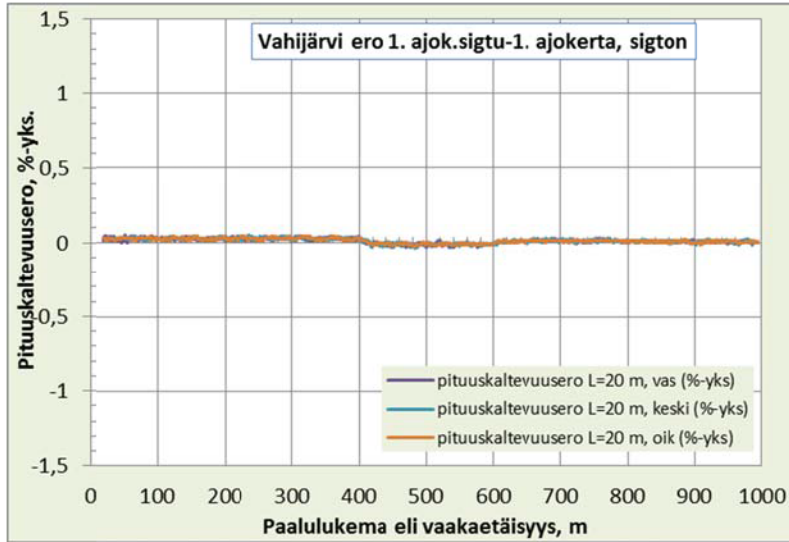


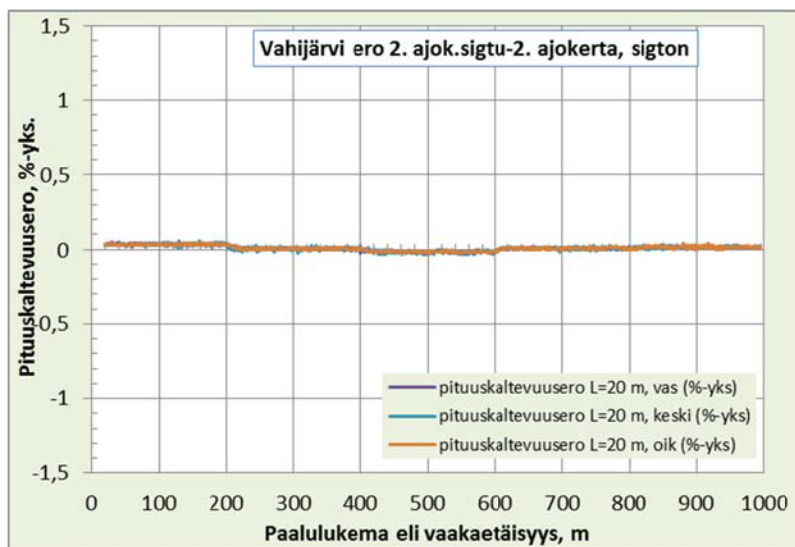






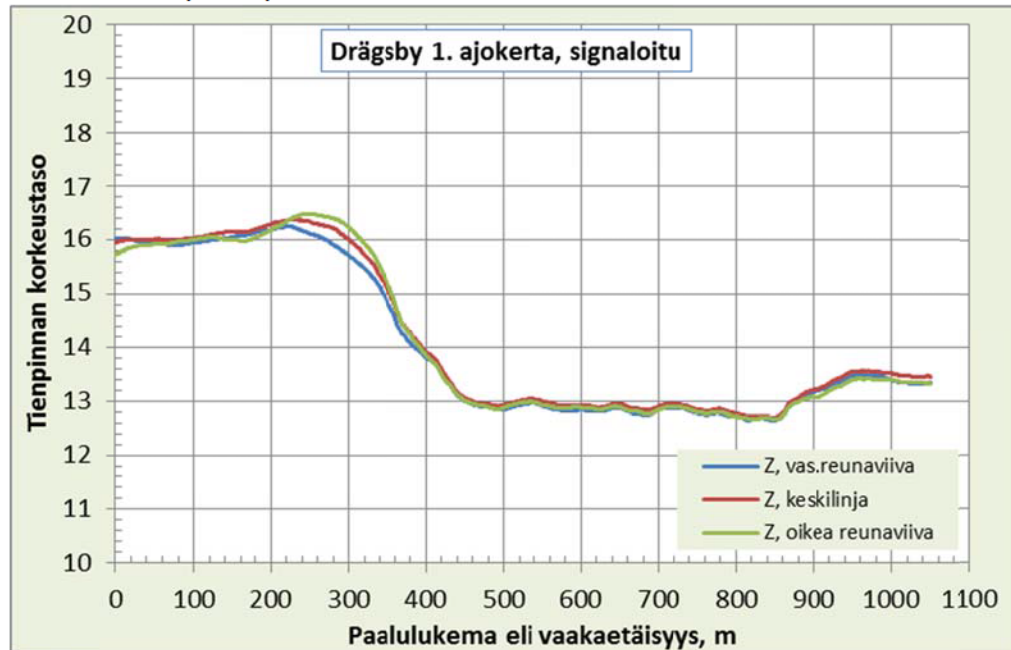






## Drägsbyn pituusprofiilien analyysija signaloidun ja signaloimattomien mittausten osalta

Seuraavassa esitetään ensin kohteen pituusprofiili 1. ajokerran signaloidun mittauksen tuloksista (kuva 1).



Jäljempänä esitetään tien pituuskaltevuuksia (%) ja pituuskaltevuuseroja (%-yks.) laskettuna eri jänneväleille:  $L = 1$  m, 2 m, 5 m, 10 m ja 20 m. Yhdessä kuvassa on aina tien molempien reunaviivojen ja keskilinjän tulokset eri väreillä.

Ensimmäisenä on jännevälillä  $L = 1$  m laskettuja pituuskaltevuuksia (kuva 2). Sen perässä on jännevälillä  $L = 1$  m laskettuja kaltevuuseroja (kuvat 3 – 7) eri mittauskertojen (1. ja 2. mittauskerta) sekä mittaustapojen (signaloitu ja signaloimaton) välillä seuraavasti:

Sen jälkeen esitetään vastaavat tulokset muille jänneväleille (1 + 5 kuvaa jokaiselle jännevälille).

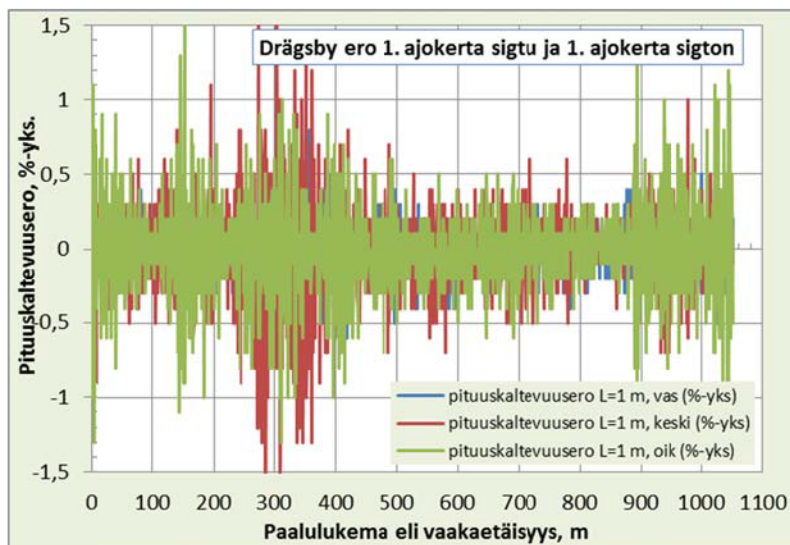
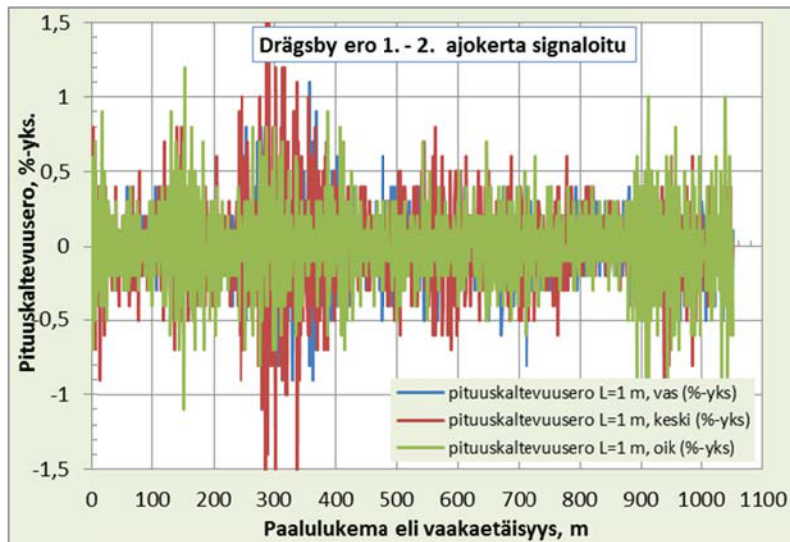
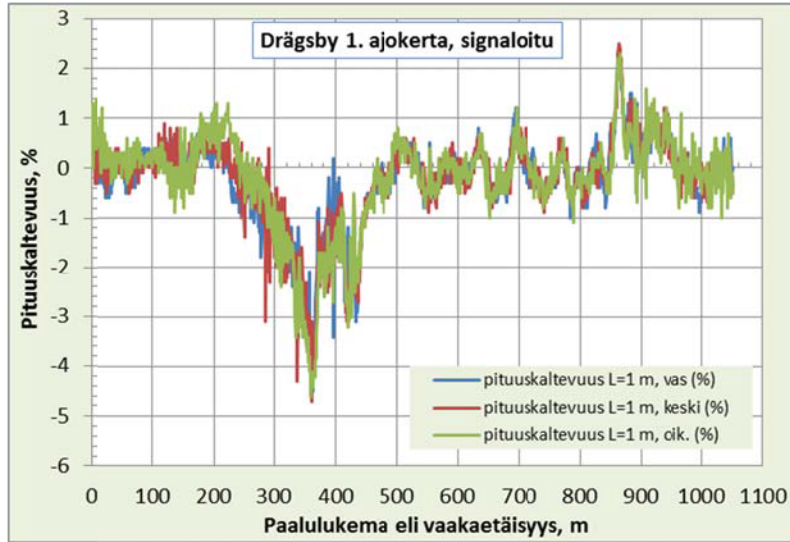
Tulokset on laskettu ja esitetään 1 m välein siten, että jänteen alku- ja loppupää siirtyy metrin kerrastaan eteenpäin. Kuvissa kaltevuus tai kaltevuuden muutos esitetään kyseisen jännevälän keskikohdalle sijoitettuna.

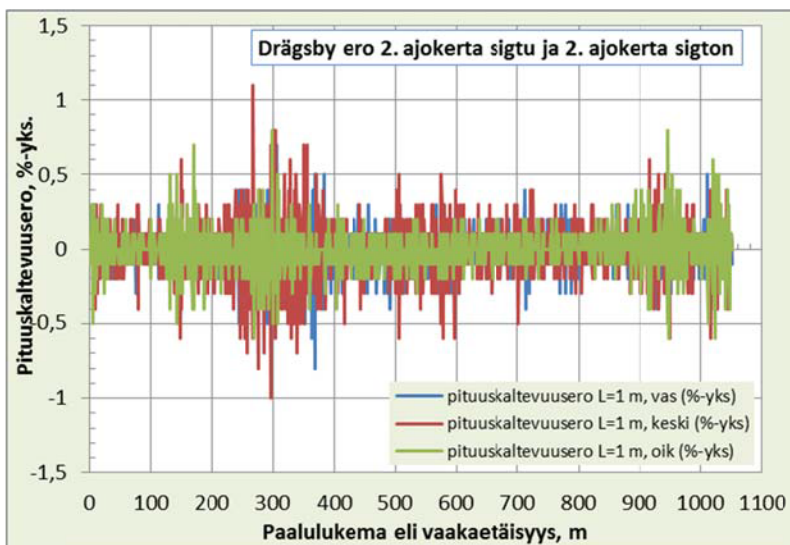
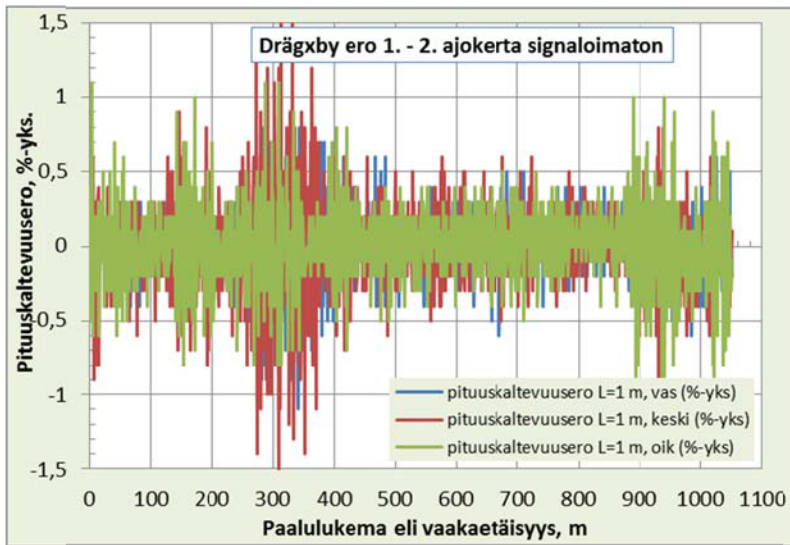
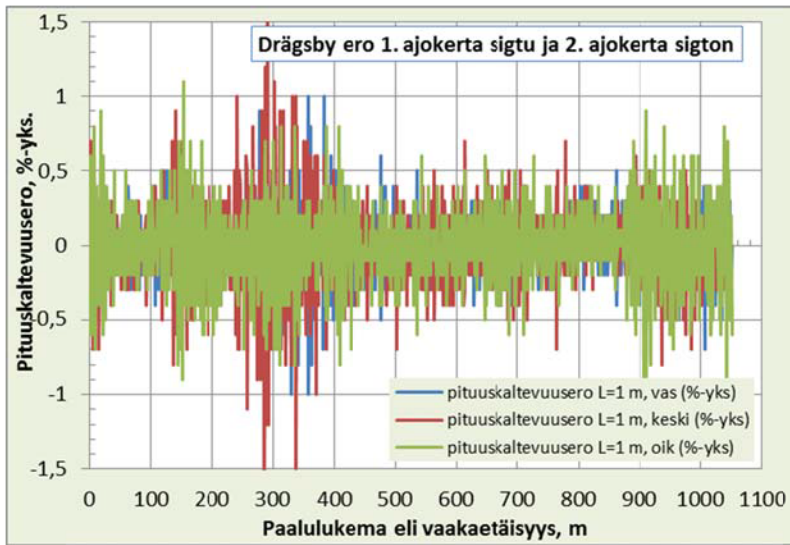
Alustavia päätelmiä:

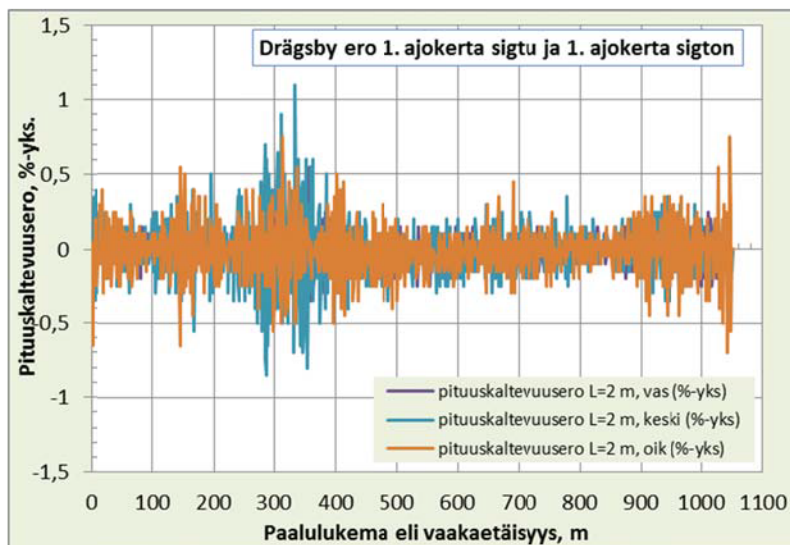
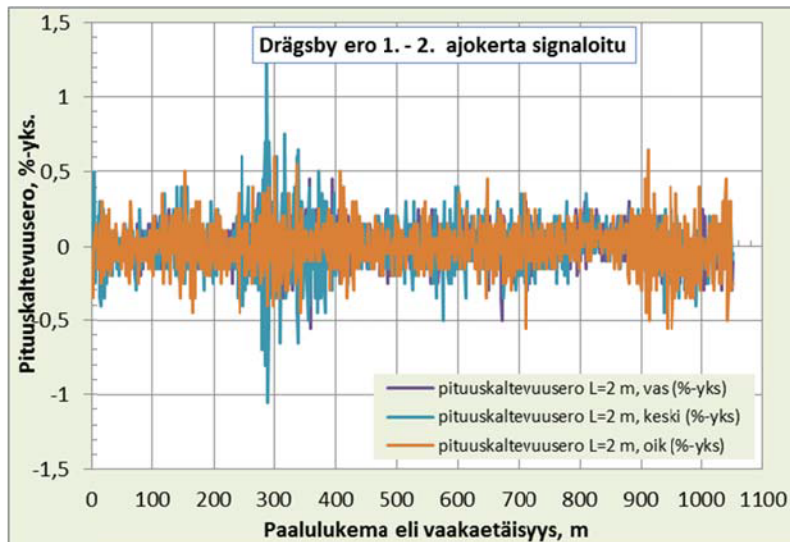
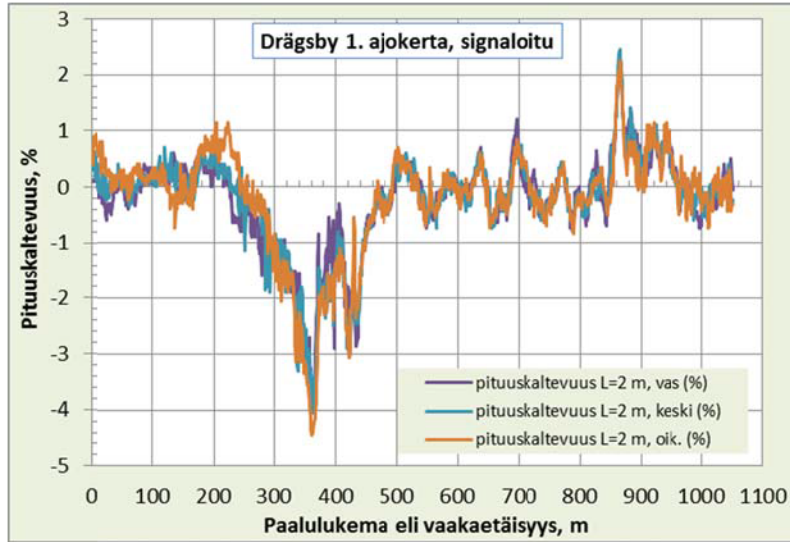
Ainakaan lyhyillä jänneväleillä ( $L = 1$  m ja  $L = 2$  m) mittaustarkkuus ei ole riittävä, jos tarkoitus on arvioida onko tien pituuskaltevuus muuttunut painumasta johtuen esim. yli 0,3 %-yksikköä. Vielä 5 m jännevälilläkin saadut pituuskaltevuuden ”muutokset” ovat olleet paikoin yli ja paikoin lähes 0,3 %-yksikköä vaikka mitään lisäpainumaa ei ole tapahtunut eri mittausten välillä. Jännevälillä  $L = 10$  m saadut pituuskaltevuuden ”muutokset” ovat pääsääntöisesti alle 0,15 %-yksikköä ja jännevälillä  $L = 20$  m alle 0,1 %-yksikköä.

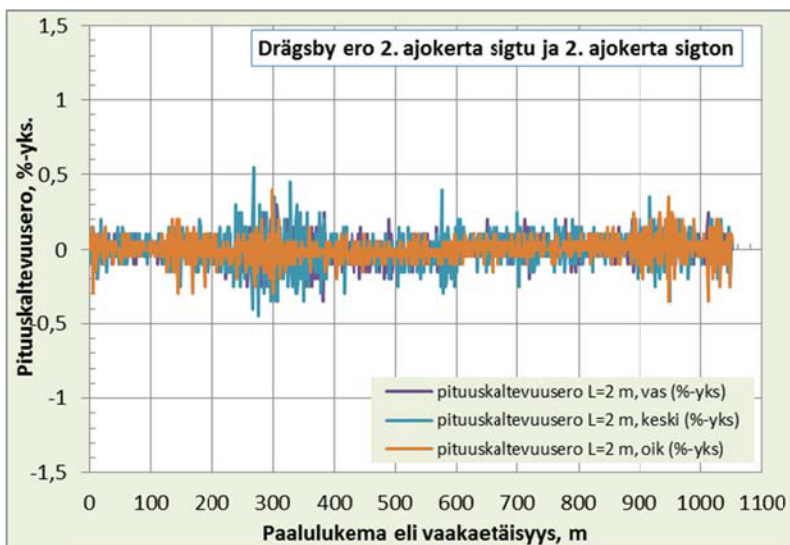
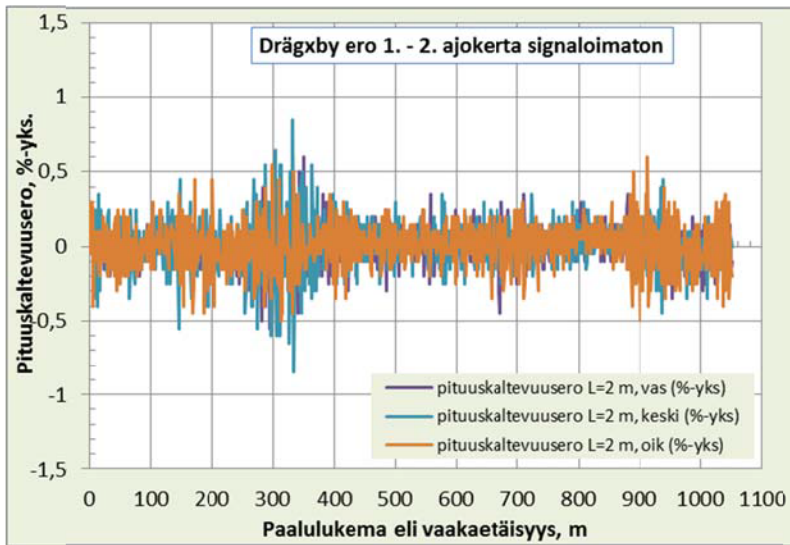
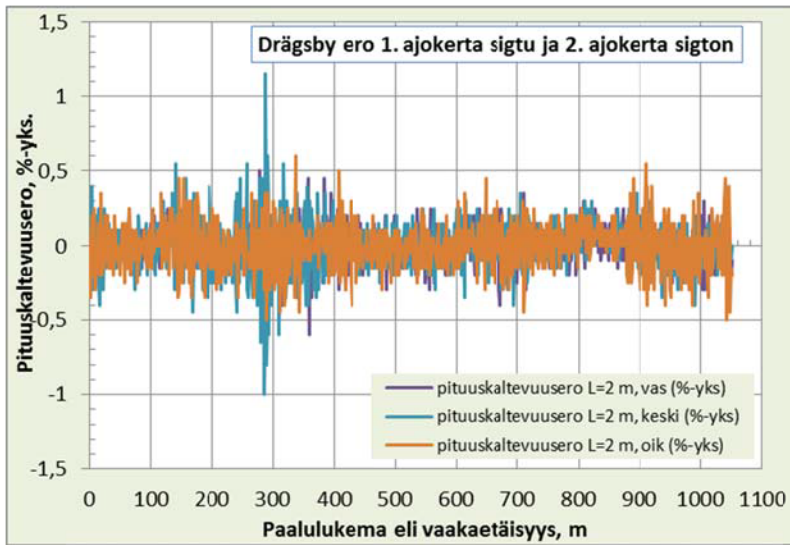
Signaloinnilla saatava korkeusmäärityksen lisätarkkuus ei näytä lisäävän pituuskaltevuuden muutoksen määritystarkkuutta, ainakaan merkittävästi. Pelkän signaloinnin vaikutusta on tarkasteltu molemmilla mittauskerroilla 1 ja 2. Esimerkiksi kuvista 4 ja 7 ( $L = 1$  m) sekä kuvista 10 ja 13 ( $L = 2$  m) nähdään kaltevuuserot signaloiduista ja signaloimattomista mittaustuloksista laskettujen pituuskaltevuuksien välillä. Lyhyillä jänneväleillä niissä on erittäin suurta huojuntaa. Pidemmillä jänneväleillä  $L = 10$  m ja  $L = 20$  m erot ovat yleensä alle 0,1 %-yksikköä (kuvat 22 ja 25 sekä 28 ja 31). Mittauskerroilla 1 ja jännevälillä  $L = 10$  erot signaloidun ja signaloimattoman välillä on kuitenkin hieman suurempia.

Mittausalueen keskivälillä (noin plv 450 – 850) tienpinta on suunnilleen samassa kunnossa (silmämääräisesti tasainen, ei haitallisia painumia) kuin pääosa Vahijärven kohteesta, joten siltä osin mittaustulosten erot lienevät selitettävissä peitteisemmällä maastolla (tien molemmin puolin on metsää).

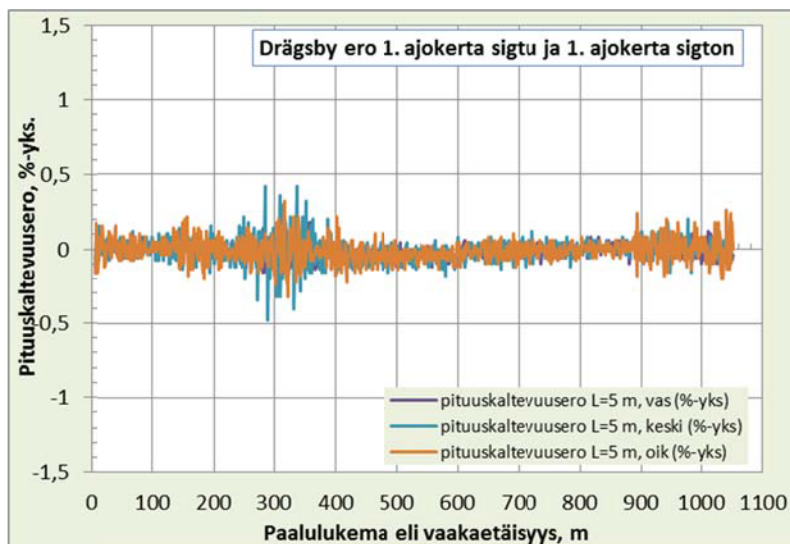
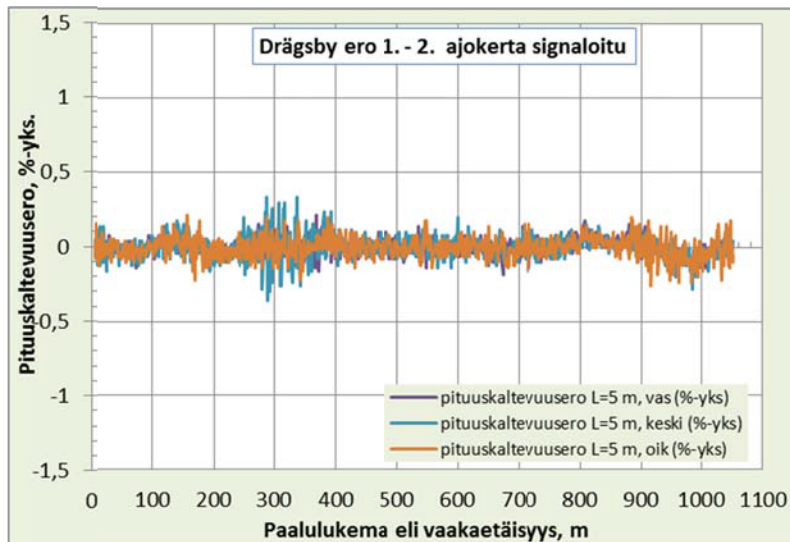
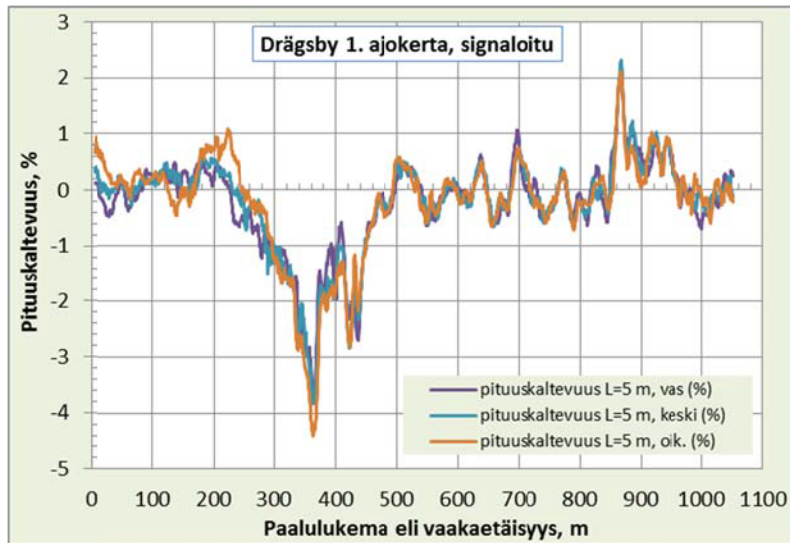


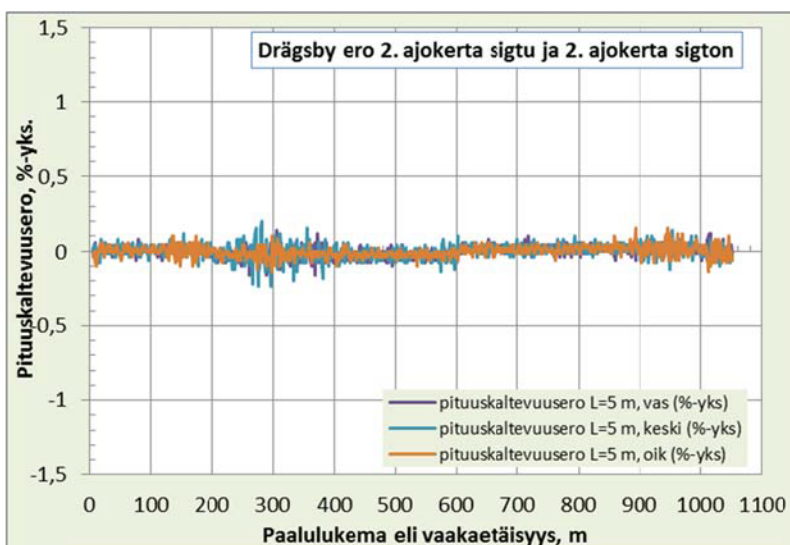
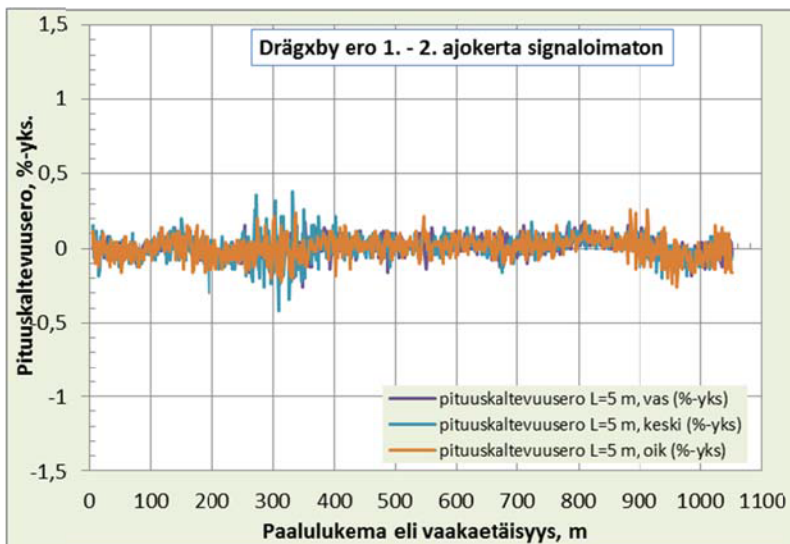
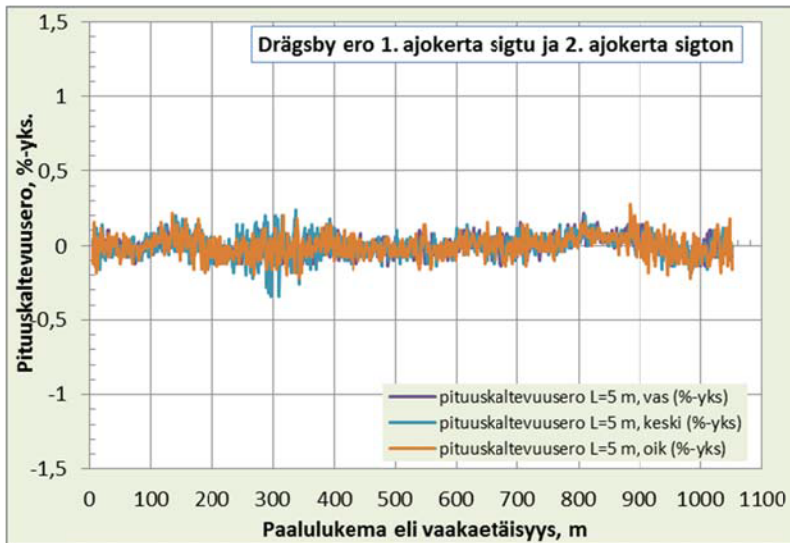


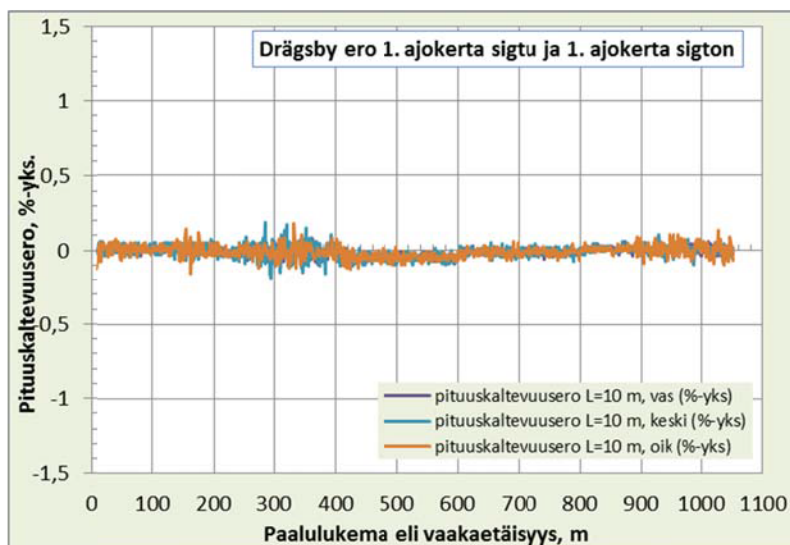
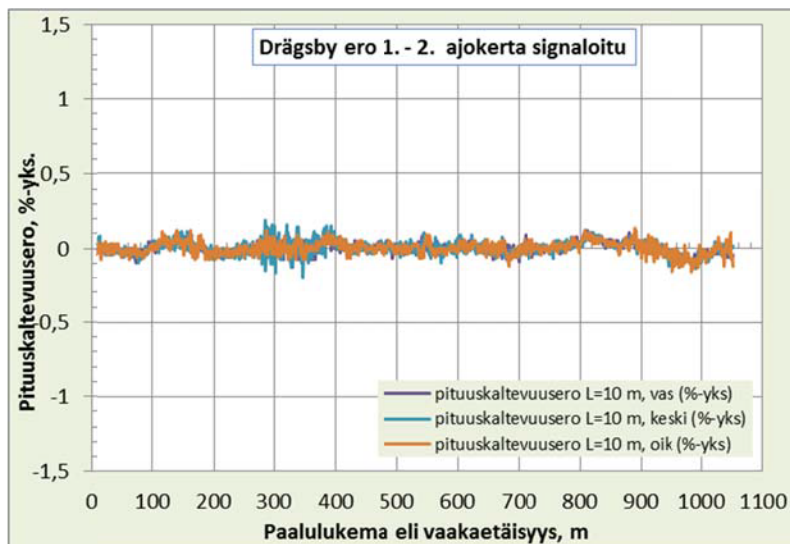
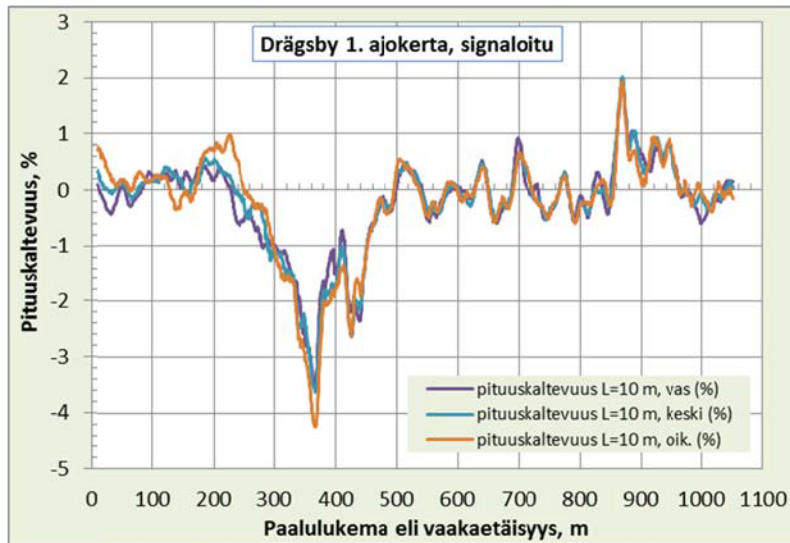


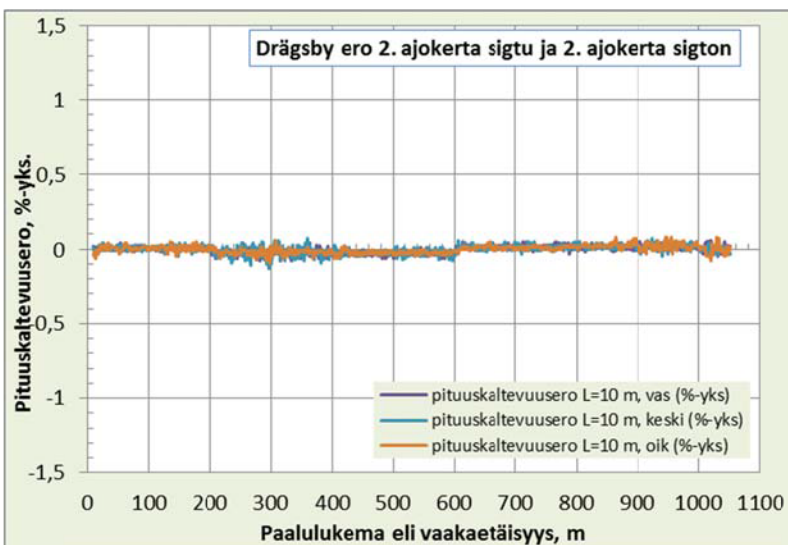
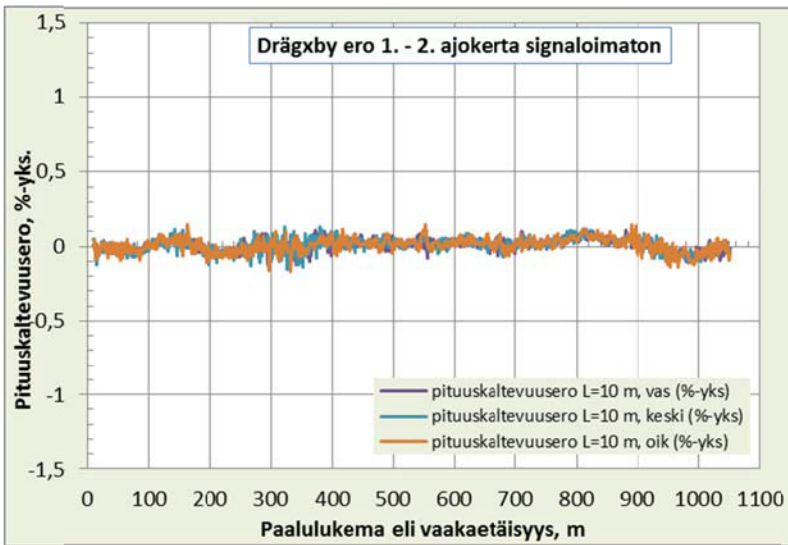
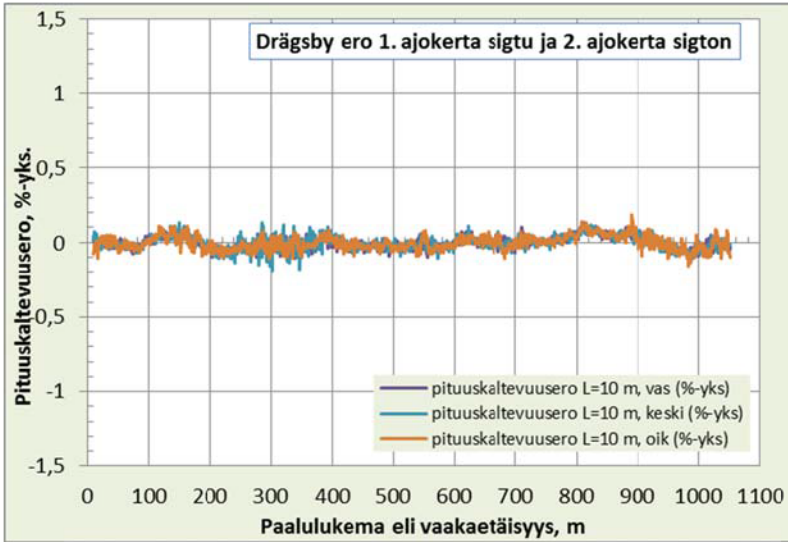


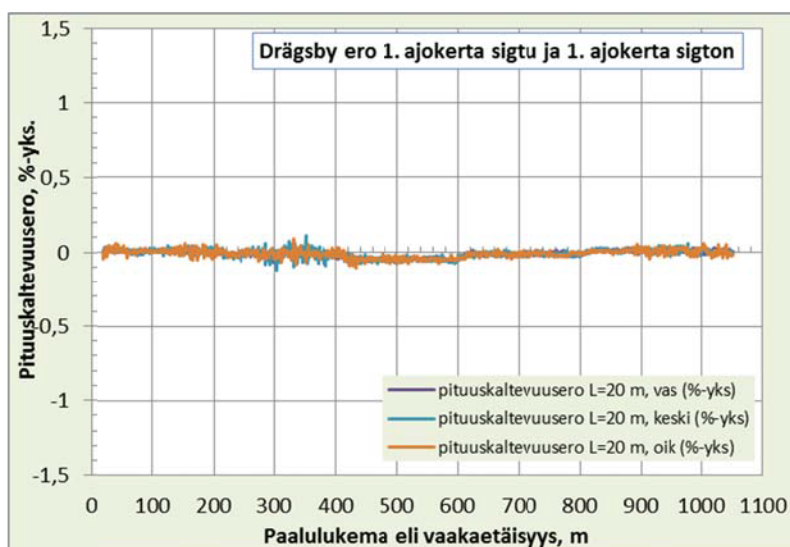
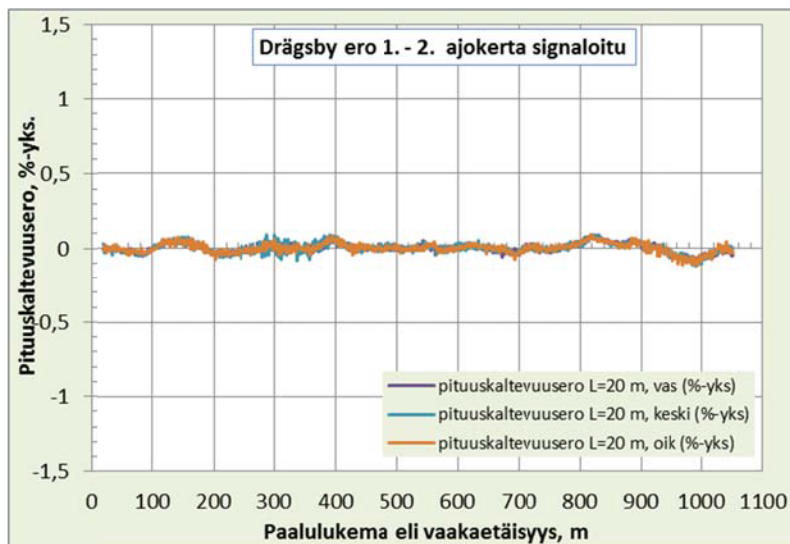
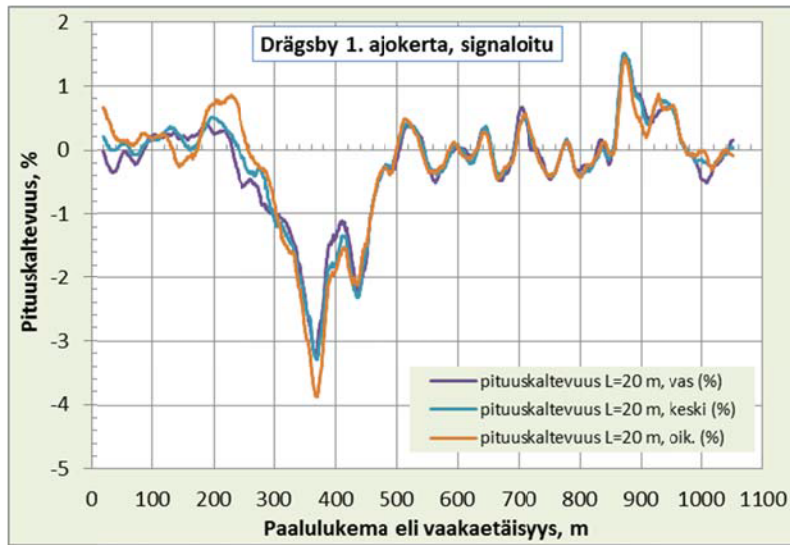


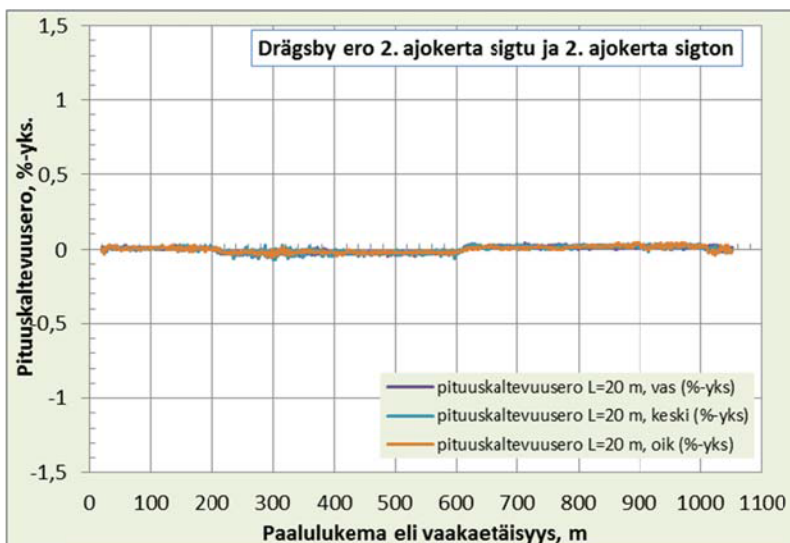
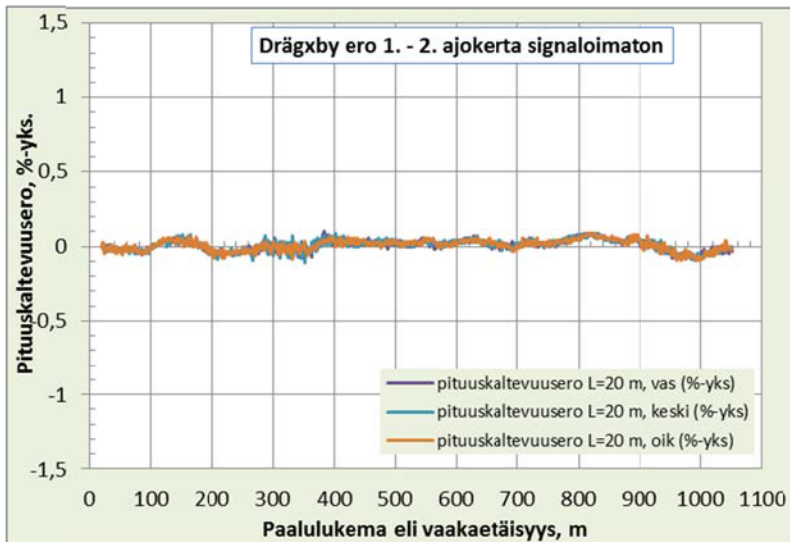
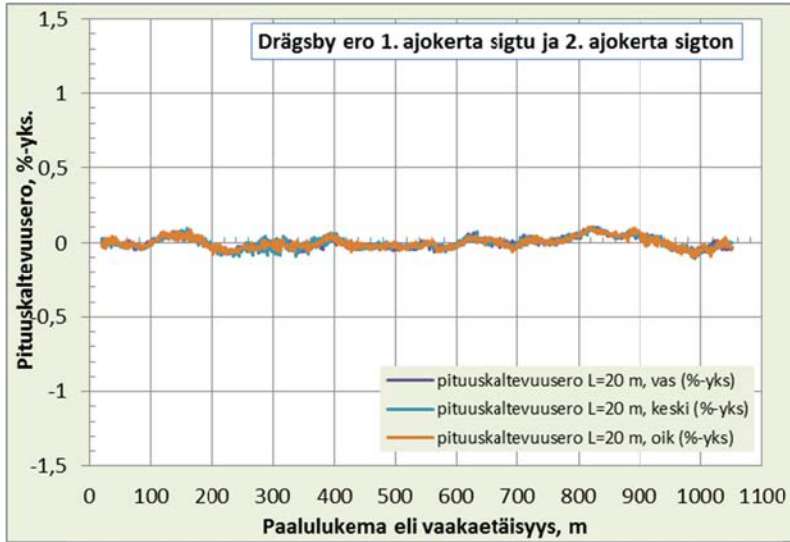




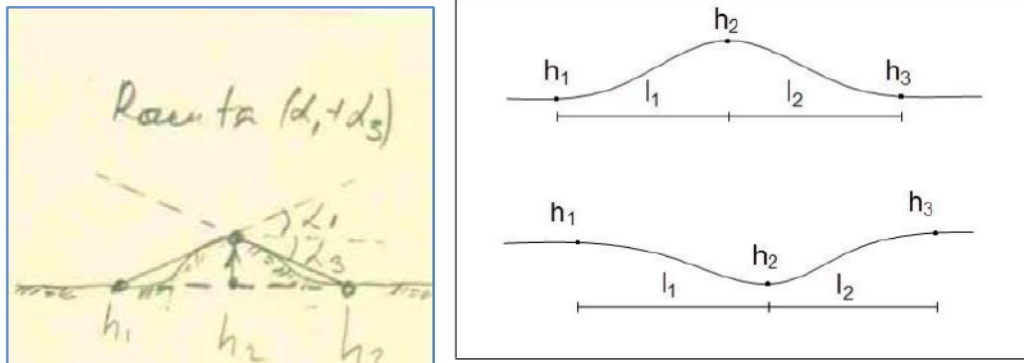








## Vahijärven pituusprofiilin analyysija Nordic Scan Centerin tukiasemamittauksen osalta



Kuva 4.1.4.-2. Kaltevuuden muutoksen mittaus. Kaltevuuden muutos =  $(h_2-h_1)/l_1 - (h_3-h_2)/l_2$ . Jänne  $l_1$  ja  $l_2 = 1...10$  m. Kokeilemalla etsitään jänneet, joilla saadaan suurin kaltevuudenmuutos.

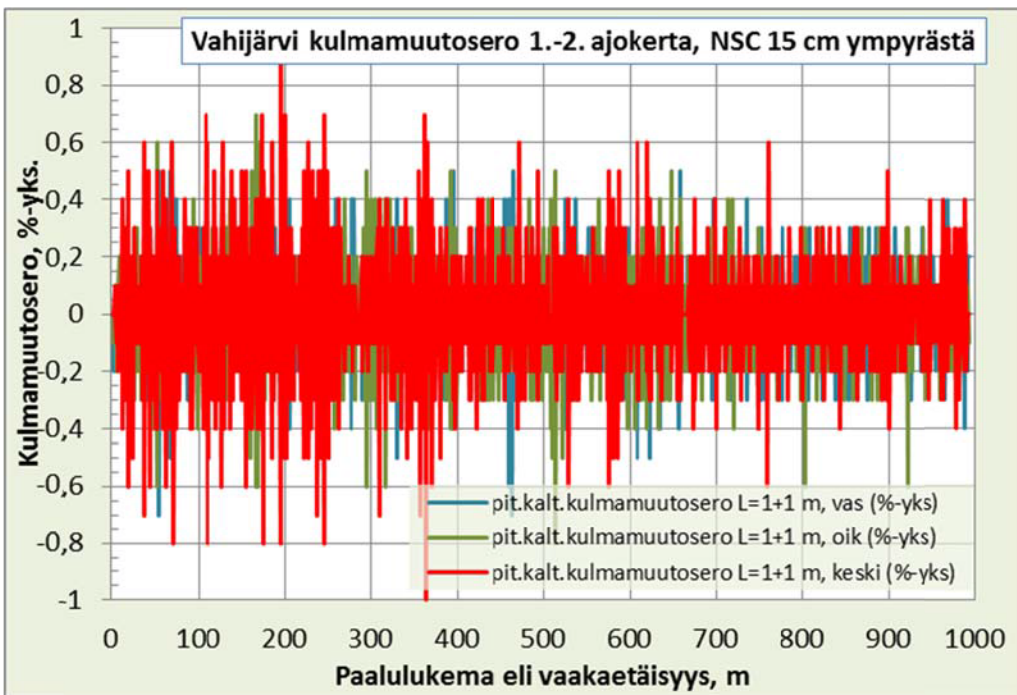
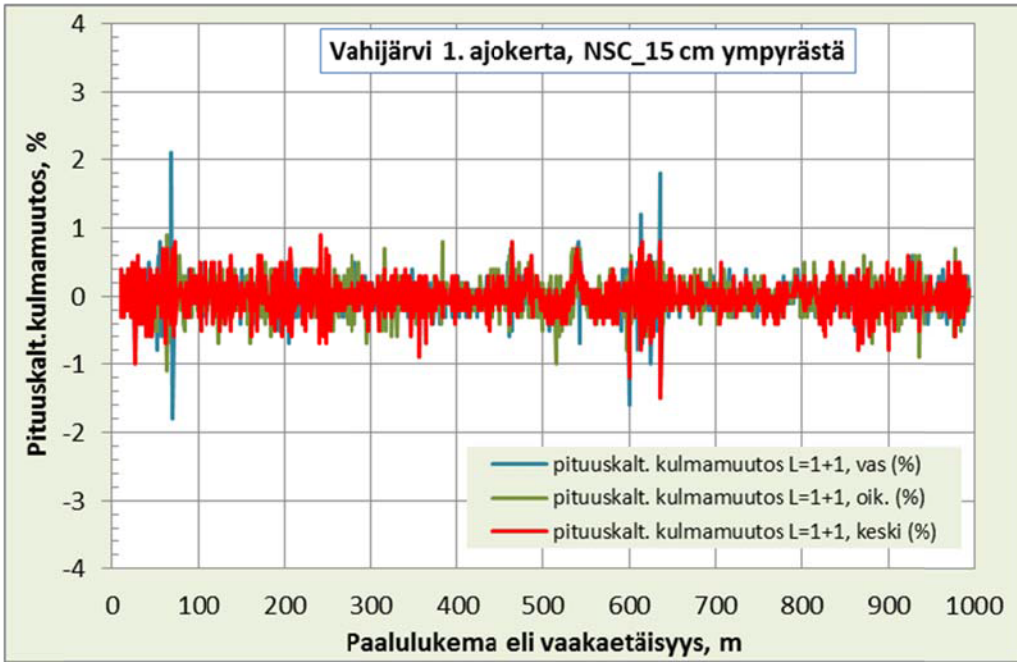
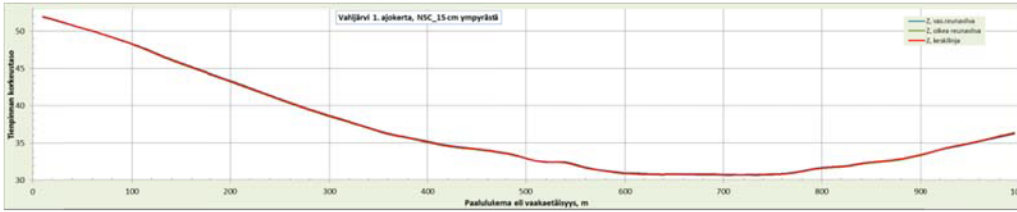
Tässä esityksessä tarkastellaan Kt 55 Vahijärven kohteen kahdesta NSC:n laserkeilauksesta 1 m välein määritettyjen korkeuslukemien mukaan laskettuja pituuskaltevuuksia. Vertailussa on kahdenmittauskerran pituusprofiilit kokouksessa (14.10.14) päätetyn ympyräsovituksen (15 cm ympyrä) mukaan määritettynä.

Sivulta 2 alkaen kunkin sivun ylemmässä kuvassa on tien pituuskaltevuuden muutos (%) kyseisessä tarkastelupisteessä. Tarkastelupiste siirtyy eteenpäin 1 m kerrastaan. Pituuskaltevuuden muutos on laskettu kuvan 1 mukaan eri jännevälejä  $L = 1$  m, 2, m, 5 m, 10 m ja 20 m käyttäen.

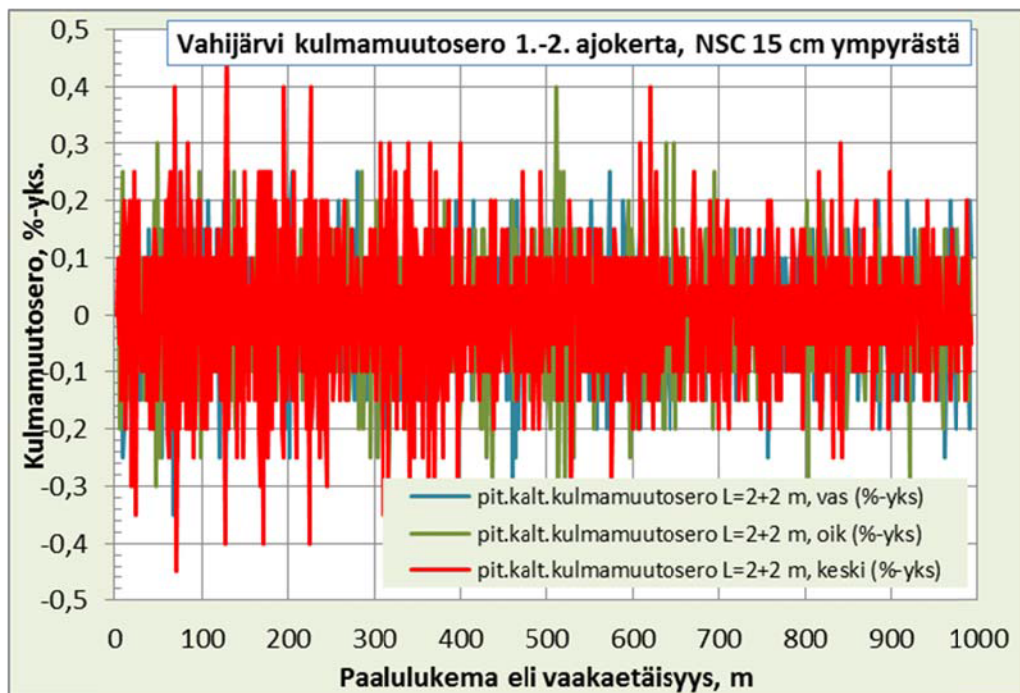
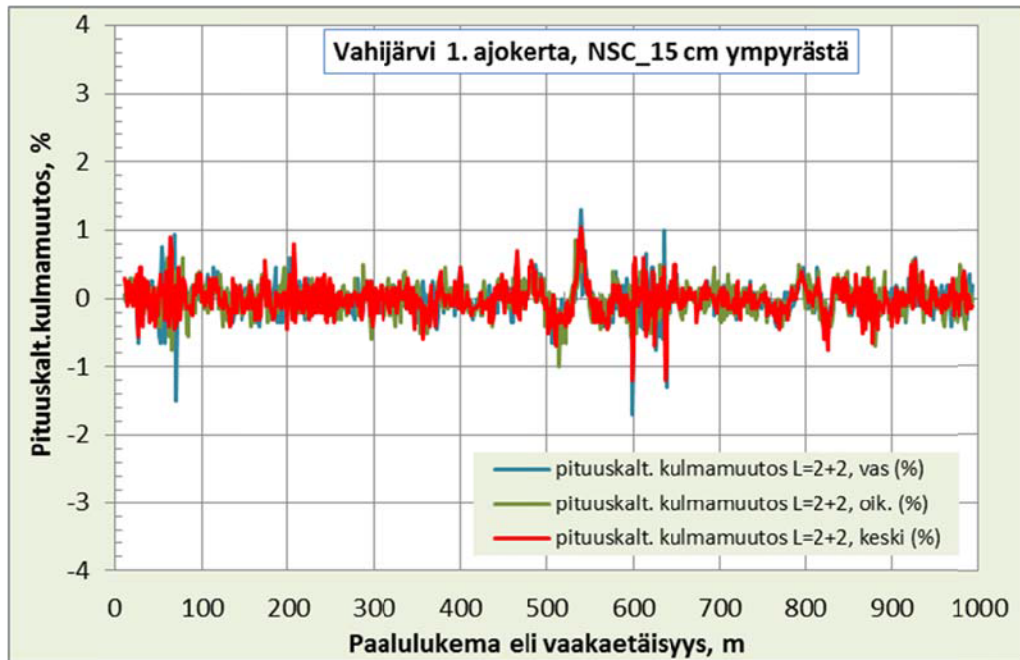
Kunkin sivun alemmassa kuvassa on kahden eri mittauskerran (mittaus 1 - mittaus 2) tulosten välinen ero.

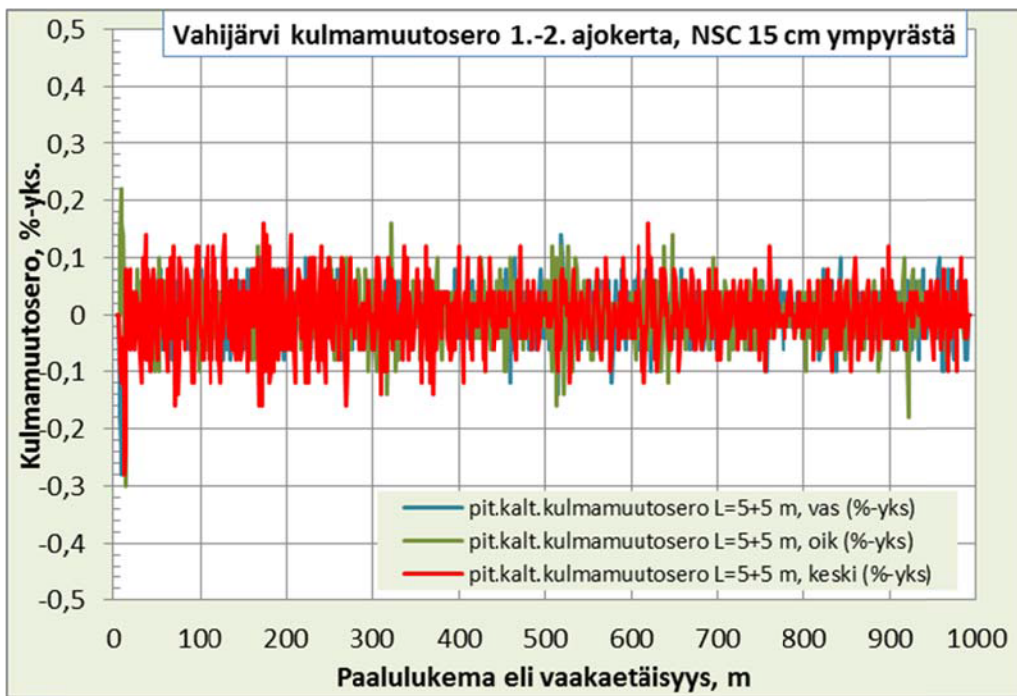
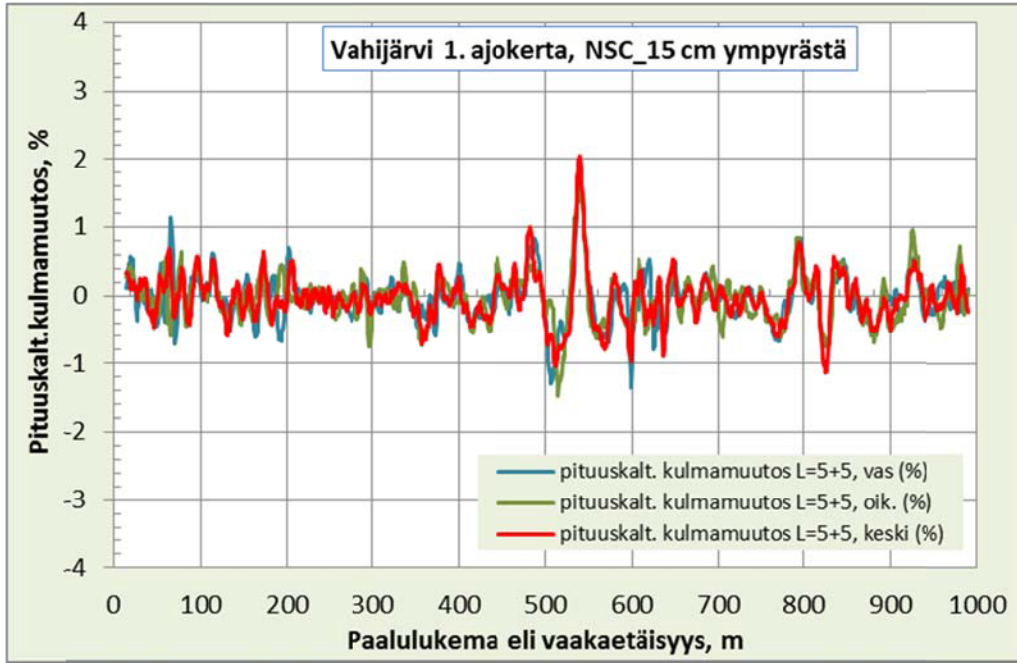
Koska mitään todellista muutosta ei ole tapahtunut tienpinnassa eri mittauskertojen välisenä aikana, niin kaikki sivujen 3...9 alempien kuvien "kulmamuuotoserot" pitäisi olla pelkkiä nollia, jos mittausmenettely datan käsittelyineen antaisi ns. "oikean tuloksen".

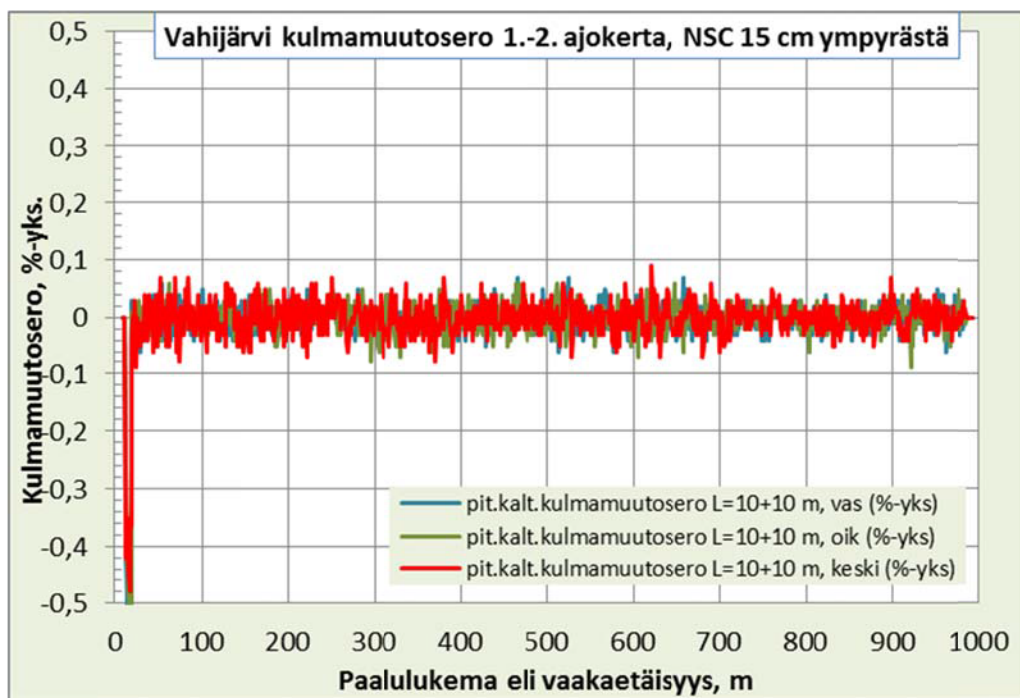
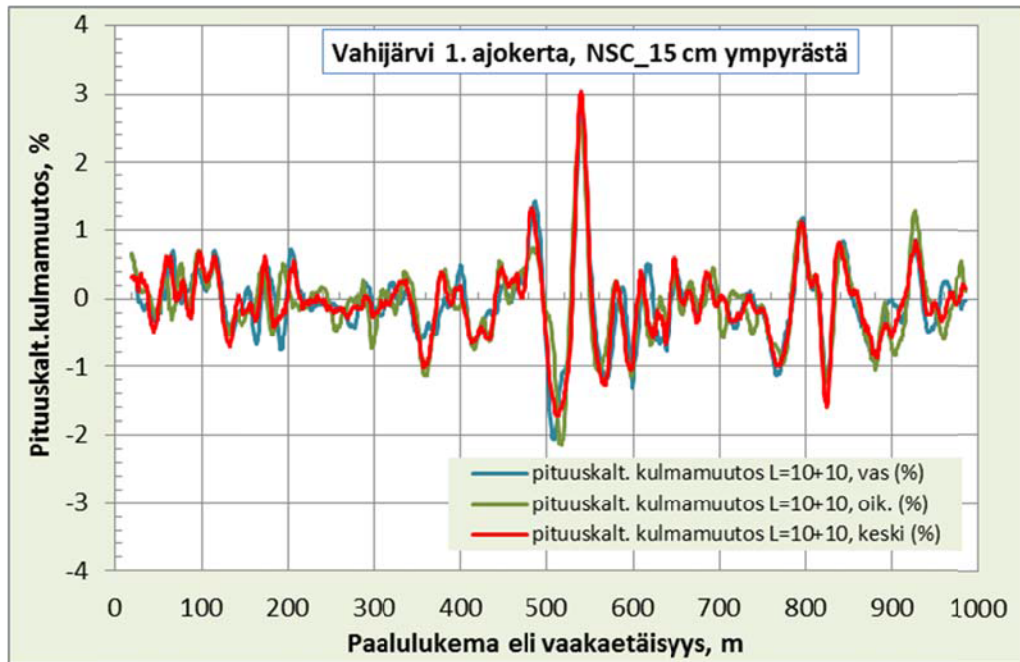
Nyt lyhyillä jänneväleillä (1 ja 2 m) ero eli menetelmän epätarkkuus on 0,2...0,6 %-yksikköä, pidemmillä jänneväleillä (10 ja 20 m) yleensä alle 0,06 %-yksikköä ja 5 m jännevälillä yleensä alle 0,12 %-yksikköä. Lasketavasta johtuen kulmamäärityksen epätarkkuus lisääntyy lineaarisesti, kun jänneväli  $L$  pienenee.

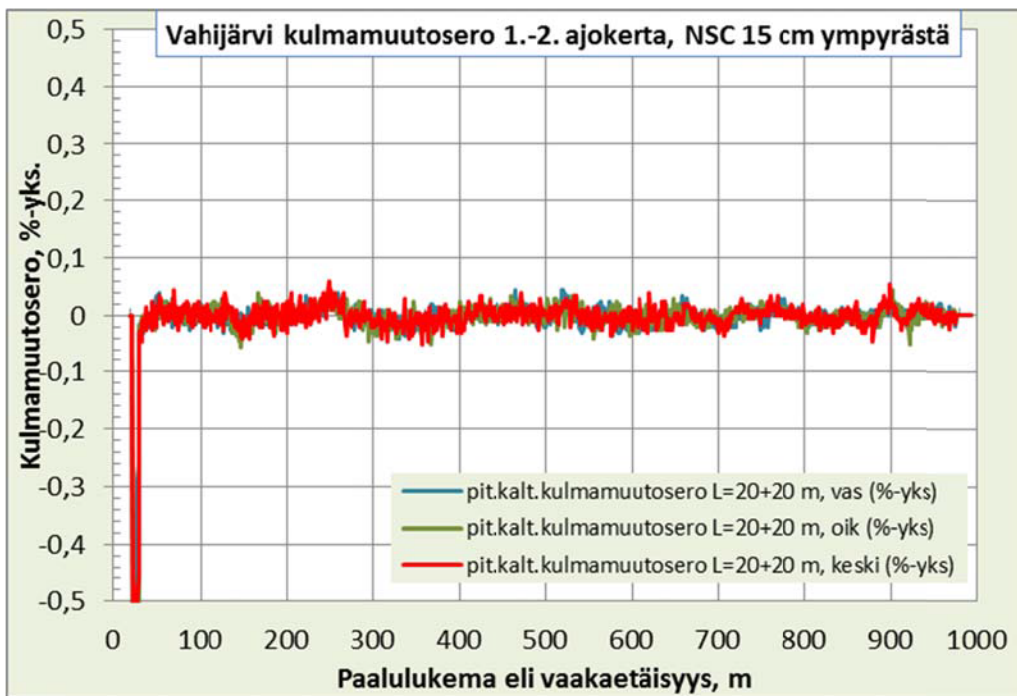
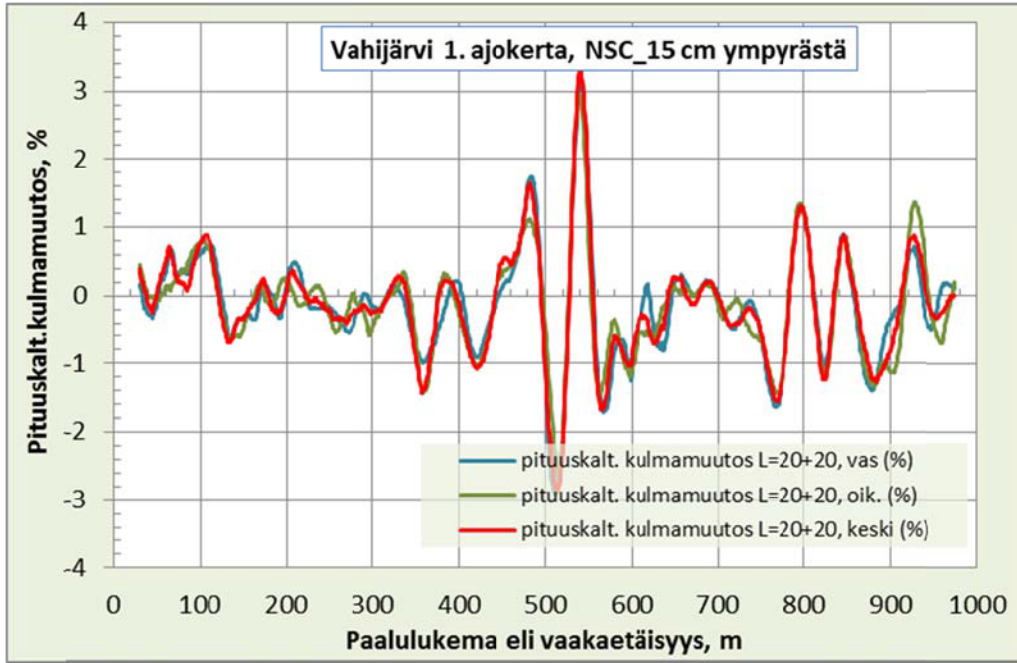




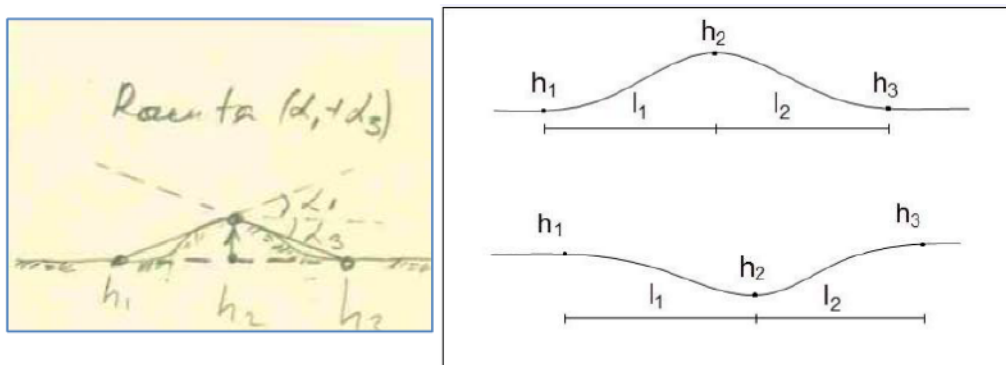








## Drägsbyn pituusprofiilin analyysija Nordic Scan Centerin tukiasemamittauksen osalta



Kuva 4.1.4.-2. Kaltevuuden muutoksen mittaus. Kaltevuuden muutos =  $(h_2-h_1)/l_1 - (h_3-h_2)/l_2$ . Jänne  $l_1$  ja  $l_2 = 1...10$  m. Kokeilemalla etsitään jänneet, joilla saadaan suurin kaltevuudenmuutos.

Kuva 1. **"Routanousukriteeri"**: Pituuskaltevuuden muutos pisteessä  $h_2$  eli taitekulma  $\alpha_1 + \alpha_3$  (%). Viimeaikaisissa ST-tuotevaatimuksissa sallittu pituuskaltevuuden muutos routanoususta johtuen on ollut pienimmillään suuruusluokkaa 0,8 %, kun jänne  $L_1 = L_2 < 2$  m ja 0,3 %, kun jänne  $L_1 = L_2 \geq 2$  m.

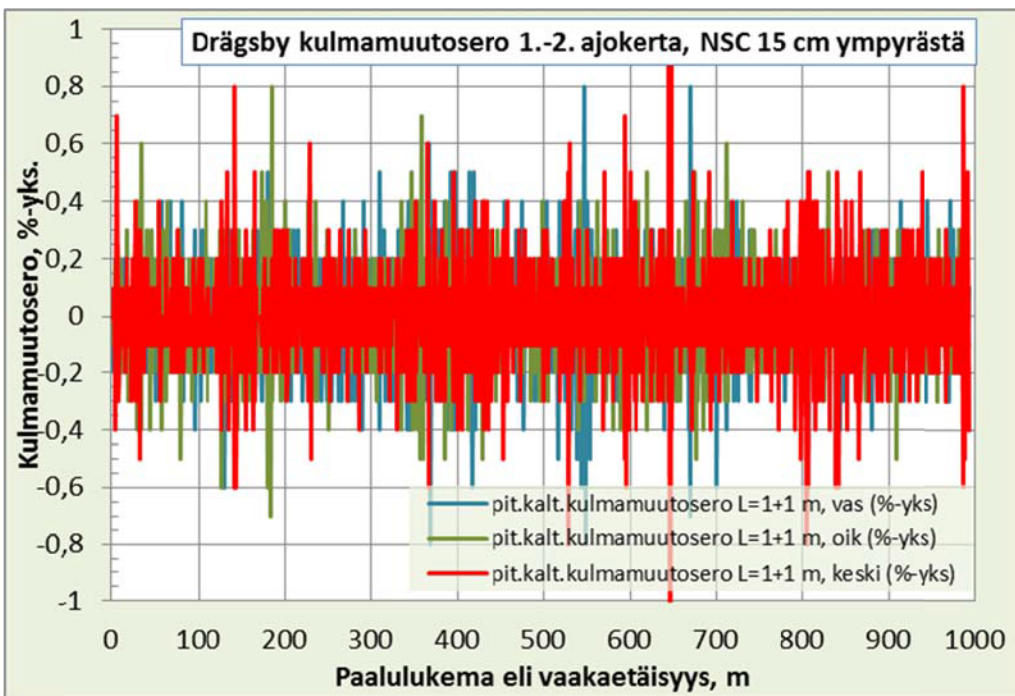
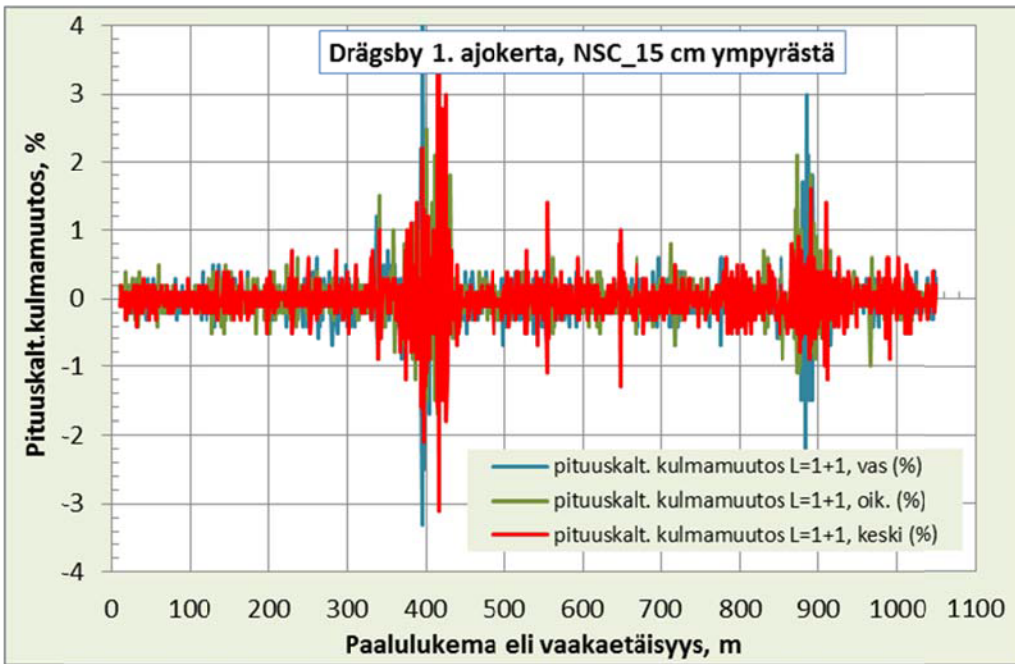
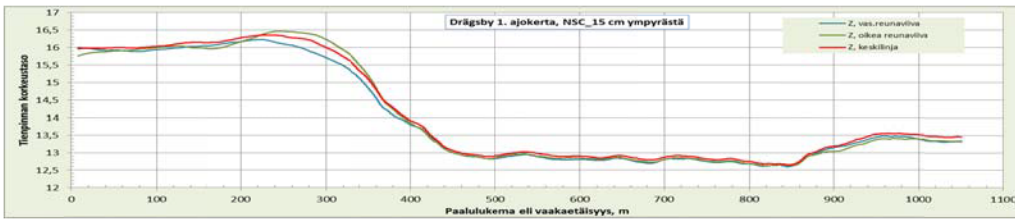
Tässä esityksessä tarkastellaan Mt 170 Drägsbyn kohteen kahdesta NSC:n laserkeilauksesta 1 m välein määritettyjen korkeuslukemien mukaan laskettuja pituuskaltevuuksia. Vertailussa on kahdenmittauskerran pituusprofiilit kokouksessa (14.10.14) sovitun "lautasmenetelmän" (15 cm ympyrä) mukaan määritettyinä.

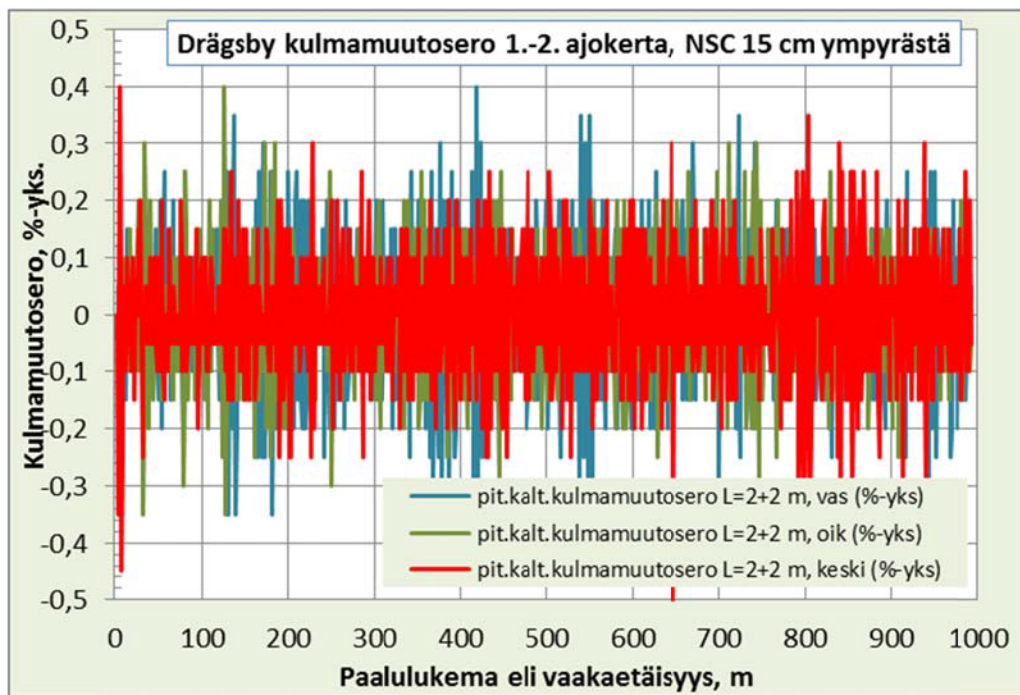
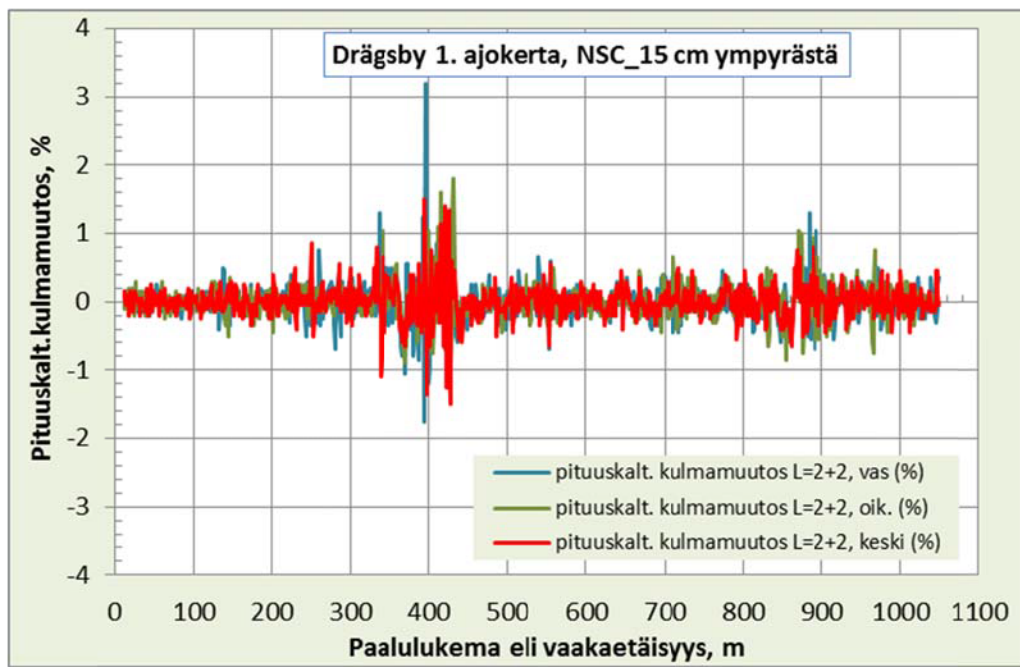
Sivulta 2 alkaen kunkin sivun ylemmässä kuvassa on tien pituuskaltevuuden muutos (%) kyseisessä tarkastelupisteessä. Tarkastelupiste siirtyy eteenpäin 1 m kerrastaan. Pituuskaltevuuden muutos on laskettu kuvan 1 mukaan eri jännevälejä  $L = 1$  m, 2 m, 5 m, 10 m ja 20 m käyttäen.

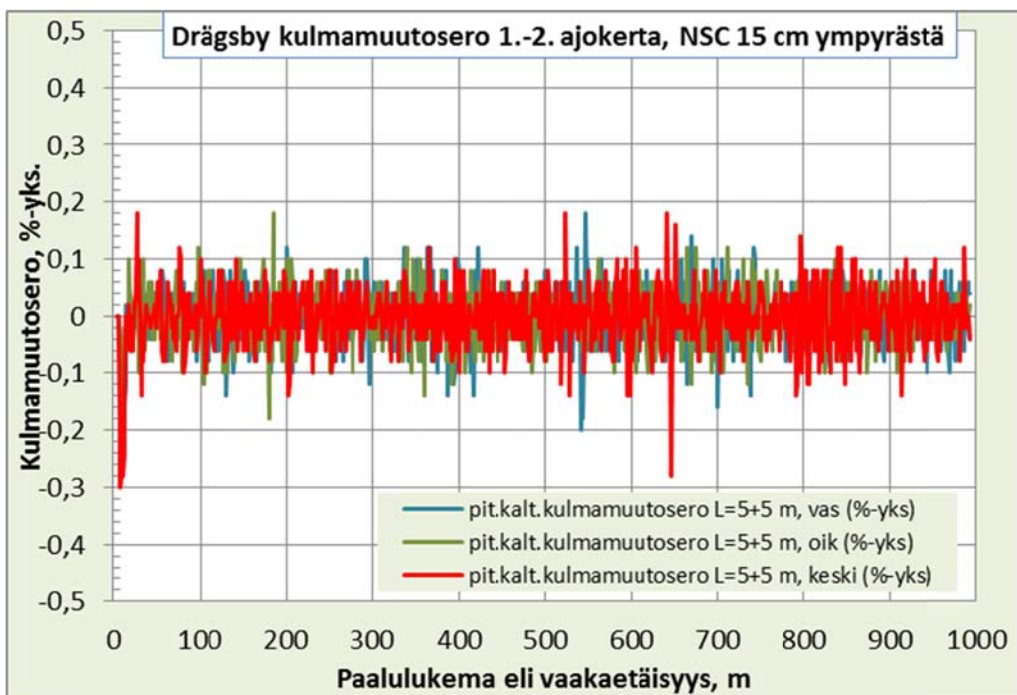
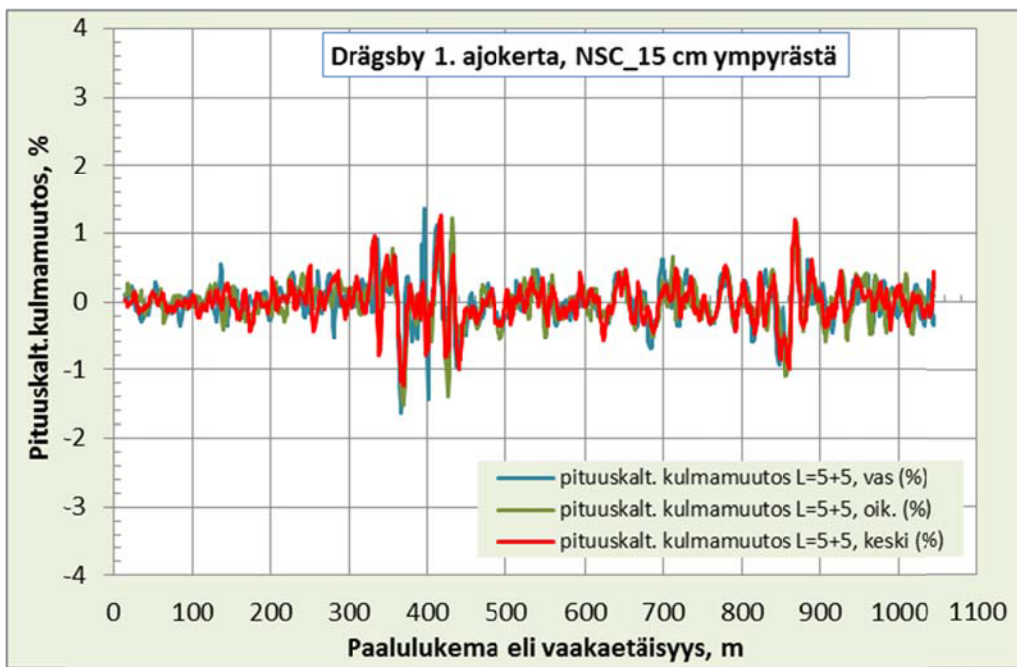
Kunkin sivun alemmassa kuvassa on kahden eri mittauskerran (mittaus 1 - mittaus 2) tulosten välinen ero.

Koska mitään todellista muutosta ei ole tapahtunut tienpinnassa eri mittauskertojen välisenä aikana, niin kaikki sivujen 3...9 alempien kuvien "kulmamuuotoserot" pitäisi olla pelkkiä nolliä, jos mittausmenettely datan käsittelyineen antaisi ns. "oikean tuloksen".

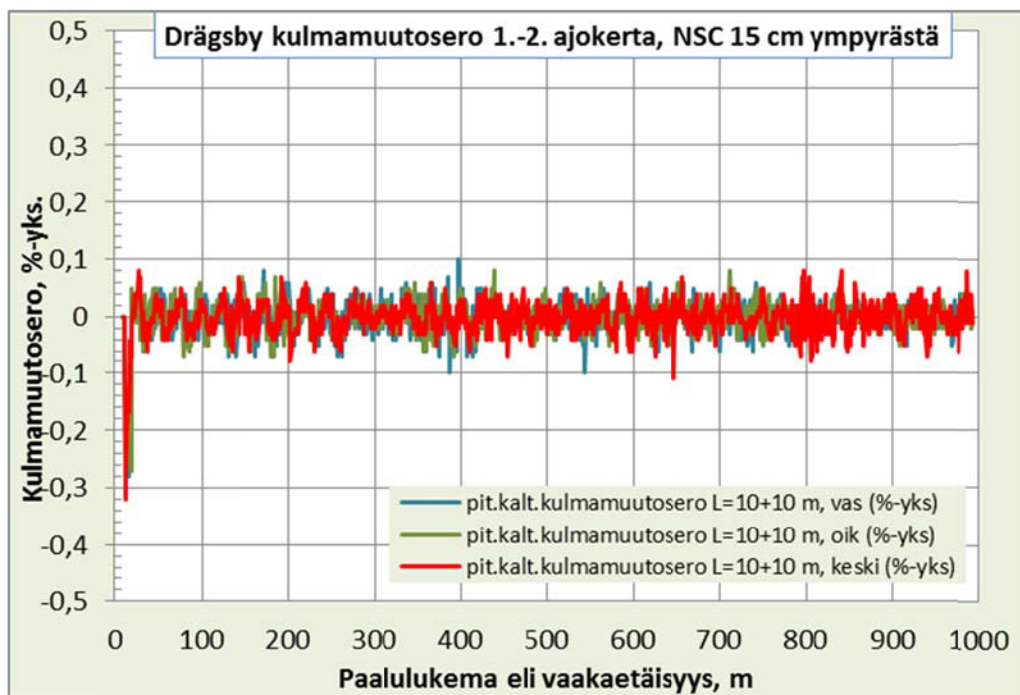
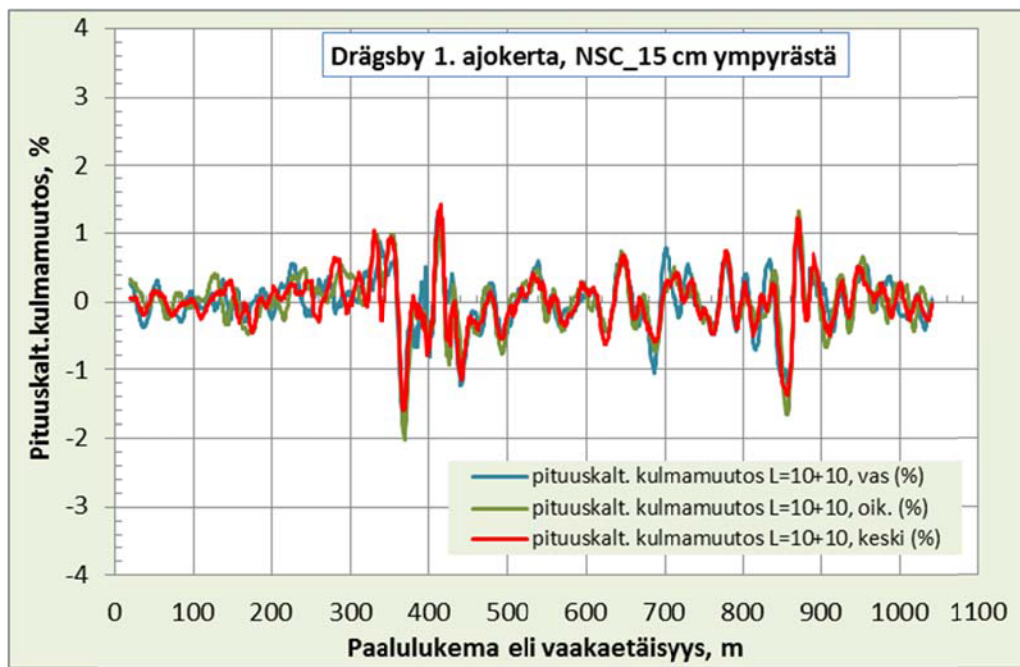
Nyt lyhyillä jänneväleillä (1 ja 2 m) ero eli menetelmän epätarkkuus on 0,3...0,6 % -yksikköä, pidemmillä jänneväleillä (10 ja 20 m) yleensä alle 0,08 %-yksikköä ja 5 m jännevälillä yleensä alle 0,12 %-yksikköä. Laskentatavasta johtuen kulmamäärityksen epätarkkuus lisääntyy lineaarisesti, kun jänneväli  $L$  pienenee.

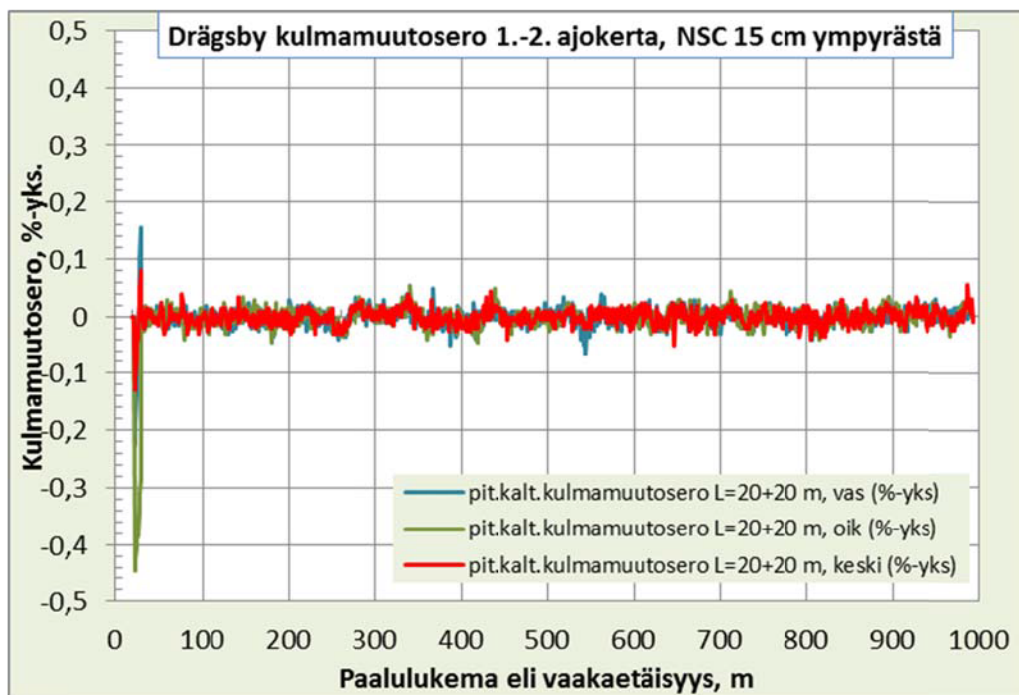
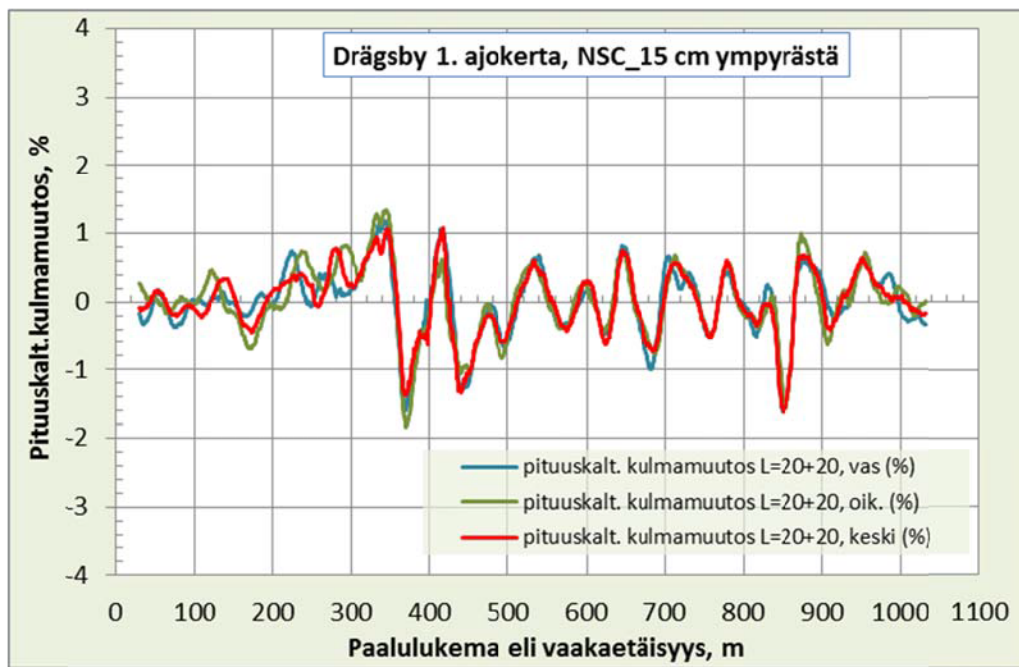




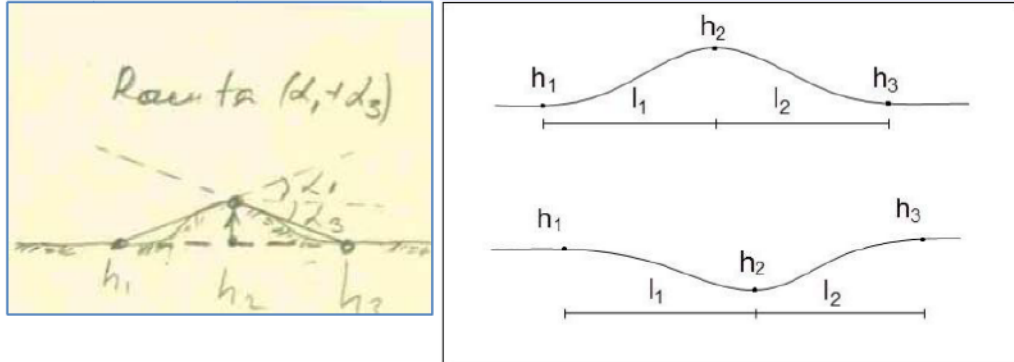








## Geotrimin signaloidun mittauksen ja Nordic Scan Centerin tukiasemamittauksen vertailu



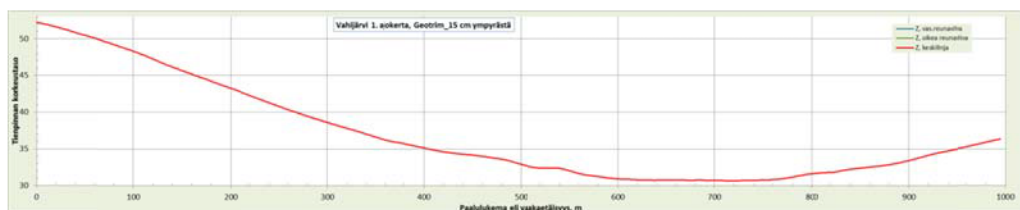
Kuva 4.1.4.-2. Kaltevuuden muutoksen mittaus. Kaltevuuden muutos =  $(h_2-h_1)/l_1 - (h_3-h_2)/l_2$ . Jänne  $l_1$  ja  $l_2 = 1 \dots 10$  m. Kokeilemalla etsitään jänneet, joilla saadaan suurin kaltevuudemuutos.

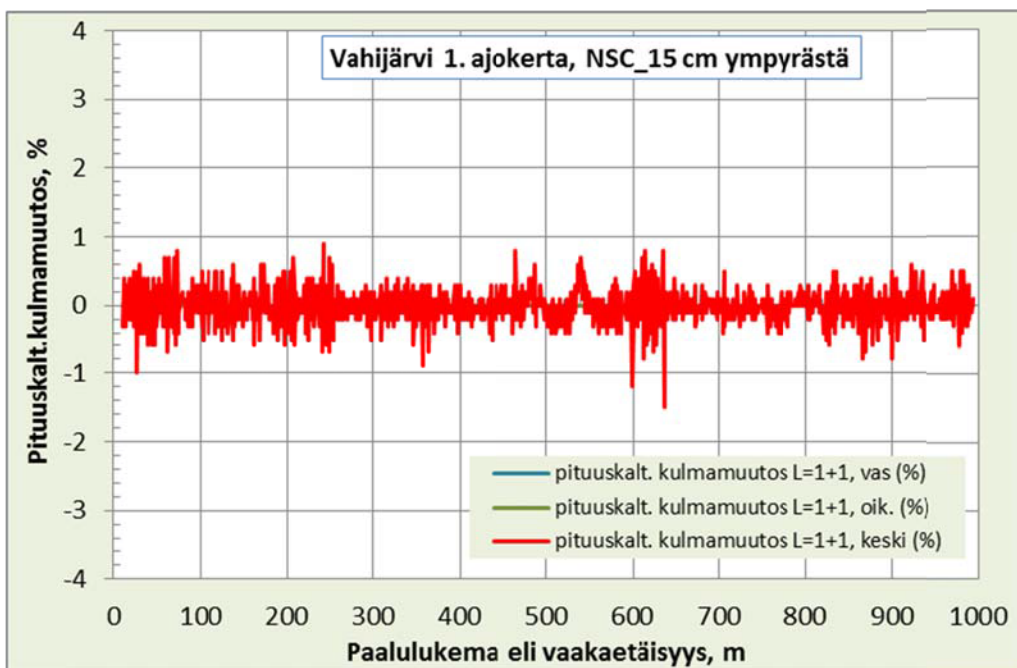
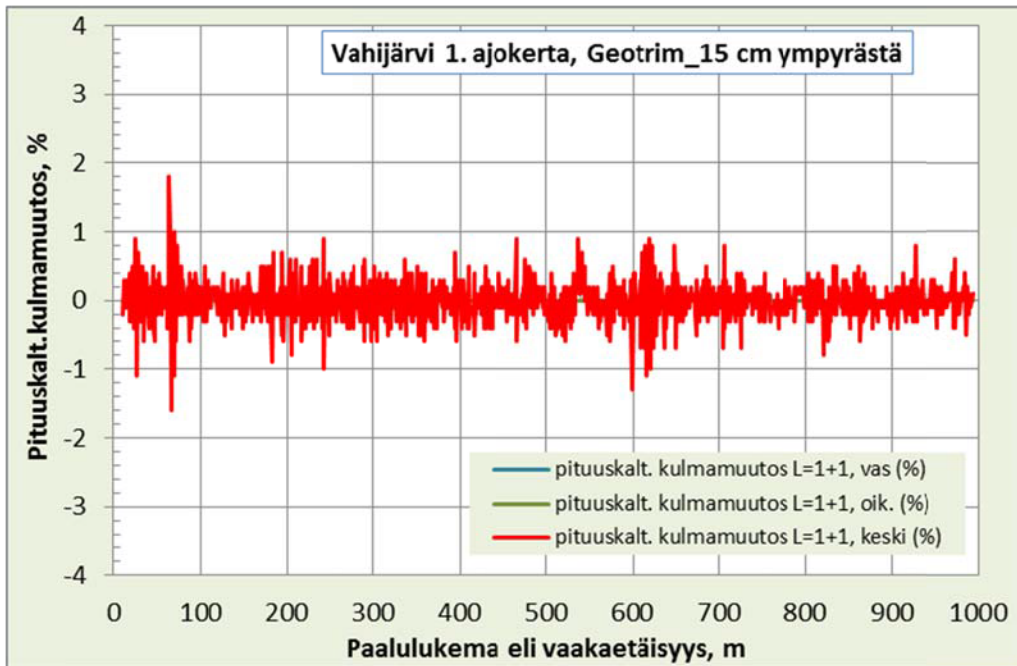
Kuva 1. "Routanousukriteeri": Pituuskaltevuuden muutos pisteessä  $h_2$  eli taitekulma  $\alpha_1 + \alpha_3$  (%). Viimeaikaisissa ST-tuotevaatimuksissa sallittu pituuskaltevuuden muutos routanoususta johtuen on ollut pienimmillään suuruusluokkaa 0,8 %, kun jänne  $L_1 = L_2 < 2$  m ja 0,3 %, kun jänne  $L_1 = L_2 \geq 2$  m.

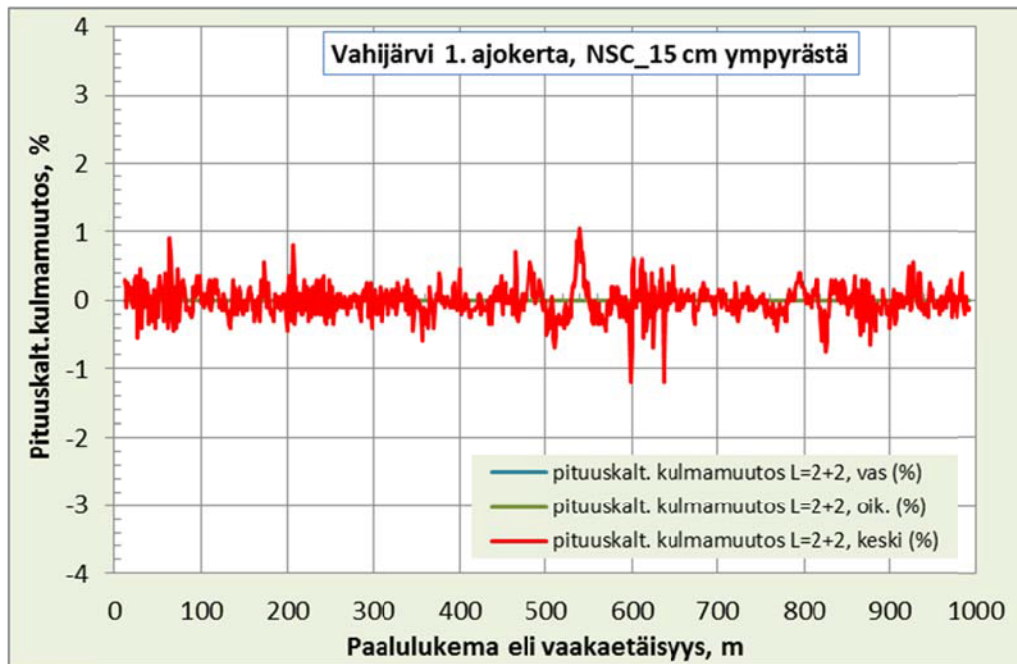
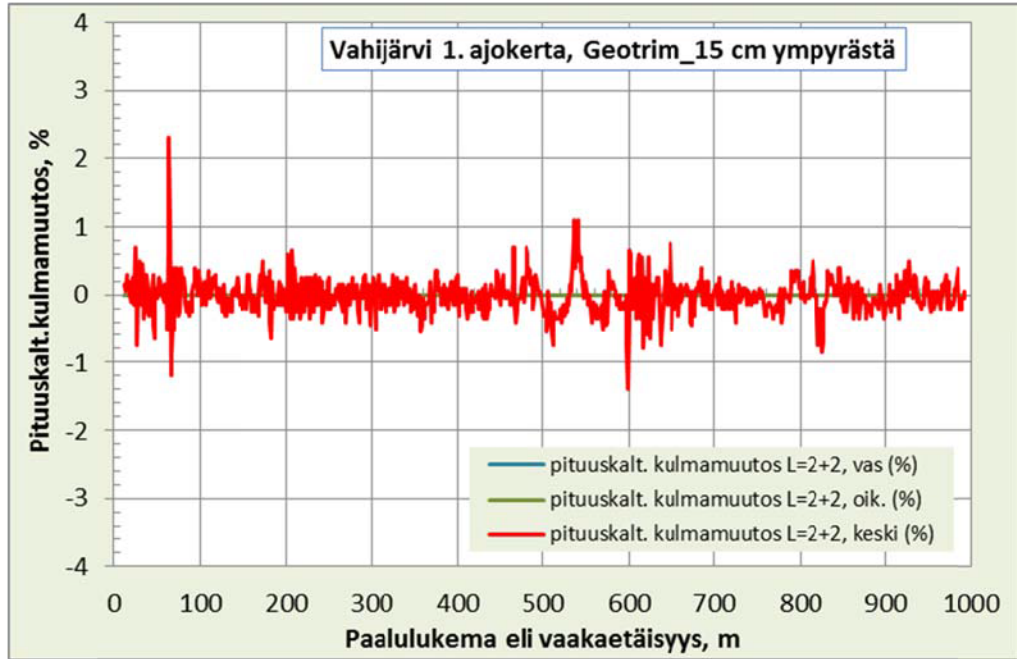
Tässä esityksessä vertaillaan Kt 55 Vahijärven kohteen Geotrim- ja NSC -laserkeilauksesta 1 m välein määritettyjen korkeuslukemien mukaan laskettuja tien keskilinjan pituuskaltevuuksia. Vertailussa on kahdenmittauskerran pituusprofiilit kokouksessa (14.10.14) päätetyn ympyräsovituksen (15 cm ympyrä) mukaan määritettynä.

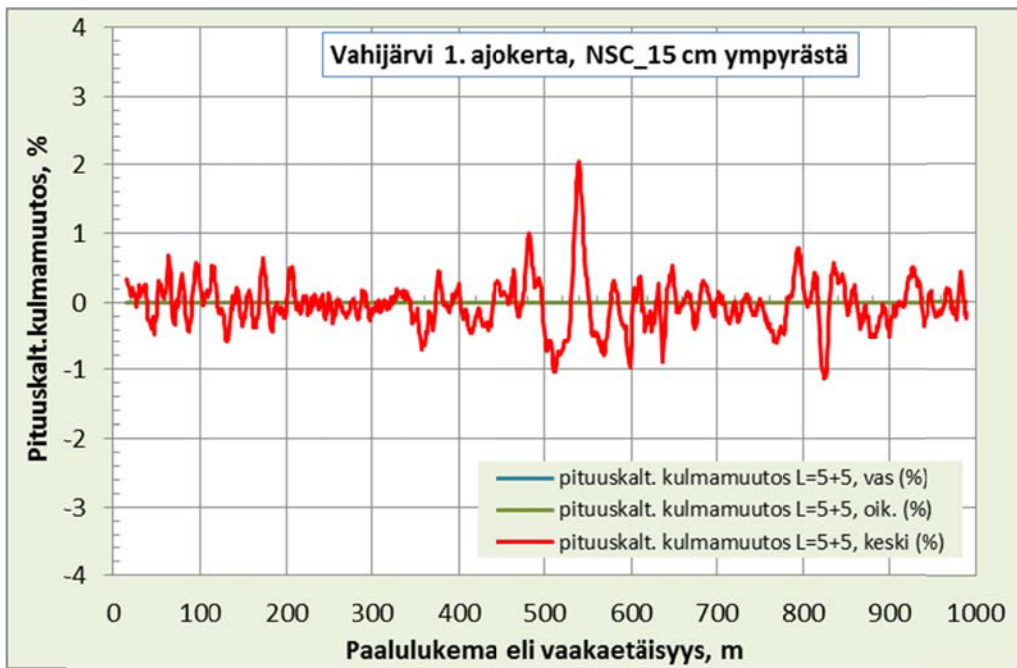
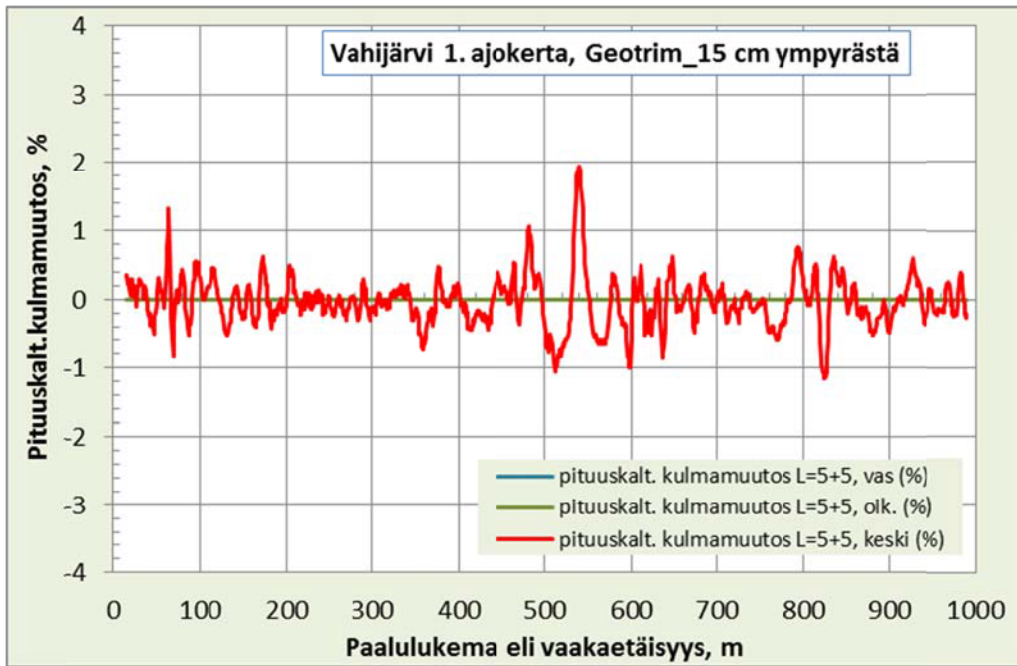
Sivuilla 2 - 6 kunkin sivun ylemmässä kuvassa on Geotrim-mittauksista ja alemmassa kuvassa NSC-mittauksista määritetty tien pituuskaltevuuden muutos (%) kyseisessä tarkastelupisteessä. Tarkastelupiste siirtyy eteenpäin 1 m kerrastaan. Pituuskaltevuuden muutos on laskettu kuvan 1 mukaan eri jännevälejä  $L = 1$  m, 2 m, 5 m, 10 m ja 20 m käyttäen.

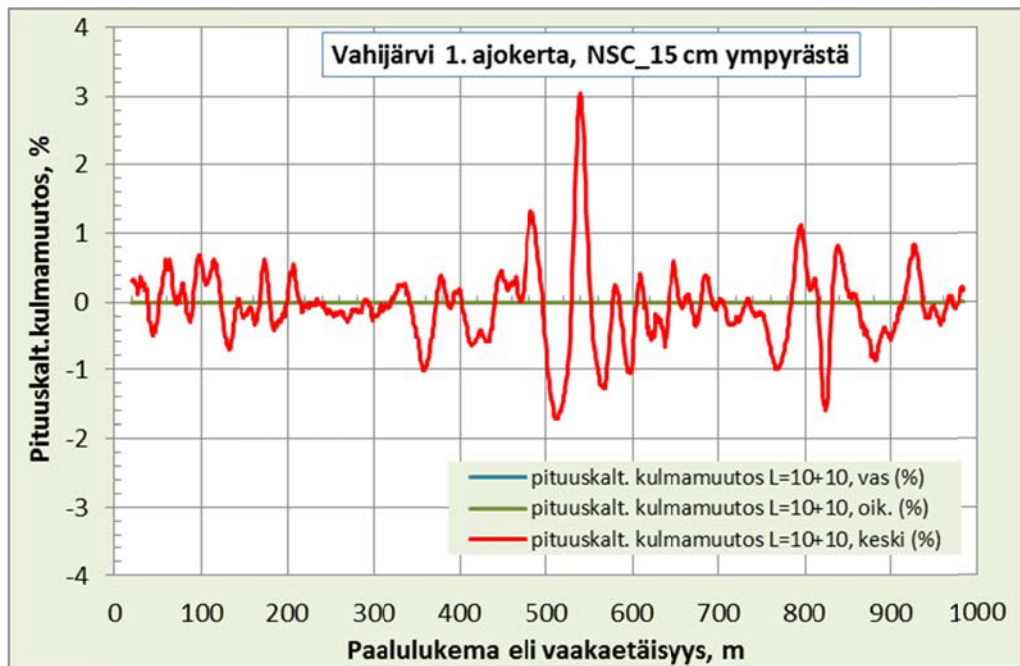
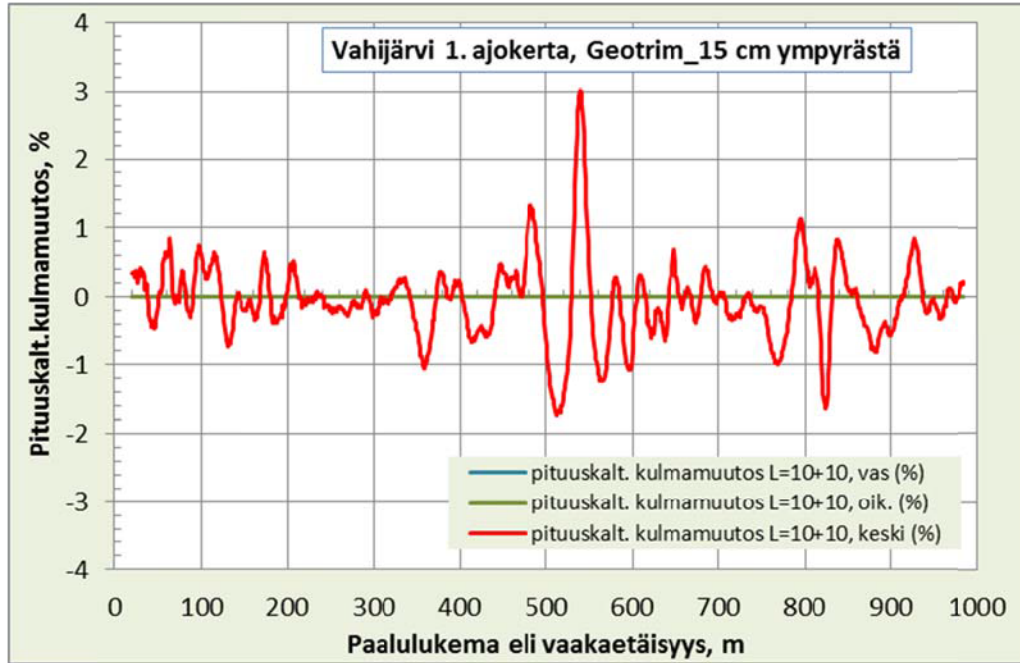
Sivujen 7 - 11 kuvissa on kahden eri mittauksen välinen kulmamuuotosero. Ylimmässä kuvassa on kahden Geotrim-mittauksen välinen ero. Alimmassa kuvassa on kahden NSC-mittauksen välinen ero. Kesimmäisessä kuvassa on ensimmäisten (mittaus 1 kummastakin) Geotrim- ja NSC-mittausten välinen ero.

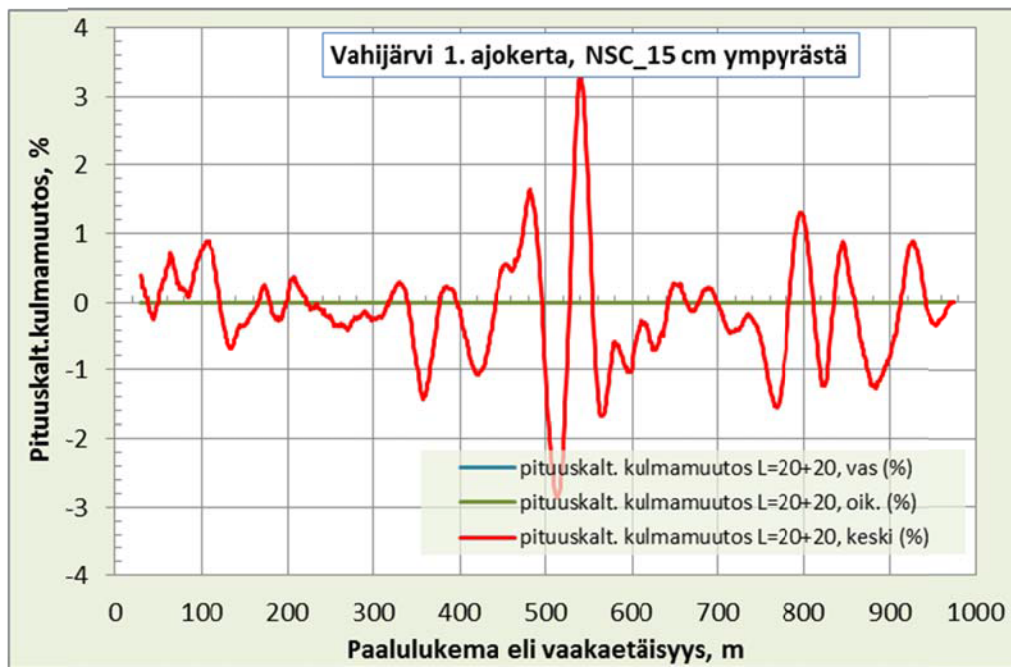
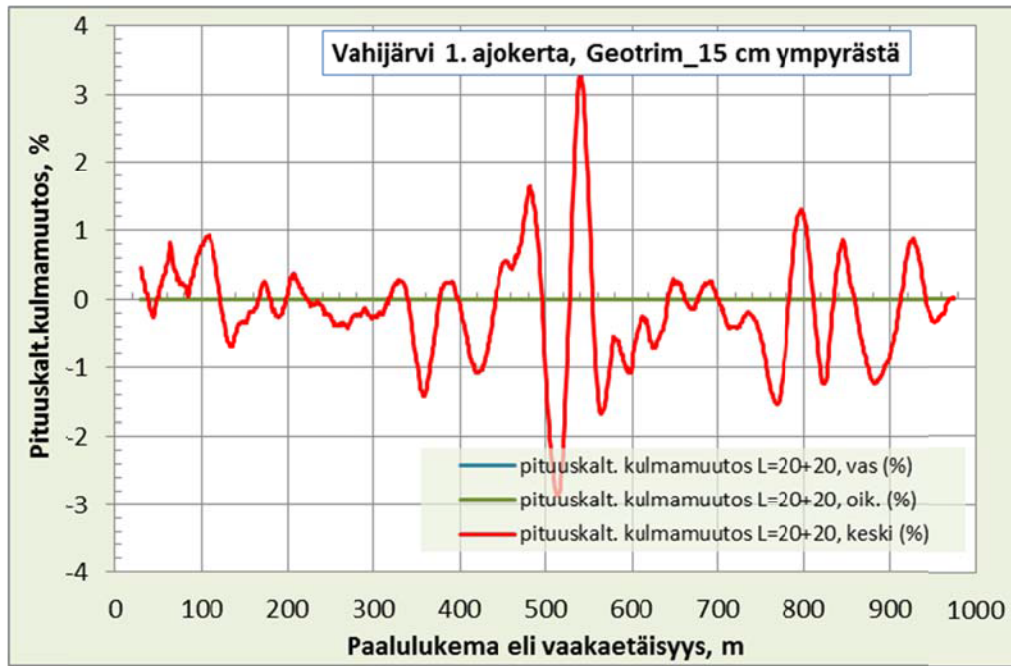




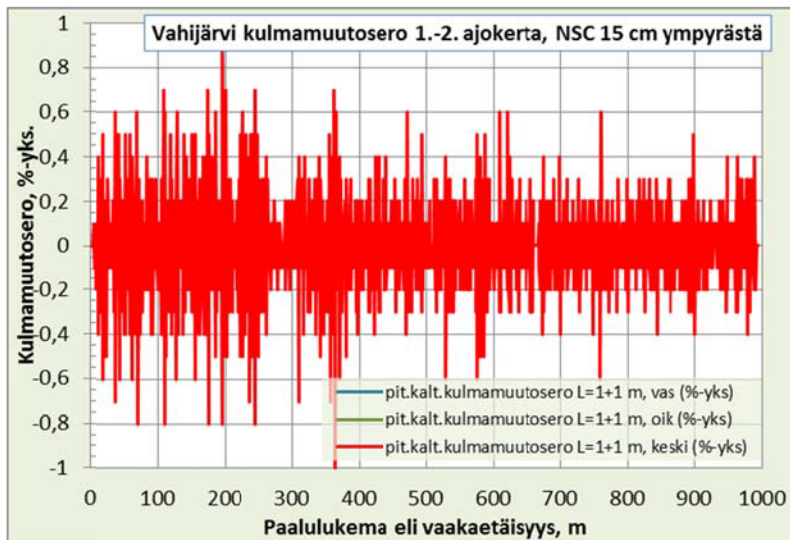
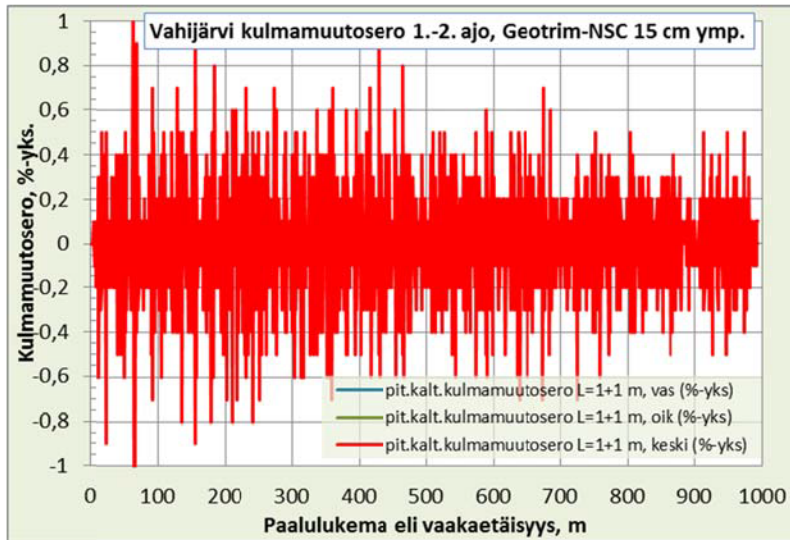
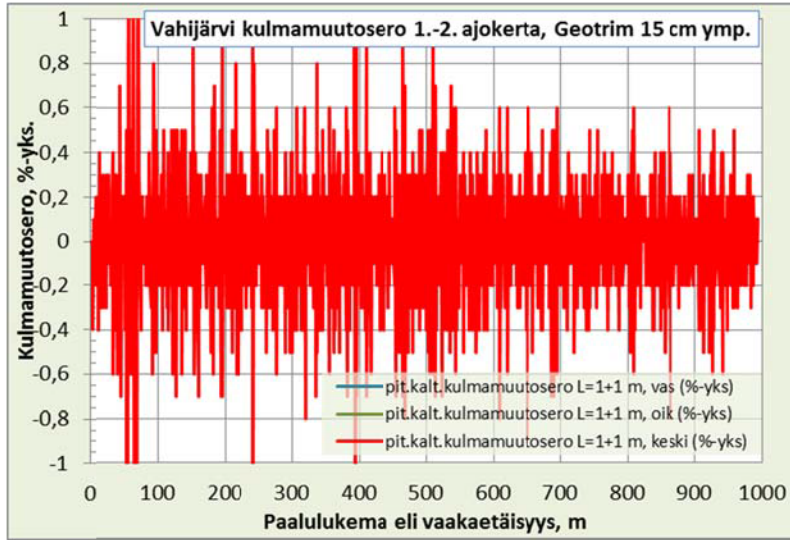


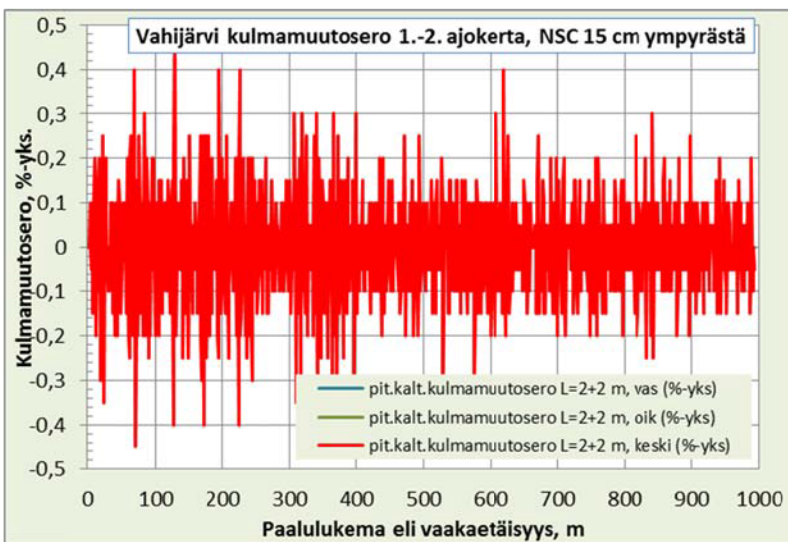
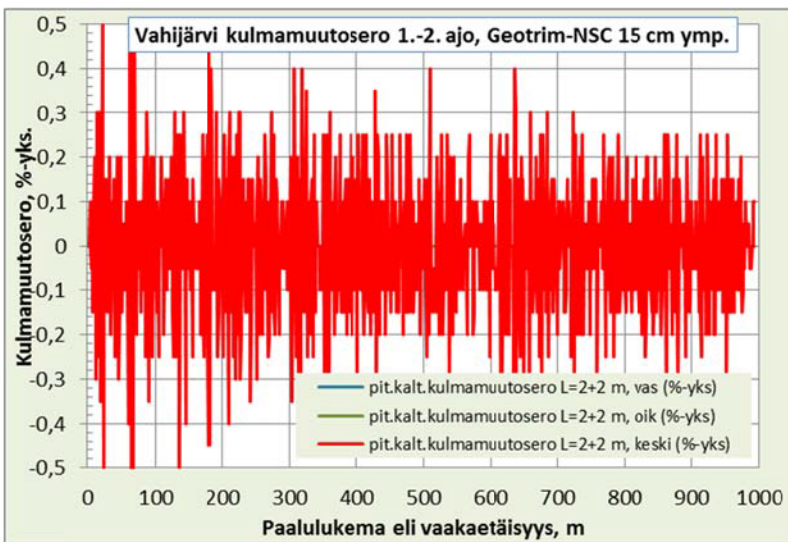
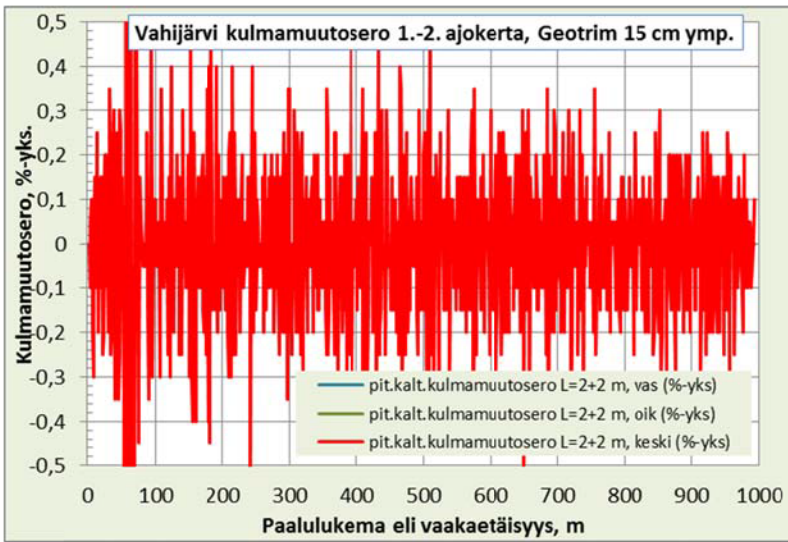


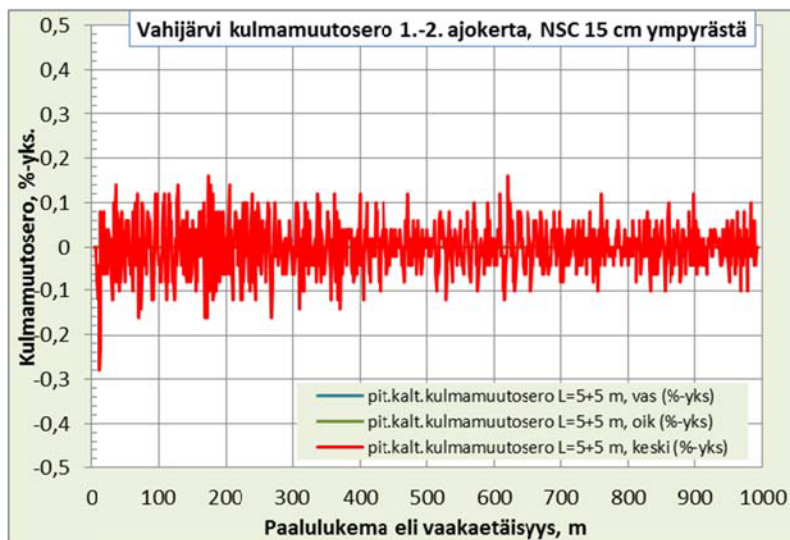
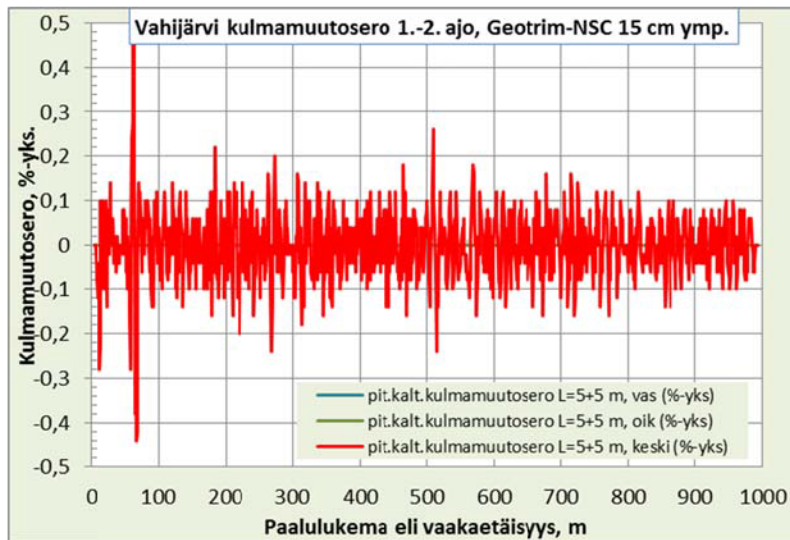
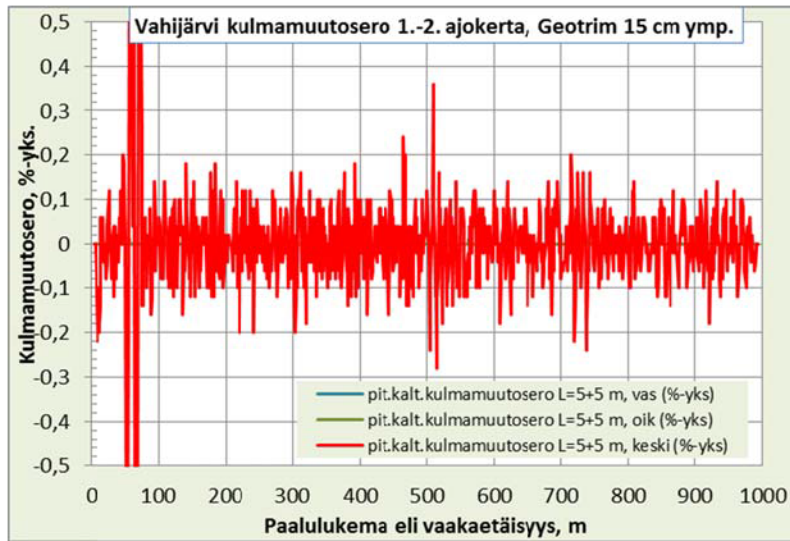


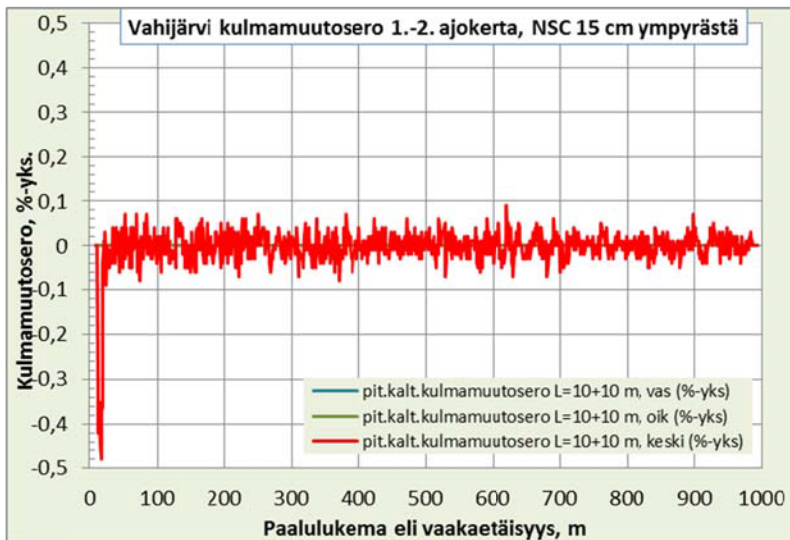
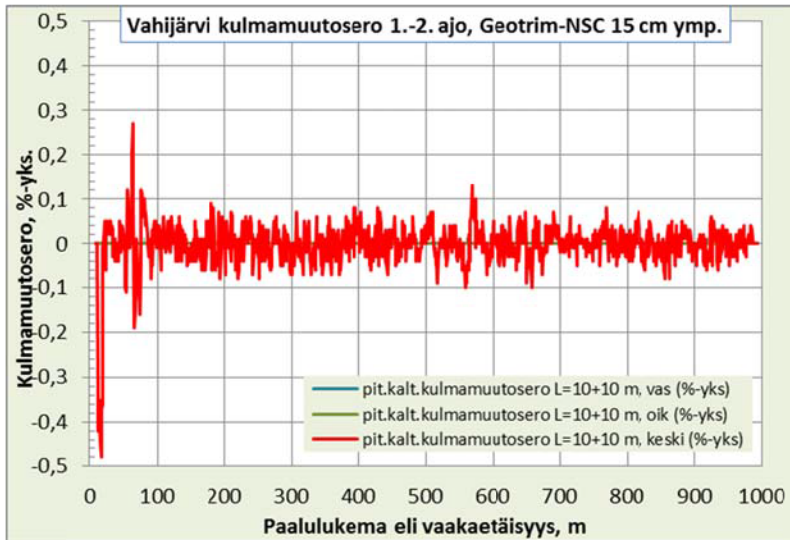
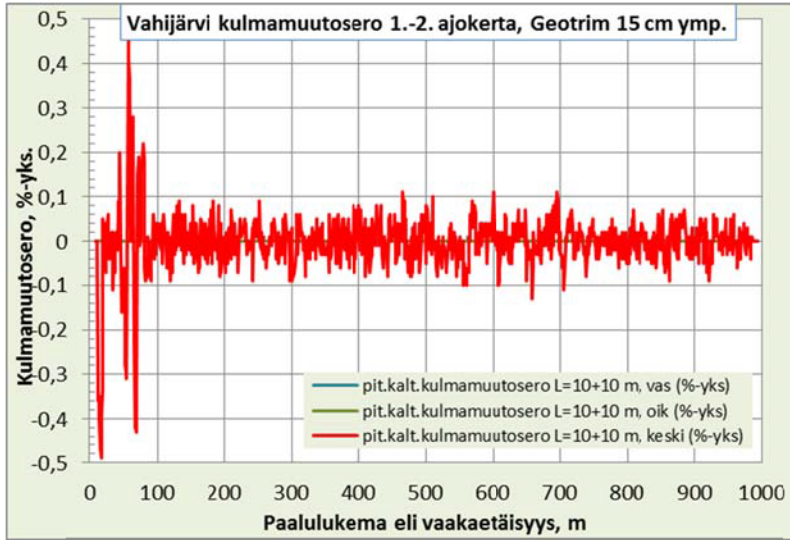


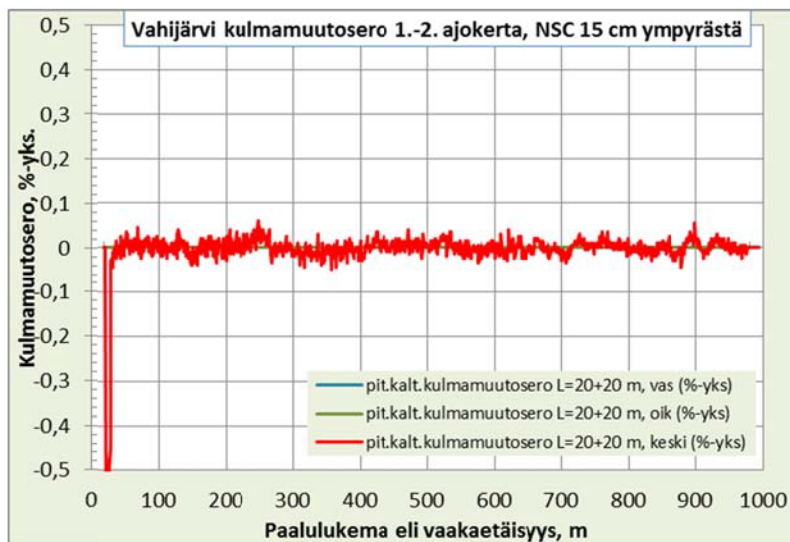
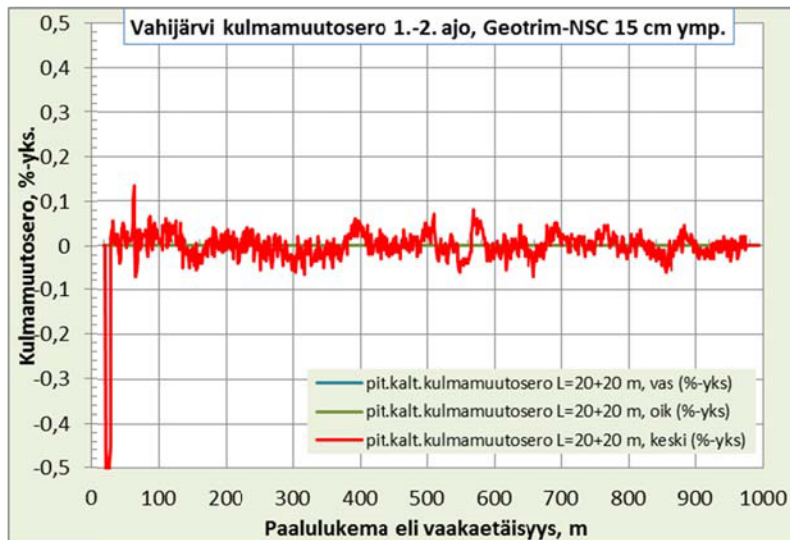
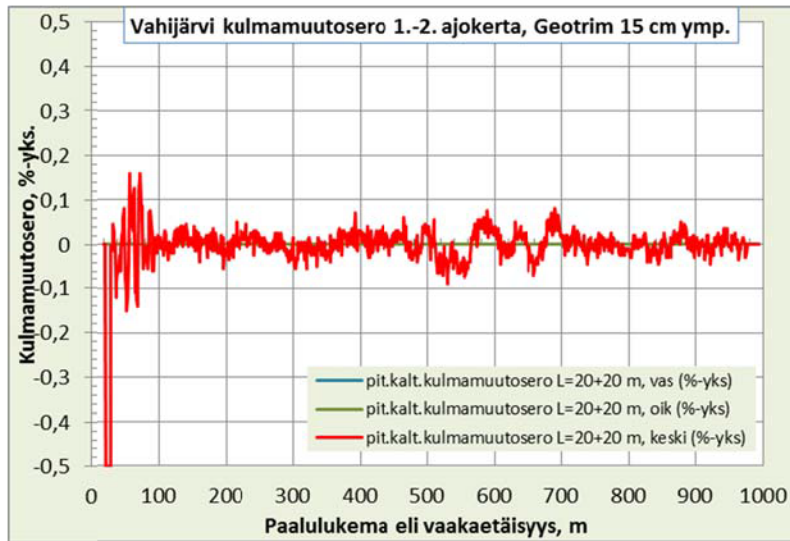








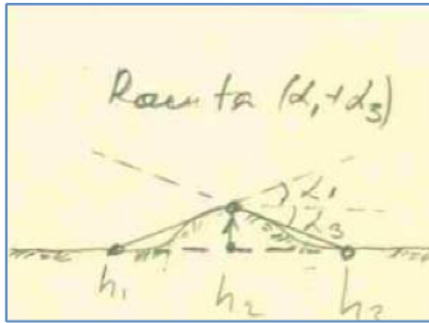






## Signaloitujen ja vaaitujen pituusprofiilien vertailu

Vahijärven ja Drägsbyn kohteiden mittaustuloksista laskettuja tien pituuskaltevuuden kulmamuuutoksia (pituuskaltevuuden muutoksia tietyssä pisteessä) ja kulmamuuutosten eroja eri mittaustapojen välillä (vaaitus, mittaus ja mittaus 2)



Jäljempänä esitetään vertailukuvat, joissa on mukana molemmista kohteista molemmat reunat.

Kuvien kulmamuuutoserot (%-yksikköinä) on laskettu kahden jänteen välisistä kulmamuuutoksista (%) seuraavasti:

vaaitus miinus mittaus 1 (kunkin sivun ylin kuva)

vaaitus miinus mittaus 2 (kunkin sivun keskimäinen kuva)

mittaus 1 miinus mittaus 2 (kunkin sivun alin kuva)

### Jänneväli noin 5 m:

Kaikissa kuvissa suurimmat erot eri mittausten välillä sijoittuvat alueille, joissa mittauspisteiden väli on ollut lyhyt (noin 5 m).

Näissä kohdissa kulmamuuutosero vaaituksen ja keilausmallista saadun tuloksen välillä on yleensä ollut 0,1...0,3 %-yksikköä kumpaankin suuntaan +/- (kts. joka sivun kahta ylintä kuvaa)

Näin lyhyellä jännevälillä (5 m) mittaustarkkuus ei riitä.

Tuloksista ei kuitenkaan nähdä sitä missä mittauksessa "virhe" on.

Kunkin sivun alin kuva esittää eroa kahden laserkeilauksen välillä, ero on suunnilleen saman suuruinen kuin vaaitukseen verrattaessakin.

### Jänneväli noin 25 m:

Pidemmällä jännevälillä (n. 25 m), jotka sijoittuvat em. tiheämmin mitattujen kohtien väleihin sekä mittausjaksojen alkuun ja loppuun, kulmamuuutoserot eri mittausten välillä ovat olleet alle 0,05 %-yksikköä, joitakin 0,1 %-yksikön piikkejä kuitenkin esiintyy.

Alustava johtopäätös:

Mittaustarkkuuden riittävyyttä tien painumaseurantaan ei voida arvioida, koska nykyisissä ST -tuotevaatimuksissa ole annettu raja-arvoja kyseisellä tavalla määritetylle kulmamuuтокselle (pituuskaltevuuden muutokselle tietyssä pisteessä). Routanousulle raja-arvoja kuitenkin on annettu. Korkealuokkaisilla teillä raja-arvo on ollut suuruusluokkaa 0,8 ‰. Lyhyillä, alle 5 m jänneväleillä mittaustarkkuus ei näyttäisi olevan riittävä, sillä näissä mittauksissa mittaustulosten huojunta on ollut 0,1...0,3 ‰-yksikköä.

Pidemmällä jänneväleillä (n. 25 m) mittaustarkkuus näyttää riittävältä, sillä huojunta on enää noin 0,05...0,1 ‰-yksikköä.

