

Tinja Sarjanen

Menetelmäkuvaukset VR Track Oy:n mittauspalveluille

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Maanmittaustekniikka
Insinööryö
28.4.2016

<p>Tekijä Otsikko</p> <p>Sivumäärä Aika</p>	<p>Tinja Sarjanen Menetelmäkuvaukset VR Track Oy:n mittauspalveluille</p> <p>43 sivua + 7 liitettä 28.4.2016</p>
<p>Tutkinto</p>	<p>insinööri (AMK)</p>
<p>Tutkinto-ohjelma</p>	<p>maanmittaustekniikka</p>
<p>Ohjaajat</p>	<p>ryhmäpäällikkö Pasi Kråknäs yliopettaja Vesa Rope</p>
<p>Tämä insinööryö on tehty VR Track Oy:n mittauspalveluille ohjaamaan työtehtävien tekoa yhtenevillä toimintatavoilla. Yhtenevillä toimintatavoilla pystytään varmistumaan jokaisen työntekijän riittävästä työnlaadusta ja -tarkkuudesta.</p> <p>Liikenneviraston ohjeet sekä muut määräykset ohjaavat rautatieympäristössä työskenteilyä. Ne ohjaavat radan suunnittelua, rakentamista, kunnossapitoa ja mittauksia. Kaikkien rautatietöiden ensisijainen tavoite on suorittaa työtehtävät turvallisesti. Työssä nostetaan esille tärkeimpiä liikenneviraston ohjeistuksia mittauksille ja arvioidaan niiden toteutusta käytännössä.</p> <p>VR Track Oy:n tärkeimpiä mittauksia ovat mittausperustan ylläpito sekä raiteen kartoitus kunnossapidolle ja suunnittelulle. Tässä työssä kerrotaan, kuinka VR Track Oy toteuttaa mittausperustan rakentamisen, raiteen kartoituksen kunnossapidolle sekä geometrian tarkistusmittauksen. Lisäksi kerrotaan VR Track Oy:n yleisistä toimintaohjeista, joita käytetään kaikissa mittauksissa.</p> <p>Tämän insinööryön jälkeen tavoitteena on tehdä kaikista VR Track Oy:llä tehtävistä mittauksista tämän tyyliset toimintaohjeet. Yhtenä liitteenä on aiemmin tehty ohjeistus mallina.</p>	
<p>Avainsanat</p>	<p>menetelmäkuvaukset, ratatyö, mittausperusta, kartoitus</p>

Author Title	Tinja Sarjanen Directives of VR Track Land Survey Unit
Number of Pages Date	43 pages + 7 appendices 28 April 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Land Surveying
Instructors	Pasi Kråknäs, Head of Land Survey Vesa Rope, Principal Lecturer
<p>This Bachelor's thesis was carried out to the track survey unit of a railway company. The purpose was to guide employees in their different tasks, and to unify the working methods. The purpose was to collect instructions and practically proven methods of measurement to a single guide.</p> <p>For the thesis, the emphasis was placed on the analysis of the implementation of the most important norms for measurement tasks. Furthermore, employees working with track measurements were interviewed to collect experience-based data. On the basis of the official instructions and interviews, sets of instructions were written for various track measurement tasks.</p> <p>The new guide will instruct the employees in various track surveying tasks and ensure that every employee works with the common methods.</p>	
Keywords	measuring instructions, railway work, measurement control point network, survey

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	VR Track Oy	1
3	Taustatiedot	2
3.1	Sovellettavat määräykset, standardit ja ohjeet	2
3.2	Lähtötiedot	2
3.3	Maastomittauskalusto	3
3.4	Turvallisuus	4
3.4.1	Turvamiesmenettely	5
3.4.2	Ratatyölupamenettely	5
3.5	Maastomittaus	5
3.5.1	Orientointi	5
3.5.2	Mittausolosuhdetiedot	7
3.5.3	Prismakorkeudet	8
3.5.4	Paalulukemien merkintä maastoon	10
3.5.5	Mittaustiedostojen tallentaminen	10
3.6	Laadunvalvonta	10
4	Mittausperusta	11
4.1	Yleisesti	11
4.2	Verkon rakenne ja pisteluokat	11
4.3	Mittaus suunnitelma	12
4.4	Kiintopisteiden rakentaminen	13
4.5	E1–E3-luokan lähtöpisteet	16
4.6	E4-luokan peruskiintopisteiden GNSS-mittaus	16
4.7	E5–E6-luokan käyttökiintopisteiden jonomittaus	18
4.8	Korkeudenmittaus	19
4.9	Laskenta	20
4.10	Vektorilaskenta ja verkon tasoitus	20
4.11	Dokumentointi, mittausraportti ja pistekortit	21
4.12	Laadunvarmistus	22

5	Nuotinmittaus kunnossapidolle	23
5.1	Yleistä	23
5.2	Mittaustyö	24
5.2.1	Linjanuotin mittaus	25
5.2.2	Vaihdenuotin mittaus	25
5.3	Nuotitus	27
5.3.1	Vaihteiden nuotitus	27
5.4	Nuotituksen viimeistely	27
6	Geometrian tarkistusmittaus	28
6.1	Amberg Rail -raiteenmittausvaunu VR trolley	28
6.2	Takymetrimittaus	29
7	Yhteenveto	30
	Lähteet	31
	Liitteet	
Liite 1	Mittaussuunnitelma	
Liite 2	Mittausraportti	
Liite 3	Nuotit	
Liite 4	Pisteselityskortit	
Liite 5	Mittausohje	
Liite 6	GNSS-mittausten havaintolomake	
Liite 7	Kiskojen korkeudet	

Lyhenteet

BKD-tiedostot	B-alkuiset laskentatunnisteet ohjaavat paalutuslaskennan suoritusta. K-alkuisilla laskentatunnisteilla määritellään rata-kilometrit ja pystygeometria. D-alkuiset laskentatunnisteet sisältävät tarkat tiedot geometriaelementtien sijainnista, koosta ja muodosta.
GNSS-mittaus	Global Navigation Satellite System. Satelliittimittaus on satelliittipaikannusjärjestelmien avulla tehtävää sijainnin määrittämistä.
EJ	Etujatkos. Vaihteen osa.
ET	Eteen tähtäys/havainto.
kap-piste	Havaintosarjan ulkopuolinen kartoituspiste, joka on mitattu takymetrin yhdellä asennolla.
kiintopiste	Merkitty maastonkohta, jonka koordinaatit tunnetaan.
nuolikorkeus	Tarkoitetaan suurinta sivupoikkeamaa suorasta, mittakan- nan pituisesta jänteestä. Eli sivupoikkeama, joko suorilla tai kaarilla.
nuotti	Raiteen nosto- ja sivusiirtoarvo, jonka mukaan raiteentuke- miskone korjaa raiteen asemaa suhteessa suunniteltuun raidegeometriaan.
paalulukema	Ratakilometrin kilometri + metrilukema.
PP	Pitkä pölli.
ppm	Parts per million, millimetriä kilometrille. Käytetään matkaan verrannollisten virheiden ja korjausten yhteydessä.

pääpistelista	Paalutuslaskennan tuloslista.
raideleveys	Lyhin etäisyys kiskojen kulkupintojen välillä, 14 mm kiskon- selän alapuolella. Nimellismitta on 1524 mm.
raiteen asema	Ilmaistaan koordinaatteina. Kertoo raiteen keskilinjan abso- luuttisen sijainnin vaakatasossa ja raiteen korkeusviivan si- jainnin pystytasossa.
raiteen asento	Raiteen suhteellinen muoto voimassa olevaan geometriaan nähdén.
raiteen kallistus	Kiskojen välinen korkeusero, joka poikkeaa teoreettisesta kallistusarvosta.
ratakilometri	Nimetty määrämittäinen osuus. Sen pituus on kahden pe- rääkkäisen kilometripylvään väli raidetta pitkin. Sen pituus voi poiketa 1 000 metristä. Ratakilometri on nimetty arvoltaan pienemmän kilometripylvään tunnuksen mukaan.
RATO	Ratatekniset ohjeet.
RINEX	GNSS-havaintodatan yleinen tiedostomuoto, (Receiver In- dependent Exchange Format)
RSU	Ratatyön suojalottuma. Pitkin raidetta ulottuva tila, jonka sisäpuolella työskentely tapahtuu ratatyönä tai työ voidaan tehdä tietyin edellytyksin turvamiesmenettelyllä.
SA	Siirtymäkaaren alku.
siirtymäkaari	Vaakageometrian elementti, jossa raiteen kaarevuus muut- tuu. Siirtymäkaarta käytetään tarvittaessa suoran ja ympy- ränkaaren välissä sekä kaarteiden välillä.
SL	Siirtymäkaaren loppu.

sujutus	Mittausten välisten erojen tasoittaminen.
takymetri	Mittalaite, jolla mitataan vaaka- ja pystykulmia sekä etäisyyksiä.
teoreettinen oletusviiva	3D-Winin nuottisovelluksen raiteen teoreettista asemaa kuvaava linja.
TG	Pyöristyksen tangenttipiste.
TJ	Takajatkos. Vaihteen osa.
Trolley	VR Trackin käyttämä Amberg Technologies:n valmistama raiteenmittausvaunu.
TT	Taakse tähtäys/havainto.
TURO	Radanpidon turvallisuusohjeet.
TUTTI	Turvallisuuden tietojärjestelmä.
tähys	Kohde, johon tähdätään mittalaitteella, esim. prisma.
vaaituskoje	Mittalaite, jolla mitataan korkeuseroja.
vaihdealue	Koostuu useasta toisiaan lähellä olevista vaihderyhmistä.
vaihdekuja	Kahden vaihteen välinen raideyhteys.
vaihderyhmä	Useampi vaihde sidoksissa toisiinsa.
ver-tiedosto	Tuentakoneen ymmärtämä tiedostoformaatti.
virhemetrimäärä	Kilometrin virhemetrimäärä saadaan laskemalla yhteen tällä kilometrillä esiintyvien D-luokan virheiden pituuksien metri-

määrät. Päällekkäin esiintyvät eri suureiden D-luokan virheet lasketaan mukaan vain yhteen kertaan.

1 Johdanto

Kaikissa VR Track Oy:n työtehtävissä ensisijainen tavoite on suorittaa työ turvallisesti. Mittauksen toimintaa ohjaavat standardit ja ohjeistukset. Ohjeita sovelletaan kaikissa mittaus- ja kartoitustehtävissä.

Menetelmäkuvaukset laaditaan yhtenevien toimintatapojen saavuttamiseksi. Mittauksissa käytettävien menetelmien on vastattava mittaustyön vaatimuksia. Yhtenevillä toimintatavoilla voidaan varmistua työn riittävästä laatu- ja tarkkuusvaatimuksista jokaisen työvaiheen ja tekijän kohdalla.

Liitteessä 5 on esimerkki siitä, minkä tyylliset ohjeistukset kaikista VR Trackin mittauksista tulisi laatia. Mittauksista löytyy ohjeistuksia, mutta ne kaipaavat jo päivitystä.

VR Trackillä on käytössä kahden eri laitevalmistajan takymetrejä, Leican sekä Trimblen. Nämä ohjeet on kirjoitettu Etelä-Suomen mittauksen näkökulmasta, joten ohjeet painottuvat pitkälti Leican käyttäjille.

2 VR Track Oy

VR Groupin tytäryhtiö VR Track Oy on Suomen suurin radanrakentaja sekä yksi suurimmista infra-alan rakennusliikkeistä ja suunnittelutoimistoista. VR Track Oy:llä on toimintaa myös ulkomailla. (1)

VR Track Oy:n henkilöstöön kuuluu noin 1 400 henkilöä, mittausyksikkö koostuu 36 henkilöstä. Mittausyksikkö on pieni osa VR Track Oy:tä, mutta sillä on suuri merkitys rautatien liikennöitävyyden kannalta. Mittausyksikkö rakentuu neljästä alueesta, Etelä-Suomi, Itä-Suomi, Länsi-Suomi ja Pohjois-Suomi. Jokaisen alueen toiminnasta vastaa oma aluevastaava, jolla on alaisuudessaan mittaustyöntekijöitä.

Mittausyksikön tärkeimpiä tehtäviä ovat mittausperustan ylläpito sekä raiteenkartoitus suunnittelulle ja kunnossapidolle. Mittausperustan kunto on yksi merkittävimmistä tekijöistä ratarakenteiden kannalta. (1)

3 Taustatiedot

3.1 Sovellettavat määräykset, standardit ja ohjeet

Maastotietojen tuottamisessa noudatetaan ja sovelletaan seuraavia määräyksiä, standardeja ja ohjeita:

- Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot, Mittausohje, 18/2011 Liikenneviraston ohjeita, 2011.
- Kaavoitusmittausohjeet, Maanmittauslaitos 2003.
- Julkisen hallinnon suosituksia (JHS) n:ot 153, 154, 163, 184, 185.
- Suomen geodeettiset koordinaatistot ja niiden väliset muunnokset, Geodeettisen laitoksen tiedote 30, 2009.
- Ratatekniset ohjeet (RATO), osa 2, Radan geometria, Liikennevirasto 2010.
- ISO 2859, ISO 3951.
- ISO 9001:2008.
- Mahdolliset hankekohtaiset ohjeet ja määräykset.
- VR Track Oy:n sertifioitu laatujärjestelmä ja siihen liittyvät mittausohjeet.
- Tieturva 1, Tiellä työskentelyn turvallisuuskoulutus, Liikenneviraston oppaia 3/2014.
- Tieturva 2, Tiellä tehtävien töiden turvallisuuskoulutus, Vastuuhenkilön kurssin oppikirja, Liikenneviraston oppaia 3/2012.
- Radanpidon turvallisuusohjeet (TURO), Liikenneviraston ohjeita 6/2015.

3.2 Lähtötiedot

Työkohteen lähtöpisteet eli mittausperusta saadaan tilaajalta. Mittausperusta rakennetaan ennen työn aloittamista, jos sellaista ei työkohteessa ole. Rata-alueen työkohteisiin lähtöpisteet saadaan Liikenneviraston kiintopisterekisteristä (ratarekisterit@ratarekisterit.fi).

Raiteen kartoitusmittauksissa käytetään yleensä raiteen teoreettista laskentaa eli raiteen geometriatietoa. VR Track Suunnittelu on ollut pitkään ainoa geometriatietojen ylläpitäjä. Nykyään myös ulkopuoliset suunnittelutoimistot ovat tehneet geometriasuunnitelmia. Geometrialaskennat on aina saatava tilaajalta, jotta voidaan varmistua niiden ajantasaisuudesta.

Lähtöpisteet siirretään takymetriin tielaitosformaattissa (gt). Tiedostot nimetään projektinumeron (esim.10207-0500.gt), liikennepaikkojen välin tai rataosan numeron mukaan (esim. 1102_PSL-RI.gt). Maastotallentimessa käytetään projektinumeroa muissa kuin ratamittaustöissä (esim. maastomallin teko).

Ennen maastoon lähtöä varmistetaan, että käytössä on tilaajan kanssa sovittu aineisto sekä tiedot koordinaatti- ja korkeusjärjestelmästä. Lisäksi varmistetaan, että koordinaatit, pääpistelista ja BKD-laskentatunnisteet ovat oikeat. Tarkistetaan, että mukana on tarvittava mittauskalusto. Tarvittaessa maastossa tehdään mittalaitteen kenttäkalibrointi ennen mittausten aloittamista.

3.3 Maastomittauskalusto

Maastotiedon tuottamisessa käytettävä mittauskalusto määräytyy mitattavan kohteen ja asiakkaan määrittelemän tarpeen mukaan. Mittaukset tehdään tilattuun kohteeseen soveltuvilla laitteilla, huomioiden alueen laajuus ja asiakkaan määrittelemät mittaustoleranssit (kuva 1). Liikenneviraston ohjeessa 18/2011 on määritelty kuhunkin mittauskohteeseen soveltuva mittalaite sekä toleranssit. (4)



Kuva 1. VR Trackin käyttämä mittalaite, Leica TS15. (Kuva: Jani Hietanen)

3.4 Turvallisuus

Maastomittaukset tapahtuvat usein vilkasliikenteisessä väyläympäristössä. Lähtökohteisesti kaikki työvaiheet on voitava suorittaa turvallisesti. Turvallisuutta radalla ohjaa Liikenneviraston ohjeistus 6/2015 Radanpidon turvallisuusohjeet (TURO). (2)

Osa tämän kappaleen sisällöstä on opinnäytetyön yhteistyökumppanin tahdosta salattu.

3.4.1 Turvamiesmenettely

Turvamiesmenettelyssä liikennöintiä ei tarvitse pysäyttää. Turvaus perustuu turvamiehen tekemiin näköhavaintoihin. Menettelyä voidaan käyttää rataosilla, joissa suurin sallittu nopeus on 140 km/h. Menettely vaatii kaluston, jonka saa nopeasti poistettua radalta. (2, s. 50.)

3.4.2 Ratatyölupamenettely

Ratatyölupamenettely vaatii liikennöinnin keskeyttämisen. Käytännössä ratatyölupia myönnetään pääsääntöisesti liikenteen ehdoilla. Menettelyä on käytettävä rataosilla, joissa suurin sallittu nopeus on yli 140 km/h. Menettelyä käytetään myös silloin kun turvamiesmenettely todetaan riittämättömäksi, esim. heikoilla näkyvyysalueilla, kaarteissa tms. paikassa, jossa väistöaika tulisi olemaan liian lyhyt. (2, s. 39.)

3.5 Maastomittaus

Ennen mittaustöiden aloittamista mittalaitteen on hyvä antaa mukautua työlämpötilaan hetken aikaa, mikäli lämpötilan muutokset ovat olleet merkittäviä kuljetuksen aikana.

Mittausalue rajoittuu orientointipisteiden sisäpuolelle ja sääolosuhteista riippuen 150-200 metrin etäisyydelle takymetristä. Sateisella tai kovin aurinkoisella säällä 150 metriä pidemmälle ei kannata mittauksia viedä, mittaustulosten luotettavuuden ylläpitämiseksi. Pilvisellä säällä tai lämpöväreilyn ollessa vähäistä saa riittävän luotettavia mittaustuloksia vielä 200 metrin etäisyydellä.

3.5.1 Orientointi

Orientointi on edellytys sille, että mittaukset voidaan suorittaa halutussa koordinaatistossa ja korkeusjärjestelmässä. Koordinaatisto pystytään määrittämään mittauspaijalla vähintään kahden tunnetun kiintopisteen avulla. Luotettavampaan orientointiin tarvitaan kuitenkin vähintään kolme tunnettua kiintopistettä. (3, s. 13.)

Liikenneviraston ohjeistuksen mukaan orientointi olisi hyvä tehdä koordinaateiltaan tunnetulta kiintopisteeltä. Rata-alueella tunnetulta kiintopisteeltä orientointi on useimmi-

ten huonompi vaihtoehto kuin orientointi vapaalta asemapisteeltä. Nykyisten mittalaitteiden tarkkuus on riittävä vapaalta asemapisteeltä suoritettaviin mittauksiin. (4, s. 19.)

Vapaan asemapisteen käyttö mittauksissa tarkoittaa menettelyä, jossa takymetri pystytetään koordinaateiltaan tuntemattomaan paikkaan. Asemapisteen koordinaatit ja mahdollisesti myös korkeus määritetään tähtäämällä kiintopisteissä oleviin tähyksiin. Takymetri laskee asemapisteen koordinaatit automaattisesti ja orientoi vaakakehänsä koordinaatiston pohjoissuunnan suhteen. Tämän jälkeen päästään suorittamaan varsinainen mittaustyö. Vapaan asemapisteen menetelmällä voidaan asemapisteen paikka valita mittausten kannalta tarkoituksenmukaiseen paikkaan. (3, s. 13.)

Sopivaa kiintopistettä takymetrille voi olla haastava löytää rataympäristössä. Usein kiintopisteet sijaitsevat radan välittömässä läheisyydessä, joten ohikulkevien junien ilmavirta saattaa heiluttaa kiintopisteellä olevaa takymetriä. Kiintopiste saattaa sijaita myös paikassa, josta on huono näkyvyys radalle mittausten kannalta. Joskus pisteet sijaitsevat liian kaukana toisistaan tai välistä on tuhoutunut yksi tai useampi piste, jolloin mittausetäisyys kasvaa liian pitkäksi luotettaville mittaustuloksille. (5)

Takymetrillä tehtävien mittausten ensimmäiset toimenpiteet ovat takymetrin ja tähysten keskistys ja tasaus mittauspisteille, tähyskorkeuksien mittaaminen ja kojeen orientointi koordinaatistoon ja korkeusjärjestelmään. Näiden toimenpiteiden jälkeen takymetrillä voidaan tehdä kulmien ja etäisyyksien mittauksia ja erityisesti orientoinnin jälkeen sijaintimittauksia työalueen koordinaatistossa. (3, s. 12.)

Aluksi takymetri keskistetään ja tasataan. Tällä tarkoitetaan takymetrin asettamista kolmijalan varaan siten, että takymetri tulee vaakasuoraan. Sama toimenpide suoritetaan tähyksille. Kun takymetrin vaaka-akseli on tasattu, tulee myös takymetrin pystyakseli pystysuoraan. Keskistys ja tasaus suoritetaan optista luotia ja tasaimia apuna käyttäen. Optisella luodilla seurataan takymetrin asentoa maassa olevan pistemerkin päällä ja tasaimilla vaakatason suhteen. Takymetrin asentoa säädetään kolmijalan jalkojen ja tasausalustan jalkaruuvien avulla. (3, s. 12.)

Orientoidessa takymetri vapaalle asemapisteelle on liitospisteitä oltava vähintään kolme. Orientointia varten pyritään asentamaan kolmijalat kolmelle kiintopisteelle. Kuitenkaan aina kolmijalkojen asennus kiintopisteille ei ole mahdollista. Tällöin on otettava huomioon mittausten tarkkuusvaatimukset. Mittaustarkoituksesta riippuen voidaan orientointitapaa mukauttaa maastoon soveltuvaksi luotettavaksi orientointitavaksi. Kohteiden korkeuksia mitattaessa takymetrillä, tulee tuntea tähysten korkeudet. Tähyskorkeudet mitataan Leican mittanauhalla (kuva 2), joka huomio vinomatkan pisteen ja tähyksen välillä.



Kuva 2. Leican mittanauhan käyttö. (Kuva: Tinja Sarjanen)

Orientoinnin liitospisteet tulee valita mahdollisimman läheltä mittausaluetta. Korkeuden siirtoa orientointiin tulee välttää takymetristä 150 metriä kauempana olevilta pisteiltä. Orientointien välillä päällekkäisiä vaihtopisteitä tulisi mitata vähintään kaksi, näin voidaan todeta orientointien välinen luotettavuus ja mittauksen jatkuvuus. Vaihtopisteet kartoitetaan koodilla 50. Mittauksen jatkuttua seuraavalla orientoinnilla, edellisen orientoinnin viimeiseksi mitattu piste mitataan uudelleen koodilla 50. (5)

3.5.2 Mittausolosuhtetiedot

Tarvittavat mittausolosuhtetiedot (säätö ja mittakaavakorjaus) asetetaan takymetriin ennen orientointia tai orientoinnin yhteydessä. Säätötilatiedot saadaan esim. puhelimen

säätila sovelluksesta. Nämä tiedot eivät nollaannu mittalaitteessa, vaikka tehtäisiin uusi työ. Projektiokaistoista johtuvat mittakaavakorjaukset voidaan laskea valmiiksi tehdyllä Gauss Krugerin projektiokaavalla, joka saadaan VR Trackin omalta verkkolevyltä.

Koordinaattijärjestelmät ovat suorakulmaisia tasokoordinaatistoja, jotka on jaettu useampaan kaistaan. Maapallon kaarevuudesta johtuen kaistojen reunoja kohti mennessä tulee mittakaavaan vääristymää, jota kontrolloidaan projektiokorjauksen avulla. (6, s. 1.)

Raiteenkartoitus edellyttää mittauksilta erityistä huolellisuutta ja tarkkuutta. Erityisesti on huomioitava mittausolosuhteet. Mittaukset on tehtävä aikana, jolloin ilman väreily on mahdollisimman pientä. Ilman väreily ja ohikulkevista junista tuleva ilmavirtaus saattaa aiheuttaa mittausvirheitä. Parhaimmat mittausolosuhteet ovat yleensä aamulla tai taivaan ollessa pilvessä. Sade ja sumu heikentävät prisman ja mittalaitteen välistä näköyhteyttä. Prisman kuivaus sekä mittalaitteessa olevat huonon sään asetukset saattavat parantaa mittalaitteen toimintaa. Mittalaitteen linssin ympärille kannattaa asettaa sade-/aurinkosuoja suojaamaan linssiä.

3.5.3 Prismakorkeudet

Eurooppalaisen standardointijärjestön CEN:n standardoimia kiskoprofiileja merkitään luvulla, joka ilmoittaa kiskon massan pyöristettynä kokonaisina kiloina metriä kohden, kirjaimella "E" sekä asianomaisella standardin määrittävällä versioluvulla esim. 60 E1. K-kirjain viittaa muihin kuin CEN:n standardoimiin kiskoprofiileihin. (7, s. 33.)

Kiskon varteen on valssattu $\geq 0,8$ mm ja 20–30 mm:n korkuisin kohomerkinnoin tietoja kiskosta (kuva 3).

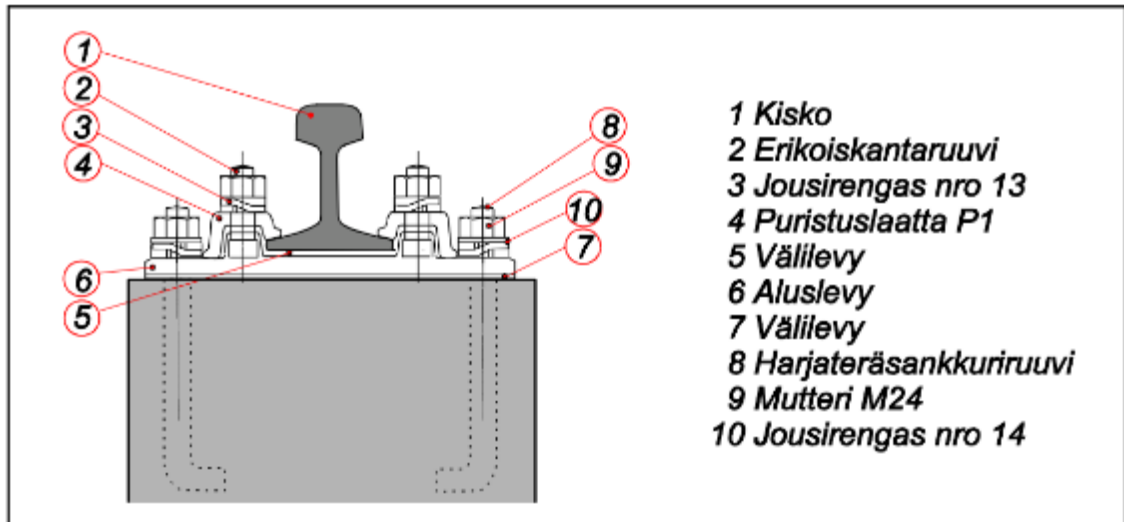


Kuva 3. Kiskoon valssatut kohomerkinnot. (Kuva: Tinja Sarjanen)

Prismakorkeutta määritettäessä käytetään teoreettisen kiskon korkeutta ja kyseisen kiskotyypin aluslevyn korkeutta. Vaihteissa ei huomioida eri paksuisia aluslevyjä. Mittauksissa käytetään samaan prismakorkeutta kuin ennen ja jälkeen vaihdetta on ollut. (8)

Kaikille kiskotyypeille on määritetty kiskokohtaiset korkeudet (liite 7). Yleisimmin käytetyissä kiskoissa prismakorkeudet lasketaan seuraavasti:

- 60 KISKO => 172mm(KISKO) +10mm(ALUSLEVY) = 182mm + PRISMA
- 54 KISKO => 159mm(KISKO) +6mm(ALUSLEVY) = 165mm + PRISMA



Kuva 4. Raiteen osat. (7, s. 62)

Kuvassa 4 on esitetty radan osia. Kuva havainnollistaa prismakorkeuden mittaukseen huomioitavia osia.

3.5.4 Paalulukemien merkintä maastoon

Paalulukemat eli ratakilometrit kyseisessä kohdassa tulisi ensisijaisesti merkitä muualle kuin ratapölkkyyn. Usein ratapölkky kuitenkin on ainoa vaihtoehto.

Osa tämän kappaleen sisällöstä on opinnäytetyön yhteistyökumppanin tahdosta salattu.

3.5.5 Mittaustiedostojen tallentaminen

Tämän kappaleen sisältö on opinnäytetyön yhteistyökumppanin tahdosta salattu.

3.6 Laadunvalvonta

Tämän kappaleen sisältö on opinnäytetyön yhteistyökumppanin tahdosta salattu.

4 Mittausperusta

4.1 Yleisesti

Mittaperustan suunnittelussa noudatetaan voimassa olevia ohjeistuksia ja suosituksia sekä tilaajan määrittelemiä ohjeita. Käytetyimmät ohjeistukset ovat JHS 184 ja Liikenneviraston ohjeistuksia 18/2011. (4; 12.)

Mittausperusta muodostuu työalueelle rakennetuista pysyvistä kiintopisteistä ja niille geodeettisin mittauksin tuotetuista tasokoordinaateista ja korkeuksista. Kiintopistemitauksen tuloksena syntyy maastoon rakennettu mittausperusta. Näille pisteille saadaan laskennan tuloksena koordinaatit työalueen koordinaatti- ja korkeusjärjestelmässä. (4; 12; 13.)

Projektipäällikkö vastaa lähtöaineiston virheettömyyden varmistamisesta. Lähtötietojen läpikäynnin yhteydessä tehdään työalueen mittausperustan kontrollointi. Ennen maastomittauksen aloittamista käydään läpi lähtötiedot ja varmistetaan siitä, että kaikilla osapuolilla on pääsy aineistoon. Tilaajan ja/tai tilaajan edustajien kanssa pidetään tarvittaessa aloituskokous, jossa tarkastetaan toimitettujen lähtötietojen oikeellisuus ja kirjataan mahdolliset puutteet ja epäselvyydet ennen maastomittauksien suunnittelun aloittamista.

Radan suunniteltu geometria sidotaan aina radan varrella oleviin kiintopisteisiin. Näin ollen laadukkaasti toteutettu mittausperusta takaa suunnitellun raidegeometrian realisoitumisen maastoon. Mikäli mittausperustaa ei ole toteutettu asianmukaisesti ohjeistuksia ja määräyksiä noudattaen, ei siihen sidottu geometriatieto toteudu. (14)

Tilaajan kanssa sovitaan, mihin koordinaatti- ja korkeusjärjestelmään työalueen maastomittaukset sidotaan. Työalueilla voi olla useita koordinaatti- ja korkeusjärjestelmiä. Myös suunnitelmat ja geometrialaskennat voivat olla eri koordinaatti- ja korkeusjärjestelmissä.

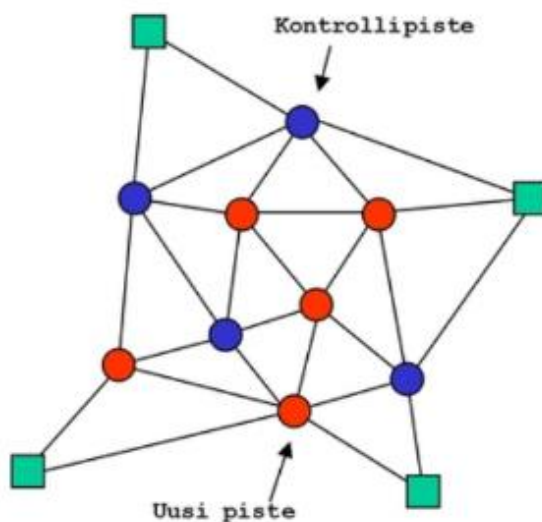
4.2 Verkon rakenne ja pisteluokat

Uusien pisteiden sijainnin suunnittelua ohjaa Liikenneviraston mittausohje 18/2011 sekä JHS 184. Käytännön työ on osoittautunut parhaimmaksi, kun E4-luokan peruskiin-

topisteet rakennetaan pareittain 2–2,5 kilometrin välein, vaikka takymetrimittauksissa monikulmiojonon tarkkuus kärsii pistevälin kasvaessa. E4-luokan paripisteiden suunnittelussa pisteiden välin tulisi olla 100–500 metriä. Suositeltava pisteväli on 350 metriä, jolloin kulmamittaus ja etäisyydenmittaus toimivat hyvin suhteessa toisiinsa. Maasto määrää hyvinkin pitkälti uusien pisteiden sijainnin. E5-luokan käyttökiintopisteiden välit ovat ohjeistuksissa liian väljät. Pistevälin ollessa 400 metriä, tulee luotettavasta orientoimisesta hankalaa. Suositeltava pisteväli E5 ja E6-luokan käyttökiintopisteille on 150–200 metriä, johon tulee vielä lisäksi pylväasperustan pulttipisteitä keskimäärin kaksi pisteväliä kohden. (15)

4.3 Mittaussuunnitelma

Mittausperustan rakentamisesta laaditaan mittaussuunnitelma Liikenneviraston ohjeen mukaisesti. Tilauksen perusteella tehdään alueelle pisteiden inventointi ja arvioidaan työn aikataulua. Inventoinnin perusteella tehdään mittaussuunnitelma. Suunnitelma hyväksytetään tilaajalla ennen työn aloittamista. Työalueesta tehtävä suunnitelmakartta (liite 1) auttaa havainnollistamaan mittausperustan rakentamista. (4)



Kuva 5. Kontrollipisteet mittausverkossa. (12)

taminen muutoin on haastavaa. Seinäpisteet eivät kuitenkaan ole vielä virallisen ohjeistuksen pisteitä. Poikkeustapauksissa on myös turvauduttava asfaltinauloihin.

E4-luokan paripisteiden tulisi olla kalliossa tai betonissa. Maasto määrää pitkälti minne pisteitä pystyy rakentamaan. E4-luokan paripisteiden paras sijainti olisi poikittaissuunnaltaan rataa kohden, mutta useinkaan se ei ole maaston osalta mahdollista. (10, s. 8; 15.)

E5-E6-luokan pisteitä on rakennettu sähköratapylvään pultteihin (kuva 7) paremman käytettävyyden sekä pisteiden mahdollisimman vähäisen liikkuvuuden takaamiseksi. Sähköratapylväät ovat radalla radankulkusuuntaan nähden säännöllisesti toistuvia liikukumattomia rakenteita, joten niihin saadaan rakennettua pisteitä riittävän tiheästi mitauksia ajatellen.



Kuva 7. Pylväspulttipiste. (Kuva: Petri Kaihia)

Maastossa varmistetaan uusien pisteiden väliset näkyvyudet sekä GNSS-mittauskelpoisuus. Ennen pisteiden rakentamista maastoon varmistetaan, että piste voidaan rakentaa kyseiselle paikalle (esim. kaapelinäytöt). Sähköratapylväisiin, joissa on painot, vältetään rakentamasta uusia pisteitä. Uusille pisteille määritetään pistenumerot. Myös vanhoille uudelleen mitatuille pisteille määritetään uudet pistenumerot, jotta vanhan pisteen koordinaatteja ei käytetä uusien pisteiden koordinaattien kanssa.

Pistenumero muodostuu pisteluokan, ratakilometrin ja metrin mukaan. Kuvan esimerkkipiste sijaitsee kilometrillä 108+901 (kuva 8). Piste on E5-luokan piste, joten pistenumeroiksi laitetaan viisinumeroinen luku, joka muodostuu VR:n paalulukeman viidestä ensimmäisestä numerosta. Rakennetuista pisteistä laaditaan VR:n käyttämät pisteselykortit (liite 4).



Kuva 8. Pisteiden merkintä kiskoon ja näkyvöityspaaluun. (Kuva: Tinja Sarjanen)

Uudet pistetiedot merkitään kiskon kylkeen sekä näkyvöityspaaluun rakentamisen yhteydessä. Kun maastossa kartoitetaan uudet pisteet niitä rakentaessa, tulee samalla merkitä pisteen numero sekä sivumitta kiskon kylkeen. Välittömällä pistenumeroinnilla varmistetaan, että kaikki mittausperustaa rakentavat työskentelevät samoilla pistenumeroilla. Samat pistenumeroinnit ovat tärkeitä myös GNSS-mittauksia, jonomittausta ja vaaitusta varten, jotta kaikissa näissä olisi käytössä samat pistenumerot. Mittaustuloksia laskevat ohjelmat tarvitsevat pisteille yhtenäiset pistenumerot, jotta laskenta toimii. Laskentaohjelmat eivät ymmärrä, jos pisteillä on monta eri numeroa. (5)

4.5 E1–E3-luokan lähtöpisteet

Staattisen GNSS-mittauksen lähtöpisteinä käytetään valtakunnallisia E1–E3-luokan kolmiopisteitä, joille on mitattu ETRS89-koordinaatit. Valtakunnallisia lähtöpisteitä pystyy hakemaan Maanmittauslaitoksen ylläpitämästä kiinteistötietopalvelusta. Lähtöpisteiden pistekortit tallennetaan ja niiden sijainnit viedään karttapohjalle 3D-Winiä käyttäen.

4.6 E4-luokan peruskiintopisteiden GNSS-mittaus

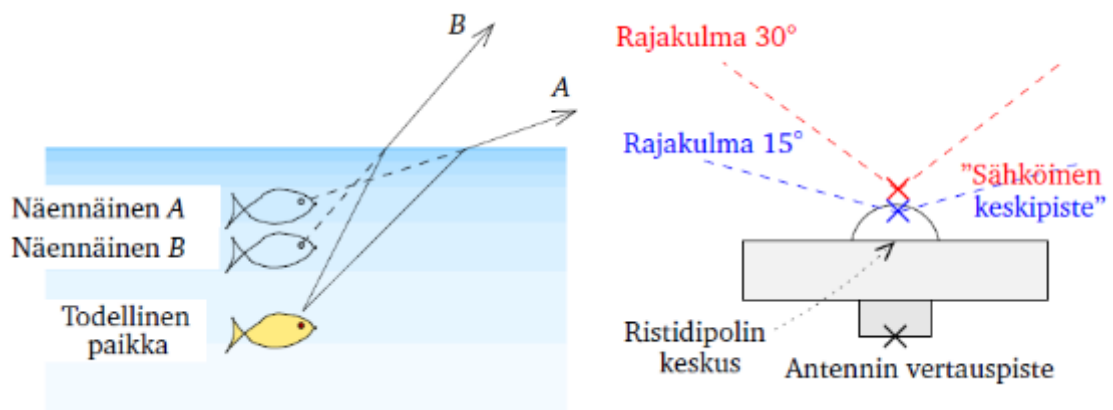
E4-luokan peruskiintopisteiden mittaus suoritetaan staattisena GNSS-mittauksena. Kaikki vastaanotinantennit tulisi suunnata samansuuntaisesti tarkkuuden parantamiseksi. Paripisteillä joiden etäisyys on alle 500 metriä, on tärkeää suunnata antennit samansuuntaisesti. Mikäli vastaanottimien pohjasta löytyy pohjoisnuoli, tulee se suunnata kohti pohjoista. Jos pohjoisnuolta ei ole, asetetaan samantyyppiset antennit samansuuntaisesti. Pisteparien välin ollessa 300 metriä ja tarkkuusvaatimus pisteiden välillä 10 ppm saadaan suuntaamattomien vastaanottimien antennien vaihekeskipisteiden eroavaisuuden takia helposti aikaiseksi jo 3 mm virhettä väärästä suuntauksesta. Virhettä saisi yhteensä olla 3 mm, kun lasketaan kaikki virhelähteet mukaan. Näin ollen on käytännössä mahdotonta päästä vaadittuun toleranssiin. Paripisteillä tulee käyttää samanlaisia vastaanotinmalleja, jotta millimetriluokan tarkkuus olisi saavutettavissa. Antennin korkeus on mitattava jokaisen havaintojakson alussa ja lopussa. Antennin korkeus mitataan kiintopisteen keskeltä antennin reunaan, kolmesta eri reunan kohdasta. Kolmesta arvosta otetaan keskiarvo. Arvot eivät saa poiketa toisistaan millimetriä enempää, muuten on tarkistettava keskistys ja tasaus. Vastaanottimet tulee sammuttaa

ja keskittää uudelleen jokaisen havaintojakson jälkeen sekä ennen uuden havaintojakson aloittamista. (15; 28,s. 109.)

Antennin vaihekeskipisteen (sähköinen keskipiste) paikka ei ole itsestään selvä asia. Antennin virallinen vertauspiste ei ole sama kuin vaihekeskipiste, missä radioaallot näennäisesti vastaanotetaan. Vaihekeskipisteen paikka riippuu havaintojen rajakorkeuskulmasta. Vaihekeskipisteen vaihtelu on antennimallista riippuvainen. Vaihekeskipisteen vaihtelun vuoksi korkeustarkkuus kärsii. Antenni vastaanottaa satelliitin lähettämät ratahavainnot vaihekeskipisteeseen. (26, s. 45; 27, s. 196.)

Vertauskuvana kelpaa veden alla olevan kalan näennäinen paikka, joka sekini riippuu katselukulmasta (kuva 9) (27, s. 196).

Käytettäessä mittauksissa samaa antennityyppiä ja suunnattaessa ne samansuuntaisesti, saadaan poistettua vaihekeskipisteen vaihtelun vaikutus lopputuloksesta.



Kuva 9. Antennin vaihekeskipisteen vaihtelu (27, s. 197).

Vastaanottimen liikkuminen tasauksen ulkopuolelle tai keskistyksen siirtyminen havaintojaksojen aikana tulee ilmoittaa mittauksista vastaavalle hetimiten. Tällöin voidaan tarvittaessa lisätä muutama pisteväli mitattavaksi uudelleen. Ilmoittamattomana tämä virhe siirtyy mittausverkkoon ja todennäköisesti paljastuu virheen suuruudesta riippuen vasta jälkilaskennassa tai virhe jää kokonaan huomaamatta. Maastossa jokaisesta havaintojaksosta täytetään havaintolomake. Havaintolomaketta (liite 6) täytetään jokaisesta vastaanottimesta havaintojakson alussa sekä lopussa (15).

GNSS-mittaustulokset siirretään vastaanottimista tietokoneelle PCView- tai TRU-ohjelmalla riippuen vastaanottimen mallista. Mittaustiedostot tallennetaan USB-tikulle,

josta ne siirretään VR Trackin omalle verkkolevylle. Puretut tiedostot muunnetaan tilaajalle toimitettavaan RINEX-muotoon. RINEX on laiteriippumaton dataformaatti. Myös laskennassa käytettävä Trimble Business Center -ohjelma lukee RINEX-formaattia.

4.7 E5–E6-luokan käyttökiintopisteiden jonomittaus

E5–E6-luokan käyttökiintopisteiden mittaus suoritetaan takymetrimittauksena käyttäen lähtöpisteinä staattisena GNSS-mittauksena mitattuja E4-luokan peruskiintopisteitä. Jonomittaus aloitetaan ja lopetetaan E4-luokan paripisteille, jolloin saadaan vaadittavat liitossuunnat. (12)

Leican takymetrillä suoritettava jonomittaus voidaan suorittaa neljällä eri ohjelmalla. Piste pois-, havaintosarja-, havaintosarja+ - tai perinteisellä jonomittausmenetelmällä.

VR Trackillä eniten käytetty Havaintosarja+ -ohjelma mahdollistaa tarvittaessa vapaat asemapistet. Rata-alueella mitattaessa jonoa vapaat asemapistet mahdollistavat turvallisemmän työskentelyn, koska takymetrin voi pystyttää RSU:n ulkopuolelle.

Havaintosarja+ -ohjelma ei kerää koordinaatteja vaan kulmahavaintoja ja etäisyyksiä. Tallennusmuotona käytetään muotoa Geonet (Ascii), joka kirjoittaa havaintokirjan teksti-tiedostona (kuva 10). Tiedostoa on helppo muokata tässä muodossa. Geonet-muoto mahdollistaa myös kartoituspisteiden eli kap-pisteiden mittauksen samassa yhteydessä.

```

! Tanaan on      01.10.15 , kello on      08:16:26
! Mittaaja      PK ,      lämpötila 12 , paine 1018
! ---
! ASP           9      0      5      34321      1.1170
! --- mm: 0.0 , ppm: -1.2
! LIP           9      0      5      34-15E 225.49317 100.27393 128.11095 0.5000
! LIP           9      0      5      34-17E 227.26740 100.10745 191.98378 0.5000
! LIP           9      0      5      8000A 231.36195 99.73765 399.88364 1.5570
! LIP           9      0      4      3464 231.77544 99.71734 328.25132 1.3760
! LIP           9      0      4      3464 31.77534 300.28366 328.25122 1.3760
! LIP           9      0      5      8000A 31.36229 300.26438 399.88324 1.5570
! LIP           9      0      5      34-17E 27.26747 299.89381 191.98398 0.5000
! LIP           9      0      5      34-15E 25.49355 299.72749 128.11095 0.5000
! LIP           9      0      5      34-15E 225.49298 100.27438 128.11105 0.5000
! LIP           9      0      5      34-17E 227.26737 100.10748 191.98378 0.5000
! LIP           9      0      5      8000A 231.36182 99.73718 399.88324 1.5570
! LIP           9      0      4      3464 231.77531 99.71742 328.25102 1.3760
! LIP           9      0      4      3464 31.77509 300.28400 328.25122 1.3760
! LIP           9      0      5      8000A 31.36228 300.26428 399.88324 1.5570
! LIP           9      0      5      34-17E 27.26741 299.89384 191.98398 0.5000
! LIP           9      0      5      34-15E 25.49346 299.72770 128.11085 0.5000
! LIP           9      0      5      34-15E 225.49308 100.27411 128.11105 0.5000
! LIP           9      0      5      34-17E 227.26728 100.10745 191.98388 0.5000
! LIP           9      0      5      8000A 231.36167 99.73723 399.88354 1.5570
! LIP           9      0      4      3464 231.77534 99.71743 328.25102 1.3760
! LIP           9      0      4      3464 31.77524 300.28400 328.25112 1.3760
! LIP           9      0      5      8000A 31.36223 300.26452 399.88334 1.5570
! LIP           9      0      5      34-17E 27.26736 299.89376 191.98408 0.5000
! LIP           9      0      5      34-15E 25.49350 299.72758 128.11085 0.5000

```

Kuva 10. Jonomittauksen havaintokirja.

Ennen jonomittauksen aloittamista on kojeelle tehtävä kenttäkalibrointi sekä tarkistettava mittauskalusto. Kojeaseman vaihtuessa seuraavalle pisteelle, ei edellisessä sarjassa mitattuja pisteitä saa keskittää uudelleen. Mikäli jokin edellisen sarjan pisteistä on heilahtanut ja vaatii uudelleen keskittämistä, on jonomittauksessa palattava mittamaan edellinen sarja uudelleen keskittämisen jälkeen.

Jonomittauksen havaintokirjatiedosto nimetään mittalaitteeseen rataosan ja aloituskilometrin mukaan, esim. 1103_KM_72.

4.8 Korkeudenmittaus

E4-luokan peruskiintopisteille vaaitaan korkeudet ohjeiden mukaisesti. Vaaituskojeelle tehdään maastokalibrointi *Kukkamäki*-menetelmällä ennen mittauksen aloittamista. E5 ja E6-luokan käyttökiintopisteille voidaan korkeudet määrittää myös trigonometrisesti.

Vaaituksessa käytettäviä pistekoodeja:

- korkeuskiintopiste, koodi 10
- vaihtopiste, koodi 12
- uudet vaaittavat pisteet tasoluokan mukaan (esim. 1234~koodi 4, 12345~koodi 5, 123456 tai 12-34P~koodi 6)
- pistenumero juoksevana paitsi silloin kun ollaan korkeuskiintopisteellä, runkopisteellä tai pylväspultilla.

4.9 Laskenta

GNSS-mittaukset sekä vaaitustulokset lasketaan Trimble Business Center -ohjelmalla. Leican mittalaitteella mitatut jonomittaukset lasketaan Move3-ohjelmalla.

GNSS-mittausten laskentaa varten tulee havaintolomakkeet olla arkistoitu ja mielellään havaintojaksoittain järjestettynä. Mitatut korkeudet ovat vinokorkeuksia. Laskentaohjelmisto ei tunnista kaikkia vastaanottimia ja niiden korkeuksia, jolloin ongelmien välttämiseksi kannattaa laskea pystykorkeudet Pythagoraan lausetta hyödyntämällä. (15)

$$\text{Pystykorkeus} = \sqrt{(\text{Vinokorkeus}^2 - (\text{Puolet vastaanottimen leveydestä})^2)}.$$

Kun pystykorkeudet on laskettu, vähennetään pystykorkeudesta aina vastaanottimen mittauskohdan ja vastaanottimen pohjan välinen korkeus, jolloin korkeus saadaan laskettua vastaanottimen pohjaan. Tämä suoritetaan jokaisen session jokaiselle pystytykselle. (15)

4.10 Vektorilaskenta ja verkon tasoitus

Vektorilaskenta ja verkon tasoitus tehdään Maanmittauslaitoksen kaavoitusmittausohjeet 2003 mukaisesti.

Vektoreiden ratkaisu vaihehavaintoaineistosta tehdään ohjelmistovalmistajan ohjeiden mukaisesti. Laskenta perustuu yleensä ns. kaksoiserotushavaintojen perusteella tehtävään ratkaisuun, jonka tulee olla mahdollisimman luotettava. Ratkaisun luotettavuutta voi ohjelmiston antaman informaation lisäksi arvioida tar-

kastelemalla silmukoiden sulkuvirheitä ja kahteen tai useampaan kertaan havaittujen vektoreiden pituuksia.

Lasketut vektorit tasoitetaan virheyhtälötasoituksena joko vapaana verkkona tai kiinteiden pisteiden avulla. Tasoitetut koordinaatit muunnetaan kaavoitusmittauksessa käytettävään tasokoordinaatistoon paikallisilla muunnoskaavoilla. Mikäli käytetään EUREF-FIN-koordinaatistoa, tasoitetut koordinaatit muunnetaan haluttuun projektiokaistaan projektiokaavoilla.

Vapaan verkon tasoitus voidaan tehdä joko aitona vapaan verkon tasoituksena tai kiinnittämällä yksi lähtöpisteistä mahdollisimman läheltä verkon painopistettä. Vapaan tasoituksen tulosta arvioidaan ensin jäännösvirheiden, niiden tilastollisen analyysin ja/tai silmukoiden sulkuvirheiden perusteella. Tällöin saadaan kuva vektorihavaintojen yhteensopivuudesta.

Kiinteän verkon tasoituksessa vektoriverkko kiinnitetään tunnettuihin pisteisiin. Jos verkon joidenkin pisteiden koordinaatit tunnetaan tarkasti kolmiulotteisessa maakeskisessä EUREF-FIN-koordinaatistossa, näitä käytetään tasoituksen kiinteinä pisteinä. Tasoituksen lopputuloksena saadaan tällöin verkon muiden pisteiden koordinaatit EUREF-FIN-koordinaatistossa. Tasoituksen onnistumista kuvaavat vektorien jäännösvirheet ja jäännösvirheiden tilastollinen analyysi, joka varoittaa mahdollisista karkeista virheistä. Jäännösvirheiden perusteella voidaan arvioida tarkkuutta vain verkon ollessa mahdollisimman tasasivuinen ja homogeeninen.

Lopullisessa tasoitusmuunnoksessa verkko sovitaan lähtöpisteisiin, joiden tasokoordinaatit ovat kaavoituksessa käytetyssä järjestelmässä. Tasoitusmuunnoksena voidaan käyttää 3-parametrin muunnosta (koordinaatiston kierto ja origon siirto tuntemattomina), jolloin verkon hyvä geometria säilyy tai 4-parametrin Helmert-muunnosta (koordinaatiston kierto, origon siirto ja mittakaava tuntemattomina), jolla saadaan paras yhteensopivuus lähtöpisteiden kanssa. Jälkimmäisessä tapauksessa suositellaan käytettäväksi vähintään viittä lähtöpistettä. Muunnoksen jäännösvirheet kuvaavat vektoriverkon ja lähtöpisteiden sopivuutta. Lopulliset suhteelliset tarkkuudet lasketaan muunnetuille vektoreille ja niiden on täytettävä ko. luokalle asetetut vaatimukset.

Lopuksi koko verkko muunnetaan haluttuun tasokoordinaatistoon tasoitusmuunnoksen antamia parametreja käyttäen. Ratkaistujen vektoreiden suhteellisten tarkkuuksien on täytettävä ko. luokalle asetetut vaatimukset. (16, s. 12.)

4.11 Dokumentointi, mittausraportti ja pistekortit

Mittausryhmä täyttää maastotöiden osalta erillistä työmaapäiväkirjaa, johon kirjataan tarkat mittauksen tapahtumat/poikkeamat päivittäin. Työmaapäiväkirja tallennetaan sähköisesti ja luovutetaan pyynnöstä tilaajalle. Mittauksissa olleet tekijät laativat projektista lopuksi mittausraportin (liite 2) mittausaikaisten tietojen perusteella.

Mittausperustan uusista pisteistä kootaan listaus, joka vastaa pistekorttia. VR Trackin pistekortit ovat Excel-listaus pisteistä (kuva 11), joissa näkyy pistenumero, x-, y-, h-

koordinaatit, kilometrit, metrit, sivumitta, pituusmittaraide, koordinaattijärjestelmä, korkeusjärjestelmä, tasoluokka, korkeusluokka, rakennusvuosi, pistemateriaali, rakennusalusta ja lisätiedot. Pisteet sijaitsevat rataympäristössä, joten listana olevat pistetiedot kertovat maastossa enemmän kuin kuvalliset pistekortit (liite 4).

piste no	X	Y	Z	km	m	avaruutta	pu_rakite	koord_järj.	korke_järj.	tasolu.	korke_lu.	rak_vuosi	pistemateriaali	alusta	lisätiedot
02002	6707220.926	2560105.370	50.102	30	441.325	30.705	000	KKJ2	N20	5	5	2000	Kivi	Kallio	
02007	6707344.870	2560250.925	47.050	30	607.637	-3.043	008	KKJ2	N50	5	5	2008	Pu	Kallio	
02014	6611419.359	2560350.830	50.040	30	440.182	-0.582	000	KKJ2	N20	4	5	2000	Pu	Kallio	
02019	6611410.540	2560352.121	49.850	30	440.648	10.516	000	KKJ2	N20	5	5	2000	Kivi	Kallio	JÄRVENPÄÄ K03 33 + 706
02044	6611426.126	2560340.125	49.555	30	445.950	12.771	008	KKJ2	N20	5	5	2008	Kivi	Kallio	
02070	6707210.225	2560352.957	49.043	37	152.955	-3.254	000	KKJ2	N20	5	5	2000	Pu	Maa	
02702	6707770.854	2559320.316	49.028	37	150.400	10.000	008	KKJ2	N50	5	5	2008	Pu	Maa	
02045	6611414.841	2560351.591	49.439	37	354.571	11.181	000	KKJ2	N20	5	5	2000	Pu	Maa	
02703	6707210.243	2559747.020	46.720	37	355.035	-10.190	000	KKJ2	N20	5	5	2000	Pu	Maa	
02005	6708189.389	2560167.021	50.837	37	620.746	-3.181	008	KKJ2	N50	5	5	2008	Pu	Maa	
02006	6611419.349	2560351.695	49.786	37	452.522	20.299	000	KKJ2	N20	5	5	2000	Pu	Maa	
02708	6708311.045	2559410.723	52.030	37	500.210	14.048	008	KKJ2	N50	5	5	2008	Pu	Maa	
02017	6611416.857	2560350.657	50.145	37	428.044	11.538	000	KKJ2	N20	5	5	2000	Pu	Kallio	
02001	6708457.224	2559242.932	54.759	30	132.120	-7.000	000	KKJ2	N20	5	5	2000	Pu	Maa	
02802	6708402.521	2559230.631	50.820	38	150.880	14.884	008	KKJ2	N50	5	5	2008	Pu	Kallio	
02041	6611419.347	2560328.040	50.517	38	355.458	14.136	000	KKJ2	N20	5	5	2000	Pu	Kallio	
02004	6708300.527	2559302.975	57.001	38	411.380	6.730	000	KKJ2	N20	5	5	2000	Pu	Maa	
02015	6611417.814	2560325.713	49.140	38	578.890	-8.028	008	KKJ2	N20	5	5	2008	Pu	Maa	
02008	6611410.324	2560322.425	50.486	38	450.254	13.227	000	KKJ2	N20	5	5	2000	Pu	Maa	
02014	6708509.824	2560310.024	63.459	38	757.032	8.117	000	KKJ2	N20	4	5	2000	Pu	Kallio	SÄMINKAL L10 K07 38 + 846
02043	6611426.130	2560340.472	49.887	38	428.585	14.294	000	KKJ2	N20	5	5	2000	Kivi	Kallio	
02007	6708061.029	2559312.910	62.026	30	351.210	-7.792	000	KKJ2	N20	5	5	2000	Kivi	Kallio	
02010	6708089.169	2559315.124	60.789	30	330.884	28.718	008	KKJ2	N50	4	5	2008	Pu	Kallio	
02040	6611422.010	2560325.710	61.415	38	324.030	-8.122	000	KKJ2	N20	5	5	2000	Pu	Kallio	
02002	6708405.219	2559375.121	65.060	30	489.382	20.351	000	KKJ2	N50	5	5	2008	Pu	Kallio	
02041	6611426.130	2560318.598	61.488	38	557.849	-8.095	000	KKJ2	N20	5	5	2000	Pu	Maa	
02001	6708206.119	2560324.122	62.441	39	310.235	19.602	000	KKJ2	N20	5	5	2000	Pu	Maa	

Kuva 11. VR Trackin käyttämä pisteselityskortti.

Uudet mittausperustan pisteet luovutetaan metatietoineen Liikenneviraston kiintopisterekisteriin (ratarekisterit@ratarekisterit.fi). Projektipäällikkö varmistaa raporttien oikeellisuuden tekemällä ns. itselleluovutuksen ja tarkistaa, että oikeat tiedot siirtyvät aineiston mukana tilaajalle.

4.12 Laadunvarmistus

Mittausperustan laadunvarmistuksessa on monia tekijöitä, joita on huomioitava työvaiheita tehdessä, kuten suunnitelmat, kaluston kunto ja käyttö, mittausolosuhteet, mittausmenetelmät, maastotöiden laadunvarmistus menetelmät, vektorilaskenta, verkko-tasoitukset ym.

Mittausuunnitelma on tärkeä osa laadunvarmistusta. Työn toteutuksen suunnittelulla pystytään varmistumaan työn laadusta ja minimoimaan virheitä työvaiheissa sekä aikataulutamaan työ. (25, s. 36.)

Ennen työn aloittamista varmistetaan lähtötietojen ajantasaisuus ja valitaan työvaiheisiin parhaiten soveltuvat mittalaitteet ja ohjelmistot. Mittaus suunnitelma tarkistetaan sisäisesti ennen tilaajalle lähettämistä.

Lähtökohtana mittausperustan tekijän sisäiselle laadunvalvonnalle on, että teki-
jällä on laatu järjestelmä tms. dokumentoitu menettelyohjeisto, joka sisältää mit-
tauslaitteiden kalibrointikäytännön, pakkokeskistyslaitteiden säännölliset tarkis-
tukset sekä mittausten suorittamismenettelyn. (4, s. 13.)

Lopuksi työstä laaditaan tilaajalle mittausraportti, josta selviää kaikki olennainen tieto, mitä on tehty, millä kalustolla ja millä menetelmällä. Mittausraportin lisäksi tilaajalle luovutetaan vektoreiden laskentaraaportti, vapaan tasoituksen tasoitusraportti sekä kiin-
teän tasoituksen tasoitusraportti.

5 Nuotinmittaus kunnossapidolle

5.1 Yleistä

Raiteenkartoitusta kunnossapidolle kutsutaan nuotinmittaukseksi. Nuotitusta tehdään junaliikenteen matkustusmukavuuden sekä -turvallisuuden ylläpitämiseksi. Sujuva ju-
naliikennöinti edellyttää turvallista ja toimivaa rataverkostoa. Ratojen tarkastaminen luo
perustan niiden kunnossapidolle.

Turvallisuus sekä huolto- ja korjaustarpeiden ennakointi edellyttävät, että ratojen
tarkastus on jatkuvaa toimintaa. Koko Suomen rataverkosto tarkastetaan vähin-
tään kaksi kertaa vuodessa, korkeimpien ajonopeuksien osuudet parin kuukau-
den välein. Tarkastusten avulla mitataan päällysrakenteen geometrista kuntoa,
poikkeamia ja muutoksia sekä ajojohtimen asemaa raiteeseen nähden niin staat-
tisesti kuin dynaamisesti. Lisäksi mitataan virroittimen ja ajolangan välisiä kiihty-
vyksiä ja voimia sekä myös kiskon kuluneisuutta, lyhytaaltomuodostusta ja te-
hollista kartiokkuutta. (17)

Kunnossapitokauden alussa radantarkastusvaunu EMMA ajaa raiteet läpi. Rai-
teen tukemista vaativat kohdat saadaan Emma-ajojen tulosten perusteella. Kun-
nossapitäjä tulkitsee käyriä ja pyytää mittausyksikköä tekemään tukemiskoneelle
nuotin alueilta, missä Emma (kuva 12) on havainnut virhettä. Virheluokka kuvaa
virheen vakavuutta ja ne on luokiteltu seuraavasti:

- C-luokka: Alkava virhe, jota on tarkkailtava ja mahdollisesti korjattava.

- D-luokka: Sisällytettävä kunnossapitosuunnitelmaan ja korjattava saman kunnossapitokauden aikana, ennen seuraavaa tarkastusta. Tämän luokan virheet vaikuttavat myös mitatun kilometrin virhemetrimäärään.
- ★ -luokka: Tähdelliset virheet on korjattava välittömästi, yleensä käsityönä. Alue tuetaan myöhemmin koneellisesti. (18, s. 19.)



Kuva 12. Plasser & Theurer EM 120 Radantarkastusvaunu EMMA (19).

Ennen nuotin mittausta mittaajan on haettava kohteen lähtöpisteet liikenneviraston ylläpitämästä kiintopisterekisteristä. Geometriatiedot saadaan suunnittelijoilta tai verkolevyiltä, jos työalueesta on jo aiemmin toimitettu geometriatiedot.

5.2 Mittaustyö

Leican mittalaitteessa VR:n kilometrejä osaa lukea Tiemies-ohjelma ja Trimblen mittalaitteessa Tiet-ohjelma. Mittalaitteissa tehtaalta tulleet tieohjelmat eivät osaa lukea VR:n tiedostoja, koska VR:n ratakilometrit eivät useinkaan ole tasan kilometrejä.

Nuotin mittaus tehdään kartoitus- tai tieohjelmalla. Mittaustiedosto valitaan mitattavan raideosuuden perusteella. Tiemies-ohjelmaa käytetään silloin, kun paalulukuja ei ole

maastossa. Työ nimetään maastotallentimeen päivämäärän (esim. 1506), kilometrin (31KM, 31P250) tai vaihteen (V160) mukaan.

Pistekoodoja voidaan käyttää, kun paaluluvut on merkitty maastoon ja mittaus tehdään kartoitusohjelmalla. Kartoitusohjelmassa käytetään seuraavaa pistekoodausta: (4, liite 1)

- Kiskon selkä 280
- Vaihtopiste koodi 50
- Takajatkos 283
- Etujatkos 282
- Lankutuksen reuna 284

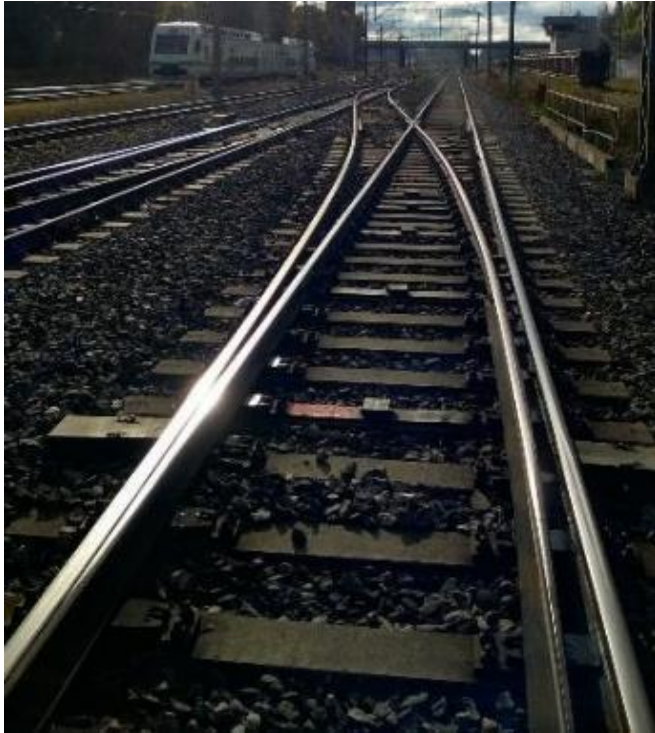
Osa tämän kappaleen sisällöstä on opinnäytetyön yhteistyökumppanin tahdosta salattu.

5.2.1 Linjanuotin mittaus

Tämän kappaleen sisältö on opinnäytetyön yhteistyökumppanin tahdosta salattu.

5.2.2 Vaihdenuotin mittaus

Tämän kappaleen sisältö on opinnäytetyön yhteistyökumppanin tahdosta salattu.



Kuva 13. Raiteelta toiselle kulkeva vaihdekuja. (Kuva: Jani Hietanen)



Kuva 14. Vaihteen ristikko. (Kuva: Jani Hietanen)

5.3 Nuotitus

Kartoitusten pohjalta tehdään niin sanottu nuottipaperi ja tuentakoneen tiedostoformaattia tukeva ver-tiedosto. Nuotitus tehdään 3D-Winissä VR Track -nuotitus-ohjelmalla, jossa määritetään raiteille siirto- ja nostoarvot.

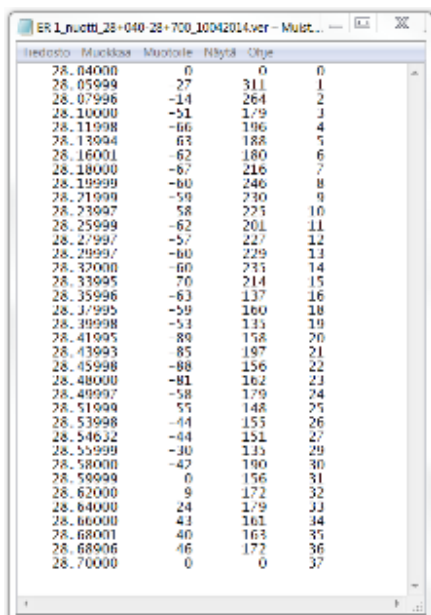
Osa tämän kappaleen sisällöstä on opinnäytetyön yhteistyökumppanin tahdosta salattu.

5.3.1 Vaihteiden nuotitus

Tämän kappaleen sisältö on opinnäytetyön yhteistyökumppanin tahdosta salattu.

5.4 Nuotituksen viimeistely

Osa tämän kappaleen sisällöstä on opinnäytetyön yhteistyökumppanin tahdosta salattu.



Tiedosto	Muokkaa	Nuotoite	Oyys
28.04000	0	0	0
28.05999	27	311	1
28.07998	-14	264	2
28.10000	-51	179	3
28.11998	-66	196	4
28.13994	63	188	5
28.16001	-62	180	6
28.18000	-67	216	7
28.19999	-60	246	8
28.21999	-59	230	9
28.23997	58	221	10
28.25999	-62	201	11
28.27997	-57	227	12
28.29997	-60	229	13
28.32000	-60	231	14
28.33995	70	214	15
28.35996	-63	137	16
28.37995	-59	160	18
28.39998	-51	113	19
28.41995	80	158	20
28.43993	85	197	21
28.45998	-88	156	22
28.48000	-81	162	23
28.49997	-58	179	24
28.51999	55	148	25
28.53998	-44	153	26
28.54632	-64	251	27
28.55999	-30	113	29
28.58000	-42	190	30
28.59999	0	156	31
28.62000	9	172	32
28.64000	24	179	33
28.66000	43	161	34
28.68001	40	163	35
28.68906	-6	172	36
28.70000	0	0	37

Kuva 15. Ver-tiedosto.

Ver-tiedostoon muokataan käsin alku- ja loppukohtiin nollat ja poistetaan ylimääräiset pisteet ja tarvittaessa hienosäädetään nostoja/siirtoja (kuva 15).

6 Geometrian tarkistusmittaus

Geometrian tarkistusmittauksilla tarkistetaan geometrian paikkansapitävyyttä maastossa. Geometrian tarkistusmittauksissa rataa kartoitetaan maaston mukaisesti. Mikäli laskenta ja maasto eroavat yli 50 cm toisistaan, on tarkistettava laskennan paikkansapitävyys.

Linjaosuuksilla, myös kaarteissa, kiskoa kartoitetaan 20 metrin välein, kaikki geometrian muutoskohdat, kilometripylväät ja laiturit. Lisäksi kaikki kiinteät rakenteet, jotka on huomioitava raidegeometriassa. Vaihdealueilla kartoitetaan kiskoa 10 metrin välein etu- ja takajatkoskohdat.

Geometrian tarkastusmittausten jälkikäsitellyssä editoidaan tiedosto puhtaaksi ylimääräisistä pisteistä. Tilaajalle luovutetaan mitatusta raiteesta tiedosto, joka sisältää raitteen keskilinjan.

6.1 Amberg Rail -raiteenmittausvaunu VR trolley

VR trolley soveltuu radanrakentamisen mittauksiin, kunnossapidon mittauksiin, vaihdealueiden nuotituksiin ja seurantamittauksiin. (24)

VR trolley käyttää maastotietokonetta, jossa on Amberg Rail -ohjelmisto. Ennen mittauksia Amberg Rail -ohjelmistossa luodaan työkohtainen projekti. Projektiin määritetään uusi rata, johon syötetään radan geometriatiedot (vaaka, pysty, kallistus, johtokisko, raideleveys). Lähtöaineisto tuodaan LandXML-formaatissa projektiin. Kallistus on syötettävä projektiin käsin pääpistelista. Geometrian pituusmittauksessa käytetään laskennallista pituusmittaa. (23)

VR trolleylla mitattaessa geometrian tarkistusmittausta VR trolley ei laske sijaintiaan paalulukemaan nähden reaaliaikaisesti. Todellisen paalulukeman saa vasta mittauksen jälkeen. VR trolley näyttää reaaliaikaisesti etäisyyden seuraavaan geometrian muutoskohtaan.



Kuva 16. VR trolleymittausta kahdella vaunulla. (Kuva: Mia Leppänen)

VR trolley kerää radan parametrejä. Sijaintitieto saadaan takymetristä ja VR trolleynturrit mittaavat radasta raideleveyttä, kallistusta sekä matkaa (kuva 16). Amberg Rail -ohjelma laskee raiteen keskilinjan sekä molempien kiskojen x-, y- ja h-koordinaatit. Mittaustiedot yhdistyvät Amberg Rail -ohjelmalla mittausaineistoksi. Mittausten jälkeen mittausaineisto on jälkikäsiteltävä, jossa raiteesta saadaan nuotti. (23)

Mittausaineistoa voidaan hyödyntää lähtöaineistona sekä raidegeometrian laskennassa.

6.2 Takymetrimittaus

Takymetrimittauksessa noudatetaan soveltuvin osin luvun 2 ohjeita. Geometrian tarkistusmittaukset tehdään pääsääntöisesti takymetrillä, koska kaikilla alueilla ei ole VR trolleyta käytössä. Mitattavan kiskon vaihtuessa mitataan vaihtokohdassa molemmat kiskot. Tämä selkeyttää, kun myöhemmin editoidaan mittauksia keskilinjoiksi.

7 Yhteenveto

Mittauksen kaikki menetelmäkuvaukset kirjoitetaan uudelleen vastaamaan tämän hetken tarkkuus- ja laatuvaatimuksia. Menetelmäkuvaukset ovat tärkeä osa mittauksen prosessia, koska yhtenäisillä toimintatavoilla voidaan varmistua mittaustyön riittävästä laatu- ja tarkkuusvaatimuksista jokaisen työvaiheen ja jokaisen työntekijän kohdalla.

Tässä työssä on kirjoitettu kolmelle mittaustyölle uudet menetelmäkuvaukset, mikä on vain pieni osa koko projektia. Näissä ohjeissa on kuvattu, mitä työvaiheita mittaustyöt sisältävät sekä selitetty tärkeimpiä huomioon otettavia asioita. Mittaustöissä on paljon pieniä yksityiskohtia, joita näissä ohjeissa ei ole syventävästi avattu.

Toisessa luvussa on kuvattu yleisiä mittaustöiden vaiheita, joita käytetään useimmissa mittaustöissä, kuten lähtötietojen keräys sekä orientointi- ja laadunvarmistus toimenpiteet ja turvallisuusmenettelyt.

Kolmannessa luvussa on käyty läpi mittausperustan rakentamisen vaiheet. Kiintopisteiden rakennuspaikka tulee suunnitella huolella, jotta kiintopisteet pysyvät hyvin paikoillaan. Liikkumattomat kiintopisteet ovat edellytys tarkoille mittaustuloksille.

Neljännessä luvussa on kuvattu raiteenkartoitus kunnossapidolle. Nuotituksessa on paljon pieniä yksityiskohtia, jotka on hyvä huomioida nuotitusta tehdessä. Tässä työssä on mainittu tärkeimpiä asioita nuotitukseen liittyen. Esimerkiksi vaihderyhmiä on tarkasteltava kokonaisuutena eikä yksittäisenä vaihteena.

Viides luku kertoo geometrian tarkistusmittauksesta ja siitä, millä kalustolla sitä voidaan tehdä. VR Trackillä geometrian tarkistusmittauksia tehdään raiteenmittausvaunulla sekä takymetrillä.

Menetelmäkuvaukset on kirjoitettu yhteistyössä VR Track mittaus Etelä-Suomen kanssa, lähinnä Leican käyttäjien näkökulmasta. Ohjeistuksien laatimiseen toi haastetta jokaisen työntekijän omat näkökulmansa asioihin mikä olisi käytännöllisin tapa toimia. Tämän lisäksi kaikkien virallisten ohjeistusten huomioiminen merkitsee monen osan yhdistämistä kokonaisuudeksi.

Lähteet

- 1 Rautatiejärjestelmien vahva osaaja. 2015. Verkkodokumentti. VR Track Oy. <<http://www.vrtrack.fi/fi/vr-track/yriytyksemme/>> Luettu 24.2.2016.
- 2 Radanpidon turvallisuusohjeet. Osa 6/2015. Verkkodokumentti. Liikennevirasto. <http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2015-06_turo_web.pdf> Luettu 8.8.2015.
- 3 Huotari, Janne. 2012. AIP-mittaus Oy:n takymetrikaluston tarkastus. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Verkkodokumentti. Theseus. <https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/46983/Huotari_Janne.pdf?sequence=1> Luettu 5.10.2015.
- 4 Tie- ratahankkeiden maastotiedot. Osa 18/2011. Verkkodokumentti. Liikennevirasto. <http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2011-18_tie-ja_ratahankkeiden_web.pdf> Luettu 27.7.2015.
- 5 Leppänen Mia. 2015. Aluevastaava, VR Track Oy. Palaveri 17.7.2015.
- 6 Joala Vahur. 2016. Market Segment Manager, Leica geosystems. Palaveri 18.2.2016.
- 7 Ratatekniset määräykset ja ohjeet. Osa 11 Radan päällysrakenne. 2002. Verkkodokumentti. Ratahallintokeskus. <http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rato_11_radana_paallysrakenne.pdf> Luettu 8.10.2015.
- 8 Raiteen tukemiseen liittyvät tehtävät. 2014. Menettelyohje. VR Track Oy. Sisäinen dokumentti. Luettu 12.10.2015.
- 9 Ratatekniset ohjeet. Osa 17 Radan merkit. 2009. Verkkodokumentti. Ratahallintokeskus. <http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rato_17_radan_merkit_web.pdf>. Luettu 21.1.2016.
- 10 Laurila, Pasi. 2010. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. Rovaniemen ammattikorkeakoulun julkaisusarja D nro 3. Rovaniemen ammattikorkeakoulu.
- 11 Kalibrointi. 2012. VR Track Oy. Luettu 28.7.2015
- 12 JHS 184. 2012. Verkkodokumentti. Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta. <<http://docs.jhs-suositukset.fi/jhs-suositukset/JHS184/JHS184.pdf>>. Luettu 27.7.2015.

- 13 Ratatekniset ohjeet. Osa 2 Radan geometria. 2010. Verkkodokumentti. Liikennevirasto. <http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2010-03_rato_2_radan_geometria_web.pdf> Luettu 8.10.2015.
- 14 Aronen, Anton. 2014. Raiteenmittausjärjestelmän käyttö vaihemittauksessa. Insinööriyö. Metropolia ammattikorkeakoulu. Verkkodokumentti. <http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/74452/Raiteenmittausjarjestelman%20kaytto%20vaihemittauksessa_Anton_Aronen.pdf?sequence=1> Luettu 28.9.2015.
- 15 Aronen Anton. 2015. Staattisen GNSS-mittauksen ja Trimble Business Center laskennan ohje. VR Track Oy. Luettu 22.2.2016.
- 16 Kaavoitusmittausohjeet. 2003. Verkkodokumentti. Maanmittauslaitos. <http://www.maanmittauslaitos.fi/sites/default/files/kaavoitusmittausohjeet_2003_0.pdf> Luettu 18.10.2015.
- 17 Radantarkastuspalvelut. 2015. Verkkodokumentti. VR Track Oy. <<http://www.vrtrack.fi/fi/vr-track/riippumattomat-palvelut/radantarkastuspalvelut/>> Luettu 12.10.2015.
- 18 Ratatekniset määräykset ja ohjeet. Osa 13 Radan tarkastus. 2006. Verkkodokumentti. Ratahallintokeskus. <http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rato_13_radan_tarkastus.pdf>. Luettu 30.9.2015.
- 19 Raidegeometrian kunnossapito tukemalla ja tukemiskalusto Suomen rataverkolla. Osa 23/2015. Verkkodokumentti. Liikennevirasto. <http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts_2015-23_raidegeometrian_kunnossapito_web.pdf> Luettu 14.10.2015.
- 20 Ratatekniset ohjeet. Osa 16 Väylät ja laiturit. 2009. Verkkodokumentti. Liikennevirasto. <http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rato_16_vaylat_laiturit_web.pdf> Luettu 27.7.2015.
- 21 Hietanen Jani. 2016. Linjanuotin teko kunnossapidolle. VR Track Oy. Sisäinen dokumentti. Luettu 17.2.2016.
- 22 Hietanen, Jani. 2015. Vaihteiden tukemisen ohjeistusta. VR Track Oy. Sisäinen dokumentti. Luettu 8.12.2015.
- 23 Rantala, Janne. 2013. Käyttöönoton selvitys raiteenmittausjärjestelmälle. Insinööriyö. Metropolia ammattikorkeakoulu. Luettu 25.1.2016.
- 24 Rantala Janne. 2015. Trolley esitys kunnossapidolle. VR Track Oy. Sisäinen dokumentti. Luettu 3.2.2016.

- 25 Brunnila Petra. 2012. Koordinaatti- ja korkeusjärjestelmät, Infrasuunnittelijan opas. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Verkkodokumentti. <https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/41990/Brunnila_Petra.pdf?sequence=1> Luettu 24.2.2016.
- 26 Myller Seppo. 2015. Precise Point Positioning soveltuvuus Suomessa. Opinnäytetyö. Verkkodokumentti. Lapin AMK. <<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/94933/Seppo%20Myller%20R501Y13S.pdf?sequence=1>> Luettu 25.2.2016.
- 27 Vermeer Martin. 2015. Geodesia. Verkkodokumentti. Samizdat kustannus Oy. <http://users.aalto.fi/~mvermeer/geobook.pdf>>. Luettu 25.2.2016.
- 28 Vermeer Martin. 2015. Käytännön geodesia Maa-6.2222. Verkkodokumentti. <<http://users.aalto.fi/~mvermeer/kayt.pdf>> Luettu 1.3.2016.

Mittausuunnitelma

Tämän liitteen sisältö on opinnäytetyön yhteistyökumppanin tahdosta salattu.

Mittausraportti

Tämän liitteen sisältö on opinnäytetyön yhteistyökumppanin tahdosta salattu.

Nuotit

Tämän liitteen sisältö on opinnäytetyön yhteistyökumppanin tahdosta salattu.

Pistekortit

VR Track Oy:n käyttämä pisteselityskortti

pisteno	X	Y	Z	km	m	alvokerä	prn_rak	koord_järj	kerk_järj	tasokk	kerk.k	rakusoo	pistemateriaali	alusta	Isäntöto
03002	6702220.526	2500410.375	50.402	30	441.325	30.705	000	KKJ2	N60	5	5	2000	Kivi	Asfaltti	
03007	6702544.570	2500250.023	47.050	30	607.007	-3.043	008	KKJ2	N60	5	5	2008	Puuta	Kallio	
03014	6702404.159	2500750.030	50.030	30	400.032	-0.520	000	KKJ2	N60	4	5	2000	Puuta	Kallio	
03019	6702510.540	2500152.174	49.500	30	810.050	10.516	000	KKJ2	N60	5	5	2000	Kivi	Asfaltti	JURVANKAAN K23.38 + 706
03019	6702528.178	2500140.515	49.500	30	845.050	12.111	000	KKJ2	N60	5	5	2000	Kallio	Asfaltti	
03001	6702710.275	2500052.557	49.043	37	102.925	-3.254	000	KKJ2	N60	5	5	2000	Puuta	Maa	
03002	6702770.834	2500020.315	49.028	37	100.400	19.000	008	KKJ2	N60	5	5	2008	Puuta	Maa	
03019	6702510.540	2500750.030	50.030	30	394.031	11.000	000	KKJ2	N60	5	5	2000	Puuta	Maa	
03002	6702510.043	2500047.000	46.720	37	388.035	-10.190	000	KKJ2	N60	5	5	2000	Puuta	Maa	
03005	6702589.359	2500550.021	50.557	37	600.105	-3.100	008	KKJ2	N60	5	5	2008	Puuta	Maa	
03019	6702510.540	2500750.030	50.030	30	452.037	20.000	000	KKJ2	N60	5	5	2000	Puuta	Maa	
03008	6702511.045	2500410.733	52.030	37	500.215	14.048	008	KKJ2	N60	5	5	2008	Puuta	Maa	
03017	6702510.540	2500750.030	50.030	30	408.044	11.500	000	KKJ2	N60	5	5	2000	Puuta	Kallio	
03001	6702450.704	2500042.032	50.709	30	110.170	-0.000	000	KKJ2	N60	5	5	2000	Puuta	Maa	
03002	6702400.501	2500050.051	50.500	38	100.050	14.050	008	KKJ2	N60	5	5	2008	Puuta	Kallio	
03010	6702510.540	2500750.030	50.030	30	395.040	14.000	000	KKJ2	N60	5	5	2000	Puuta	Kallio	
03004	6702570.227	2500002.070	57.051	30	411.350	6.750	000	KKJ2	N60	5	5	2000	Puuta	Maa	
03015	6702577.014	2500005.131	58.040	30	575.050	-0.050	008	KKJ2	N60	5	5	2008	Puuta	Maa	
03005	6702570.104	2500072.415	59.496	30	650.750	13.000	000	KKJ2	N60	5	5	2000	Puuta	Maa	
03011	6702509.504	2500040.074	60.459	30	757.032	8.117	000	KKJ2	N60	4	5	2000	Puuta	Kallio	SAUNAKKAL LIO K23.38 + 846
03010	6702510.540	2500750.030	50.030	30	408.044	14.200	000	KKJ2	N60	5	5	2000	Kivi	Asfaltti	
03007	6702561.029	2500052.015	62.020	30	551.215	-7.702	000	KKJ2	N60	5	5	2000	Kivi	Asfaltti	
03012	6702039.159	2500005.134	66.159	30	230.054	28.118	008	KKJ2	N60	4	5	2008	Puuta	Kallio	
03010	6702510.540	2500750.030	50.030	30	354.035	8.100	000	KKJ2	N60	5	5	2000	Puuta	Kallio	
03002	6702400.501	2500050.051	60.050	30	480.702	20.351	008	KKJ2	N60	5	5	2008	Puuta	Kallio	
03013	6702510.540	2500750.030	50.030	30	550.049	-0.095	000	KKJ2	N60	5	5	2000	Puuta	Maa	
03004	6702704.119	2500024.172	62.441	35	370.375	19.602	000	KKJ2	N60	5	5	2000	Puuta	Maa	

Yleinen pisteselityskortti

KUNTA	Kirkkonummi	257	PISTE N:O		22051
KARTTALEHTI	203211	TASO-LUOKKA		5	KKJ
PISTEEN LAATU	putti	X		6669807.929	
ALUSTA	kallio	Y		2530273.044	
MAANPINNASTA METRIÄ	.02	KORKEUS-LUOKKA		4	N60
SUANTIPIIRROS	1:500	H		28.429	
JÄ HAKUMITAT		T.N:O			VUOSI
					2009
		LAITOS			
		Tiehallinto			
		ALUE			
		Kt51, Kirkkonummi-Kivenlahti			
		VIEREISET PISTEET N:O		SUUNTA (g)	MATKA (m)
		6717		264.3405	129.053
		22029		78.6537	126.524
		MUITA TIETOJA			
		Rakentanut ja mitannut Destia, Solutions			
		1 = 13.07 Kovu			
		2 = 14.82 Koiuu			
		3 =			
		1) 1 PUTKI 2 PULTTI 3 PUTKI MAASSA 4 PORANREIKÄ 5 HAARUKKAPISTE			
		6 ASFALTTINAULA 7 TUNNELINSEINÄ			
		2) 11 KALLIO 12 MAARKIVI 13 UPOUTETTU KIVI 14 BETONI 15 RAJAPYYKKI			
		16 JOKIN MUU			

Mittausohje

Tämän liitteen sisältö on opinnäytetyön yhteistyökumppanin tahdosta salattu.

GNSS-mittausten havaintolomake

VR TRACK GPS-HAVAINTOLOMAKE

TYÖ: Kyr-Pur 7394-18 kpa 1Asemapisteen nro. 3669
Tunnettu Uusi
Vastaanotin nro 4519
Mittaaja TSMittausjakso 4
Päiväys 22.7.15
Alkoi klo 11.35
Päättyi klo 14.53Antennin korkeus alussa 1,435 m
Antennin korkeus lopussa 1,437 mTallennusjakso 10 sek.Antenni: PG-1A GR 5 Muu Java

Muut tiedot, huomautukset, kuva tms.

Kiskojen korkeudet

Kiskotyyppi	Kiskon korkeus h_1	Pölkky-tyyppi	Pölkyn korkeus h_2	Aluslevyn korkeus h_3	Mitta h $h=h_1+h_2+h_3$	Mitta a (välys)	Mitta H $H = h + a$	Tuki-kerros
K 30	120	Puu	160	20	300	10	310	sora
K 43	140	Puu	160	22	322	10	332	sora
K 43	140	Puu	160	22	322	15	337	seveli
K 43	140	Betoni	200	6	346	15	361	seveli
54 E1 (UIC 54)	159	Puu	160	22	341	15	356	seveli
54 E1 (UIC 54)	159	Betoni	200	6	365	15	380	seveli
54 E1 (UIC 54)	159	B86, B88, BP89, BP97, BP99	225	10	394	15	409	seveli
K 60	165	Puu	160	22	347	15	362	seveli
60 E1 (UIC 60)	172	B86, B88, BP89, BP97, BP99	225	10	407	15	422	seveli