

Jouni Ojanperä

Ohjeistus ratamittausvaunun käyttöön rata- mittauksissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Maanmittaustekniikka

Insinööriytyö

13.5.2015

Tekijä Otsikko	Jouni Ojanperä Ohjeistus ratamittausvaunun käyttöön ratamittauksissa
Sivumäärä Aika	17 sivua + 1 liite 13.5.2015
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	maanmittaustekniikka
Ohjaajat	mittauspäällikkö Timo Mättö yliopettaja Vesa Rope
<p>Tämän insinööriyön tavoitteena oli luoda yhtenäinen ohjeistus Proacon Oy:lle ratamittausvaunun käyttöön ratamittauksissa ja vaiheistaa koko ratamittausprosessi asiakkaalta saaduista lähtötiedoista hyväksytyin aineiston arkistointiin. Työ oli pääasiassa tutustumista kirjallisuuteen rautateistä, rataaohjaavaan ohjeistukseen ja ratamittausvaunun käyttöohjeisiin, mutta sisälsi myös käytännön koulutusta ratamittausvaunun valmistajalta Sveitsissä.</p> <p>Tässä insinööriyössä käydään läpi ratamittausvaunun kokoonpanoa ja siihen liittyvän laitteiston ja ohjelmiston käyttöä sekä mittauksen läpiviemiseksi suoritettavia toimenpiteitä ennen mittauksia, mittausten aikana ja mittausten jälkeen. Lisäksi työssä tutustutaan rautatiejärjestelmään Suomessa ja turvalliseen työskentelyyn rautateillä.</p> <p>Työn tarkoituksena oli luoda ohjeistus, joka auttaa työntekijöitä ymmärtämään koko ratamittausprosessin ja opastaa sen läpi. Tarkoituksena on, että tulevaisuudessa ohjeistusta voisi kehittää niin, että sitä voisi käyttää osana yrityksen laatujärjestelmää.</p>	
Avainsanat	ratamittausvaunu, raidegeometria, ratamittaus

Author Title	Jouni Ojanperä Guide to using a track trolley in track measuring
Number of Pages Date	17 pages + 1 appendices 13 May 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Land Surveying
Instructors	Timo Mättö, Head of Surveying Vesa Rope, Principal Lecturer
<p>The purpose of this final year project was to create a guideline for using a track trolley at railways and to divide the whole measuring process, on the track and in the office, in stages. The project was mainly carried out by studying literature related to railways, railway works, and user manuals of the track trolley system, but there was also some field training included. The training for using the track trolley was carried out in the manufacturer's facility in Switzerland.</p> <p>As a result of this project, a guide through the steps necessary in order to get the whole measuring process done was created. Furthermore, the Bachelor's thesis introduced the measuring system used for the measuring of the tracks. In addition, the railway system in Finland and working safely at railways were explored.</p> <p>The Bachelor's thesis is a guide that helps employees to understand and navigate through the whole measuring process. In the future the guide could be developed so that it could be used as a part of the company's quality management system.</p>	
Keywords	track trolley, track geometry, track measuring

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Proacon Oy	1
3	Rautatiet Suomessa	2
3.1	Kilometrijärjestelmä	2
3.2	Radan geometria ja raiteen asema	2
3.3	Raiteen aseman laatuvaatimukset	3
3.4	Rataverkon kunnossapito	4
4	Ratamittaukset	4
4.1	Ratamittauksia ohjaavat ohjeet	4
4.2	Mittausperusta ja kiintopisteet	4
4.3	Raiteen sijainnin määrittäminen tasossa ja korkeussuunnassa	5
5	Turvallinen työskentely rautatiealueella	6
5.1	Pätevyys ja perehdytys rautatiellä työskennellessä	6
5.2	Ratatyöstä vastaava (RTV)	6
5.3	Ratatyöturvallisuuspätevyys (Turva)	7
5.4	Turvamiespätevyys (T-mies)	7
5.5	Työturvallisuuskortti	8
5.6	Suunnitelmat ja luvat	8
6	Leica-takymetri	8
6.1	Leica Geosystems	8
6.2	Takymetri	9
6.3	Takymetrillä mittaaminen	10
7	Amberg System FX -ratamittausvaunu	10
7.1	Amberg Technologies AG	10
7.2	Amberg GRP System FX -ratamittausvaunu	10
7.3	GPR 1000	11

7.4	Mittausperiaatteet ja -menetelmät ratamittausvaunulla	12
7.4.1	Mittausperiaatteet	12
7.4.2	Jatkuvamittaus	12
7.4.3	Staattinen mittaus	12
7.5	Amberg Rail 2.0 -ohjelmisto	13
8	Ratamittausprosessin vaiheet ja ohjeistus	13
9	Yhteenveto	15
	Lähteet	16
	Liitteet	
	Liite 1. Värikartta graafisena aineistona	

Lyhenteet

ATU	Aukean tilan ulottuma. Tila raiteilla, jonka sisällä ei saa olla kiinteitä rakenteita tai laitteita.
JETI	Junaliikenteen ennakkotietojärjestelmä. Liikenneviraston järjestelmä, jolla ylläpidetään ratatyön ennakkosuunnitelmia ja liikenteeseen vaikuttavia muutostietoja.
RAILI	Rautateiden integroitu liikenneviestintäjärjestelmä. Rautatiejärjestelmän viestinnässä käytetty viestintäverkko, joka perustuu GSM-R-tekniikkaan.
RATO	Ratatekniset ohjeet. Liikenneviraston ohjekokoelma, jotka antavat perustietoa rautateistä ja ohjaavat rautateiden rakennuttamista ja rakentamisen laadunvalvontaa.
RHK	Ratahallintokeskus. Liikenne- ja viestintäministeriön alaisuudessa toiminut väylävirasto, jonka tehtävänä oli huolehtia Suomen rataverkon rakentamisesta, ylläpitämisestä ja kehittämisestä. Ratahallintokeskus on yhdistetty Liikennevirastoon.
TURO	Radanpidon turvallisuusohjeet. Liikenneviraston ohjeistus, joka ohjaa ratojen turvallisuutta.

1 Johdanto

Tämän insinööriyön tavoitteena on ratamittausprosessin vaiheiden jäsentäminen ja ohjeistuksen luominen ratamittausvaunun käyttämiseksi ratamittauksia varten Proacon Oy:lle. Ohjeistuksen tarkoituksena on yhtenäistää yrityksen mittauksia radalla ratavaunua käyttäessä. Tarkastelussa on GPR 1000 -kokoonpano. Yhtenäistämisen tarkoituksena on saada oikeaoppinen mittaustapa kaikille radalla operoiville henkilöille. Mittauksista on näin mahdollisuus saada tasalaatuisia sekä nopeasti ja ongelmattomasti sujuvia. Yhtenäistämällä mittauksia mahdollistetaan laadun parantamista tulevaisuudessa.

Raiteilla kulkevien kulkuneuvojen nopeudet ovat olleet kasvussa koko rataverkon kehityksen ajan. Suuremmat nopeudet on mahdollista saavuttaa ainoastaan sillä, että rataverkoston kunto sallii nopeuksien nostamisen. Yksi rataverkoston kuntoon vaikuttavasti tekijöistä on radan mittaaminen. Ratamittausvaunulla mahdollistetaan mittausaineiston saaminen kokonaisuudessaan halutulta rataosuudelta ja haluttaessa saadaan tietoa myös radan ympäristöstä.

Tästä insinööriyöstä on poistettu liikesalaisuutena pidettävät osuudet.

2 Proacon Oy

Proacon Oy on yritys, joka on perustettu vuonna 2010. Yritys on erikoistunut rakennus- ja ympäristöalan mittaus- ja laadunvalvontatehtäviin julkisella ja yksityisellä sektorilla. Yrityksen tarjoamia palveluja ovat 3D-mobiilikartoitus, mobiili radanmittaus, rautatiemitaukset ja rakentamisen konsultointi sekä ympäristön ja jätehuollon asiantuntijapalvelut. Yritykseltä löytyy useita referenssejä ratatöistä, tie-, silta- ja talotyömaista sekä tunneli- ja louhintatyömailta. Proacon Oy:llä on kaksi aluetoimistoa. Toinen toimistoista sijaitsee Pohjois-Suomessa Rovaniemellä ja toinen Etelä-Suomessa Järvenpäässä. [1]

3 Rautatiet Suomessa

Suomen rataverkon pituus on yhteensä 5 919 kilometriä. Sähköistettyä rataosuutta on koko rataverkosta noin puolet. Lisäksi yksityisraiteita on noin 1 000 kilometrin edestä. Rataverkon Suomessa omistaa Liikennevirasto. Rataverkon haltijoina Liikenneviraston lisäksi toimivat kaikki yksityisraiteen haltijat, joiden hallinnoimilta raiteilta on yhteys toiselle yksityisraiteelle tai valtion rataverkolle. Esimerkiksi satama tai tehdas voi olla yksityisraiteen haltija. [2]

3.1 Kilometrijärjestelmä

Ratakilometri on määrämittainen radan osuus, jonka pituus on kahden peräkkäisen kilometrimerkkin väli pituusmittausraidetta pitkin mitattuna. Ratakilometrin pituus on yleensä 1 000 metriä, mutta sen pituus poikkeaa usein tästä. Poikkeavien ratakilometrien pituudet vaihtelevat käytännössä välillä 105–1 735 metriä. Lyhennettyjen ja pidennettyjen kilometrien syinä voivat olla esimerkiksi rataoikaisu, raidegeometrian muutos tai ratakilometrimerkkin siirto.

Ratakilometrijärjestelmä on sidottu maastossa oleviin kilometrimerkkeihin sekä niiden koordinaatteihin. Ratakilometrit on merkitty maastoon kilometripylväillä. Jokaisen ratakilometrimerkkin jälkeen alkaa uusi mittausjakso, joka päättyy seuraavaan merkkiin. Ratakilometrien lähtöpiste on Helsingin rautatieasemalla ja ratakilometrien kasvusuunta on Helsingistä poispäin.

Ratakilometrijärjestelmä toimii paikannusjärjestelmänä rataverkossa. Sen avulla voidaan paikantaa esimerkiksi opastimien, vaihteiden tai erilaisten liikennepaikkojen sijainnit. Sijainti radalla ilmoitetaan muodossa Km+m, jossa Km kertoo etäisyyden Helsingistä ja m etäisyyden kyseisestä kilometristä. [3, s. 11; 4, s. 69–70; 5, s. 6.]

3.2 Radan geometria ja raiteen asema

Rataverkon liikenteellisten tarpeiden, kaluston, ympäristön, turvallisuuden ja radan rakentamisen sekä kunnossapidon tavoitteet ja vaatimukset toimivat perustana mitoittaessa radan geometriaa. [4, s. 16.]

Radan vaaka- ja pystygeometrian määrittävät raiteen keskilinja ja korkeusviiva. Yhdessä raiteen kallistuksen kanssa ne määrittävät raiteen aseman. Suunnitellusta geometriasta saadaan raiteen teoreettinen asema ja mitatusta aineistosta saadaan radan todellinen asema. Todellinen asema ja teoreettinen asema saavat poiketa toisistaan enintään vain annettujen toleranssien verran. Toleranssit ovat riippuvaisia rataosasta ja rataosalla käytetyistä nopeuksista.

Raiteen keskilinja määrittää raiteen sijainnin vaakasuunnassa, ja se toimii perusmittalinjana raiteen rakenteiden tai muiden siihen kuuluvien kohteiden vaakasuuntaisessa mitoituksessa. Raiteen keskilinja on kiskojen välissä, ja se määräytyy korkeusasemaltaan alemman kiskon eli johtokiskon sisäsyrjän mukaan. Keskilinja on mitoitettu siitä 762 millimetrin päähän mitattaessa etäisyyttä johtokiskon ja toisen kiskon välille muodostettavan kulkupinnan suuntaisesti.

Raiteen korkeusviivalla määritetään raiteen sijainti korkeussuunnassa. Korkeusviiva on perusmittataso, jota käytetään myös raiteen rakenteen ja muiden kohteiden korkeussuunnan mitoituksessa. Korkeusviiva sijaitsee aluslevyn tai välilevyn alapinnan tasossa kiskon kulkureunan kohdalla. Raiteiden kallistuessa korkeusviiva määräytyy alemman kiskon korkeuden mukaan. Aluslevyä käytetään kiskon ja puuratapölkyn välissä. Välilevyä käytetään yleensä kiskon ja betoniratapölkyn välissä.

Raiteen kallistus on sisäkaarteiden kiskon ja ulkokaarteiden kiskon välinen korkeusero. Kallistus määritetään kiskojen selkien korkeimpien kohtien korkeuserona. [3, s. 14–17.]

3.3 Raiteen aseman laatuvaatimukset

Raiteen teoreettinen asema toimii lähtökohtana suunniteltaessa ja rakentaessa raidetta ja radan muita rakenteita. Kunnossapidossa taas on ajatuksena pitää raide teoreettisessa asemassaan kunnossapito-toleranssien sallimissa rajoissa. Raiteen aseman poikkeama tulee raiteen todellisen aseman ja teoreettisen aseman erosta. Raiteen geometriseen laatuun vaikuttavat raiteen todellinen asema ja sen asento.

Raiteen todellinen asema kuvaa raiteen sijaintia verrattuna ympäristöönsä ja aseman määrittää raiteen keskilinja. Raiteen todellinen asema mitataan mittausvälineillä kuten takymetrillä. [4, s. 69; 6, s. 49.]

3.4 Rataverkon kunnossapito

Suomen rataverkkoa pidetään liikennekelpoisena jatkuvasti, ja tästä johtuu, että radan eri osia joudutaan pitämään kunnossa jatkuvasti. Radan kunnossapitoon kuuluvat tarkastukset, määräaikaishuollot ja viankorjaukset sekä talvella lumityöt. Toimenpiteet kohdistuvat mm. radan päällysrakenteille ja alusrakenteille. Tarve korjaustoimenpiteisiin ilmenee tehtävistä tarkastuksista ja radan kunnan seuraamisesta. Korjaustoimenpiteitä suoritetaan sen vuoksi, että rataverkko säilyisi mahdollisimman alkuperäisessä kunnossa. [7]

4 Ratamittaukset

4.1 Ratamittauksia ohjaavat ohjeet

RATO eli Radanpidon tekniset ohjeet ohjaavat rautateiden rakennuttamisen ja rakentamisen laadunvalvontaa. RATO toimii perustana radalla tehtäviin mittauksiin, sillä siinä on määritetty tieto radan rakenteista, mitoituksesta ja kunnossa pidosta. RATO:n osassa 2 on määritelty raiteen mittaus- ja merkitsemisjärjestelmä, jonka tavoitteena on antaa perusteet mittaus ja kartoitustöille. Siinä on määritelty ja ohjeistettu käytettävä koordinaattijärjestelmä, mittausperusta, mittaustyöt ja raiteen asemaa osoittavien merkintöjen käyttö. [4, s. 62–67.]

Tarkemman ohjeistuksen radalla suoritettaviin mittauksiin antaa RHK:n eli Ratahallintokeskuksen julkaisu Geodeettiset mittaustyöt -ohje, joka toimii mittaustöitä selventävänä ja mittauksia yhtenäistävänä julkaisuna. Se ohjeistaa suunnitelmien, mittausten ja dokumentoinnin teon.

4.2 Mittausperusta ja kiintopisteet

Radalla tehtävien mittausten perustana toimivat radan varrella olevat taso- ja korkeuskiintopisteet. Ne toimivat runkopisteistönä ja niitä on luokiteltu niiden tarkkuuden ja käytettävyyden mukaan peruspisteiksi, ylemmiksi käyttöpisteiksi ja alemmiksi käyttöpisteiksi. Niiden mittaamiseen on käytetty GPS- ja takymetrimittausta. [8, s. 10.]

Ratamittauksissa käytettävät taso- ja korkeuskiintopisteet sijaitsevat radan läheisyydessä tai joskus jopa ratapenkereellä. Pisteitä on pyritty rakentamaan mahdollisimman kiinteään kohteeseen, kuten kallioon tai maakiveen. Kiintopisteinä toimii yleensä pultti, mutta niiden rakentaminen ei aina ole mahdollista, vaan pehmeämpään maaperään on voitu joutua käyttämään ankkuroitavaa teräsputkea. Pisteiden liikkumattomuus ja säilyvyys ovat tekijöinä pisteiden luokituksessa ja käytettävyydessä. Radan varrella olevat pisteet ovat pääasiassa IV- ja V-luokan pisteitä. [4, s. 62.]

Maastosta pisteen voi löytää siten, että pisteen viereen on asetettu väriltään keltainen paalu, josta on luettavissa pisteen numero. Kiintopisteistä on olemassa pistekortteja, joista selviää pisteen sijainti. Kortista selviävät pisteen tunnus, kiintopisteiden koordinaatit, tarkkuusluokka ja referenssijärjestelmä sekä sijainti kilometrijärjestelmässä tai vaihtoehtoisesti sijainti sidemitoilla maastossa näkyviin kohteisiin. [4, s. 63–64.]

4.3 Raiteen sijainnin määrittäminen tasossa ja korkeussuunnassa

Raiteen sijainnin määrittämisen tarkoituksena on selvittää raiteen ja ratarakenteiden sijainti verrattuna mittausperustaan. Mittaukset eivät ole koskaan absoluuttisia johtuen erilaisista virheistä aiheuttavista tekijöistä. Virheitä mittauksiin voi syntyä niin mittauslaitteen, pisteverkon, mitattavan kohteen tai jopa mittaaajan vuoksi. Tästä johtuen mittaukset pyritään suorittamaan tietyllä tarkkuudella, joka on sidottu käytössä oleviin kiintopisteisiin. Raiteen sijaintia määrittäessä raiteen tasosijainnin poikkeama saa olla enintään ± 20 millimetriä, ja lisäksi tasosijainnin poikkeama 20 metrin matkalla voi olla 0–10 millimetriä riippuen rataosiolla käytetyistä raidenopeuksista. Korkeusaseman poikkeama saa olla välillä -20–0 mm eli se voi olla enintään 20 millimetriä alhaalla ja enimmillään poikkeama saa 10 millimetriä 20 metrin matkalla riippuen rataosiolla käytetyistä raidenopeuksista. Määriteltäessä jonkin muun kohteen kuin raiteen sijaintia pyritään siihen, että kohteiden keskivirhe on enintään 50 millimetriä, maksimivirhe on enintään 100 millimetriä ja maksimivirheen ylittäviä kohteita saa olla alle 1 %. [4, s. 66.]

Raide tulee suoralla osalla kartoittaa hajapisteinä keskilinjalta 20–50 metrin välein ja kaarteissa 10–30 metrin välein. Lisäksi kartoittaessa tulee huomioida lisäkartoituspisteet erikoiskohteissa kuten sillat, rummut, laiturit ja vaihteet. Korkeusviiva mitataan yleensä samalla kertaa, kun mitataan keskilinjaa. Kartoittaessa raidetta jokainen piste saa taso- ja korkeuskoordinaatit. Kartoituksella luotu aineisto tulisi käsitellä niin, että siinä

ei olisi ylimääräisiä tai virheellisiä pisteitä ja aineiston koodit ja raidennumerot olisivat oikein. [8, s. 20.]

5 Turvallinen työskentely rautatiealueella

5.1 Pätevyys ja perehdytys rautatiellä työskennellessä

Liikenneviraston Radanpidon turvallisuusohjeet eli TURO ohjaa radalla työskentelyä. Rautatiealueella työskentelevien henkilöiden tulee omata riittävä ammattitaito, terveydentila, suojarustus ja pätevydet. Henkilöstöllä tulee olla voimassa oleva työturvallisuuskortti ja ratatyöturvallisuuspätevyys (Turva). Ratatöitä tehdessä tulee työllä olla henkilö, joka toimii ratatyöstä vastaavana ja häneltä vaaditaan siihen sopivaa koulutusta (Rt-kelpoisuus). Turvamiehenä toimivalta henkilöltä vaaditaan turvamiespätevyys (T-mies). Lisäksi, jos työ vaatii, niin täytyy olla työtä vastaava työpätevyys tai turvallisuuskortti. [9, s. 27–42.]

Ennen työskentelyn aloittamista tulee palveluntuottajan perehdyttää työmaalla työskentelevät työmaahan ja sen olosuhteisiin ja vaaroihin. Perehdyttämisen aihealueita ovat esimerkiksi työskentelyolosuhteet ja työmaa-alueen riskit sekä työmaahan liittyvät turvallisuusohjeet. Perehdyttäessä on hyvä käydä läpi myös turvallisuussuunnitelmat, riskienarviointit ja suunnitelmat työvaiheista. [9, s. 43.]

5.2 Ratatyöstä vastaava (RTV)

Jokainen radalla suoritettava ratatyö vaatii ratatyöstä vastaavan. Henkilön tehtäviin kuuluu huolehtia liikenneturvallisuudesta ja siihen liittyvistä toimenpiteistä. Toimenpiteitä ovat esimerkiksi ratatyötä varten tehtävät ilmoitukset ja lupien pyytäminen sekä ratatyön suojaaminen. Ratatyöstä vastaava on lakisääteinen työtehtävä, jonka sääntelystä vastaa Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi. [10]

Ratatyöstä vastaavan kelpoisuus on mahdollista hankkia koulutuksella. Koulutuksena toimii viisipäiväinen kurssi, joita eri toimijat järjestävät. Ennen ratatyöstä vastaavan kou-

lutukseen osallistumista henkilöltä vaaditaan ratatyöturvallisuuspätevyys (Turva) ja tehtävään sopivaksi todettu terveydentila (TEV). Pätevyyttä pidetään yllä vuosittain järjestettävällä Liikenneturvallisuustehtävien kertauskoulutuksella (LIITU). [11]

Ratatyö vastaavan koulutus sisältää Trafin määräämät moduulit. Moduuleita ovat perustiedot rautatiejärjestelmästä (P), liikenteen ohjauksen perustiedot (Lo1), ratatyöstä vastaaminen (R) ja ratatyöstä vastaavan osaamisen varmistaminen (OR). Koulutuksessa henkilö saa tietoa ratatyön suunnitteluprosessista ja siihen liittyvistä menettelyistä kuten turvallisuussuunnitelmista, ennakkosuunnitelmista ja ratatyöilmoituksista. Henkilö saa tietoa myös ratatyössä käytettävästä viestinnästä, ratatyön suojaamisesta, turvallisesta työskentelystä sähköradalla, turvamiesmenettelyistä ja työkoneiden liikkumisesta ja käytöstä ratatyöalueella. [10; 9, s. 42.]

5.3 Ratatyöturvallisuuspätevyys (Turva)

Jokaisella rautatiealueella työskentelevällä tulee olla ratatyöturvallisuuspätevyys. Sitä edellytetään, jos kyseessä on liikkuminen radalla, ratatyö tai rautatiejärjestelmän turvallisuuteen tai liikenteenohjaukseen liittyviin laitteisiin ja rakenteisiin kohdistuva työ. Pätevyyden saa suorittamalla hyväksytysti koululaitoksen järjestämän rataturvallisuuskoulutuksen. Koulutuksesta henkilö saa tietoa rautatiejärjestelmästä, sähköradasta, turvallisuusmääräyksistä, rautatiealueella tapahtuvan työskentelyn vaaroista ja turvallisuuden varmistamisesta sekä toimintamallista onnettomuus- ja vaaratilanteissa. Ratatyöturvallisuuspätevyys on voimassa viisi vuotta kerrallaan. [9, s. 29.]

5.4 Turvamiespätevyys (T-mies)

Turvamiespätevyyttä edellytetään henkilöltä, joka toimii turvamiehenä tai tasoristeyksen turvaamistyössä. Turvamiespätevyyttä varten henkilöllä on oltava voimassa ratatyöturvallisuus pätevyys ja Tieturva 1-pätevyys sekä vähintään kolmen kuukauden työkokemus ratatyöstä. Lisäksi henkilöllä tulee olla Trafin *Terveydentilavaatimukset ja terveystarkastukset* -määräysten mukainen terveydentila. Turvamiespätevyuden voi saada suorittamalla hyväksyttävästi turvamieskoulutuksen. Pätevyys on voimassa viisi vuotta, ja

sen ylläpito tapahtuu kertauskoulutuksella viiden vuoden välein ja lisäksi tulee kalenterivuoden aikana toimia turvamiestehtävissä vähintään seitsemänä vuorokautena. [9, s. 31.]

5.5 Työturvallisuuskortti

Monissa eri työympäristöissä vaaditaan työturvallisuuskortti. Työturvallisuuskortti ei ole lakisääteinen, mutta moni työnantaja ja tilaaja voi vaatia sen käyttöä. Työturvallisuuskorttijärjestelmä toimii työturvallisuutta lisäävänä tekijänä yhteisillä työpaikoilla. Työturvallisuuskortti on todistus siitä, että henkilö on suorittanut työturvallisuuskoulutuksen ja kokeen hyväksytysti. Työturvallisuuskorttikoulutus on yhden päivän koulutus, ja siitä saatava kortti on voimassa 5 vuotta. [12]

5.6 Suunnitelmat ja luvat

Ratatyö on lähes aina luvanvaraista, kun työskennellään ratatyön suojaulottumassa (RSU) ja yleisesti siihen varaudutaan tekemällä erilaisia suunnitelmia ja ilmoituksia liikenteenohjaukseen. Poikkeuksia ovat kiireellinen ratatyö, joka vaatii vain Rt-ilmoituksen ja luvan liikenteenohjaukselta ja turvamiesmenettely, jolloin ei tarvitse tehdä ennakkosuunnitelmaa eikä Rt-ilmoitusta. Ratatyö vaatii ennakkosuunnittelua, turvallisuussuunnittelua, ratatyöilmoituksen ja luvan ratatyöhön. Suunnittelu, ilmoitukset ja luvat ovat keinoja pitää työskentelyä turvallisena rata-alueella, ja ne eliminoivat mahdollisia häiriöitä, joita ratatöistä voisi aiheutua liikenteelle.

6 Leica-takymetri

6.1 Leica Geosystems

Leica Geosystems on yritys, joka on pyrkinyt tuomaan ratkaisuja mittaamiseen jo lähes 200 vuoden ajan. Yrityksen juuret ovat Sveitsissä, josta sen kehitys on lähtenyt jo vuonna 1819. Yritys tarjoaa mittauspuolelle pääasiassa satelliittipaikannukseen ja lasermittaukseen perustuvia ratkaisuja. Lasermittaukseen perustuvia ratkaisuja ovat esimerkiksi takymetri ja laserkeilain. [13]

6.2 Takymetri

Takymetri (kuva 1) on rakentamisen mittauksissa käytetty laite, jolla kyetään määrittämään erilaisten asioiden sijaintia maastossa. Se on sähkökäyttöinen koje, jolla kyetään mittamaan pysty- ja vaakakulmia sekä etäisyyksiä. Takymetrillä tehdyistä havainnoista voidaan määrittää koordinaatteja pysty- ja vaakatasossa. Havainnot tallennetaan sähköisesti tallentimeen.

Takymetrin rakenne koostuu pääasiassa viidestä osasta, joita ovat tasausalusta, runkosa, alhidadi, mittauskaukoputki ja elektro-optinen etäisyysmittari. Takymetriin liittyy myös erilaisia tasaimia, joiden avulla takymetri saadaan vaakasuoraan mittauksia varten. [14, s. 223–224.]



Kuva 1. Takymetri työmaalla. Kuvassa Trimble S6 -takymetri. Ratamittausvaunun kanssa käytetään Leican tuoteperheen takymetrejä.

6.3 Takymetrillä mittaaminen

Ennen mittauksia asetetaan takymetri kolmijalan päälle ja suoritetaan kojeen tasaus. Tasauksella saadaan koje pystysuoraan asentoon. Tasauksen jälkeen suoritetaan takymetrin orientointi, jonka avulla saadaan määriteltyä takymetrin sijainti koordinaatistossa ja karttapohja. Orientointi suoritetaan kartoittamalla vähintään kaksi tunnettua kiintopistettä. Jotta takymetrin sijainti saataisiin määriteltyä mahdollisimman tarkasti, tulisi orientoimiseen käyttää vähintään kolmea tunnettua pistettä ja mittaukset tulisi suorittaa kahdessa kojeasennossa kojeesta johtuvien virheiden jakamiseksi. Kun takymetri on orientoitu, niin se on käyttövalmis ja sitä voidaan käyttää esimerkiksi kohteiden kartoittamiseen tai maastoon merkitsemiseen. Takymetrillä mittaaminen tapahtuu suuntaamalla mittauskaukoputki kohteeseen ja painamalla koneesta tai maastotallentimesta painiketta, joka saa koneen suorittamaan etäisyysmittauksen perustuen laserin etenemään. Perinteisesti takymetri suunnataan kohti tähysprismoja, mutta nykyisillä takymetreillä on mahdollista mitata käyttäen prismatonta mittausta. Säteittäisen mittauksen ja elektro-optisen etäisyysmittauksen avulla voidaan kartoitetulle pisteelle määritellä koordinaatit.

7 Amberg System FX -ratamittausvaunu

7.1 Amberg Technologies AG

Amberg Technologies on Sveitsiläinen yritys, joka kuuluu Amberg Group -yhtymään. Yritys on perustettu vuonna 1981 oheisyrietykseksi Amberg Engineeringille. Yrityksen toiminta on keskittynyt yhdyskunnan infrastruktuuriin ja erityisesti rautateihin ja tunneleihin. [15]

7.2 Amberg GRP System FX -ratamittausvaunu

GPR System FX -ratamittausvaunu on suunniteltu ratamittauksia varten. Se soveltuu radan geometrian ja rataa ympäröivän ympäristön mittaamiseen. Sen TGS FX -alustassa on integroituna sensoreita, jotka mittaavat raideväliä, kallistusta ja etenemää. Alusta koostuu rungosta, renkaista, työntökahvasta, sensoreista ja maastotietokoneesta. TGS FX -alusta toimii alustana erilaisille kokoonpanoille, esimerkiksi GPR 1000:lle ja

GPR 5000:lle. GPR System FX -ratamittausvaunu koostuu moduuleista. Niitä vaihtamalla saadaan aikaan erilaisia kokoonpanoja eri käyttötarkoituksia varten. Ratamittausvaunu on yhteensopiva Leican takymetrin ja GPS-laitteiston kanssa. [16, s. 8.]

7.3 GPR 1000

GPR System FX -ratamittausvaunun kokoonpano GPR 1000 (kuva 2) on moduuleista koostuva ratamittausvaunujärjestelmä. Se koostuu TGS FX -alustasta, maastotietokoneesta ja prismapylvästä, johon voidaan asentaa myös GPS-vastaanotin. Sillä voidaan tuottaa mittausdataa Leican GPS-vastaanottimen tai robottitakymetrin kanssa. Sillä saadaan tietoa koordinaateista, raidevälistä, kallistuksesta, kaarevuudesta ja paalulukemasta. [16, s. 9.]



Kuva 2. Mittaamista ratamittausvaunulla käyttäen GPR 1000 -kokoonpanoa.

7.4 Mittausperiaatteet ja -menetelmät ratamittausvaunulla

7.4.1 Mittausperiaatteet

GRP System FX -ratamittausvaunulla tehtävät mittaukset voivat olla relatiivisia tai absoluuttisia mittauksia. Relatiivisessa mittauksessa voidaan käyttää esimerkiksi GPR 5000 -kokoonpanoa, jolloin mitatusta ympäristöstä saadaan mitattua pistepilvi, jota ei ole sidottu mihinkään koordinaattijärjestelmään. Pistepilville voidaan tarpeen tullen myös suorittaa georeferointi eli siirtää pistepilvi haluttuun koordinaatistoon. Georeferointi vaatii kuitenkin erillisiä mittauksia maastossa. Absoluuttisessa mittauksessa mitatut pisteet ovat jo mitattaessa halutussa koordinaatistossa. Tämä tapahtuu siten, että ratamittausvaunuun on yhdistetty GPS-vastaanotin tai ratamittausvaunun kulkua mitataan käyttäen takymetriä. GPS-vastaanottimen tai takymetrin avulla saadaan ratamittausvaunulle sijaintitietoa halutussa koordinaattijärjestelmässä. [16, s. 13.]

7.4.2 Jatkuvamittaus

Jatkuvamittaus tapahtuu työntämällä vaunua eteenpäin radalla mittalaitteiden ja sensoreiden kerätessä koko ajan tietoa. Tietoa kerätään sijainnista, raidelevydestä, kallistuksesta, radan kaarevuudesta, ratamittausvaunun etenemästä ja mahdollisesti ympäristöstä. Tiedot tallentuvat ratamittausvaunuun yhdistettyyn maastotietokoneeseen. [16, s. 14.]

7.4.3 Staattinen mittaus

Staattinen mittaus tapahtuu pysäyttämällä ratamittausvaunu haluttuun paikkaan ja mittaamalla ratavaunun sensoreilla ja takymetrillä (tai GPS-laitteella) arvot tästä kohdasta. Mittauksesta saadaan tieto ratamittausvaunun sijainnista, paalulukemasta, raidelevydestä ja kallistuksesta. Tiedot tallentuvat käytössä olevaan maastotietokoneeseen. [16, s. 14.]

7.5 Amberg Rail 2.0 -ohjelmisto

Amberg Rail -ohjelmisto on raidemittaustehtäviin suunniteltu ohjelmisto, jolla voidaan suorittaa mittauksia, mitatun aineiston analysointia ja käsittelyä sekä mittaustulosten raportointia. Ohjelmisto pitää sisällään neljä erilaista moduulia, joita ovat Amberg Survey, Amberg Slab Track, Amberg Tamping ja Amberg Clearance. Kaikilla näillä moduuleilla on oma soveltuvuutensa. Amberg Survey -osiota käytetään raiteen sijainnin määrittämiseen ja raidegeometrian tallennukseen. Sillä on mahdollista käsitellä radasta mitattua tietoa ja suorittaa analyyseja kerätyn tiedon pohjalta. Amberg Clearance toimii välineenä raiteen ja sen ympäristön kartoituksessa ja analysoinnissa. Sillä kyetään hallitsemaan pistepilviä ja suorittamaan vertailua radan teoreettisten ja mitattujen profiilien välillä. Amberg Slab Track on suunniteltu käytettäväksi kiintoraiteiden mittauksiin. Amberg Tamping on suunniteltu käytettäväksi ratalinjan ylläpidon mittauksiin. Sen avulla voidaan antaa esimerkiksi tietoa tukemiskoneelle ratalinjan korjauksia varten. [17, s. 5–6.]

8 Ratamittausprosessin vaiheet ja ohjeistus

Ohjeistuksen tarkoituksena on edesauttaa mittausryhmän yhteistoimintaa maastossa ja toimistossa siten, että työ saataisiin mahdollisimman sujuvaksi ja turvallisesti kokonaisuudessaan. Tämän ohjeistuksen tehtävänä on myös toimia perustana työn laadulle ja sen kehitykselle. Laadun kannalta on tärkeää, että kaikki tuntevat työvaiheet ja osaavat ennakoita mahdollisia ongelmatilanteita. Ohjeessa käydään läpi koko ratamittausmittausvaunulla suoritettava työ käyttäen GPR 1000 -kokoontuloa. Ratamittausprosessi käydään läpi asiakkaalta saatavista tiedoista aineiston arkistointiin. Prosessi sisältää suunnitelmien tekoa, maastotyöt ja aineiston käsittelyn. Mittauksista saadaan aineisto, joka luovutetaan tilaajalle tilaajan haluamassa muodossa. Luovutettava aineisto voi olla esimerkiksi numeerista (kuva 3) tai graafista (liite 1).

TampingRunExport							
TampingRunExport Datum:			18.06.13 11:40:44				
ment	R	H	Stationing	Slew	Lift	SE error	
>			235,0932	<<-	0,048	0,051	0,001
>			240,1828	<-	0,022	0,036	0,002
>			245,2374	->>	0,044	0,025	0,000
>			250,2947	->	0,058	0,019	0,001
>			255,3087	->	0,026	0,018	0,005
>			260,3128	<<-	0,004	0,020	0,003
>			265,4208	<-	0,009	0,027	0,000
>			270,5615	<-	0,010	0,039	-0,014
>			275,6415	<-	0,012	0,031	-0,014
>			280,6589	<-	0,010	0,011	-0,029
>			285,7486	<-	0,008	-0,004	-0,036
>			290,7501	<-	0,003	-0,015	-0,017
>			295,7547	->>	0,001	-0,005	-0,008
>			300,8585	->	0,004	0,011	-0,006
>			305,9557	->	0,005	0,013	-0,003
>			309,9666	->	0,007	-0,007	0,006

Kuva 3: Rataosan korjaustietoja tukemiskoneelle numeerisessa muodossa esimerkkinä luovutettavasta aineistosta.

9 Yhteenveto

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli luoda ohjeistus, jossa käydään läpi ratamittausprosessi ja Amberg System FX -ratamittausvaunun GPR 1000 -kokoonpanon käyttö. Insinööriyössä on käytetty materiaalina lähinnä ratasuunnittelua, -töitä ja -mittauksia ohjaavia julkaisuja. Ohjeiden luominen ratamittausvaunun käyttöön tapahtui sen käyttöohjeiden avulla, mutta sisälsi myös Proacon Oy:n järjestämää koulutusta ratamittausvaunun käyttöön Amberg Technologiesin tiloissa.

Tätä työtä tehdessä havaittiin, että ratatyöt ja ratamittaukset ovat hyvin kontrolloituja ja ne ovat erilaisten ohjeiden ja sääntöjen alaisia suorituksia. Töiden tekoa ennakoidaan hyvin tekemällä erilaisia suunnitelmia ja hankkimalla lupia ja pätevyyskoulutusta töiden tekemiseksi. Koko ratamittausvaunulla suoritettavan ratamittausprosessin läpiviemiseksi käydäänkin hyvin monta vaihdetta läpi, ennen kuin työ on suoritettu alusta loppuun.

Insinööriyöprosessin tuloksena syntyi ohjeistus, jossa käydään läpi ratamittauksen vaiheet työn suunnittelusta mitatun aineiston hyväksyntään asti. Tarkoituksena on, että ohjeistus voisi kehittyä tulevaisuudessa ja toimia yhtenä osana Proacon Oy:n laatujärjestelmää.

Lähteet

- 1 Proacon Oy. 2014. Verkkodokumentti. Proacon Oy. <<http://www.proacon.fi/>> Luettu 1.4.2014
- 2 Rautatiet. 2014. Verkkodokumentti. Trafi. <<http://www.trafi.fi/rautatiet>> Luettu 3.4.2014
- 3 Taimela, Reijo. 2011. Raidegeometrian suunnittelu. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä. Helsinki Liikennevirasto.
- 4 Ratatekniset ohjeet (RATO), osa 2 Radan geometria. 2010. Liikenneviraston ohjeita. Helsinki Liikennevirasto.
- 5 Sundström Saara. 2012. Raidegeometriatiedon laadunvarmistus KoneGIS-järjestelmässä. Opinnäytetyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 6 Ratatekniset ohjeet (RATO), osa 13 Radan tarkastus. 2004. Liikenneviraston ohjeita. Helsinki Liikennevirasto.
- 7 Rataverkon kunnossapito. 2014. Verkkodokumentti. Liikennevirasto. <http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/kunnossapito/rataverkon_kunnossapito> Luettu 3.4.2014
- 8 Geodeettiset mittaukset. 2003. Ratahallintokeskuksen julkaisuja D15. Helsinki Ratahallintokeskus.
- 9 Radanpidon turvallisuusohjeet (TURO). 2012. Liikenneviraston ohjeita. Helsinki Liikennevirasto.
- 10 Ratatyöstä vastaavan koulutus. 2015. Verkkodokumentti. Proxion. <<http://www.proxion.fi/fi/koulutukset/koulutusohjelmat/rtv/>> Luettu 20.3.2015
- 11 Ratatyöstä vastaavan kelpoisuus. 2013. Verkkodokumentti. VR-Yhtymä Oy. <http://www.vrkoulutuskeskus.fi/fi/index/koulutus__ja_kurssikuvaukset/Ratatoimialankoulutukset/ratatyostavastaavankelpoisuus.html> Luettu 20.3.2015
- 12 Tapaturvan työturvallisuuskortti -kurssi. Verkkodokumentti. Studentum Oy. <<http://www.koulutus.fi/kurssi/tyoturvallisuuskortti-292640>> Luettu 20.3.2015
- 13 Leica Geosystems Oy. 2014. Verkkodokumentti. Leica Geosystems Oy. <<http://www.leica-geosystems.com/en/index.htm>> Luettu 4.8.2014
- 14 Laurila, Pasi. 2008. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. Rovaniemen Ammattikorkeakoulu.

- 15 Amberg Technologies AG. 2014. Verkkodokumentti. <<http://www.ambergtechnologies.ch/en/about-us/>> Luettu 19.4.2014
- 16 GPR System FX User Manual. 2014. Regensburg, Amberg Technologies AG.
- 17 Amberg Rail 2.0 - Base User guide. 2014. Regensburg, Amberg Technologies AG.
- 18 Mättö, Timo. Mittauspäällikkö. 2014. Keskustelu, toukokuu 2014. Järvenpää Proacon Oy.
- 19 Amberg Rail 2.0 - Survey User guide. 2014. Regensburg, Amberg Technologies AG.

Värikartta graafisena aineistona

Liite on esimerkki Amberg Rail 2.0 -ohjelmistolla luodusta graafisesta tulosteesta. Kyseessä on värikartta, jossa osoitetaan kohteiden sijainti aukean tilan ulottumaan nähden. Värikartassa on osoitettu punaisella ja oranssilla värillä ATU:n sisällä olevia objekteja.

