

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Maanmittaustekniikan koulutusohjelma

Jarno Uusipuro

**Ratatekniset mittaukset: Kouvolan henkilöratapihan
perusparannus**

Insinööriyö 4.6.2010

Ohjaaja: insinööri Raikko Tarkiainen
Ohjaava opettaja: yliopettaja Vesa Rope

Tekijä	Jarno Uusipuro
Otsikko	Ratatekniset mittaukset: Kouvolan henkilöratapihan perusparannus
Sivumäärä	49
Päivämäärä	3.5.2010
Koulutusohjelma	maanmittaustekniikka
Tutkinto	insinööri (AMK)
Ohjaaja	insinööri Raikko Tarkiainen
Ohjaava opettaja	yliopettaja Vesa Rope
<p>Tässä työssä paneuduttiin ratateknisiin geodeettisiin mittaustöihin Suomen rataverkossa. Työn tarkoitus oli tuoda esiin tärkeimmät kohdat Ratahallintokeskuksen (RHK) antamista ohjeistuksista koskien ratateknisiä mittaustöistä.</p> <p>Työssä läpikäytiin tärkeimmät ohjeistukset, jotka koskevat radalle tehtäviä geodeettisia mittaustöitä. Samalla työssä annettiin esimerkkejä perinteisimmistä mittaushetkeistä ja niissä käytettävien mittausten suorittamisesta. Työssä käytettävät esimerkit ovat Kouvolan henkilöratapihan perusparannustyömaalta jossa itse työskentelin vuosina 2009-2010.</p> <p>Insinööriyön tarkoitus oli luoda kattava perusta radalla suoritettaviin mittauksiin ja antaa mittaushenkilöstölle laaja kokonaiskuva ratamittauksista ja niihin liittyvistä säädöksistä, töistä ja niissä kohdattavissa ongelmista.</p>	
Hakusanat	ratamittaus, Kouvolan asema, RATO

Author Title	Jarno Uusipuro Track measurements: railway yard improvement in Kouvola
Number of Pages Date	49 5 May 2010
Degree Programme	Land Surveing
Degree	Bachelor of Engineering
Instructor Supervisor	Raikko Tarkiainen, Bachelor of Engineering Vesa Rope, Principal Lecturer
<p>The purpose of this final year project was to study the geodetic measurements done for the Finnish railway tracks and to highlight the main points of the instructions given by the Finnish Rail Administration concerning track measurements.</p> <p>This thesis reviewed the main instructions for geodetic measurements done on the Finnish railways. Moreover, examples of traditional measurements and their objects were given. The examples given in this thesis are from Kouvola railway yard improvement 2009-2010.</p> <p>The purpose of this final year project was to create a solid foundation for measurements and to give extensive knowledge of the railway measurements and the legislation governing them to the persons working with railway surveying. The results of this final year project is a summary of the most valuable instructions and measuring methods for railway surveying.</p>	
Keywords	measurement, track technical, Finnish Rail Administration

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Lyhenteet, käsitteet, määritelmät

1 Johdanto	6
2 Radalla työskentelyä ohjaavat asiakirjat ja määräykset.....	6
2.1 RATO.....	7
2.2 Raiteen mittaus- ja merkitsemisjärjestelmä	7
2.2.1 Käytettävät koordinaattijärjestelmät	7
2.2.2 Kiintopisteiden laatuvaatimukset	8
2.3 Kartoitus.....	9
2.3.1 Kartoitus satelliittipaikannuksella.....	9
2.3.2 Takymetrillä tehtävät kartoitukset.....	9
2.4 Paikalleenmittaus	9
2.5 Raiteen laatuvaatimukset	10
2.6 Mittaustyöskentelyn turvallisuus	11
3 Geodeettiset mittaustyöt.....	12
3.1 Raiteen määritykset.....	12
3.2 Mittauskalustolle asetetut vaatimukset	13
3.3 Mittaussuunnitelma.....	14
3.4 Mittaussuunnitelman laadunvarmistus ja sen tavoitteet.....	15
4 Mittausperusta.....	16
4.1 Lähtötietojen ylläpito	16
4.2 Lähtöpisteiden mittausmenetelmät.....	17
4.2.1 GPS	17
4.2.2 Jonomittaus ja vaaitus	18
4.2.3 Lähtötietojen laadun varmistaminen	19
5 Raiteen kartoitus.....	20
5.1 Kilometrilyhennys.....	20

5.2 Aluerajaukset.....	20
5.3 Kartoitettavat kohteet	21
5.4 Kartoitettavat erikoiskohteet	22
5.5 Työlaatu ja sen varmistaminen.....	22
6 Maastoonmerkintä.....	23
6.1 Maastoon merkittävät kohteet.....	24
6.2 Merkintöjen sijainnin varmistaminen	25
6.3 Merkintätietojen tallentaminen	25
6.4 Rakentamisen laadunvalvonta.....	26
7 Uuden rautatielinjauksen aiheuttamat mittaustoimenpiteet.....	27
7.1 Kiinteistötiedot.....	27
7.2 Pohjakartat.....	27
7.3 Maastomalli.....	28
8 Kouvolan henkilöratapihan perusparannus.....	30
8.1 Urakka osana suurempaa perusparannusta.....	30
8.2 Perusparannuksen toteutus	30
8.3 Työturvallisuus.....	31
9 Mittaustyöt perusparannettavassa kohteessa.....	32
9.1 Mittaustöiden aloitus.....	32
9.2 Lähtötiedot	32
9.3 Geodeettiset mittaustyöt.....	33
9.3.1 Ennakoivat kartoitusmittaukset.....	33
9.3.2 Merkintätyöt.....	34
9.3.3 Kartoitusmittaukset	39
9.4 Levykuormituskokeet.....	40
9.5 Tarketiedostojen luovutus	41
9.6 Kalusto	42
9.7 Käytännön ongelmat	43
10 Yhteenveto	44
Lähteet.....	45
Liitteet
Liite 1: Nuotituspohja	46
Liite 2: Levykuormituskokeen tuloksia	47
Liite 3: Laiturin 3 sähköputkitusten tarkkeet	48
Liite 4: ATU:n mitoitus.....	49

Lyhenteet, käsitteet, määritelmät

ATU	Aukean tilan ulottuma, Aukealla tilalla tarkoitetaan raidetta pitkin ulottuvaa tilaa, jonka sisälle ei saa sijoittaa kiinteitä rakenteita tai laitteita
JKV	Junien automaattinen kulunvalvonta
Jk-raide	Jatkuvakiskoraide on raide, jossa kiskon pituus 1–300 metriä
kkj	Kartastokoordinaattijärjestelmä
KV	Korkeusviiva
Lk-raide	Lyhytkiskoraide on raide, jossa kiskon pituus on 1–25 metriä
RAMO	Ratatekninen määräykset ja ohjeet, ohjeistuksen nimi muutettu RAToksi
RATO	Ratatekniset ohjeet
RHK	Ratahallintokeskus
RMTYL	Rautatien maarakennustöiden yleinen työselitys ja laatuvaatimukset
VRVP	VR-Rata Vuorenpeikot Oy
vvj	Valtion vanha järjestelmä, koordinaattijärjestelmä

1 Johdanto

Työssä perehdytään Suomen rataverkolla tehtäviin geodeettisiin mittaustöihin. Työssä selvennetään Ratahallintokeskuksen laatimia ohjeita, jotka koskevat ratateknisiä mittauksia. Tarkoituksena oli perehtyä mittausohjeisiin sekä erilaisiin mittausmenetelmiin, jotka ovat käytössä ratamittauksissa.

Työssä tuodaan esille erilaiset mittauskohteet ja annetaan ohjeistukset ratateknisiin mittauksiin tukeutuen Ratahallintokeskuksen ohjeistukseen. Työssä on perehdytty Kouvolan henkilöratapihan perusparannukseen ja siellä suoritettuihin mittaustöihin. Työssä on tarkoitus esimerkkien avulla opastaa ja antaa neuvoja ratateknisissä mittauksissa törmättyihin ongelmiin ja hyväksi todettuihin mittausmenetelmiin.

2 Radalla työskentelyä ohjaavat asiakirjat ja määräykset

Ratamittauksia Suomessa ohjaa Ratahallintokeskuksen (RHK) määräykset ja ohjeet, sekä useat muut mittausalan yleiset ohjeistukset, kuten entisen Tielaitoksen Maastomallimittaukset TIEL 2140008. RHK:n ohjeiden runkona ovat Ratatekniset määräykset ja ohjeet RAMO, jonka nimi muutettiin 23.1.2008 Radan teknisiksi ohjeiksi RATO. Ratateknisten ohjeiden osan 2.10 Raiteen mittaus- ja merkitsemisjärjestelmä toimii perustana kaikissa radalla suoritettavissa mittauksissa. Muut asiakirjat ja ohjeet kuten Geodeettiset mittaustyöt ja Rautatien maarakennustöiden yleinen työselitys ja laatuvaatimukset (RMYTL) sijoittuvat hierarkkisesti RATO:n alapuolelle. Rinnakkaisten ohjeiden mahdolliset ristiriitaisuudet on ratkaistava tapauskohtaisesti ja ne on otettava huomioon niitä uudistettaessa. (1)

2.1 RATO

Ratatekniset määräykset ja ohjeet käsittävät perustiedot radan ja ratalaitteiden suunnittelusta, rakentamisesta, tarkastuksesta ja kunnossapidosta. Radassa saa käyttää vain RATO:n mukaisia tai Ratahallintokeskuksen erikseen hyväksymiä rakenteita ja laitteita. RATO on ohjekokoelma, joka koostuu yhdeksästätoista osaohjeesta, joista mittauksellisesti tärkeimmät ohjeistukset ovat osa 2 Radan geometria ja osa 16 Väylät ja laiturit.

2.2 Raiteen mittaus- ja merkitsemisjärjestelmä

RATO:n osassa 2.10 Raiteen mittaus- ja merkitsemisjärjestelmä annetaan laatuvaatimukset ja perusteet mittaus- ja kartoitustöille. Ohjeistus noudattaa mittaus- ja kartoitusalan ohjeita. Ohjeisiin on tehty lisäyksiä ja muutoksia, jotta ohjeistus vastaisi ratateknisiä erityistarpeita. Hyvin suoritettuna työn perustana ovat tarkat vaatimukset ja määräykset, joita kaikkien radalla työskentelevien henkilöiden pitää noudattaa.

Ratahallintokeskuksen ohjeita sovelletaan kaikissa ratateknisissä mittauksissa. Ohjeiden mukaan mittausmenetelmien on vastattava tehtävän työn vaatimuksia ja mittausmenetelmällä saavutettavan tarkkuuden on oltava parempi kuin rakenteen sallittu toleranssi. (1)

2.2.1 Käytettävät koordinaattijärjestelmät

Suomessa tehtävissä ratateknisissä mittauksissa on yleisesti käytettävä tasokoordinaattijärjestelmänä valtakunnallista kartastokoordinaattijärjestelmää (kkj). Poikkeustapauksissa muita käytössä hyväksyttäviä koordinaatistoja ovat valtion vanha järjestelmä (vvj) ja kaupunkien paikalliset koordinaattijärjestelmät.

Korkeuskoordinaattijärjestelmänä käytetään yleisesti N60-järjestelmää. Mikäli mittauksissa kuitenkin käytetään muuta kuin kartastokoordinaattijärjestelmää, on järjestelmälle määritettävä myös muunnoskertoimet paikallisen järjestelmän ja kkj-järjestelmän välille. Poikkeuksena sääntöön on geometria suunnittelu, jossa on aina toimittava suunnittelualan koordinaattijärjestelmässä eikä muunnoskertoimia saa käyttää. (2, s. 55)

2.2.2 Kiintopisteiden laatuvaatimukset

Raiteen ja muiden radanrakenteiden asema on aina riippuvainen mittausperustana käytettävien kiintopisteiden tarkkuudesta. Kiintopisteiden virhe siirtyy mitattavaan kohteeseen, ja näin ollen merkattu kohde poikkeaa absoluuttisesta suunnitellusta sijainnistaan. Mittausperusta rakennetaan IV lk:n ja V lk:n tasopisteistä, mutta poikkeustapauksissa voidaan myös käyttää III lk:n pisteitä. Runkopisteinä käytetään IV lk:n pisteitä, joita käytetään alemman V lk:n pisteiden mittauksista lähtöpisteinä. Käytettävyyden kannalta pisteiden sijainti radan suhteen on olennainen. Pisteiden sijoitukselle onkin annettu tarkat ohjeistukset. Pistepultit ja pistenaulat on merkittävä maastoon keltaisin muovipaaluin ja paalun on sijaittava 150–200 mm:n etäisyydellä pisteistä. Paalussa pitää olla merkittynä pisteen numero, joka yleisesti tulee raiteen kilometrilukemasta sekä vallitsevan paaluluvun mukaan sadan metrin tarkkuudella. Esimerkiksi piste 1495 sijaitsee 149 kilometrillä ja on noin paaluluvun 500 kohdalla.

Ylläpidettävien IV lk:n runkopisteparien on sijaittava 2–3 km:n välein ja pisteparin välillä on oltava näköyhteys. Runkopisteiden mittaus suoritetaan yleisesti satelliittimittausmenetelmällä. V lk:n pisteiden mittaus tehdään käyttämällä perinteistä jonomittausta. V lk:n pisteiden on sijaittava noin 300 metrin välein.

Kiintopisteet on merkittävä maastossa raiteen kilometrijärjestelmään ja pisteen etäisyys on ilmoitettava lähimmästä raiteesta. Pistesijainti voidaan myös ilmoittaa maastossa selvästi näkyvästä, yksiselitteisestä ja säilyvästä kohteesta, kuten isosta kivistä. Näiden tietojen lisäksi pisteen tiedoista on ilmoitettava pisteen tunnus, koordinaatit, tarkkuusluokka ja käytetty koordinaattijärjestelmä. (2, s. 58.)

2.3 Kartoitus

2.3.1 Kartoitus satelliittipaikannuksella

Satelliittipaikannuksella tehtävät kartoitusmittaukset on tehtävä reaaliaikaisesti semikinemaattisella tai relatiivisella kinemaattisella mittausmoodilla, joista jälkimmäisen menetelmän mittausmoodi voi myös perustua jälkilaskentaan.

2.3.2 Takymetrillä tehtävät kartoitukset

Takymetrillä tehtävät kartoitusmittaukset on tehtävä säteittäisenä kartoituksena ja trigonometrisenä korkeuden mittauksena. Joissain tapauksissa korkeuden määrittämiseen voidaan käyttää myös vaaitusta. Takymetrimittauksissa on käytettävä TKK:n Maanmittaustekniikan julkaisua ”numeerisen kartoituksen maastomittausohjeet”. Karttakohteiden, lukuun ottamatta poikkeustapauksia, kuten raide ja laiturit, on kaikkien koordinaattien osalta päästävä vähintään tarkkuuteen, keskivirhe max. 50 mm, maksimi virhe max. 100 mm ja maksimin ylittäviä enintään 1%. Laiturirakenteiden mittauksiin ja toleransseihin palataan työn myöhemmässä vaiheessa. Tarkkuusvaatimukset koskevat kuitenkin kohteiden sisäistä tarkkuutta, ja tarkastelussa on otettava huomioon näin ollen mittauksen lähtöpisteet. Kartoitettujen pisteiden koodauksessa on käytettävä Tielaitoksen maastomittausohjetta. (2, s. 61)

2.4 Paikalleenmittaus

Kuten muissakin rakentamisen mittauksissa paikalleenmittauksen tavoite on osoittaa halutun rakenteen sijainti ja korkeus maastoon rakentamista varten. Paikalleenmitattavat kohteet vaihtelevat työmaasta riippuen ja merkintätoleranssit vaihtelevat kohteittain useista senttimetreistä kymmeneen senttimetriin. Poikkeuksena ovat mm. rata ja sähköratapylväät sekä laiturirakenteet.

Raiteen seurantamittaukset ovat myös erittäin tärkeitä rataverkon kunnossapidon kannalta. Kontrollimittauksien tarkoitus on todeta raiteen todellinen sijainti teoreettiseen asemaan verrattuna. Kontrollimittaukset tulee suorittaa heti kunnossapidon tai rakentamisen jälkeen. Raiteen sijainnin tarkkuuteen palataan vielä tarkemmin työn myöhemmässä vaiheessa. Vaatimukset vaihtelevat sen mukaisesti, millainen raidetyyppi on kyseessä. RATO:n mukaiset laatuvaatimukset koskevat sähköistettyjen ja

jatkuvakiskoisten ratojen pää- ja sivuraiteita ja muita ratoja, joilla on henkilöliikennettä. Raiteen kontrollimittausten taso- ja korkeuskeskivirhe saa olla 5–7 mm alle 200 metrin etäisyydellä. Mittauksen tuloksia verrataan raiteen teoreettiseen asemaan, jonka tuloksena on lista, jossa esitetään olemassa olevan ja teoreettisen vertailu. Yleisesti raiteen kontrollimittauksesta puhutaan radan nuotituksena. (2, s. 64.)

2.5 Raiteen laatuvaatimukset

Raiteen aseman laatuvaatimukset vaihtelevat siis raidetyypeittäin, mutta kaikkien raiteiden aseman on vastattava suunnitelmien mukaisia geometrioita toleranssien rajoissa. Poikkeamat on oltava todettavissa jo paikan päällä tehtävien mittausten yhteydessä. RATOssa ilmoitetut laatuvaatimukset ovat suurimmat sallitut poikkeamat sekä liikenteen käytössä olevan että uuden tai kunnostetun raiteen asemalle.

Raiteen sijainnin toleransseissa on kuitenkin muutamia poikkeustapauksia, jotka pienentävät raiteen toleranssia. Tällaisia poikkeustapauksia ovat ATU:n minimimukaiset etäisyydet kiinteisiin rakenteisiin tai sähköturvallisuuden pienin sallima etäisyys. ATU:n mitoitus on esitetty tarkemmin liitteessä 4. Myös henkilöratapihojen laiturialueiden rataosuuksilla toleranssit ovat pienempiä, vaikka junien nopeudet ovat alhaisempia.

Taulukossa 1 on annettu raiteen aseman laatuvaatimukset liikenteen käytössä olevalle raiteelle. Raiteessa havaitut poikkeamat on korjattava mahdollisimman nopeasti junaturvallisuus huomioon ottaen. (2, s. 71.)

Taulukko 1. Raiteen suurin sallittu poikkeama liikenteen käytössä olevalle raiteelle (2, s. 71).

Raiteen nopeus	Sivupoikkeama (mm)		Korkeuspoikkeama (mm)	
	Lk- /Pk-raide	Jk-raide	Lk- /Pk-raide	Jk-Raide
≤ 250km/h		± 50		+50...- 150
≤ 120km/h	± 120	± 80	+ 100...- 250	+ 80... -200

RATOssa on annettu eri laatuvaatimukset kunnostetulle tai kokonaan uudelle raiteelle (taulukko 2). Mikäli annettuihin toleransseihin ei päästä päällysrakennetyökoneen ensimmäisellä työskentelykerralla, on toimenpide uusittava.

Taulukko 2. Raiteen suurin sallittu poikkeama uudelle tai kunnostetulle raiteelle (2, s72.)

Raiteen nopeus	Sivupoikkeama (mm)		Korkeuspoikkeama (mm)	
	Lk- /Pk-raide	Jk-raide	Lk- /Pk-raide	Jk-Raide
≤ 250km/h		± 20		+10...- 20
≤ 120km/h	± 50	± 30	+ 20...- 50	+ 10... -20

2.6 Mittaustyöskentelyn turvallisuus

RATOssa on myös kappale mittaajien työturvallisuudesta, jonka mukaan mittaustyöntekijöiden pitää olla tietoisia työntekoon liittyvistä vaaratilanteista. Suurin osa mittaus- ja kartoitustehtävistä suoritetaan raiteen ollessa liikennöitynä.

Mittaustyöntekijöitä koskevat samat määräykset kuin muitakin radalla työskenteleviä.

Näistä merkittävimmät vaatimukset ja ohjeistukset ovat mm. ratatyöntekijän pätevyysvaatimukset, sähkörataa koskevat määräykset, työ aukean tilan ulottuman sisällä ja työ rautatiealueella.

Erityisvaroitusta RATOssa mittaushenkilöstölle on sähköiskun vaarasta, joka on potentiaalisesti läsnä kun työskennellään sähkörata-alueella. Raiteiden ajolangoissa on korkeajännite, eikä mittauslaitteiden kuten prismasauvan tai GPSmittauskaluston antennin tarvitse edes koskea jännitteen alaisiin rakenteisiin aiheuttaakseen suurta vaaraa työntekijöille. Turvaetäisyys jännitteellisiin rakenteisiin on vähintään 2 metriä. (2, s. 72.)

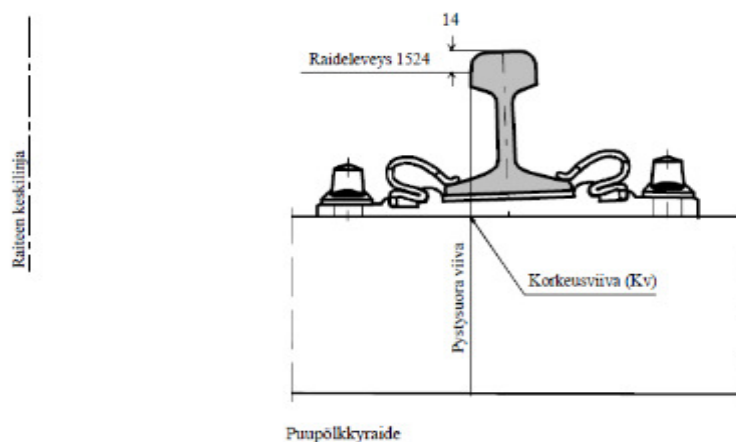
3 Geodeettiset mittaukset

Toinen mittauksiin rata-alueilla vaikuttava asiakirja on RHK:n julkaisu Geodeettiset mittaukset(2). Asiakirjan tarkoitus on selkeyttää maastomittauksiin liittyviä asioita joihin perustiedot ovat RATOssa. Ohjeen tarkoitus on myös yhtenäistää tilaajan ja toimijan toimintamallit ja toimintatavat. Geodeettisen mittauksen ohjetta sovelletaan kaikissa RHK:n tilaamissa töissä, joissa suoritetaan geodeettista mittausta.

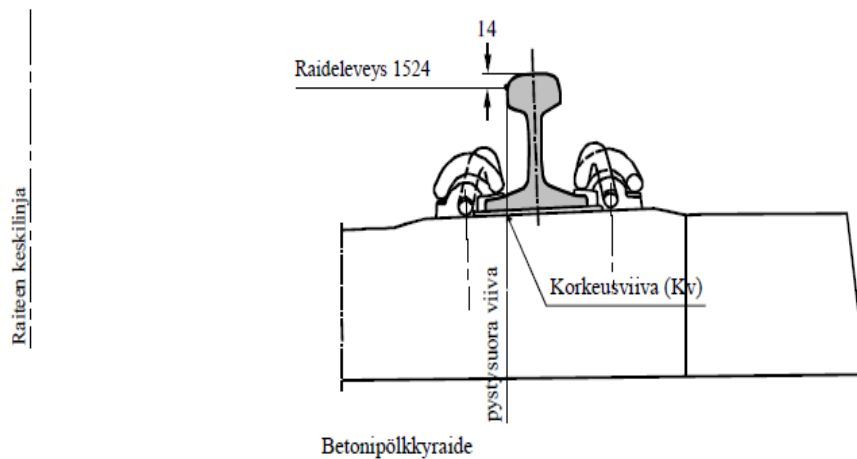
Geodeettisella mittauksella tarkoitetaan asiakirjassa kaikkia mittauksia, jotka tehdään sidottuna johonkin koordinaattijärjestelmään. Mittauskalustona pääsääntöisesti kyseisissä töissä ovat takymetrit, satelliittimittauskalusto tai vaaituskojeet.

3.1 Raiteen määritykset

Raiteesta puhuttaessa sillä yleisesti tarkoitetaan kiskojen välissä kulkevaa keskilinjaa eikä niinkään kumpaankaan yksittäistä kiskoja. Korkeudet määritetään ratamittauksissa yleisesti KV -korkona. KV on lyhenne korkeusviivasta, ja se toimii samankaltaisena mittauslinjana kuten tierakentamisessa tasausviiva (TSV). Usein ratateknisten suunnitelmien korkeudet ilmoitetaan suhteessa korkeusviivaan. Kuvista 1 ja 2 on nähtävissä, ettei KV:n korkeus ole kiskonselän korkeus, vaan aluslevyn tai välilevyn alapinnantasoinen kiskon kulkureunan kohdalla. Kallistetuissa kaarteissa KV:n korkeus on sisäkiskon kulkureunan kohdalla. (2, s. 9.)



Kuva 1. Korkeusviivan sijainti puuratapölkkyraiteessa (2, s. 9)



Kuva 2. Korkeusviivan sijainti betonipölkkyraiteessa (2, s. 9)

3.2 Mittauskalustolle asetetut vaatimukset

Geodeettisen mittausohjeen mukaan työn suorittaja on aina vastuussa käytettävien mittauslaitteiden sopivuudesta niillä tehtäviin mittauksiin. Ohjeen mukaan kalusto on vuosittain kalibroitava siten, että laitteen kunto voidaan todentaa kirjallisesti. Tuloksien pitää ennen kaikkea olla aina luotettavia. RHK hyväksyy kalibrintodistuksen, jonka on suorittanut esim. laitteiston maahantuoja laboratoriossaan. Mittaajien tulee myös itse aika ajoin tarkkailla laitteiston toimivuutta rakentamalla työmaalle mittarata, johon laitteiston toimivuuden pystyy todentamaan nopeasti ja luotettavasti. Edellä mainittujen toimenpiteiden lisäksi kalusto tulee käyttää aika ajoin määrityskalibroinnissa akkretoidussa laboratorioissa. Kuten muillakin työmailla kalustoa harvoin voi käsitellä liian varovasti.

Laitteen kalibroijan tulee antaa tarkistuksen yhteydessä kirjallinen todistus, josta ilmenee kalibrointi päiväys, suorittaja ja vertailu laitteen virheisiin verrattuna uuteen vastaavaan laitteeseen. (3, s. 5.)

3.3 Mittaussuunnitelma

Geodeettisen mittausohjeen (3) mukaan kaikkien mittausten tulee perustua mittaussuunnitelmaan, joka täytyy hyväksyttäväksi tilaajalla ennen työn aloitusta. RHK antaa mittaussuunnitelmaan rungon, jota muokkaamalla ja täydentämällä saadaan aikaiseksi tarkoituksenmukainen ja toimiva mittaussuunnitelma.

Suunnitelmassa on ilmentävä, mitä ollaan tekemässä, miksi ollaan tekemässä ja milloin. Suunnitelmassa tulee olla tilaajan tilausnumero, jotta suunnitelma voidaan kohdentaa oikeaan kohteeseen. Suunniteltu mittausalue tulee ilmoittaa alueellisena tai teknisenä rajauksena. Alueellisessa rajauksessa voidaan esimerkiksi antaa työalueen alku ja loppupäiden kilometri- ja paalulukemat. Teknisellä rajauksella tarkoitetaan kohteiden rajaamista teknisesti esimerkiksi ilmoittamalla yksilöidysti kohteet, joita tullaan merkitsemään tai kartoittamaan.

Ohjeistukseen mukaan suunnitelmassa tulee ilmoittaa aina käytettävät kalustot ja ohjelmistot. Suunnitelmaan pitää myös liittää käytettävän kaluston kalibrointitodistus.

Mittaussuunnitelman tekijän tulee myös ilmoittaa käytettävät koordinaatistot. Jos mittausalueella on koordinaatistojen muunnoksia tai esimerkiksi kaistanvaihtoja, tulee asiasta sopia tilaajan kanssa etukäteen.

Geodeettisten mittausohjeiden mukaisesti suunnitelmassa tulee ilmetä työsuorituksen aikataulu ja siihen vaikuttavat tekijät. Mittaussuunnitelman tulee olla riittävän yksityiskohtainen, jotta siitä voidaan todentaa, vastaavatko käytössä olleet menetelmät ja kalusto työlle annettuja kriteerejä. Ohjeessa mainitaan kuitenkin, että tilaaja voi joissain tapauksissa poiketa edellä mainitusta rungosta ja edellyttää joitain muita tietoja. (3, s. 6.)

3.4 Mittaussuunnitelman laadunvarmistus ja sen tavoitteet

Oheistuksen mukaisesti laadunvarmistuksella pyritään turvaamaan tilauksen suorittaminen ja toimittaminen sovittujen menettelytapojen mukaisesti.

Laadunvarmistuksen tarkoitus on myös turvata työn toimittajan oikeusturva osoittamalla toimituksen olevan tilauksen mukainen. Oikein tehtyä mittaussuunnitelmaa voidaan pitää runkona, kun tarkkaillaan työn onnistumista suunnitellulla tavalla. Työn valmistuttua toimittajan tulee laatia raportti tehdyistä töistä ja osoittaa vertailu suunnitelmiin.

Tärkeä osa laadunvalvontaa on sen jatkuva seuranta ja muutosten hyväksyttäminen jo työn aikana. Laadun todentamiseksi työnaikaiset dokumentit pitää koota loppuraporttiin. Loppuraportti koostuu mittaussuunnitelmasta, mittauksen lähtötiedoista, työmaapäiväkirjasta, työn aikaisista raporteista ja oman työn tarkistuksen dokumenteista sekä rakennettavien kohteiden kartoitus aineistoista.

Geodeettinen mittausohje antaa tarkat ohjeet kuinka dokumentoidut raportit tulee toimittaa tilaajalle. Raportit tulee luovuttaa siitä sekä kirjallisena että sähköisenä versiona. Luovutettavan mittaustiedoston tulee olla ASCII-muodossa ja formaatiltaan Tielaitoksen maastomallin mukainen. Mittaajan tulee myös tehdä kontrollimittauksistaan listaus, jossa esitetään kohteen teoreettinen ja toteutunut sijainti.

Ohje vaatii myös mittaushenkilöstöä pitämään päivittäin työmaapäiväkirjaa, johon kirjataan päivän työt, toteutukset, sää, kalusto ja muut merkittävät tekijät. Päiväkirjan pitäminen helpottaa myös omien töiden seurantaa, ja siitä pystyy todentamaan tehdyt työt, jos niissä myöhemmin ilmenee jotain huomauttamista. Kokemuksesta voidaan sanoa, että päiväkirjaan kannattaa merkitä päivän työt mahdollisimman eritellysti ja seikkaperäisesti ja, mikä tärkeintä, merkinnät kannattaa tehdä päivittäin. (3, s. 8)

4 Mittausperusta

Kaikkeen ratamittaamiseen tarvitaan kunnollinen mittausperusta eli kunnollinen ja luotettava runkopisteverkko. Radan varressa olevilta taso- ja korkeuskiintopisteistä mitataan raide mukaan lukien kaikki mittausta edellyttävät yksityiskohdat.

Mittausperusta on jaettu luokkiin sen pisteiden mukaisesti: peruspisteet, ylemmät käyttöpisteet ja alemmat käyttöpisteet. Ylemmät peruspisteet ja ylempien käyttöpisteiden tasokoordinaatit perinteisesti mitataan käyttämällä staattista satelliitti mittausta. Alemmat käyttöpisteet mitataan takymetrillä ja korkeus pisteisiin saadaan jonovaaituksella. Ylempien käyttöpisteiden korkeus määritetään kevennetyllä tarkkavaaituksella tai jonovaaituksella.

4.1 Lähtötietojen ylläpito

Mittausperusta muuttuu vuosien saatossa, kun radalle tehdään perusparannuksia ja muita kunnostustoimenpiteitä. Pisteitä tuhoutuu ja niiden tilalle joudutaan mittaamaan uusia käyttöpisteitä. Yleisesti mittausperusta muodostuu lopulliseen muotoonsa vasta rakentamisvaiheessa. Niiltä osin, kun vanha runkoverkko on pahasti vioittunut tai kun siirrytään uuteen koordinaattijärjestelmään, joudutaan runkoverkko uudistamaan. Runkoverkkoa uudistettaessa tärkeintä on pyrkiä suhteelliseen tarkkuuteen ja homogeenisuuteen sekä verkon hierarkkiseen rakenteeseen. Poikkeustapauksessa vanhoja runkoverkonpisteitä voidaan käyttää ns. pakkopisteinä uutta verkkoa mitatessa. Tällöin on kuitenkin pidettävä huolta, että uudet ja vanhat pisteet toimivat yhtä aikaa käytettäessä.

Mittausperustaa eli runkoverkkoa parannettaessa runkomittauksella pitää mittausorganisaation dokumentoida työvaiheensa. Runkomittaus pitää sisällään lähtöselvityksen, suunnitelman, pisteiden rakentamisen, mittauksen sekä laskennan ja analyysit ja dokumentit.

Lähtötietoja tutkiessa on selvittävä täydennetäänkö pisteverkkoa vai uudistetaanko runkoverkkoa. Mitattavan alueen erikoispiirteisiin tulee myös kiinnittää huomiota, kuten onko työstettävällä alueella koordinaatti/koordinaatistomuunnoksia.

Suunnitelma tulee laatia mahdollisimman yksityiskohtaisesti ja käydä työvaiheet ja mahdolliset ongelmakohdat läpi. Tilaaja tarkastaa runkomittaussuunnitelman ennen töiden aloittamista ja voi suunnitelmaa läpikäymällä tarkkailla työn laatua. Suunnitelmaa esitetään pohjakartalla, jonka mittakaava on kohteeseen soveltuva. Suunnitelmaan pitää kirjata lähtöpisteet, uusien pisteiden sijainti ja käyttötarkoitus sekä menetelmä jota mittauksessa aiotaan käyttää. Suunnitelmassa tulee myös olla merkintä siitä mitä laskentamenetelmää ja ohjelmistoa verkonlaskentavaiheessa on tarkoitus käyttää. Itse pisteiden rakentamiseen vaikuttavat aiemmin mainitut RATO:n ohjeistukset, joissa pisteiden sijainnin, pysyvyyden ja laadun vaatimukset on määritelty.

(3, s. 10)

4.2 Lähtöpisteiden mittausmenetelmät

4.2.1 GPS

Satelliittipaikannusmenetelmien parantumisen ansioista niillä voidaan nykyisin määrittää kaikki tasopisteluokat. Peruspisteitä ja ylempiä käyttöpisteitä mitattaessa pitää mittausmoodina käyttää staattista moodia, kun taas alempia käyttöpisteitä mitattaessa voidaan käyttää pikastaattista mittausta.

Taulukko 3. Suositeltavat mittausjakson havaintoaajat ja vaihehavaintojen tallennusvälit (3, s. 15)

	Minimi havainto-aika	Tallennusväli
Peruskiintopisteet	45-90 minuuttia	5, 10, 15 sekuntia
Ylempi käyttöpisteistö	30-60 minuuttia	5, 10 sekuntia
Alempi käyttöpisteistö	20-45 minuuttia	5 sekuntia

Satelliittipaikannusmenetelmällä mitattaessa tulee käyttää vähintään neljää tunnettua pistettä, jotka sulkevat mitattavan alueen sisäänsä. Mittausverkon pitää muodostua sulkeutuvista kuvioista, ja jokaisen kuvion sisällä tulee olla useampaan kertaan mitattuja vektoreita. Yleisimmät satelliittimittausten tueksi tarvittavia analyysit ovat vektorilaskennat, vektorien sulkuvirheanalyysit, vektoritasoitukset sekä koordinaatisto muunnokset. (3, s. 14)

4.2.2 Jonomittaus ja vaaitus

Jonomittausten perustana ovat perinteisesti satelliittipaikannuksella tehdyt peruspisteet ja ylempien luokan käyttöpisteet. Jonomittauksen tarkoitus on määrittää ylempien ja alemman luokan tasokäyttöpisteitä. Sekä jonomittauksissa että vaaituksessa on tunnettuja lähtöpisteitä oltava vähintään kaksi, joiden välille itse mittaus sulkeutuu. Jonon pitää olla mahdollisimman suoraviivainen. Vaaitus jaetaan kahteen luokkaan: tarkkavaaitukseen ja kevennettyyn tarkkavaaitukseen. Tarkkavaaituksen tarkoitus on tuottaa 1. ja 2. luokan korkeuskiintopisteitä ja kevennetyllä tarkkavaaituksella 3. luokan korkeuskiintopisteitä. Vaaituksessa eteen- ja taaksehavainnot tulee olla samanmittaiset, ja havaintojen välisen etäisyyden poikkeama saa maksimissaan olla 20 m.

Monikulmiojonojen vektorit lasketaan virheyhtälötasoituksena, mutta poikkeustapauksissa yksittäisiä jonoja voidaan tasoittaa myös jonotasoituksena. Myös yksittäiset vaaituslinjat voidaan samalla tavalla tasoittaa jonotasoituksena. Karkeat virheet on poistettava aineiston editointi vaiheessa. Tasoituksen lopputulosta voidaan arvioida koordinaattisulkuvirheen ja pistesulkuvirheen avulla. Vaaituksen lopputulos arvioidaan korkeussulkuvirheen avulla. (3, s. 15.)

4.2.3 Lähtötietojen laadun varmistaminen

Käyttöpisteiden laadunvarmistus perustuu mitatun alueen lähtötilanteeseen, pisteiden käyttötarkoituksen ja muihin tarkkuusvaatimuksiin. Lisäksi RATO määrittää myös oman vaatimustason pisteille niiden pysyvyyden suhteen. Lähtöpisteiden tarkkuutta arvioidaan pisteen virheen suhteessa pisteiden väliseen etäisyyteen, kuten alla olevista taulukoista ilmenee.

Taulukko 4 Kiintopisteiden tasotarkkuusvaatimukset suhteessa pisteiden väliseen etäisyyteen (3, s.18)

Peruskiintopisteet	1. Luokka < 2ppm
	2. Luokka < 10 ppm
	3. Luokka < 20 ppm
Käyttöpisteet ylempi	4. Luokka < 30 ppm
Käyttöpisteet alempi	5. Luokka < 50 ppm (15 mm pituus < 300 m)

Taulukko 5 Kiintopisteiden korkeustarkkuusvaatimus suhteessa pisteiden väliseen etäisyyteen (3, s. 18)

Peruskiintopisteet	1. Luokka < 1 ppm
	2. Luokka < 2 ppm
	3. Luokka < 5 ppm
Käyttöpisteet ylempi	4. Luokka < 10 ppm
Käyttöpisteet alempi	5. Luokka < 50 ppm (5 mm pituus < 100 m)

Mittausten ja tasoitusten jälkeen lopputulokseksi saadaan mittausperusta eli runkopisteistö. Pisteistä tehdään pistekortit, joihin kirjataan kohteen koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä sekä pisteen taso- ja korkeuskoordinaatit. (3, s. 18.)

5 Raiteen kartoitus

Yleisimpiä radalla tehtäviä mittauksia on raiteen kartoitus, jonka tehtävänä on inventoida raide, ratarakenteet ja kohteiden sijainti suhteessa mittauserustaan.

Tarkoituksena on tuottaa sijaintitietoa raiteen sijainnista ja poikkeamista verrattuna sen teoreettiseen sijaintiin.

5.1 Kilometrilyhennys

Raiteenkartoitusta tehdessä on kiinnitettävä erityisesti huomiota radoilla käytettyyn kilometrilyhennykseen. Kilometrilyhennyksellä tarkoitetaan paalulukujen tasoitusta, joilla radalle saadaan tehtyä muutostöitä muokkaamatta koko ratakilometrijärjestelmää kohteesta eteenpäin. Suomen ratapaalutus alkaa Helsingistä, jossa on ns. nollakilometri. Paaluluku kasvaa aina Helsingistä pois päin. Km-lyhennyksestä johtuen ratakilometri ei ole metrijärjestelmän mukainen kilometri, vaan sen pituus voi vaihdella muutamasta metristä jopa kilometreihin. Ratasuunnitelmissa ilmenee aina kilometrin paaluluvut sekä km-lyhennys.

5.2 Auerajaukset

Raiteenkartoituksessa aluerajauksella tarkoitetaan konkreettista aluerajausta, kuten työskentelyalueen alku- ja loppukilometrejä. Teknisellä rajauksella tarkoitetaan kartoitettavien kohteiden yksityiskohtaista määrittelyä. Tilaa rajaa kartoituksen kohteet mahdollisimman yksityiskohtaisesti, jotta haluttu lopputulos on saavutettavissa. Mittaussuunnitelmassa pitää osoittaa mittaustavat ja kalusto, jolla saavutetaan vaadittu lopputulos. (3, s. 20.)

5.3 Kartoitettavat kohteet

Raide kartoitetaan suorilta osuuksilta 50–60 metrin välein ja kaarteissa 20–30 metrin välein. Raide kartoitetaan raiteen keskilinjalta ja korkeus korkeusviivan kohdalta. Mittaajan pitää tietää varmuudella raiteen keskilinjän ja korkeusviivan määritelmät ennen työskentelyn aloittamista. Suorilla osuuksilla kartoitus siis tapahtuu sähköratapylväiden kohdilta, ja kaarteissa keskiviiva kartoitetaan pylväiden kohdalta ja niiden välistä yhdestä kahteen kertaan. Kiskoa kartoittaessa käytetään yleisesti kuvan mukaista sapluunaa, jonka avulla samalla saadaan mitattua sekä kiskon taso- ja korkeussierrot. Sapluunaa käyttäessä on kuitenkin huomioitava, että erotus kiskon harjalta korkeusviivan korkeuteen vaihtelee kiskotyypistä riippuen. (3, s.20.)



Raiteen keskeltä
esim. "sapluunalla"

Kuva 3. Esimerkki raiteen kartoituksessa käytettävästä sapluunasta (4)

Keskiviivan sijainnin kartoituksen yhteydessä kartoitetaan myös raiteen korkeusviivan korkeus. Korkeusviiva kartoitetaan suorilla osuuksilla kuten keskilinja, mutta kaarteissa tulee huomioida raiteen kallistus. Kallistetuissa kaarteissa KV:n korkeus mitataan sisäkaarten puoleisen kiskon aluslevyn alapinnan tasosta. Kaarteen suunnan muuttuessa on myös huomioitava johtokiskon vaihtuminen kaarteen sisempään kiskoon, josta raiteen korkeus määritetään.

Jokaiselle kiskosta kartoitetulle pisteelle mitataan x,y,h -koordinaatit. Tunnuksina tulee käyttää RHK:n maastomallin mittausohjeen mukaisia koodeja.

Raiteiden kartoitukseen on yleisesti kaksi syytä: raiteen lopputarkistus tai sen muutostyöt. Raidetta kartoittaessa ratalinjan korjausta varten yleisesti dokumentiksi riittää käsinkirjoitettu nuotitus, josta selviää paalulukema sekä erot teoreettiseen sijaintiin. Esimerkki puhtaaksikirjoitetusta nuotituksesta on liitteenä 1. Loppukartoitus on kuitenkin myös tallennettava takymetrille ja luovutettava eteenpäin sähköisessä muodossa.

5.4 Kartoitettavat erikoiskohteet

Raiteen erikoiskohteet kuten vaihteet ja tasoristeykset pitää kartoittaa erikseen RHK:n maastomallin mittausohjeiden mukaisesti. Vaihteet kartoitetaan kahdesta pisteestä, vaihteen etujatkosta ja vaihteen takajatkosta. Etu- ja takajatkon kohdissa on hitsaussaumot, joiden kohdalta kohde kartoitetaan raiteen keskeltä hajapisteenä. Kartoitettavan pisteen tiedoista tulee ilmetä vaihteen numero. Tasoristeykset kartoitetaan tasoristeyselementin nurkista taiteviivoina. Lisämääritteessä tulee mainita tasoristeyksen nimi. (4)

5.5 Työlaatu ja sen varmistaminen

Oman työn varmentamiseksi on hyvä tapa tallentaa aina kaikki tiedot myös takymetrille, josta tiedot on nopeasti varmennettavissa, mikäli epäselvyyksiä ilmenee. Ohjeesta poiketen käytäntönä on ollut myös mitata suorat osuuden 20 metrin välein sekä korkeus- että sivuttaispoikkeamaltaan.

Laadunvaatimukset raiteen kartoittamiselle on määritelty Ratateknisissä ohjeissa. Mittauspoikkeama saa raiteen kartoituksessa olla 1/3 vaaditusta rakennepoikkeamasta. Käytännössä tämä tarkoittaa, että uusilla radoilla, joilla nopeus on alle 120 km/h, sallittu mittauspoikkeama on ± 10 mm. Osuuksilla joiden nopeus on alle 250 km/h suurin sallittu mittauspoikkeama $\pm 6,7$ mm. Korkeuden vastaavat arvot ovat alle 120 km/h osuuksilla $+3,3 \dots -10$ mm ja alle 250 km/h osuuksilla $+3,3 \dots -6,7$ mm.

Kartoittaessa taso- ja korkeussijainnin maksimivirhe on ± 20 mm. Tarkkuudella tarkoitetaan suhteellista tarkkuutta käytettäviin kiintopisteisiin.

Raiteen kartoitustöitä tehtäessä on otettava huomioon muutamia mittaukseen tarkkuuteen merkittävästi vaikuttavia tekijöitä. Kesäisin ongelmaksi ilmenee päiväaikaan mitatessa raiteiden tuottama lämpöväreily, joka vaikuttaa merkittävästi mittaustuloksiin varsinkin korkeussijaintiin. Lämpöväreily välttämiseksi tulisi mittaukset suorittaa sellaisena ajankohtana, jolloin väreily on mahdollisimman vähäistä. Toinen huomioitava seikka on tähtäysetäisyydet. Yleisen ohjeistuksen mukaan mittauksen tulee tapahtua kahden tunnetun pisteen välillä, ja mittauksissa ei saa jättää pois välistä tunnettuja kiintopisteitä. Yleisesti pisteväli radan varressa on noin 300 m, jolloin tähtäys etäisyyden tulisi olla molempiin suuntiin noin 150 metriä. Mittaus seuraavalta pistevälillä tulee aloittaa tarkistamalla edellinen viimeinen mittaus, sen tulokset ja vastaavuus uuden orientoinnin tuloksiin. (3, s. 21.)

6 Maastonmerkintä

Suunnitelmien ja tarjouskilpailun jälkeen alkaa kohteen rakentaminen. Rakentamisen maastonmerkinnät voidaan aloittaa jo ennen varsinaista rakentamista, jolloin voidaan mm. merkitä työmaa-alue ja poistettavat kohteet. Kuitenkin käytännössä rakentamisen maastonmerkinnät etenevät samanaikaisesti rakentamisen kanssa.

6.1 Maastoon merkittävät kohteet

Maastoonmerkinnän tulee perustua annettuun numeeriseen lähtöaineistoon. Mittaajan tulee varmistua, että tiedostot tulevat oikeina ja oikeassa muodossa. Mittaajan vastuulla on myös mittausaineiston pitäminen ajan tasalla muuttuvien suunnitelmien suhteen. Vaikka vastuu suunnitelmien tuottamisesta on suunnittelijalla, tulee mittaajan varmistaa aineiston paikkansapitävyys maastossa. Jos lähtöaineistoissa havaitaan jotain virheellisiä tietoja, tulee niistä raportoida välittömästi työmaan valvojalle tai suunnittelijalle.

Rakentamisen lopputuloksen kannalta on ehdottoman tärkeää, että mittaaja pitää lähtöaineistonsa aina ajan tasalla ja hyvin järjesteltyinä. Jos suunnittelijan toimittamissa numeerisissa lähtöaineistoissa on puutteita, mittaustyöstä vastaava voi laskea tarvittavat tiedot käyttämällä manuaalista lähtöaineistoa.

Maastoon merkintöjen tulee perustua mittaussuunnitelmaan, joka on hyväksytetty tilaajalla ennen mittausten aloittamista. Isommissa ja pidemmissä työkohteissa mittaussuunnitelma voidaan laatia useassa osassa. Suunnitelma tulee laatia työkohteittain ja työvaiheittain. Suunnitelmassa tulee määrittää mittausten laajuus, sisältö ja tarkkuusvaatimukset. Tarkkuusvaatimukset ovat selitetty Rautatien maanrakennustöiden yleisessä työselityksessä ja laatuvaatimuksissa (RMYTL). Mittaukset tulee dokumentoida niin, että ne ovat jäljitettävissä. (3, s. 43.)

6.2 Merkintöjen sijainnin varmistaminen

Laadun varmistamiseksi mittaajan tulee aika-ajoin varmentaa käyttämänsä mittaustapa toista mittausmenetelmää käyttäen. Esimerkiksi takymetrillä mitattu kohde voidaan varmistaa mittanauhamittauksella tunnetusta kohteesta tai mittaamalla kahden takymetrillä mitatun pisteen välimatka. Varmennettavien kohteiden pistemäärä on riippuvainen kohteen vaatimustasosta. Varmistettavien pisteiden lukumäärä kohteittain on esitetty alla olevassa taulukossa.

Taulukko 6. varmennettavien merkintäpisteiden määrä kohteittain (3, s. 46)

Radan rakennekerrokset	5–10 %
Kuivatusrakenteet	5–10 %
Varusteet ja laitteet	5–10 %
Sillat	Kaikki
Muut kiinteät rakenteet	Kohteittain

Merkintämittauksia pitää kuitenkin varmentaa toistuvasti vertaamalla pisteen etäisyyttä tunnettuun kohteeseen tai rakenteisiin. Tällöin mittaaja pystyy luottamaan omiin mittauksiin ja karkeiden virheiden määrä vähenee merkittävästi.

6.3 Merkintätietojen tallentaminen

Maastoonmerkintöjen tulokset luovutetaan asiakkaan käyttöön niiden valmistuttua työkohteittain tai työvaiheittain. Mittausten dokumentointitarve selviää ennalta laaditusta suunnitelmasta. Mittausdokumentoinneissa tulee olla selvästi esillä mm. mittausten jäljitettävyys, päivämäärä, kellonaika, käytetyt lähtöpisteet ja orientoinnin tarkkuus sekä sen pysyvyys lopuksi tehtävään tarkemittaukseen.

Oman oikeusturvan kannalta ja asioiden jälkikäteen selvittämisen vuoksi mittaajan on hyvä pitää työmaapäiväkirjaa, johon merkitään kaikki tiedot päivän työtehtävistä, poikkeamista ja muista mittaamiseen vaikuttavista tekijöistä. Päiväkirjasta on mahdollista todeta jälkikäteen, mitä on tehty, missä ja milloin.

6.4 Rakentamisen laadunvalvonta

Rakentamisen maastoonmerkintöjen lisäksi työmailla tehdään laadunvalvontamittauksia, joilla tarkoitetaan rataa liittyvien rakenteiden laatuvaatimuksia ja mittausdokumenttien tuottamista.

Laadunvalvontamittauksia tehdessä kaluston on oltava tehtävään soveltuvaa ja kaluston on kyettävä kolme kertaa tarkempaan suoritukseen kuin sillä tarkistettavan rakenteen sijaintivaatimus on. Kalustosta on oltava alle 12 kk vanha kalibrointi todistus ja käyttäjän on osoitettava laitteen toimivuus ennen laadunvalvontamittausten suorittamista.

Laadunvalvonnan lähtöaineistona on rakentamisen suunnitelmat, joiden mukaan rakentaminen on tarkoitettu suoritettavaksi. Mittaajan on laadittava tarkka mittaussuunnitelma, jota hänen pitää noudattaa työsuorituksen ajan. Suunnitelmassa on otettava huomioon käytettävä kalusto ja kohteelle annetut laatuvaatimukset. Lähtöpisteiden laatuun ja käyttökelpoisuuteen on kiinnitettävä erityishuomiota. varsinkin siltojen ja ratageometrian laadunvalvontamittauksissa.

Raportoinnista ja sopimuksen mukaisista laatuvaatimuksista vastaa mittaustyönjohtaja. Laadunvarmistusraportti sisältää mm. seuraavia tietoja: RHK:n tilausnumero, kohde ja sijainti, mittausmenetelmät, tulokset ja mittauksen suorittaja. (3, s. 46.)

7 Uuden rautatielinjauksen aiheuttamat mittaustoimenpiteet

7.1 Kiinteistötiedot

Uusia ratahankkeita varten RHK hankkii maanomistuksen lunastustoimituksella. Suurempien uusien kohteiden lunastus- ja ennakkohaltuunottoluvat haetaan valtioneuvostolta ja pienemmissä kohteissa lunastusluvut paikalliselta maanmittaustoimistolta. Lunastustoimenpiteet perustuvat rautatiealueen yleissuunnitelmaan, jossa ilmenee raiteen keskilinja ja tarvittava alueen leveys. Parantamishankkeissa yleisesti selvitetään alueen kiinteistöjen tiedot ja rajat, jotta voidaan varmistua, että työskentely tapahtuu rata-alueella.

Lunastustoimitus etenee tietöimitusten mukaisesti ja tarkempina menettelyohjeina on tietöimitusten tuotteiden laatuvaatimukset ja prosessikuvaukset. Uusien ratalinjausten suunnitelmat aiheuttavat myös ratateknisiä mittaustoimenpiteitä. Lunastettavan alueen rajamerkit pitää kartoittaa joko suunnittelun pohjakartan tai maastomallin laatimisen yhteydessä. Saaduilla tiedoilla päivitetään suunnitteluhankkeen tietokannat. Ennen lunastuksen hakemista on myös alustavasti laskettava rautatiealueen pinta-ala, ja alue pitää olla merkittynä maastoon ennen haltuunottokatselmusta. Jos alueen kiinteistöjen rajat ovat epäselvät tai rajamerkit ovat kadonneet, suorittaa maanmittaustoimisto rajankäynnin tai rajaselvityksen. (3, s. 24.)

7.2 Pohjakartat

Uuden kohteen suunnittelun kannalta merkittävimpiä lähtötietoja ovat alueen pohjakartat. Yleensä pohjakartta on numeerinen, joko vektori- tai rasterimuotoinen, ja sen tulee olla sidottuna koordinaatistoon. Pohjakartan mittakaava määräytyy kohteen luonteen mukaisesti: haja-asutusalueilla 1:20000 ja taajamissa 1:1000 tai 1:500.

Pohjakartta laaditaan yleensä yleissuunnitteluvaiheessa, jolloin alueen tarkempia tietoja aletaan kerätä. Pohjakarttaa laadittaessa voidaan hyödyntää esimerkiksi kunnilla ja kaupungeilla olevia numeerisia pohjakarttoja.

Ohjeistuksena ja tarkkuusvaatimuksina toimii Maanmittauslaitoksen Kaavoitusmittausohje 2003 ja kuvaustekniikan osalta Kaavan pohjakartta 1997- ohjeita. (3, s. 27.)

Pohjakartta voidaan laatia fotogrammetrisenä kartoituksena ilmakuvista tai laserkeilauksen ja sen yhteydessä tehtävän digitaalisen ilmakuvauksen avulla. Ilmakuvaukset tulee suorittaa joko keväällä tai syksyllä, jolloin puiden lehdet tai maassa oleva lumi ei ole esteenä ilmakuvauksille.

Tilaaaja esittää tarjouspyyntövaiheessa yksityiskohtaisesti kartoitusalueen tai kartoituskohteet, johon kartoituksen pitää kohdistua. Tilaaaja voi myös määrittää tällöin käytettävän kartoitusmenetelmän. Työtekijän tulee laatia kartoitussuunnitelma, jossa tulee ilmetä käytettävä kalusto ja yksityiskohtainen suunnitelma miten kartoitustyön toteutettamiseksi. Mittaukset tulee suorittaa hyväksytyn suunnitelmanrunгон mukaisesti ja ilmoitetulla kalustolla.

Lopputuloksena syntyy numeerinen tai graafinen pohjakartta. Vektorimuotoinen kartta tulee olla AutoCad dwg/dxf -formaattissa ja rasterimuotoinen kartta rle- tai tiff-formaatissa. Tiedostomuoto voi myös olla jokin toinen, jos tilauksessa tai hyväksytyssä työsuunnitelmassa näin mainitaan. (3, s. 28.)

7.3 Maastomalli

Pohjakartan lisäksi nykyaikaisten suunnitelmien lähtöaineistoksi tarvitaan numeerinen maastomalli. Maastomalli antaa pohjan kaikelle suunnittelulle, kuten radan geometria, rakenteet, kuivatusjärjestelmät ja tilavuuslaskennat. Maastomallin avulla voidaan

määrittää radan lopulliset rakenteet ja käyttää sitä hyväksi rakentamisen aikaisissa määrälaskennoissa.

Maastomallin tarkkuus vaihtelee sen käyttötarkoituksen mukaisesti. Esimerkiksi kuivatussuunnitelmat ja melumallinnukset eivät vaadi yhtä tarkkaa maastomallia kuin ratasuunnittelu. Maastomalleja apuna käyttäen tehdään myös nykyisin usein 3D-malleja havainnollistamaan kohteita, niiden rakenteita ja linjauksia.

Maastomallinmittauksen voi suorittaa useilla eri tavoilla, mutta lopputuotteen tulee täyttää tilaajan sille asettamat laatuvaatimukset. Tavasta riippumatta maastomallin luomisen vaiheet ovat: suunnitelma, mittaukset, editointi ja tulostus. Maastomallin mittaussuunnitelma tulee hyväksyttäväksi tilaajalla ennen työn aloitusta ja itse työn pitää vastata suunnitelmaa. Mittauksissa saa käyttää vain mittaus- tai runkomittaus suunnitelmassa yksilöityä kalustoa ja kaluston tulee olla kalibroitu.

Luovutettavan aineiston tulee olla koodattu oikein maastomallimittausohjeiden mukaisesti eikä aineisto saa sisältää vääriä kohdekoodeja tai esimerkiksi vääriä raidennumeroita. Mittauksen lopputuloksena syntyy numeerinen tiedosto, joka luovutetaan mittaussuunnitelman mukaisessa tiedostomuodossa. (3, s. 33.)

8 Kouvolan henkilöratapihan perusparannus

8.1 Urakka osana suurempaa perusparannusta

JT-Mittaus Oy, aloitti vuoden 2009 toukokuussa mittaukset Oy Ab VR-Rata Vuorenpeikoille Kouvolan henkilöratapihalla. Kouvolan henkilöratapihan muutokset ovat osa itäisen Suomen rautatieliikenteeseen tehtävää perusparannusta. Ensisijaisesti Lahti–Luumäki–Vainikkala-perusparannushankkeen tarkoitus on nopeuttaa Itä-Suomen henkilömatkaliikennettä ja parantaa rahtiliikenteen kilpailukykyä. Projektin kokonaiskustannusarvio on yhteensä 200 M€, josta 185 M€ on suunnattu Lahti–Luumäki-hankkeelle ja 15 M€ Luumäki–Vainikkala-välille. Lahden ja Luumäen välinen osuus on rahtiliikenteen määrällä mitattuna Suomen liikennöidyin rataosuus. Hankkeen tavoite on nopeuden nosto junatyypistä riippuen 160–200 km/h tasolle ja sekä tavaraliikenteen osalta akselipainon nosto 25 tonniin. Merkittävimpiä toimenpiteitä ovat liikenteenohjaus- ja turvajärjestelmien uusiminen, Kouvolan ja Kuulasvaaran ratapihojen uusimiset sekä Iitin Suurisuon rataosuuden oikaisu. VR-Rata Vuorenpeikkojen tarjous Kouvolan henkilöratapihan muutostöistä oli noin 2 M€. (6)

8.2 Perusparannuksen toteutus

Kouvolan ratapihan perusparannuksen pääurakoitsijana toimi Oy Ab VR-Rata Vuorenpeikot, ja merkittävimpinä aliurakoitsijoina olivat Rakennus Tiiri Oy sekä Destia. RHK:n työnvalvojana toimi Pöyry. Perusparannukseen kuuluivat aseman kaikki neljä henkilölaituria, niiden katokset sekä laitureille nousevien portaikkojen ja hissien uusiminen. Laiturielementit vaihdettiin ns. korkeisiin elementteihin, jotka ovat mitoitettu helppokulkuisiksi VR:n uudelle kalustolle. Laitureille rakennettiin myös elementtien vaihdon yhteydessä uudet kuivatus- ja sähköjärjestelmät. Raiteiden osalta ratapihan raiteiden määrää vähennettiin ja vanhat puiset ratapölkkyt vaihdettiin uusiin betonipölkkyihin. Samalla vaihdettiin myös raiteiden alusrakenteet.

Urakka oli jaettu kolmeen eri osa-alueeseen, joilla jokaisella oli oma urakoitsija. Laiturirakenteiden ja maanrakennustöistä vastasi VRVP, katosrakenteista Rakennus Tiiri sekä porras- ja hissirakenteista Destia. Uusien raiteiden ratapölyjen paikoilleen asentamisesta ja kiskojen asennuksesta vastasi Lemminkäinen Infra. JT-Mittaus Oy:n mittauksiin kuului kaikki VRVP:lle tehtävät maanrakennusmittaukset sekä Rakennus Tiirille tehtävät katosten anturoiden ja pilareiden mittaukset. Katosrakenteiden ja raiteenpaikoilleen mittauksesta vastasi toinen mittauskonsultti.

8.3 Työturvallisuus

Työmaan päätoteuttajana toimi Oy VR-Rata Ab Vuorenpeikot, joka näin ollen oli vastuussa työmaan yleisestä turvallisuudesta. Vuorenpeikkojen tehtäviin kuului myös huolehtia osapuolten välisestä tiedonkulusta ja vastata työmaa-alueen siisteydestä ja järjestyksestä. Päätoteuttaja laati työmaalle yhteisen turvallisuusohjeen ja määräykset. Kaikilla työmaalla työskenteleviltä vaadittiin hyväksytysti suoritettu VR:n turvakurssi, jolla käydään läpi radalla työskentelyn peruseriaatteen ja säännökset. Jokaisella työntekijältä vaadittiin henkilökohtaisina suojarusteina turvaliivi tai takki, turvajalkineet sekä kypärä. Osassa töistä työntekijöiden tuli käyttää edellä mainittujen lisäksi myös kuulo- ja silmäsuojaimia.

Työmaalla tehtiin viikoittain maa- ja vesirakentamisen turvallisuusmittaukset, joilla valvottiin työmaan työskentelytapoja, turvalaitteiden, kuten putoamissuojien, toimivuutta ja työntekijöiden turvavarusteiden kuntoa. Huomautettavat asiat kirjattiin raporttiin ja korjattiin välittömästi. Toistuvista huomautuksista uhkana oli sakkoa tai työmaalta poistaminen.

9 Mittaustyöt perusparannettavassa kohteessa

9.1 Mittaustöiden aloitus

JT-Mittaus Oy aloitti mittaustyöt toukokuussa 2009, jolloin rakentaminen asemalla oli jo täydessä vauhdissa ja laiturielementtien asennustyöt oli aloitettu. Mittaustyöt suoritettiin pääasiassa kahden hengen mittaryhmässä, jolloin kohteiden merkitseminen ja kartoitus oli nopeampaa kuin yksin työskennellessä.

9.2 Lähtötiedot

Työmaan alussa käytettiin aikaisemman mittaryhmän tekemiä apupisteet ja aseman alueella olevien kiintopisteitä. Pisteverkkoa tihennettiin töiden edetessä työhön soveltuvilla alemman luokan käyttöpisteillä. Korkeuskäyttöpisteisiin saatiin asemalla sijainneesta korkeuskiintopisteestä.

Kaikki työmaalla sijainneet kiintopisteet eivät soveltuneet enää käytettäväksi alueelle tehdyn uuden jonomittauksen takia. Pisteiden toimivuus piti varmentaa useilla orientointiyhdistelmillä, jolloin saatiin karsittua ns. epäkelvot pisteet pois. Mittaukset suoritettiin lähes poikkeuksetta vapaan-asemapisteiden orientoinnilla käyttäen kolmea tunnettua pistettä. Kaikki mittaukset suoritettiin orientoinnissa käytettyjen pisteiden sisällä ja havaintomatkat pisteille olivat aina alle 300 m.

9.3 Geodeettiset mittaustyöt

Kouvolan aseman perusparannuksen mittaukset JT-Mittauksen osalta olivat hyvin lähellä niin sanottuja perinteisiä maanrakennusmittaustöitä. Työmaalla työskentely vaati kuitenkin jo aikaisempaa kokemusta ratateknisistä mittauksista. Työkohteena aseman perusparannus oli erittäin mielenkiintoinen työmaa juuri vaihtelevuutensa ansiosta. Työmaa oli hyvä yhdistelmä maanrakennusmittauksia, kuten rakennekerrosten uusimista, mutta myös erityistoimenpiteitä kuten raiteen ja laiturielementtien asennusmittauksia.

9.3.1 Ennakoivat kartoitusmittaukset

Koska kyseessä oli perusparannus, joka rakennettiin yhdistelemällä uutta ja vanhaa, täytyi vanhoista rakenteista mitata tarketietoja suunnitelmien täydentämiseksi. Hyvä opetus vanhojen tietojen paikkansa pitämättömyydestä ja kommunikaation huonosta etenemisestä tuli heti töiden aloitusvaiheessa. Ensimmäisten työpäivien aikana havaitsimme mittauksissa neljännen laiturin vieressä olevan kiskon olevan pois tulevasta sijainnistaan. Lähtötietojen mukaan kiskon siirron piti olla tehty jo ennen laiturin rakennusurakkaa, ja kiskoa oli tarkoitus käyttää laiturielementtien asennuksessa. Neljättä laituria oli ehditty rakentaa jo noin 50 metriä kun virhe havaittiin. Tarkemmat mittaukset osoittivat laiturielementtien olevan 5–10 cm päässä suunnitellusta sijainnistaan. Johtuen ratapihan tiukoista raiteiden välisistä turvaetäisyyksistä jo asennetut elementit jouduttiin siirtämään. Ennen muiden laitureiden asennuksia välitettiin suunnittelijalle tiedot raiteiden sen hetkisestä sijainnista. Vastaavasti tilaajalta saatiin uudet tarkennetut tiedot laiturielementtien sijainnista.

Koko ratapihan ali kulkee henkilötunneli, jonka kautta laitureille kuljetaan. Tunnelin kansille tehtiin uudet vedeneristykset sekä uudet katospilarit. Kannen pilaria varten piti rakentaa uudet vahvikepalkit, joiden suunnitteluun tarvittiin vanhan vahvikepalkin kartoitusaineisto. Auki kaivetusta kannesta kartoitettiin suunnittelijan vaatimat kohteet ja tiedot välitettiin eteenpäin rakenteiden uusia suunnitelmia varten.

Laiturille nro 1 rakennetut kuivatusjärjestelmät liitettiin rakennusöiden yhteydessä jo aiemmin alueella sijainneisiin sadevesikaivoihin. Vanhojen kaivojen kartoitusten yhteydessä havaittiin poikkeamia suunniteltuihin vesijuoksujen korkeuksiin, jonka seurauksena jouduttiin esittämään muutosehdotuksen myös uusiin kaivoihin. Muutosten hyväksymisen jälkeen uusien kaivojen korkeutta jouduttiin muuttamaan, mutta uudesta järjestelmästä saatiin näin ollen toimiva. Myös muita vanhojen putkitusten kartoituksia jouduttiin tekemään laiturialueella olleiden vanhojen sähköputkitusten takia. Monien laitureilla sijainneiden kaapeliputkitusten tarkkaa sijaintia ei ollut tiedossa ennen rakennustöiden aloitusta.

9.3.2 Merkintätyöt

Suurin osa päivittäisistä mittaustöistä oli uusien rakennettavien kohteiden maastoonmerkintätöitä. Käytännössä kaikkien rakennettavien kohteiden sijainnin tarkkaan määrittämiseen tarvitaan takymetrikalustoa. Merkitsemismenetelmät vaihtelivat kohteittain erittäin paljon. Tarkempia kohteita merkittäessä piti olla koko ajan osoittamassa kohteen tarkka sijainti, kun taas joidenkin kohteiden, kuten kaivojen, merkitsemiseen riittivät paalut, joista ilmeni vesijuoksun korkeus ja etäisyys kohteeseen.

Tarkimmat merkitsemistyöt olivat laiturielementtien ja katospilareiden sekä niiden anturoiden merkinnät. Laiturielementeistä haasteellisen merkitsemisen kannalta teki elementtilinjojen pituudet, jotka vaihtelivat laiturista riippuen 250–480 metrin välillä. Myös asentamiselle annetut toleranssit ovat tiukat (taulukko 7), kun on kyseessä näin pitkä kohde. Kouvolan uudet laiturielementit olivat uudentyyppisiä 2 000 mm pitkiä, niin sanottuja korkeita elementtejä. (kuva 4.)



Kuva 4. Asennetut elementit odottamassa tarkemittausta

Taulukko 7 Matkustajalaiturin sijainti ja asennustoleranssit suoralla raiteella (6, s.23)

	Normaaliarvo	Asennustoleranssi
Etäisyys raiteen keskiviivasta (mm)	D=1800	+20...-0
Korkeus kiskon selästä (mm)	H=550	+0...-30

Anturoiden pohjien sijainti ja korkeus merkittiin laiturilinjan viereiseen kiskoon, josta rakentajat saivat korkeuden tasolaseriin. Laiturielementin merkitsemisen apuna käytettiin putkilaseria, jonka sijoitettiin osoittamaan elementin harjan keskilinjaa. Laseria piti siirtää eteenpäin noin 50 metrin välein, jolloin tarkistimme aiemmin asennetut elementit. Tarkistamisen ja korjausten jälkeen elementit valettiin kiinni toisiinsa niiden liikkumisen estämiseksi.



Kuva 5. Pilarinantura valmiiksi raudoitettuna ja odottamassa valua

Katosanturat rakennettiin valmiiden muottien avulla, kuten kuvasta 5 ilmenee.

Anturalaاتikon nurkat merkittiin harjateräspätkillä kaivettuun kaivantoon. Kaivannon korkeuden työntekijät olivat saaneet aiemmin merkityistä korkeuspisteistä.

Anturamuotin asentamisen jälkeen merkittiin muottiin keskilinjat ja valamiskorkeuden tarkistettiin muotin kohtisuoruus. Anturanvalamisen jälkeen merkittiin pilarin keskilinjat anturaan, joiden mukaan pilarin muotti asennettiin. Vielä ennen pilarin asentamista tarkistettiin muotin pystysuoruus sekä kierto ja muotin sijaintia muutettiin tarpeen mukaan.



Kuva 6. Laiturin ja raiteen väliin rakennetut salaojalinjat

Putkilinjat kuten sadevesijärjestelmät, salaojat (kuva 6) ja sähköputkitukset merkittiin yleisesti paalujen avulla, joihin olimme kirjanneet tarvittavat tiedot kuten kaivon numeron, vesijuoksunkorkeuden, sekä kallistuksen seuraavalle kaivolle. Merkinnöistä rakentajat asettivat putkiston kaadon putkilaseriinsa ja asensivat putket sen avulla. Vaihtoehtoisena merkintätapana kaikki asentamisessa tarvittavat tiedot kirjattiin viereiseen raiteeseen. Kohteen sijainti määrittyi tällöin keskenään linjassa olevista merkinnöistä kiskoissa.

Tehtäviin kuului myös merkitä raiteiden alusrakenteiden uudet rakennekerrokset. Käytännössä kaikki merkinnät massanvaihtojen suhteen tehtiin vaihdettavan alueen vieressä sijainneeseen kiskoon. Vaihdettavan alueen viereiseen kiskoon merkittiin leikkauskorkeus, jonka syvyydeltä alusrakenteet oli tarkoitus vaihtaa, esimerkiksi leikkausta 1.2 m. Tällöin työnsuorittajat saivat tasolaseriin kiskon päältä korkeuden johon massat oli tarkoitus vaihtaa (kuva 7). Muutamissa kohteissa jouduttiin kuitenkin käyttämään perinteisempiä menetelmiä, kuten puisia merkintäpaaluja ja sihtilappuja. Sijoitimme paalut kahdenkymmenen metrin välein vaihdettavan alueen molempiin laitoihin ja kiinnitimme paaluihin sihtilaput 1–1,5 m:n korkeudelle suunnitellusta korkeudesta. Sihtilapuista kaivinkoneen kuljettaja sai ajokepin avulla tarkistettua leikkauskorkeuden paikkaansapitävyyden.



Kuva 7. Vanhat raiteet poistettuna sekä tukikerros kaivettuna

Merkintätöitä tehdessä on tärkeää tarkkailla oman työnsä laatua ja jälkeä. Merkintöjä tehdessä voi sattua pieniä virheitä, jotka voivat kertaantua isoiksi virheiksi. Työnjälkeä on hyvä seurata jatkuvasti ja tarkkailla, ovatko annetut etäisyydet, korkeudet tai sijainnit loogisia ja järkeenkäyviä. Mittaukset on helppo varmentaa esimerkiksi rullamitalla tai vastaavalla menetelmällä johonkin tunnettuun kohteeseen. Jatkuvalla mittausten seurannalla saa helposti karsittua pois monia virheitä. Hyvä tapa todentaa asemapisteen pysyvyys mittausten jälkeen on varmentaa se jollekin tunnetulle pisteelle. Yleensä pieniä muutoksia on voinut tapahtua, mutta tapauskohtaisesti tulee päättää, aiheuttaako muutokset jatkotoimenpiteitä. Yleensä muutokset johtuvat kojeen kallistumisesta tai esimerkiksi lämmön aiheuttamasta väreilystä.

9.3.3 Kartoitusmittaukset

RATO ja Tiehallinnon maastomallin mittausohje antavat ohjeistuksen kaikille kartoitettaville kohteille. Ohjeistuksen piriin kuluivat käytännössä kaikki rakennettavat kohteet. Rata-alueilla tehtävät mittaukset tulee koodata tiehallinnon mittausohjeen mukaisesti. Tiehallinnon ohjeistusta täydentää RHK:n oma mittaustyön ohje (2), josta selviävät kartoitettavat erikoiskohteet ja niistä vaadittavat tiedot.

Kartoitusten kannalta vaativimpia kohteita olivat laiturielementit, jotka jokainen piti kartoittaa molemmista päistä. Elementtilinjasta vaadittiin kartoitustietona taso sekä korkeussijainti verrattuna linjan teoreettiseen sijaintiin. Kartoitukset tehtiin puista sapluunaa apuna käyttäen, jonka avulla saatiin yhdellä mittauksella taso- ja korkeustieto. Näin ollen kolmannen laiturin molemmista linjoista piti kartoittaa 480 pistettä eli yhteensä 960 pistettä koko laiturilta. Kartoitusta ei kuitenkaan suoritettu yhdellä kertaa, vaan sitä tehtiin samalla kun elementtejä saatiin asennetuksi. Tällöin vaadittava kartoitustieto tuli muiden mittausten ohessa eikä työllistänyt yhdellä kertaa paljon.

Pilareista kartoitettavia kohteita olivat anturoiden nurkat sekä valetun pilarin yläpää. Anturan nurkista riitti yhdet pisteet, mutta itse pilarista valvoja halusi vähintään kahdeksan pistettä. Pilareiden yläpään kehältä kartoitettiin kuitenkin varmuuden vuoksi yleensä noin 10–12 pistettä, joiden avulla pilarin yläpään sijainti ja pystysuoruus oli helppo määrittää.

Sadevesi ja salaojalinjat kartoitettiin myös käytännössä samalla kun niitä rakennettiin. Kaivoista kartoitettiin pohjankorkeus, kaikki tulevat ja lähtevät vesijuoksut sekä kannen keskikohta. Itse putkilinjat kartoitettiin vesijuoksun korkeudesta noin 10–15 metrin välein. Kaarteissa pisteiden väliä on hyvä lyhentää muutamaan metriin.

Sähkökaivoista ja putkituksista kartoitettiin hyvin pitkälti samat tiedot kuin kuivatusjärjestelmistä. Kaivojen sijainti tallennettiin kannen keskikohdasta sekä putkitukset noin 15 metrin välein.

Raiteiden alusrakenteisiin tehdyt muutokset kartoitettiin leikkauspohjasta noin 5*5 metrin ruutuun kaivetulta alueelta. Työn tarkoituksena oli todentaa leikkauspohjan oikea korkeus eikä niinkään valvoa esimerkiksi vaihdettavan alueen rakenteiden tilavuutta.

9.4 Levykuormituskokeet

JT-mittauksen Oy:n tehtäviin kuului myös ottaa rakennettavalta alueelta vaadituista kohteista levykuormituskokeita. JT-Mittaus Oy:n on käytössä yhden kellon levykuormituskoje, jonka avulla voidaan määrittää maarakenteiden kantavuutta ja tiiveyttä. Kojeella kuormitetaan maata noin 40 cm halkaisijaltaan olevalla kiekolla 6 1 000 kg:n painolla. Suoritus toistetaan ja saatuja arvoja verrataan toisiinsa. Tulokseksi saadaan E2 arvo, joka kertoo kantavuuden, sekä mittauksen suhdeluku, josta ilmenee maan tiiveys. Tulokset kirjattiin pöytäkirjaan (LIITE 2) joka luovutettiin pääurakoitsijalle. Kohteet, joista levykuormituskokeet vaadittiin Kouvolan työmaalla, olivat elementtilinjojen ja katostelineiden pohjat, raiteiden pohjat sekä laiturin yleistäyttö.

9.5 Tarketiedostojen luovutus

Kaikista kartoitetuista tiedoista oli luovutettava vaaditut tiedot oikein koodattuina ja kaikki turhat pisteet karsittuina. Koodauksen piti olla Tielaitoksen maastomallin ohjeiden mukainen.

Tarketiedostot piirrettiin 3D-Win ohjelmistolla, jolla korjattiin väärät koodaukset ja muokattiin tiedostot muutenkin lähetyskelpoisiksi. Liitteessä 3 on kuvattu laiturin 3 sähköputkitusten tarketiedosto. Yleensä tarkkeet pyrittiin piirtämään välittömästi päivän päätteeksi, sillä virheistä oppimisen jälkeen mitattujen pisteiden muokkaus on huomattavasti helpompaa kun mittaus on vielä lähimuistissa. Omaa muokkaustiedostojen tekemistä helpottaa huomattavasti, kun kerralla jo mitatessa valitsee oikeat koodit pisteille ja kartoittaa valmiiksi taiteviivat.

Tarketiedostot lähetettiin tilaajalle pääurakoitsijan kautta sitä mukaa kuin projektin välitavoitteet saavutettiin. Näin myös saatiin tiedostot luovutettua nopeammin eteenpäin eikä tarketiedostojen tekeminen jäänyt roikkumaan. Yleisesti tarkkeet lähetettiin eteenpäin AutoCad tiedostomuodossa eli joko DWG- tai DXF- muodossa. Joistakin erikoiskohteista kuten elementtilinjasta tehtiin valmiiksi excel – taulukot, jossa oli kymmenen metrin välein mitatun tiedon ja teoreettisen tiedon vertailu. Vastaavanlainen vertailutiedosto piti myös tehdä katospilareiden kohdalla.

Kaikista sadevesilinjan kaivoista tehtiin myös erilliset kaivokortit, joissa ilmeni kaivon numero, vesijuoksujen korkeudet sekä kaivon sijainti ja kannen korkeus.

Päivittäisellä muutamien minuuttien piirtämisellä ja huolellisella mittauksella voi säästää myöhemmin useita tunteja ja tiedostot tulevat tehdyksi kerralla oikein.

9.6 Kalusto

Muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta kaikki kohteet mitattiin työmaalla robottitakymetrikalustolla. JT-Mittaus Oy:n kalusto vaihteli projektin aikana muutamaankin otteeseen koneiden rikkoutumisien ja kalustopäivitysten myötä. Pääosin kalustonamme oli Geodimeter robottitakymetri, mutta kesän lopun sateissa takymetrin näyttö vaurioitui rankassa vesisateessa ja saimme sen tilalle lähes vastaavan Trimble 5600 -sarjan takymetrin. Takymetrien ainut ero oli jälkimmäisen pintaan ja tarraan mittausominaisuus, joka nopeutti työskentelyä merkittävästi. Työmaan viimeisiin vaiheisiin saatiin käyttöön kuvan 8 mukainen Trimblen S6-sarjan takymetri (kuva 8), joka nopeutti mittaustoimintaa entistä enemmän. Kaikki kalustomme on kalibroitu ja todistetusti työskentelyyn soveltuva. Pääurakoitsija vaati alle vuoden vanhan kalibroitodistuksen kaikista työalueella käytettävistä mittausvälineistä.



Kuva 8. Trimblen S6 -takymetri käytössä Kouvolan työmaalla

9.7 Käytännön ongelmat

Työmaan aikana ilmeni useita ongelmia, jotka vaikeuttivat tai hidastivat päivittäistä mittaustoimintaa. Monet näistä ongelmista ovat vältettävissä mittauksen huolellisella suunnittelulla, mutta osaan ongelmista ei pysty vaikuttamaan, vaan niiden kanssa on opittava tulemaan toimeen.

Suurin ongelma päivittäisissä mittauksissa oli useat näköesteet mittaajan ja takymetrin välillä. Yleisesti mittaukset olivat helpoin suorittaa rakennettavan laiturin viereiseltä laiturilta. Ongelmaksi tällöin kuitenkin muodostui raiteelle pysähtyvät ja siinä vaihtoa odottavat junat. Joskus junien odotusajat saattoivat olla jopa puoli tuntia, jolloin mittauksia oli mahdoton suorittaa kyseiseltä kojeasemalta. Junien aikataulut oppi kuitenkin ennakoimaan muutaman turhan orientoinnin jälkeen ja vaihtoehtoisten kojeasemien miettimiseen ymmärsi hieman paneutua.

Muita esteitä näkyvyydelle olivat liikennöidyillä laitureilla kulkevat ihmiset ja työalueella useat työkoneet. Ongelmia on erittäin vaikea aina takuuvarmasti ennakoita, mutta kojeasemaa pystyttäessä on hyvä pitää kyseiset asiat mielessä. Vain harvoilla työmailla pystyy useita kohteita mittaamaan samalta kojeasemalta, joten uusien asemien alustavalla suunnittelulla voi tehostaa huomattavasti omaa mittaustaan.

Suureksi ongelmaksi vanhalla ratapihalla työskennellessä nousi myös junien aiheuttama maan tärinä. Tärinää voimisti myös ratapihan alikulkeva henkilötunneli, joka kantoi tärinän jopa useiden raiteiden alitse. Tärinää voimistivat vanhoissa kiskoissa olleet sidontapalat sekä vanhat puuratapölkyt, jotka joustivat painavien junien ylittäessä ne. Suuri osa mittausta häiritsevistä tärinästä johtui ohikulkevista rahtijunista. Myös työmaalla liikkuvat työkoneet aiheuttivat häiritsevää tärinää.

Tärinä vaikuttaa merkittävästi kojeen kallistumiseen, jonka jälkeen takymetri on tasattava ja orientoitava uudelleen. Tärinästä aiheutuvia ongelmia voi välttää sijoittamalla koje mahdollisuuksien mukaan mahdollisimman kauas tärinää aiheuttavista kohteista, kuten työkoneista sekä raiteesta. Samanlaisia ongelmia ilmenee myös muissa ratamittauksissa, joissa koje joudutaan sijoittamaan raiteen välittömään läheisyyteen.

Mittausohjeiden mukaisesti mittaajan on otettava huomioon myös tuloksiin vaikuttava lämpöväreily. Varsinkin ratapihoilla ja muilla alueilla joilla on useita raiteita lämpöväreily kuumina kesäpäivinä voi häiritä mittaustoimintaa paljon. Ongelmia ilmenee varsinkin silloin, kun mittaus suoritetaan useiden raiteiden yli. Lämpöväreilystä aiheutuvia ongelmia voi yrittää välttää sijoittamalla koje siten että kojeen ja mitattavan kohteen väliin ei jää raiteita. Ongelmat voi myös välttää mittausajankohtaa muuttamalla iltaan tai yöhön. Kaikkia mittauksia ei tietenkään voi siirtää yöaikaan, mutta esimerkiksi kartoitukset on hyvä siirtää aikaan, jolloin lämpöväreily on tasaantunut. Tällöin tuloksista saa mahdollisimman luotettavia jo ensimmäisellä mittauskerralla, sillä lämpöväreily saattaa aiheuttaa pitkillä matkoilla useiden senttien virheitä mittaustuloksiin.

10 Yhteenveto

Ratamittaukset vaativat mittaushenkilöstöltä paneutumista useisiin säädöksiin ja ohjeistuksiin. Työssä läpikäytiin Ratahallintokeskuksen antamat ohjeistukset siten, että lukijalle jäisi kokonaiskuva ratateknisistä mittauksista.

Työssä käytiin läpi ratateknistenmittausten pääkohdat ja yleisimmät ongelmat, joita mittauksissa ilmenee. Esimerkkeinä mittaustyöstä työssä käytettiin JT-mittaus Oy:n suorittamia mittauksia VR-rata Vuorenpeikkojen työmaalla Kouvolassa.

Työn tarkoitus on antaa valmiudet toimia mittaustyönjohtajana ja mittaajana Ratahallintokeskuksen tilaamissa rakennuskohteissa, kuten raiteiden ylläpidossa, vanhojen kohteiden perusparannuksissa sekä uusien ratalinjausten rakennustöissä.

Lähteet

1. Radankunnossa pidon ohjeet (www-dokumentti)
http://www.rhk.fi/tietopalvelu/radanpidon_ohjeet/ratatekniset_ohjeet_rato/ . Luettu 2.3.2010
2. Ratatekniset määräykset ja ohjeet, RAMO 2 (www-dokumentti) RHK:n julkaisu
<http://rhk-fi.bin.directo.fi/@Bin/fb3222809437c77490352e57e2892915/1270460561/application/pdf/1704812/RAMO%20%20Radan%20geometria.pdf> Luettu 12.3.2010
3. D15 Geodeettiset mittaustyöt (www-dokumentti) RHK:n julkaisu < <http://rhk-fi.bin.directo.fi/@Bin/d4fb4af893b4acdada661efb2439ed9e1/1270461626/application/pdf/32632/Rhk-d15.pdf>>. Luettu 12.3.2010
4. Maastomallinmittausohje (www-dokumentti) RHK:n julkaisu < http://rhk-fi.bin.directo.fi/@Bin/752cba34bd5b973fa44daf4b6cf7e785/1270461529/application/pdf/1795654/D%2015%20Liite_%20Maastomallin%20mittausohje.pdf>. Luettu 18.3.2010
5. RHK:n itärata-esite (www-dokumentti) <<http://rhk-fi.bin.directo.fi/@Bin/c5511a1f92108cbda9082b540df58a34/1270463561/application/pdf/1931621/It%C3%A4rata-esite.pdf>>. Luettu 10.3.2010)
6. Ratatekniset ohjeet, osa 16 Väylät ja laiturit (www-dokumentti) RHK:n julkaisu < http://rhk-fi.bin.directo.fi/@Bin/0fa2083c920f2b72e810c2f6a8ae6548/1270463689/application/pdf/2929948/RATO%2016_2009-07%20web.pdf>. Luettu 10.3.2010

Liitteet

Liite 1: Nuotituspohja

Pvm:

Mittaaja:

No:

Raide

VR

Raiteenrekkausnuotit

Myllymäki

Elem.	Km	m	Nosto	Siirto	Korkeus		Huom.	
					KV+180	R=	L=	h=
	333	257,779	20	10				
	333	260	18	5				
	333	280	16	5				
	333	300	15	-2				
	333	317,779	16	-4				
	333	320	13	3				
	333	340	12	10				
	333	350.291	14	15		200		
	333	360	15	18				
	333	372.422	17	14				
	333	380	13	15				
	333	400	8	16				
	333	418.147	8	13		-390		
	333	420	9	11				
	333	440	13	14				
	333	460	15	13				
	333	480	16	17				
	333	500	14	15				
	333	520	14	14				

Liite 2: Levykuormituskokeen tuloksia



Työmaa Kouvolan asema

Tilaaja Vuorenpeikot

Työn Numero

PVM 17.9.2009

Mittaaja Raikko Tarkiainen

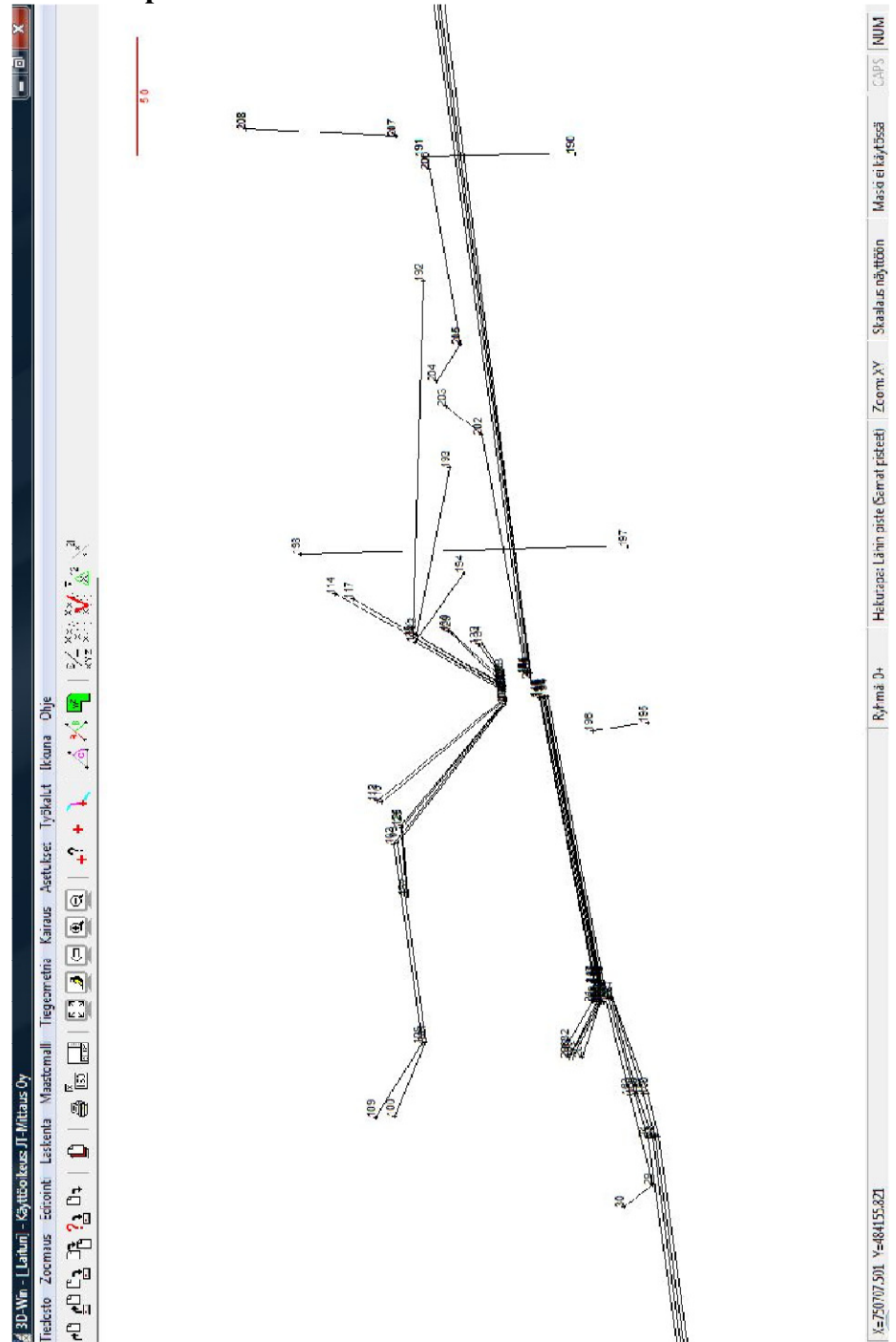
Paikka Kouvolan asema
Laituri 3

Levykuormitus tulokset

Vaativukset e2 >90 <2.2

PVM	PL	Laji	E1	E2	E2/E1
17.9.2009	600		50,55	99,53	1,96
	Keskiarvo		50,6	99,5	2,0

Liite 3: Laiturin 3 sähköputkitusten tarkkeet



Liite 4: ATU:n mitoitus

AUKEAN TILAN ULOTTUMAN MITAT SUORASSA RAITEESSA

