

MITTAUKSET RADAN RAKENTAMISESSA

Peruskorjattavan radan mittaukset

Lapin ammattikorkeakoulu

Sirviö Juho

Opinnäytetyö

Maanmittaustekniikka
Insinööri (AMK)

2023

Maanmittaustekniikka
Insinööri

Tekijä	Juho Sirviö	Vuosi	2023
Ohjaaja(t)	Janne Matilainen		
Toimeksiantaja	Lapin ammattikorkeakoulu		
Työn nimi	Mittaukset radan rakentamisessa		
Sivumäärä	32 + 5		

Opinnäytetyöni aiheena oli mittaukset radan rakentamisessa, joista työssäni käsiteltiin peruskorjattavan radan mittauksia. Tavoitteena oli laatia aloittelevalle ratamittaajalle opas, jossa olisi keskeisimmät työtehtävät ja ohjeistukset helposti luettavassa muodossa. Kuitenkin oma kokemukseni osoittautui esteeksi ja opinnäytetyö muotoutui työvaihe kohtaiseksi selostukseksi. Tavoite ei siis täydellisesti tullut saavutettua, mutta kyllä tästä hyötyä on mittaajalle, joka ensimmäistä kertaa radalle menee.

Työssäni käydään läpi vaihe vaiheelta mittausta vaativat työt, menetelmät, laitteet ja ohjelmistot sekä töihin liittyvä ohjeistus. Työssäni käytetyt lähteet ovat kaikki sähköisessä muodossa. Tutkimusmenetelmänä käytin kvantitatiivista tutkimusmenetelmää, jossa osa tietopohjasta muodostui omista havainnoista viime kesältä ja tarkempi tieto perusta sähköisistä lähteistä.

Opinnäytetyössäni saavutettu tutkimustulos oli se, ettei aloittelevalla mittaajalla ole saatavissa helposti luettavia ohjeita ja määräyksiä.

Avainsanat

Ratamittaus, rata, mittaus

Land Surveying Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Juho Sirviö	Year	2023
Supervisor(s)	Janne Matilainen		
Commissioned by	Lapin ammattikorkeakoulu		
Title	Measurements on Railway construction site		
Number of pages	32 + 5		

The topic of this thesis was measurements on a railway construction site. The purpose was to create a guidebook to novice railway surveyors with focus on work tasks and guidelines.

All surveyor's measurements, tasks, guidelines and regulations were reviewed step-by-step. Major part of the thesis knowledge base was gathered from the Internet. Information was also gathered from the author's previous work experience at Destia Rail. The research method was quantitative method.

The results of the thesis study showed that there were not any easy-to-read regulations or guidelines for novice surveyors. Most of the information that a surveyor needs was hard to find and very difficult to interpret. This thesis provides that information for novice surveyors.

Keywords: Railway measurements, railway, surveying

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 KÄSITTEET	7
3 TAUSTAA	8
3.1 Suomen rataverkko.....	8
3.2 Radan rakenne	8
3.3 Radan rakentamisen ohjeistukset ja määräykset.....	11
3.4 Radan geometria	12
4 RADAN RAKENTAMISEN MITTAUSTYÖ	13
4.1 Alustavat työt	15
4.2 Radan pohjan mittaukset ja pölliviivan piirto	16
4.3 Nuotin mittaaminen	19
4.4 Vaihteen asennus	24
4.5 Ratatyömaan muut mittaukset	24
4.6 Koneiden tarkistukset ja takymetriä kenttäkalibroinnit.....	26
5 POHDINTA	32
6 LÄHTEET	33
7 LIITTEET	34

1 JOHDANTO

Suomessa rataverkko on laaja, mutta paikoitellen huonokuntoinen. Vähemmän käytetyt radat eivät osaltaan kestä kunnolla edes nykyisiä liikennemääriä ja rataosuudella pitää pienentää nopeuksia, jotta junat kulkevat turvallisesti. Nämä radat kuljettavat monesti tavaraa teollisuuden tarpeisiin, eikä tällainen ole kustannustehokasta, jos rataa pitkin pääsee vuorokaudessa vain yksi tai kaksi junaa ja nekin hitaasti. Suomen rataverkon kunnossapidosta vastaa Väylä.

Väylä vastaa kunnossapidosta ja Suomen rataverkko on jaettu 12 kunnossapitoalueeseen. Rataverkkoa valvotaan ja pidetään kunnossa kaikkien rataosien osalta niiden koko käyttöajan ajan. Radan kuntoa havainnoidaan monella eri keinolla ja näillä saadaan selville radan tarvittavat huoltotarpeet. Tarvittavia huolto- toimia tehdään radan koko rakenteelle. Radan rakenne tullaan käymään tarkemmin läpi myöhemmin. Näillä havainnoilla ja tehdyillä huolloilla sekä korjauksilla pyritään pitämään Suomen rataverkko liikennöitävässä kunnossa. Radalla työskentely vaatii tietynlaista erityisosaamista sekä -kalustoa. (Väylä 2023)

Radan kuntoa valvotaan useilla eri tavoilla. Havaintoja tulee liikennöitsijöiltä, ja havainnot voi käydä tarkastamassa mittamies tai radan tarkastusvaunu. Lisäksi käytetään kävelytarkastuksia. Tarkastusvaunulla käydään tiheään liikennöidyt rataosuudet läpi eli pääradat 6 kertaa vuodessa. Muita rataosuuksia radantarkastusvaunu Meeri tarkistaa pari kertaa vuodessa.

Huonokuntoiset radat peruskorjataan eli tehdään päällysrakenteen vaihto. Tällöin rata revitään kokonaan auki ja vaihdetaan myös kiskojoen ja ratapölliön alla olevat tukikerrokset. Ratageometriaa voidaan myös tässä vaiheessa muuttaa. Käytännössä koko operaatio tapahtuu katkon aikana, jolloin esimerkiksi kaivinkoneilla poistetaan ensin kiskot ja vanhat ratapölliöt. Seuraava kaivinkone kaivaa vaihdettavan tukikerroksen pois, tämän jälkeen kolmas kaivinkone lanaa pohjan tasaiseksi ja oikeaan korkoon. Seuraavana letkassa on mittamies, joka valvoo, että pohja on varmasti oikeassa korossa sekä varmistaa kaltevuuden ja pohjan leveyden. Lisäksi mittamies piirtää pölliviivaa. Neljäs kaivinkone asettelee pöllit käsिमiehen avustuksella pölliviivan mukaan. Tämän jälkeen tulee kiskotus.

Letka jatkuu vielä sepelitopalla, joka kuljettaa raidesepelin. Sepelitoppaa seuraa tukemiskone ja tukemisen jälkeen tulevat vielä hitsaajat. Koko operaatio on todella mittava niin koneiden kuin työntekijöidenkin osalta ja mittamies on tärkeä elementti onnistumisessa.

Oma idea opinnäytetyöhöni oli tehdä pienimuotoinen opas aloittelevalle rata-mittaajalle. Työstä kuitenkin muotoutui enemmänkin työn kuvaus, jossa edetään vaiheittain eteenpäin. Kuitenkin tämä toimii osaltaan työvaihekohtaisena oppaana.

2 KÄSITTEET

ATU	alueellisen tilan suojaulottuma
Kv	korkeusviiva
Tiemies	Leica:n tienmittaus - toiminto
Laatumies	tietokoneohjelma, jolla luodaan työ Laatumieheen
RATO	Ratatekniset ohjeet
.Ver	tiedostomuoto, jolla saadaan nuotti tuke- miskoneelle
.gpx	tiedostomuoto, joka mahdollistaa gps-tieto- jen tallentamisen ja käyttämisen
Takymetri	kulman- ja etäisyyden mittaava mittalaite
Gnss-mittalaite	satelliittipaikannukseen perustuva mittalaite

3 TAUSTAA

3.1 Suomen rataverkko

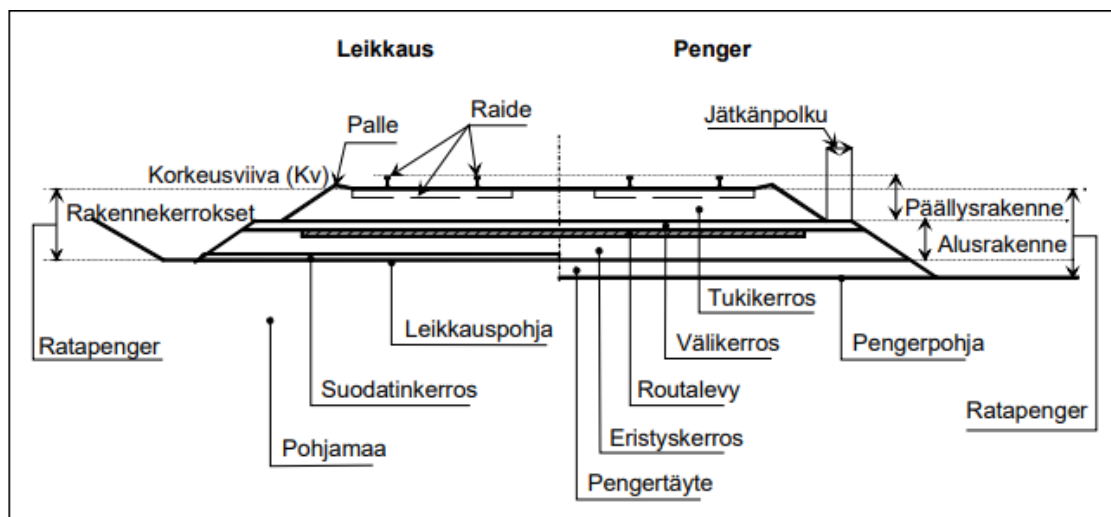
Suomessa liikennöidyn rataverkon raideleveys on 1524 mm, kun muualla Euroopassa se on 1435 mm. Tällä hetkellä Suomessa selvitetään mahdollisuuksia muuttaa Suomen raideleveys vastaamaan muuta eurooppalaista raideleveyttä. Selvitystyötä tekevät Proxion Plan Oy, joka toimii pääkonsulttina sekä Destia ja Ubigo Oy. Selvitystyö sisältää raideleveyden tulevaisuuden vaihtoehdot sekä näiden hyödyt ja haitat. Työhön kuuluu myös jatkoselvitystarpeiden selvittäminen. Selvitystyö pitäisi alustavasti valmistua maaliskuussa 2023. Nykyisellä raideleveydellä olevaa liikennöityä rataverkkoa on Suomessa vuoden 2018 lopussa 5926 km, josta sähköistettyä 3300 km (liite 1). Sähköistetyssä radassa jännite on 25 kV ja taajuus 50Hz. Valtaosa rataverkosta on yksiraiteista eli 5234 km, loput ovat kaksi- tai useampiraiteista. Iso osa rataverkosta sallii 22,5 tonnin akselipainon ja 25 tonnin akselipaino sallitaan vain muutamilla pienemmillä rataosuuksilla. Nopeuksista sen verran, että henkilöjunilla maksimi nopeus on 220 km/h ja 120 km/h tavarajunilla. Raideyhteyksiä muualle Eurooppaan on Tornioista Ruotsiin ja Vainikkalasta Imatrankoskelta, Niiralasta ja Vartiuksesta Venäjälle. (Väylä 2021a)

Rataverkko jaotellaan 12 kunnossapitoalueeseen (liite 2). Kunnossapitoalueet kilpailutetaan ja jokaisen alueen kunnossapitäjä hoitaa omaa aluettaan viisi vuotta kerrallaan. Rataverkko on vielä jaettu Etelä-, Itä-, Länsi- ja Pohjois-Suomen aluehallintayksiköihin ja jokaisella alueella on nimetty rataisännöitsijä.

3.2 Radan rakenne

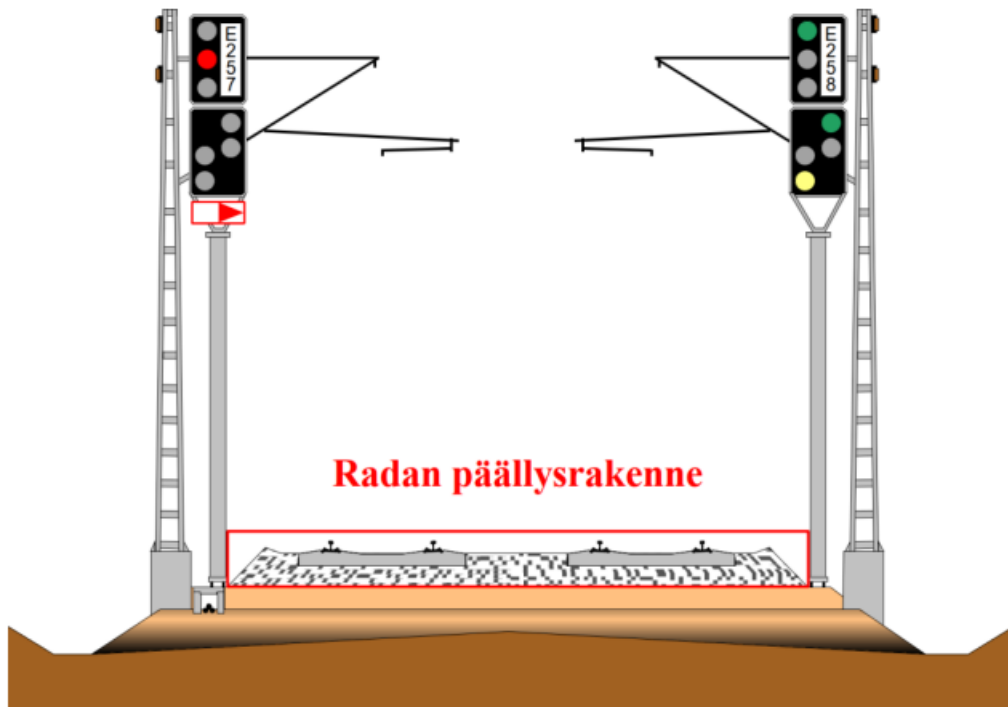
Radan rakenne määritellään ratateknisissä ohjeissa. Raiteet ja niiden alla olevat alus- ja päällysrakenteet muodostavat yhdessä radan rakenteen. Ratapölkkyillä tuetaan rata alapäin ja niitä pitää paikallaan ratapenger, joka on alus- ja päällysrakennetta. Alusrakenteella pyritään vähentämään tai jopa ehkäisemään alusra-

kenteen alla olevien maakerrosten routimista ja sen tehtävä on myös vastaanottaa junan aiheuttamat kuormat sekä ohjata ne pohjamaahan. Lisäksi alusrakenne vähentää routimisen aiheuttamia muodonmuutoksia. Radan rakenneosat on esitetty kuviossa 1. (Väylä 2018)



Kuvio 1. Radan rakenne (Väylä 2018)

Raide ja tukikerros muodostavat yhdessä radan rakenneosan, joka on päällysrakenne (kuvio 2). Raide itsessään muodostuu useammasta eri osasta eli ratapölkkyistä, kiskoista ja näiden kiinnitys- ja jatkososista sekä vaihteista ja muista raitteen erikoisrakenteista. Nämä yhdessä pitävä huolen, että junalla on vakaa alusta ja liikenteen kuormat jakautuvat tasaisesti alusrakenteisiin eikä raitteen geometria pääse muuttumaan. Tukikerroksen materiaalina käytetään raidesepeliä tai raidesoraa. (Väylä 2021c)



Kuvio 2. Radan päällysrakenne (Väylä 2021c)

Raiteet luokitellaan vielä erikseen kiskopituuden mukaan. Yli 300 metrin raidetta kutsutaan jatkuvakiskoraiteeksi. Kyseisessä raiteessa lämpölaajeneminen on huomioitu, paitsi kiskojen päissä. Raide mahdollistaa paremman matkustus mukavuuden ja suuremmat nopeudet ja pienemmät rasitukset rakenteisiin. (Väylä 2021c)

Pitkäkiskoraide on taasen vähintään 25 m ja maksimissaan 50 m pitkä. Tällaista ratkaisua käytetään erikoistapauksissa, kuten silloilla, joissa voidaan käyttää pysyvänä ratkaisuna. Muuten mahdollinen käyttö on ennen kuin kiskot hitsataan jatkuvaksi. (Väylä 2021c)

Lyhytkiskoraide on pituudeltaan maksimissaan 25 m. Harvoin liikennöidyillä osuuksilla voidaan käyttää lyhytkiskoraidetta. Tässä tyypissä lämpölaajeneminen on huomioitu jatkosraoilla, jotka määritellään RATO:ssa. (Väylä 2021c)

Kiskoja luokitellaan eri tavoilla ja yksi niistä on paino. Painon muuttuessa muuttuu myös kiskon korkeus, joten tarkkana saa olla ja tarkistaa kiskojen merkinnät.

Kiskoprofiili	korkeus [mm]	hamaran leveys [mm]	jalan leveys [mm]	varren paksuus [mm]	massa [kg/m]	poikki-pinta [mm ²]
K30	120	56	100	11,5	30,00	3817
K33	128	60	110	12	33,48	4275
K43S (K43)	140	70	125	14	43,57	5564
UIC54	159	70	140	16	54,43	6934
54E1	159	70	140	16	54,77	6977
K60	165	78	150	16	59,74	7610
UIC60	172	72	150	16,5	60,26	7686
60E1	172	72	150	16,5	60,21	7670

Kuvio 3. Kiskoprofiili (Väylä 2021c)

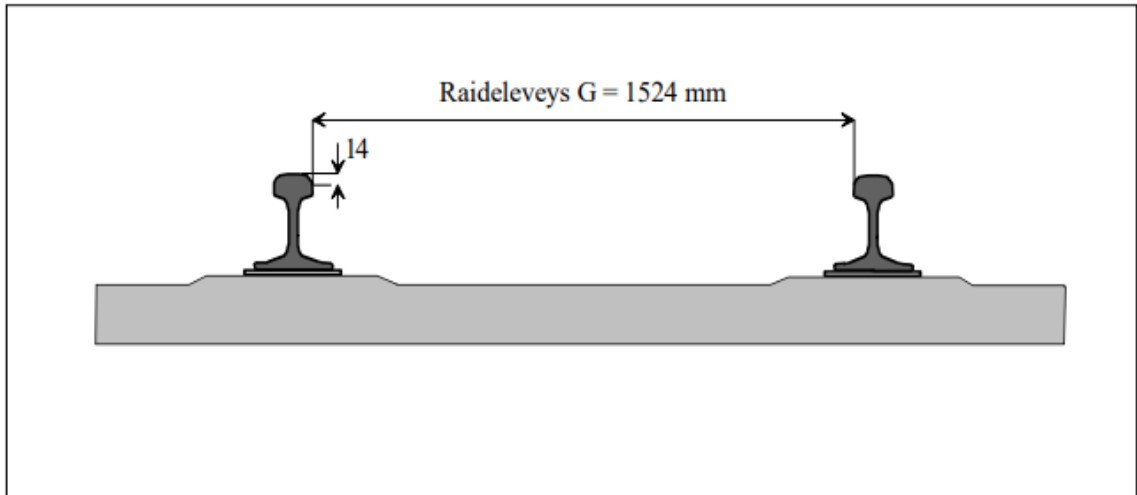
Ratapöllit ovat pääsääntöisesti betonia ja niilläkin osuuksilla, joilla puisia ratapöllejä vielä on, niin tullaan varmasti päällysrakenteen vaihdon yhteydessä korvaamaan betonisilla pölleillä. Pöllien muoto ja koko vaihtelee käyttötarpeen mukaan, sillä jatkuvakiskoraiteelle käytetään erilaista pöllä kuin esimerkiksi lyhytkiskoraiteelle. Betoniset ratapöllit vaihtelevat kokonsa puolesta hieman. Hyväksytyt pöllit ovat pituutensa puolesta 2500–2600 mm, korkeus 192,5–240 mm ja leveys 240–300 mm. Kiinnitystapa vaihtelee myös tarpeen ja kiskoprofiilin mukaan (Väylä 2021c)

3.3 Radan rakentamisen ohjeistukset ja määräykset

Radan rakentamista ohjaa Väylävirasto. Ratateknisiä ohjeita löytyy Väylä.fi -sivustolta useampia. Lisäksi ohjeistuksia antaa Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot - mittausohjeet, jossa esimerkiksi nuottimittauksen tarkkuus määrittely. Inra-Ryl:stä löytyy rakentamisen ohjeistuksia ja toleranssit rakennekerrokseen. Väylän sivuilta löytyy myös kattava luettelo kaikista rataan liittyvistä ohjeista, nimeltään Radan tekniset ja turvallisuusohjeet.

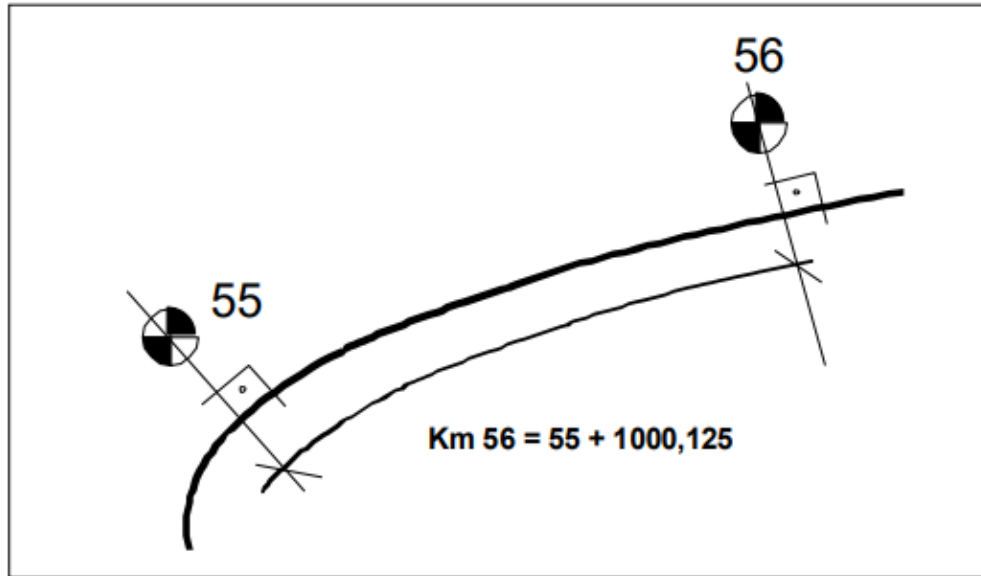
3.4 Radan geometria

Suomessa raideleveys on 1524 mm kiskojen kulkureunan välillä, 14 mm kiskon selän alapuolella. Poikkeuksia on kaarteet ja vaihteet, jotka ovat säteeltään yli 200 m. Tällöin käytetään raideleveyden levitystä RATO:n osa 11 ja RATO:n osa 4 mukaan. (Väylä 2021b)



Kuvio 4. Raideleveys. (Väylä 2021b)

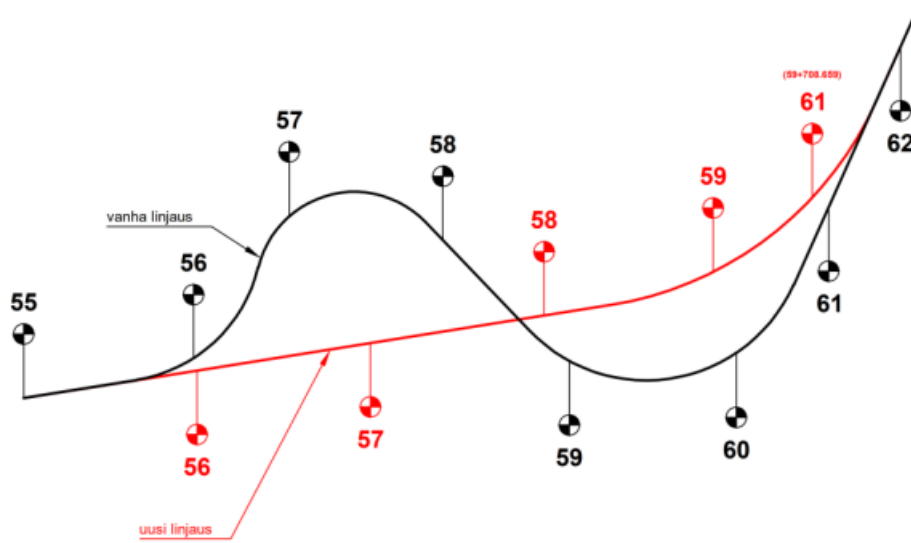
Ratakilometri on tietyn mittainen tunnuksella merkattu osa rataa. Merkkaava tunnus on edeltävän tunnuksen mukainen. Ratakilometri alkaa aina tasakilometripisteeltä ja päättyy seuraavaan tai siihen kohtaan mihin pituusmittausraide päättyy. Itse ratakilometri on pituudeltaan tasakilometripisteiden pituusmittausraiteella olevien projektiopisteiden matka vaakatasossa pituusraiteen keskilinjaa pitkin (kuvio 5). Ratakilometrin mitta lasketaan vaakageometrian elementeistä, jotka on määritetty XY-tasossa. Pituuden määrittelyssä ei huomioida korkeuden vaihtelua. (Väylä 2021b)



Kuvio 5. Ratakilometri (Väylä 2021c)

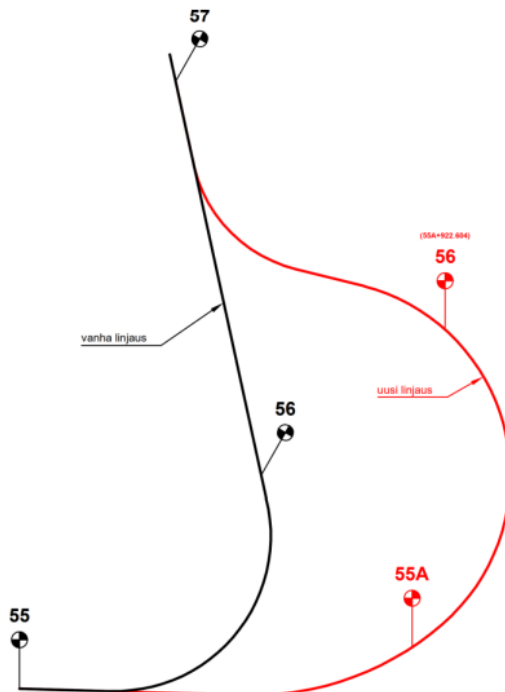
Junaradalla kilometri ei välttämättä ole 1000 m, mutta yleensä kuitenkin n. 1000 m. Ratakilometri saattaa heitellä suuntaan tai toiseen kymmeniä metrejä ja joissakin tapauksissa satojakin metrejä. Tämä johtuu osittain ratojen oikaisuista tai geometriamuutoksista. Koordinaattijärjestelmällä on myös oma vaikutuksensa ratakilometrin pituuteen. (Väylä 2021c)

Rataoikaisun ulottuessa tasakilometripisteen ohi on uudelle kilometripisteelle määritettävä uusi sijainti. Oikaisussa loppukohtaa ennen olevan tasakilometripisteen tunnus säilyy samana ja loppukohtaan ratakilometri pysyy samana, jotta oikaisun jälkeiset paikalleen jäävät rataosoitteet eivät muutu. Uudet muut oikaisun ratakilometripisteet pitää suunnitella niin, että ennen viimeistä oleva ratakilometri on 500–1000 m pitkä. Muut mahdolliset ratakilometrit 1000 m pitkiä. Rata voi myös lyhentyä isojen oikaisujen kohdalla niin paljon, että jokin ratakilometrin tunnus poistuu kokonaan (kuvio 6). (Väylä 2021c).



Kuvio 6. Ratakilometri radan lyhentyessä (Väylä 2021c)

Ratalinjan voi mahdollisesti pidentyä (kuvio 7) niin paljon, että se kasvattaa ratakilometriä. Tunnusten numerojärjestelmän säilyttämiseksi lisätään aakkosten alusta kirjain tunnukseseen, jotta tunnus saadaan yksilöityä (Väylä 2021c).



Kuvio 7. Ratakilometri radan pidentyessä (Väylä 2021c)

4 RADAN RAKENTAMISEN MITTAUSTYÖ

Päälysrakenneurakassa mittaajan työt alkavat hyvissä ajoin ennen varsinaista urakkaa. Mittaajan työ alkaa valmisteluilla, johon kuuluu lähtötietojen tarkistaminen ja suunnitelmamallien tarkastaminen, jotka ovat olleet pohjana laskennan massalaskuissa. Valmisteleviin töihin kuuluu myös tarvittavien välineiden hankkiminen ja alustava mittaussuunnitelma sekä pisteverkon suojaaminen ja tarkistaminen. Alustavien töiden jälkeen alkavat varsinaiset mittaukset. Mittaukset ovat pääsääntöisesti radan pohjan mittauksia, jossa samalla piirrettiin ”pölliviivaa”. Pölliviiva on laskennallisesti raiteen keskilinjasta 1,3 m oikealle, kun mennään radalla ratakilometrien kasvavaan suuntaa, tällöin takana tuleva pöllin jakaja näkee viivan paremmin eikä aja kaivinkoneella viivan päältä. Ahtaissa kohdissa, kuten kallioleikkauksissa viivaa voidaan piirtää molemmin puolin. Radan rakentamisessa mittaustyö on muutakin kuin pelkkää pölliviivan tekoa, työtehtäviin kuuluu nuotin mittaaminen, tarkkeen mittaaminen, monet erilaiset merkintämittaukset ja tarkistusmittaukset. Esimerkiksi kävin mukana mittaamassa sillan yli kulkevien kiskojen kallistuksia, mittaamassa rumpuja paikalleen tai kaapelikaivojen paikkojen merkkausta. Mittaaminen on tälläkin puolella hyvin monipuolista ja mielenkiintoista, joskus voi myös olla, että eteen tulee mahdollisuus suorittaa dronelentäjän koulutus.

4.1 Alustavat työt

Alustavat työt ovat olemassa olevien kiintopisteiden tietojen hankkiminen ja käsittely 3DWin-ohjelmistolla tarvittaessa, vähintäänkin kääntäminen oikeaan formaattiin, jotta kiintopisteet saa maastotallentimelle. On myös erittäin kätevää, kun pisteet tallentaa suoraan gpx-formaattiin, jolloin pisteet saa näkyviin puhelimen Maastokartat-sovelluksessa.

Itse kiintopisteiden tarkastaminen ja suojaaminen tapahtuu paikan päällä. Pisteet haetaan GNSS-mittalaitteistolla, Merkitse piste -toiminnolla. Jokainen piste myös suojataan tulevaa urakkaa ajatellen. Suojaamisella tarkoitan pisteen ympärille

maahan hakattuja puupaaluja, joihin merkataan pistenumero ja paalujen kärjet merkataan merkintä maalilla sekä pujotetaan paaluihin vielä huomionauha.

Alustavat työt jatkuvat mittausperustan tarkastamisella. Mittausperusta tarkastetaan orientoimalla takymetri tarkastettavalle pistevälille, mutta itse mittausperustan laatiminen on monivaiheinen ja tarkkuutta vaativa työvaihe. Myös tarkastaminen pitää suorittaa tarkasti ja huolellisesti vaikka itse suoritus kuulostaa yksinkertaiselta, sillä hyvä ja toimiva kiintopisteverkko on koko urakakan elinehto. Hyvällä pohjatyöllä säästetään aikaa ja rahaa. Hajonneen tai liikkuneen pisteen havaitsee helposti, sillä orientointi ei onnistu tai piste on silminnähdessä vääntynyt tai kokonaan poissa. Orientointi tehdään yksi taakse päin ja yksi eteenpäin. Tällä selvitetään varmasti toimimaton piste. Mittaajan tehtävänä on myös omalta osaltaan kirjata päivän orientoinnit ja tulokset mittauspöytäkirjaan. Orientoinnit ovat suositeltavaa tallentaa omaan työhön selkeyden vuoksi. Mittauspöytäkirjaan merkaataan mitatut pistevälit ja havainnot toimivista/rikkinäisistä pisteistä.

Mittausperustan tarkastamisen jälkeen aloitetaan tarkempi tarkastelu rikkonaisille pisteille. Mahdollisuus on tehdä täysin uusi piste uudelle paikalle, mitata rikkinen paikka tai tehdä uusi apupiste. Uusien itse mitattujen pisteiden tai apupisteiden käyttämiseen on syytä varmistaa työnjohdolta tilaajan kanta. Mittaukset suoritetaan takymetrillä.

4.2 Radan pohjan mittaukset ja pölliviivan piirto

Päälysrakenteen vaihdon alkaessa rataliikenne katkaistaan täysin tietylle aikavälille. Tällöin puhutaan katkosta. Katkon aikana kiskot katkaistaan ja revitään irti ja pohjaa kaivetaan auki. Tällä välin mittaja orientoi takymetrin valmiiksi, jotta kaikki olisi valmiina, kun pohjaa on tarpeeksi lanattu. Mittaajan perusvarusteissa on hyvä aina olla reilusti merkintämaalaa, rullamitta, vahaliitua, kaarilistaus ja vara-akut. Itse pölliviivan piirto tapahtuu takymetrillä siten, että raidegeometria tuodaan Laatumiehellä maastotallentimen Tiemieheen. Tiemiehestä valitaan oikea tie, tässä tapauksessa raide, ja aloitetaan piirtäminen. Tie, joka valitaan pitää olla se, jossa on radan keskilinja. Tarkistetaan menemällä mittalaitteiden kanssa

tulevan radan keskikohtaan VR-mittaustilassa, jolloin b-mitta näyttää lähelle nol-
laa ja nollaankin pienellä hakemisella. Tästä pöllin reuna tulee n.1,3 m päähän,
joten pölliviiva piirretään siihen. Ratapöllin pituus on siis 2.6 m. Pölliviivaa piirre-
tään pöllejä jakavan koneenkuljettajan sekä apuna olevan käsimiehen toiveiden
mukaan (kuvio 9). Samalla mittaja huolehtii radan pohjan koron pysymisestä
oikeanlaisena. Kv:n ollessa 55 pysyi pohja optimi korossa. Mittaja myös varmis-
taa, ettei radan pohja lähde kallistumaan mihinkään suuntaan. Tarkistaminen on
hyvä tehdä säännöllisesti ja aina vähintään kolmesta kohtaa. Toteumapisteitä ot-
taa myös mittaja, vaikka mallipohjaisessa urakassa kaivinkoneissa on koneoh-
jaus, jolla toteumapisteet otetaan rakennekerroksien taitekohdista 20 metrin vä-
lein. Rakennekerrosten toleranssirajat (kuvio 8) on myös hyvä olla mittajalla tie-
dossa.

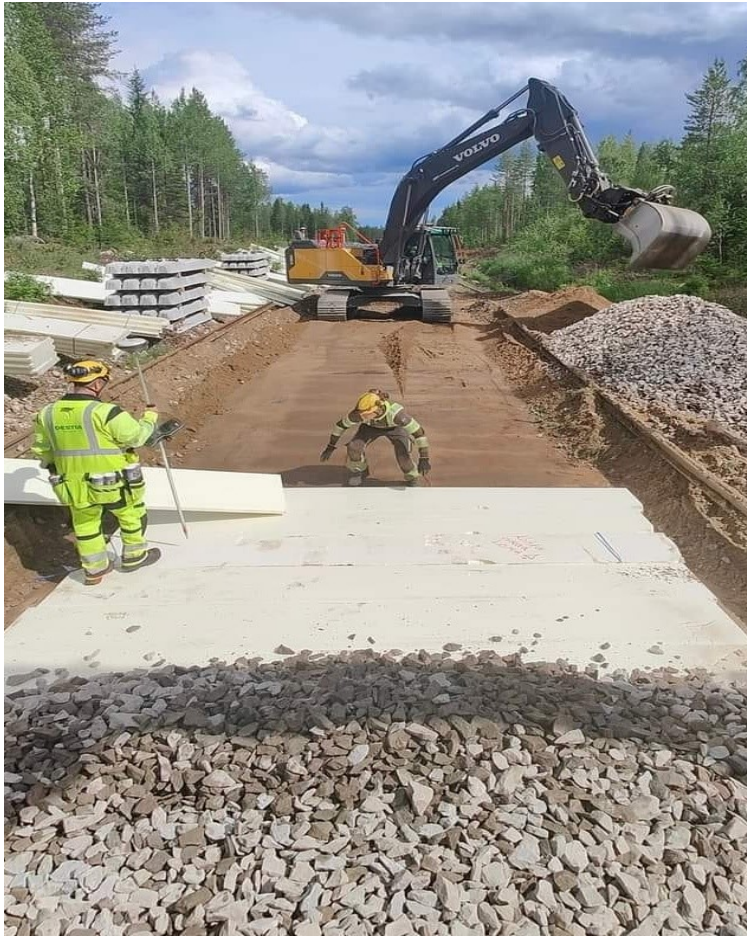
	Suurin sallittu yks. sijainnin poikkeama	Suurin sallittu yks. kor- keuden	Työkoneautomaatiojärjes- telmältä vaadittava tark- kuus XY;Z
	mm	mm	mm
Maaleikkaus, maa- penger, tie ja rata	- 0 / +150	+ 0 / -100	+ - 100; + -30
Louhepenger	- 0 / +200	+ 0 / -100	+ -100, + -30
Suodatinkerros tie	- 0 / +150	+ - 40	+ - 100; + -30
Jakavakerros tie	- 0 / +150	+ - 30	+ - 50; + -30
Kantavakerros tie	- 0 / +150	+ - 20	+ - 50; + -20
Eristyskerros yläpinta, rata	- 0 / +100	+0 / -50	+ - 50; + -30
Välikerros yläpinta, rata	- 0 / +50	+0 / -20	+ - 50; + -15

Kuvio 8. Rakennekerrosten toleranssit (InfraRYL 2015)



Kuvio 9. Piirrettyä pölliviivaa

Urakka-alueen ollessa routivalla alueella, tarvitaan pohjalle routalevytyks (kuvio 10). Pohja mitataan takymetrillä tasaiseksi, pohja on myös routalevyn paksuuden verran alempana. Levytyksen aloitus mitataan kiinni eli ensimmäisen routalevyn päistä mitataan sijaintitieto. Tätä jatketaan kahdenkymmenen metrin välein. Samalla seurataan pohjan tasaisuutta sekä varmistetaan levytyksen suoraan kulkeminen. Nämä mittaukset mallipohjaisessa urakassa pystyy myös suorittamaan gnss-mittalaitteella, mikäli laatusuunnitelmat sen sallivat.



Kuvio 10. Routalevytys

Uutta rataa tehdään päivässä ennalta sovitun tavoitteen verran. Tavoitteen täytyttyä kiskot kiinnitetään. Mikäli rakennetulla rataosuudella on kaaria, pitää ne merkata tukemiskonetta varten kiskoon. Mittaajalla on kaarilistaus, joko paperilla taskussa tai puhelimessa sähköisenä. Tässä työvälineenä gnss-mittalaite, kaarilistaus (liite 3) ja liitu sekä merkintämaali. Tarkistetaan listauksesta ratakilometri mistä kaari alkaa ja merkataan sisäkiskoon esimerkiksi 740+680 SA LK60 R1401 D60. Ensimmäisenä on ratakilometri, mikä kaari kyseessä, sitten pituus, säde ja kallistus. Vaihdepaikoilla merkataan etu- ja takajatko sekä vpp eli viimeinen pitkäpölli.

4.3 Nuotin mittaaminen

Nuotituksella tarkoitetaan raiteen kartoitusmittausta, josta tuotetaan listaus raiteen pysty- ja vaakageometrian sijaintitiedoista suunniteltuun geometriaan. Nuotitusta varten tuettava raide kartoitetaan, tällä saadaan selville nostot ja sivusiirrot

radan eri kohdissa. Nuottia mitataan Leica:ssa tiemies-ohjelmalla. Laite orientoidaan mitattavalle pistevälille. Vaihdetaan mittaussauvan piikin tilalle kiskorauta (kuvio 11), joka on kiskoprofiiliin sopivaksi suunniteltu. Asetetaan kiskorauta kiskolle ja mittanauhalla mitataan kiskon pohjasta 360-prisman puoleen väliin, jotta saadaan sauvalle oikea korko. Ilman mittanauhaakin pärjää, mutta silloin täytyy tietää, minkä painoinen kisko on kyseessä, jotta pystyy tarkistamaan kiskon korkeuden ja laskemaan prismakoron. Tässä huomaa, sitten eri kisko tyypit. Kannattaa aina tarkistaa kiskon stanssauksesta (kuvio 12), että onko kyseessä 60:nen kisko vai joku muu.

Itse nuotin mittaaminen on yksikertaista, mutta tarkkuutta vaativaa. Itse mittasin jatkuvalla mittauksella ja tallensin siitä havainnon. Mittaustapa voi olla jatkuva- tai kertamittaus. Nuottia mitataan 10–20 m välein ja aloitus mielellään aina täydeltä kympiltä eli juokseva paaluluku on tasan kymmenen, silloin mittauksista tulee helpommin tarkistettavia. Kaarteet 5–10 m välein ja kaarteissa myös 100 m välein kallistus. Mittaaminen tapahtuu johtokiskosta, eli kulkusuuntaan oikeasta kiskosta ja mittaamisen ohessa merkataan paaluluku kiskoon jokaisella havaintopaikalla sekä mahdolliset puuttuvat kaarimerkit. Kaarteissa mittaus tapahtuu sisäkaarten kiskosta koko kaarteen matkalta ja vaihteet 5 m välein. Tärkeää on myös tallentaa mittauksen aloitus- ja lopetuskohta sekä merkata vaihtopiste arvot, jotta voi seuraavan pistevälillä mittauksen aloituksessa verrata arvoja edellisen lopetukseen. Erikseen tallennettavia kohtia ovat myös kaarteiden alku ja loppu, tasoristeykset ja sillat. Nuottimittauksen tarkkuus on määritelty Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot – mittausohjeessa, kohdassa radan kartoitus.

Nuottimittauksen voi aloittaa vasta kun routa on sulanut, sillä routa voi vaikuttaa kiskon asemaan. Kiskon asemaan vaikuttaa myös liikennemäärät ja nämä asiat otetaan huomioon mittauksen suunnittelussa. Huomioitavaa on myös rajoittavat rakenteet, jotka estävät raiteiden aseman muuttamista, kuten tasoristeykset.

Mitatessa suunnitellaan järjestys tukemiselle, sen tekee mittaaja tai nuotinlaatija. Samalla määritetään tarkasti tukemisen alku- ja loppupisteet viisteineen. Monessa paikassa nuottia halutaan mitata tiheämpään ja tätä varten on mittausvaunu. Vaunulla pystyy mittaamaan todella tiheään ja huomattavasti nopeammin kuin takymetrillä. Itse en tällaista päässyt käyttämään, mutta kyseinen laite kyllä

esiteltiin. Nuottilomake sisältää paljon tietoa, kuten mittajaan ja nuotin laatijan tiedot, käytetyt mittalaitteet ja käytetty raidegeometria vain muutamia mainitakseni. Todennäköisesti kaikki työssä käytettävät lomakkeet ovat valmiita pohjia, joten näistä ei tarvitse huolehtia. (Väylä 2022).

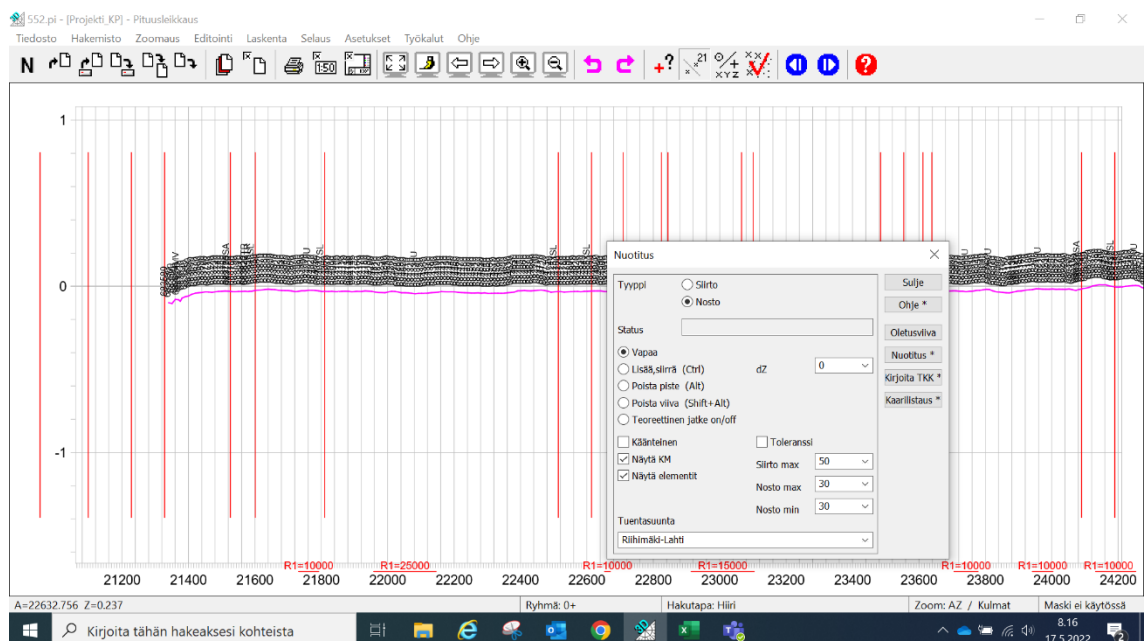


Kuvio 11. Kiskoraudan käyttö.



Kuvio 12. Kiskon stanssaus

Mittaamisen jälkeen laaditaan nuotti (kuvio 13). Editointi ja nuotin teko tehdään 3Dwin-ohjelmalla. Editoinnissa mittauksia siivotaan kuten poistetaan selkeät virheet ja tupla pisteet. Ratageometria lisätään myös tässä vaiheessa.



Kuvio 13. Nuotin aloitus.

3DWin-ohjelmassa on erikseen nuotin tekemiseen oma kohta. Sitä ei oletuksena ole valmiina vaan se pitää erikseen ottaa käyttöön. Sen kun käynnistää niin pääsee näkemään radan vaaka- ja pystygeometrian. Uuden radan nuotissa ei mennä kunnossapidon nuottilaatimisen toleranssien mukaan. Pääsääntönä oli, että rata nostetaan noltaan ja sivusiirrot myös. Huomioitava kuitenkin, ettei rata saa jäädä 0-tason yläpuolelle eli kovalle. Valmis nuotti kirjoitetaan ulos .ver-tiedostona (liite 5), joka menee suoraan tukemiskoneeseen sekä taulukkona. Nuotin voi kirjoittaa ulos myös tekstitiedostona (liite 4).

Nuotin laatiminen on alkuun haastavaa ja siinä ensikertalainen törmää varmasti ainakin muutamaan ongelmaan. Varsinkin nuottimittauksien yhteen sovittaminen. Vaikka mittaukset suoritaisi erittäin tarkasti ja orientoinneissa ei olisi minikäänlaista heittoa, niin sovittamista tai sujuttamista joutuu silti tekemään. Sujuttaminen selkokielellä on peräkkäisten mittausten vaihtopistearvojen yhtenäistämistä. Vaihtopisteiden arvot tarkistetaan ja lasketaan keskiarvo ja sen mukaan siirretään toista vaihtopistettä ja siirtämätön piste poistetaan. Jos vielä mittausten välillä on paljon eroa, niin tämä ero sujutetaan kolmen edeltävän ja kolmen seuraavan mittauksen välillä. Pisteiden sijaintia muutetaan oikealle tai vasemmalle riippuen kumpaan suuntaan eroa on ollut. Tällä mittauksista saadaan yhtenäinen. Yhden tai kahden millin ei tarvitse sujuttaa, mutta siitä ylöspäin tai alaspäin sujutus tulee tehdä.

Tarkkeiden mittaaminen on tismalleen samaa kuin nuotin mittaaminen. Tilaaja monesti määrittelee, kuinka tiheään se haluaa tarketta mitattavan. Hyvä kuitenkin muistaa, että mikäli mittaa tarketta hieman tiheämmin kuin tilaaja vaatii, niin samoista mittauksista voi tarvittaessa tehdä toimivan nuotin. Tarkemittauksella pystytään varmistamaan nuotituksessa määritettyjen sivuttaissiirto- ja nostoarvojen toteutuminen. Uusilla raiteilla ja vaihteilla on tarkemittaukset suoritettava kahden viikon sisällä tukemisesta, jos raiteet kuuluvat kunnossapitotasoille 1AA-3. Tarketta mitataan 10 m välein ja kaaret sekä vaihteet 5 m välein. Mittaus samoin kuin nuotin mittaus. Tarkkeet kannattaa mitata alueilta, joissa on mahdollisuus, että tukemistyön takia ATU ei täyty ja jos ATU ei täyty niin rataverkon haltijan kanssa sovitaan toimenpiteistä. Tarkemittauksia verrataan nuotituksen siirto- ja

nostoarvoihin sekä raiteen suunniteltuun asemaan. Jos tässä havaitaan poikkeamia nuotitusarvoissa tai raiteen asemassa, pitää miettiä vaikuttaako se junaturvallisuuteen. (Väylä 2022).

4.4 Vaihteen asennus

Vaihteen asentaminen voi mittaajalle tulla vastaan liikennepaikan rakennustöissä. Vaihteet asennetaan paikalleen elementteinä, joten niiden liikuttelu ei ole kauhean joutuisaa tai yksinkertaista. Pohjat tulee siis mitata todella hyvin, ettei elementti jää kantamaan mistään kohtaa. Ennen elementtien paikalleen asettamista pitää mittaajan merkata pohjiin etujatko ja takajatko. Ensimmäinen elementti lasketaan paikalleen, se mikä elementti laitetaan, riippuu siitä, miten päin vaihdetta lähdetään asentamaan. Etu- ja takajatko oli siirretty maastotallentimelle koordinaatteina. Kun elementti laskettiin paikalleen, niin mittaaja tarkistaa ensin, että elementti oli pituussuunnassa oikealla kohtaan. Kartoitussauvassa oleva kiskorauta asetettiin vaihteen kokonaisen kiskon päähän siten, että puolet kiskoraudasta tuli kiskon päästä yli. Asennustarkkuus on pituussuunnassa 2 mm ja sivusuunnassa 20 mm. Pituussuunnassa saattaa hieman joutua siirättämään vaihde-elementtiä edestakaisin. Kun pituussuunnassa elementti on paikallaan niin seuraavaksi, tarkistetaan sivusuunta. Kun sivusuunta on toleranssien sisällä, niin tarkistetaan vielä, että pituussuunta on pysynyt paikallaan. Tämän jälkeen laitetaan seuraavat elementit ja näistä ei enää tarvitse tarkistaa kuin sivusuunta.

4.5 Ratatyömaan muut mittaukset

Radan kuivatussuunnitelmaan kuuluu rummut. Rummut asennetaan tiettyyn syvyyteen ja rumpuun tulee 1–1,5 % kaato. Mallipohjaisessa urakassa on helpohkoa katsoa vain mallista rummun asentaminen. Malleja tarkisteltaessa kannattaa huomioida, että piirroksissa on asennusalusta mukana. Asennusalusta on 150 mm. Asennusalusta on InfraRyl:in mukainen rakenne ja jos rumpusuunnitelmissa sellainen on, niin se yleensä asennetaan, poikkeuksiakin on. Mikäli malleja käyttää niin tämä kannattaa huomioida. Tulee nimittäin suoraan vastaan asennuksessa, jos asennusalusta jätetään pois, ja jos sitä ei ole mallissa huomioitu. Ilman valmista mallia asentaminen vaatii muutaman työvaiheen enemmän. Rummusta

pitää tehdä maastomalli. Käydään siis kartoittamassa rumpuun menevät ja rummusta lähtevät ojat sekä vesijuoksu eli kumpaan suuntaan vesi rummussa kulkee. Tämän voi tehdä gnss-mittalaiteella tai takymetrilla, mieluummin kuitenkin takymetrilla. Rumpu voidaan asentaa myös pelkillä vanhan vesijuoksun koordinaateilla, mikäli rummun paikka ei vaihdu. Mikäli rumpu asennetaan muualle kuin vanhan rummun tilalle, niin silloin kartoitetaan vanha rumpu vesijuoksuineen ja asennetaan maaston mukaan. Ilman mallia asennettaessa tilaajan edustaja hyväksyy rummun asennuksen.

Rummun asentamisessa (kuvio 14) mittaa tarkistaa pohjan koron ennen arinan asentamista sekä sen, ettei pohja kallistu mihinkään suuntaan liikaa ja pohjan tasaisuuden. Rummun toleranssit ovat pystysuunnassa +0...-50 millimetriä suunnitellusta ja keskilinjasta ± 100 millimetriä (InfraRyl 2019). Arinan jälkeen sama homma ja samalla tarkistetaan vesijuoksun toteutuminen. Muistisääntönä kaatoon eli 1 % kaato vastaa 1 cm/1 m, silloin 30 m rummun toinen pää pitää olla 30 cm alempana kuin toinen. Rummun asentajille merkataan arinaan rummun paikka merkintämaalilla. Molempiin päihin merkataan rummun päädyt ja rummun keskikohta. Kun rumpu on aseteltu paikalleen, tarkistetaan vesijuoksu, jos kaikki on kunnossa, otetaan tarkkeet vesijuoksusta ja arinasta. Tarkkeet otetaan välikerroksista, jos näin on sovittu. Lopuksi tarkkeet editoidaan oikeaa koodausta käyttäen ja tallennetaan tilaajan vaatimaan paikkaan.



Kuvio 14. Rummun asennus

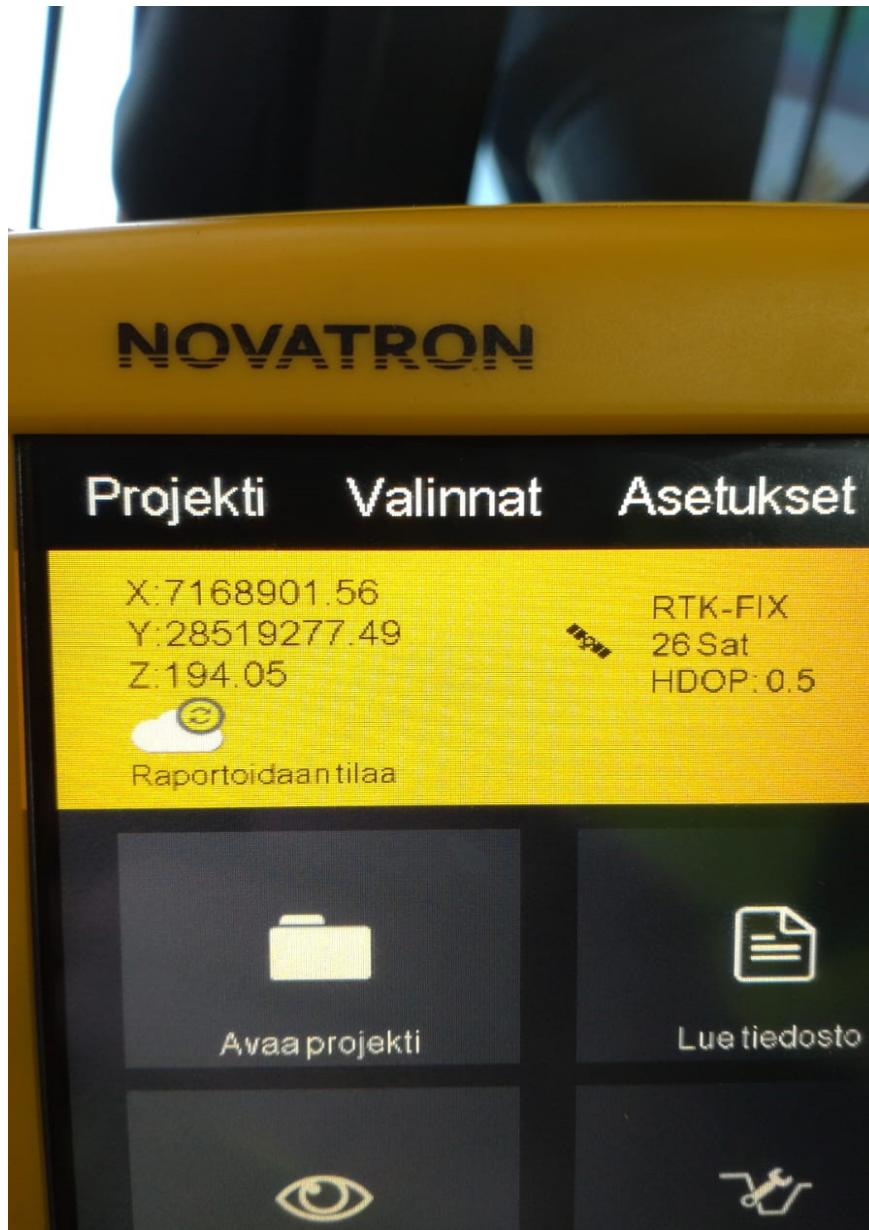
Kaapelikaivojen paikan näyttäminen tulee vastaan urakalla, eritoten liikennepaikan peruskorjauksessa. Kaapelikaivon paikan näyttäminen omalta kohdaltani tapahtui poimimalla mallista kaivon keskikohdan koordinaatit ja laskemalla kaivon pohjan korko. Ensin merkataan paikka, josta konekuski aloittaa kaivuun. Mallipohjaisessa urakassa kaivaminen tapahtuu malleilla, joten oikeaan syvyyteen päästään kerralla. Seuraavaksi katsotaan pohja kuntoon ja merkataan kaivon keskikohta sekä ulkoreunat. Kaapeleita varten laitettavat alitusputket pitää myös merkata. Näistä merkataan vain paikka ja otetaan tarkkeet.

4.6 Koneiden tarkistukset ja takymetriä kenttäkalibroinnit

Urakan kaikki koneohjausta käyttävät työkoneet tarkistetaan viikoittain. Tarkistus tehdään viikon alussa siten, että koneelle merkataan piste johonkin kovalle alustalle esimerkiksi kiskoon. Piste tallennetaan ja konekuski asetteli pisteelle kauhan keskikohdan. Seuraavaksi mittaja siirtyy maastotallentimen kanssa koneen hyttiin vertailemaan X-, Y-, ja Z-koordinaatteja koneen näytöltä (kuvio 15). Jos eroa ei ole tai ero on häilyvän pieni ei mitään muutoksia tehty. Senttien heitossa muutoksia joutuu jo tekemään, helpoiten muutokset onnistuvat soittamalla laitevalmistajan tekniseen tukeen. Korjauksen suorittaminen onnistuu myös koneohjauksen näytöltä. Joskus tarkistuksia pitää tehdä kesken työpäivän, esimerkiksi jos vaikka korko alkoi pahasti heittelemään. Viikoittaisista tarkastuksista kirjataan tulokset tarkastuspöytäkirjoihin, sillä tilaaja edellyttää sitä.

Mikäli urakalla on käytössä tukiasema, niin se myös tarkistetaan viikoittain. Tukiaseman viikkotarkistuksissa on muutama vaihtoehto, miten toteuttaa tarkistus. Gnss-mittalaitteen voi yhdistää tukiasemaan ja käydä tarkistamassa tunnetulta pisteeltä onko mittaustuloksissa heittoa. Toinen keino on vaihtaa oman gnss-mittalaitteen vastaanotin tukiaseman vastaanottimen tilalle. Mittaustilana kiintopistemitäus, koska tällä saadaan varmasti tarpeeksi havaintoja tarkan sijainnin saamiseksi. Kolmas tapa on mitata tukiaseman sijainti takymetrillä, joko sijoittamalla miniprisma tukiaseman vastaanottimen päälle ja mitata sijainti siihen. Tukiasemaan voi myös mitata heijastavan tarran seurantamittauksia varten. Korjausta

varten mitatut koordinaatit pitää muuttaa käytettävästä koordinaatistosta WGS84-koordinaatteihin, näin ainakin Trimblen tukiasemassa.



Kuvio 15. Koneohjauksen näyttö

Takymetreille tehdään kenttäkalibroinnit kerran kuukaudessa. Kenttäkalibroinnilla seurataan, että takymetrin tulokset ja ominaisuudet pysyvät samoina. Kalibrointi paikka kannattaa valita hyvin. Tilaa tulee olla sen verran, että prisman saa vietyä 100 m päähän ja pitää myös olla hieman korkeampi kohta, johon on helppo

tähdätä. Tähtäyskulman tulee olla vaakatasosta 30 goonia, ja tähdättävä kohta tulee olla selkeä, jotta saman kohdan tähtäminen onnistuu toisestakin kojeasennosta. Tilaa kannattaa varata myös takymetrille ja kolmijalalle. Auringon paisteessa ei kannata alkaa kalibroimaan, ellei sitten paikka ole varjoisa. Ainakin suoraa auringon paistetta kojeeseen tulee välttää. Mielellään kalibrointi kuitenkin pienesti pilvisellä kelillä. Takymetri pitää ottaa kuljetussalkusta ulkoilmaan 15 minuuttia ennen kalibroinnin aloitusta, jotta koje asettuu ulkona olevaan lämpötilaan. Laite tasataan ja asetetaan säätilakorjaus, kojeeseen syötetään lämpötila, kosteus ja ilmanpaine, tästä koje laskee korjauksen.

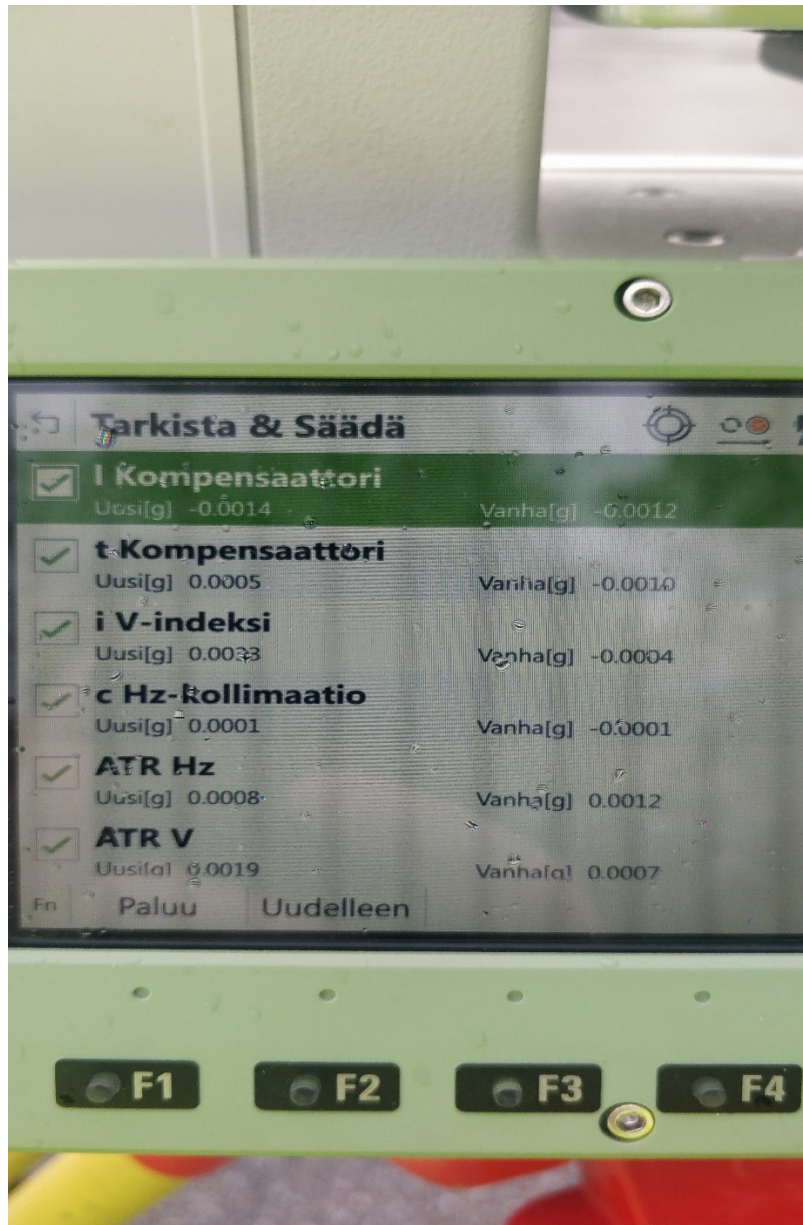
Tasaamisen jälkeen tähdätään prismaan, joka sijaitsee 100 m päässä takymetrin kohdalla. Prismasta tulee olla ehjä ja puhdas. Tähtäyskulma pitää olla 100 goonia eli täysin vaakatasossa. Valitaan kojeen asetuksista TS koje ja sieltä Tarkista ja säädä (kuvio 16). Tähdätään keskelle prismaa ja painetaan mittaa. Seuraavaksi toisesta kojeasennosta sama homma. Tämä toistetaan kolme kertaa. Jos tulokset havaitaan hyviksi, päätetään kalibrointi ja tallennetaan arvot. Tuloksista kannattaa ottaa kuva, jotta pöytäkirjojen täyttö olisi helpompaa.

Seuraavaksi tappikaltevuuden kalibrointi. Prisma tai vastaava voidaan viedä johonkin korkealle. Hyväksi havaittu oli korkea linkkimasto, johon ei toki turvallisesti saanut kiinnitettyä mitään, mutta mastossa oli sopivalla korkeudella keltainen tarra mustalla kuviolla, joten siihen oli helppo tähdätä. Suoritus samoin kuin edellisessä eli tähtäys, kohdistus ja mittaa. Sama toisesta kojeasennosta ja suoritetaan kolme kertaa. Tallennetaan tulokset ja tarvittaessa otetaan kuva tuloksista.

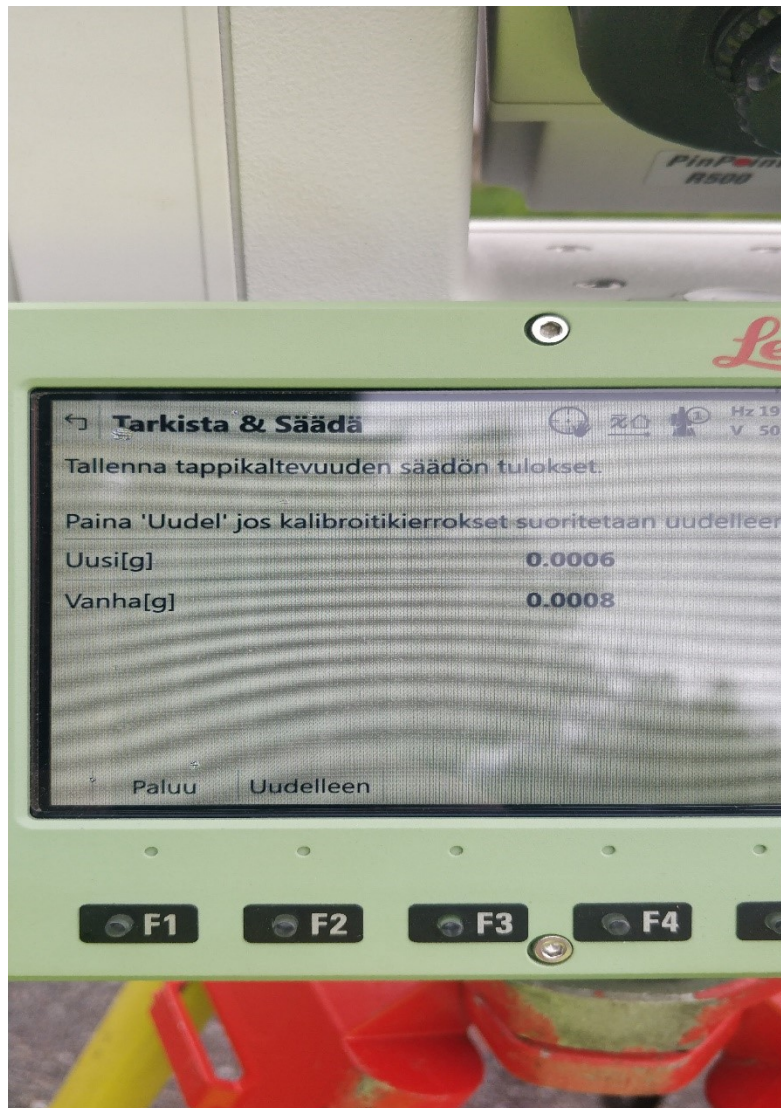


Kuvio 16. Asetuksista

Kun tulokset (kuviot 17–18) havaitaan hyväksi, ne tallennetaan kojeen asetuksiin. Lisäksi niistä on hyvä ottaa kuva, jotta voi täyttää tarvittaessa kalibrointipöytäkirjan. Pöytäkirjaan merkataan takymetrin haltija, laitteen sarjanumero, kalibroinnin tulokset, keli ja kalibroinnin suorittaja.



Kuvio 17. Kalibroinnin tulokset



Kuvio 18. Tappikaltevuuden tulokset

5 POHDINTA

Mittaukset ratatyömaalla vaativat monien ohjeistusten ja säädösten tuntemista ja hallintaa. Työssäkin mainittiin muutama mittaajaa koskeva Väylän ohjeistus, tarkoituksena hieman avata ratamittauksen maailmaa.

Ala kehittyi jatkuvasti, ja vaatimukset kovenevat sitä myöten. Rataosuuksia sähköistetään todennäköisesti tulevaisuudessa enemmän ja nopeudet oletettavasti kasvavat. Tavaraliikenteen määrä radoilla tulee melko varmasti kasvamaan Baltian radan myötä. Tämä vaikuttaa myös mittaajiin, sillä kuormien ja nopeuden oletetun kasvun myötä mittaamisen tarkkuusvaatimukset kasvavat. Sama pätee myös mittalaitteisiin, jotka pitää kalibroida todennäköisesti entistä tarkemmin.

Tässä työssä pyrittiin alussa luomaan pienimuotoinen opas ratamittauksiin, mutta se havaittiin hankalaksi toteuttaa oman kokemuksen puutteen vuoksi. Lopullisena tuotoksena tuli selostus päällysrakenneurakan aikana tehdyistä mittauksista, joita itse tein. Työ kuitenkin antaa kuvan minkälaisia töitä mittaaja tekee vastaavalla työmaalla. Lisäksi työssä sivuttiin Ratateknisiä ohjeita, joita Väylä laatii ja päivittää tarpeen mukaan.

Vaikka opinnäytetyöni muuttui kirjoittamisen aikana kokemuksen puutteen vuoksi. Koen silti, että olisi hyvä saada keskitetty ohjeistus kaikesta mittaajan työstä radalla. Sama pätee myös väylärakentamiseen. Ohjeistukset ovat toki nykyin hyviä, mutta kaikki on samassa paketissa ja sieltä pitää erikseen poimia mittaajaa koskevat asiat.

6 LÄHTEET

Väylä. 2021a. Viitattu 24.3.2023 <https://vayla.fi/vaylalista/rataverkko>.

Väylä. 2018. Viitattu 25.3.2023
https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/152934/lo_2018-13_rato3_web.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Väylä. 22/2021b. Viitattu 4.4.2023
https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2021-22_rato2_web.pdf.

Väylä. 29/2021c. Viitattu 13.3.2023
https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2021-29_rato11_web.pdf.

InraRyl. 2022. Viitattu 20.5.2023
ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2022_2/14350.html#TL14350id1397616.

Väylä. 2022. Viitattu 20.4.2023
https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2022-31_tukemisty%C3%B6n_suunnittelu_toteuttaminen.pdf.

7 LIITTEET

Liite 1, Valtion rataverkko

Liite 2, Kunnossapito alueet

Liite 3, kaarilistaus

Liite 4, nuottilomake tekstimuodossa

Liite 5, .ver-tiedosto

Liite 2

Liikenneviraston kunnossapito- ja isännöintialueet

Kunnossapitoalueet

- Alue 1: Uusimaa
- Alue 2: Lounaisrannikko
- Alue 3: (Riihimäki)–Kokkola
- Alue 4: Rauma–(Pieksämäki)
- Alue 5: Haapamäen tähti
- Alue 6: Savon rata
- ⋯ Alue 7: Karjalan rata
- ⋯ Alue 8: Ylä-Savo
- ⋯ Alue 9: Pohjanmaan rata
- ⋯ Alue 10: Keski-Suomi
- ⋯ Alue 11: Kainuu–(Oulu)
- ⋯ Alue 12: (Oulu)–Lappi

Isännöintialueet

- Etelä-Suomi
- Länsi-Suomi
- Itä-Suomi
- Pohjois-Suomi



Liite 3

V0964		663+725.499 663+759.929	7142123.771 7142156.752	28505723.705 28505733.585			
Ympyrä	TG	664+332.351			30000		R30000
	TG	664+344.910			30000		R30000
Siirtymä	SA	664+669.735		45	-1534	45	Lk45 R1534 D45
	SL	664+714.735		45	-1534	45	Lk45 R1534 D45
	SL	664+919.200		50	-1534	45	Lk50 R1534 D45
	SA	664+969.200		50	-1534	45	Lk50 R1534 D45
Ympyrä	TG	667+228.635			30000		R30000
	TG	667+245.000			30000		R30000
Ympyrä	TG	667+527.177			-30000		R30000
	TG	667+538.272			-30000		R30000
Siirtymä	SA	669+278.079		55	-1563	50	Lk55 R1563 D50
	SL	669+333.079		55	-1563	50	Lk55 R1563 D50
	SL	669+483.048		50	-1563	50	Lk50 R1563 D50
	SA	669+333.048		50	-1563	50	Lk50 R1563 D50
Siirtymä	SA	670+129.326		70	1550	50	Lk70 R1550 D50
	SL	670+199.326		70	1550	50	Lk70 R1550 D50
	SL	670+248.309		75	1550	50	Lk75 R1550 D50
	SA	670+323.309		75	1550	50	Lk75 R1550 D50
Ympyrä	TG	671+278.793			30000		R30000
	TG	671+315.859			30000		R30000
Ympyrä	TG	671+365.859			-30000		R30000
	TG	671+400.319			-30000		R30000
Ympyrä	TG	672+537.283			-30000		R30000
	TG	672+551.351			-30000		R30000
Siirtymä	SA	672+776.052		45	1561	50	Lk45 R 1561 D50
	SL	672+821.052		45	1561	50	Lk45 R 1561 D50
	SL	673+058.057		45	1561	50	Lk45 R 1561 D50
	SA	673+103.057		45	1561	50	Lk45 R 1561 D50
Ympyrä	TG	673+746.931			-30000		R30000
	TG	673+766.548			-30000		R30000
Siirtymä	SA	674+015.603		90	1295	55	Lk90 R1295 D55
	SL	674+105.603		90	1295	55	Lk90 R1295 D55
	SL	674+871.513		90	1295	55	Lk90 R1295 D55
	SA	674+961.513		90	1295	55	Lk90 R1295 D55
Siirtymä	SA	675+686.401		45	-1559	45	Lk45 R1559 D45
	SL	675+731.401		45	-1559	45	Lk45 R1559 D45
	SL	675+995.196		65	-1559	45	Lk65 R1559 D45
	SA	676+060.009		65	-1559	45	Lk65 R1559 D45
S-kaari	TG	676+967.453			-30000		R30000
	TG	677+036.420			-30000		R30000
	TG	677+036.420			30000		R30000
	TG	677+110.514			30000		R30000
Siirtymä	SA	677+204.561		70	1401	50	Lk70 R1401 D50
	SL	677+274.561		70	1401	50	Lk70 R1401 D50
	SL	678+256.050		80	1401	50	Lk80 R1401 D50
	SA	678+336.050		80	1401	50	Lk80 R1401 D50
Ympyrä	TG	678+921.329			30000		R30000
	TG	678+942.121			30000		R30000
Siirtymä	SA	679+164.529		60	-1504	50	Lk60 R1504 D50
	SL	679+224.529		60	-1504	50	Lk60 R1504 D50
	SL	680+002.173		90	-1504	50	Lk90 R1504 D50
	SA	680+092.173		90	-1504	50	Lk90 R1504 D50
Siirtymä	SA	680+365.350		45	1001.5	55	Lk45 R1001.5 D55
	SL	680+410.350		45	1001.5	55	Lk45 R1001.5 D55
	SL	680+910.876		90	1001.5	55	Lk90 R1001.5 D55
	SA	680+975.876		90	1001.5	55	Lk90 R1001.5 D55
Siirtymä	SA	681+006.149		82	-1300.5	55	Lk82 R1300.5 D55
	SL	681+088.149		82	-1300.5	55	Lk82 R1300.5 D55
	SL	681+798.631		60	-1300.5	55	Lk60 R1300.5 D55
	SA	681+858.631		60	-1300.5	55	Lk60 R1300.5 D55
Ympyrä	TG	681+933.995			30000		R30000
	TG	681+979.453			30000		R30000
Siirtymä	SA	682+196.172		100	-982	80	Lk100 R982 D80
	SL	682+296.172		100	-982	80	Lk100 R982 D80
	SL	682+558.814		52	-982	80	Lk52 R982 D80
	SA	682+610.814		52	-982	80	Lk52 R982 D80
Ympyrä	TG	682+679.300			30000		R30000

Liite 4

Projekti	C:\Users\SIRVIJU\Desktop\KON-PSK_OSA1_552_NUOTITUS.tg.tdw			
Laskettava raide	552			
Pituusmittausraide	552			
Kartoitustiedosto	KON-PES_km_683_590-692_950_sujutettu_JS.xy.tdw			
elementti	km	metri	Siirto	Nosto
SA	683	579.986	0	
SA	683	590.011	0	0 Vasen
SA	683	600.020	0	0 Vasen
SA	683	610.015	2 >	6 Vasen
SA	683	614.896	-2 <	18 Vasen
SA	683	620.053	0	0 Vasen
SA	683	629.919	0	2 Vasen
SA	683	640.043	0 >	7 Vasen
SA	683	650.051	2 >	7 Vasen
SA	683	660.015	1 >	9 Vasen
SA	683	669.965	1 >	8 Vasen
SA	683	680.022	1 >	7 Vasen
SA	683	689.994	1 >	5 Vasen
SA	683	699.977	0 >	6 Vasen
SA	683	709.997	-3 <	9 Vasen
SA	683	720.035	-0 <	7 Vasen
SA	683	729.977	-0 <	6 Vasen
SA	683	740.009	2 >	6 Vasen
SA	683	750.005	4 >	5 Vasen
SA	683	760.042	0 >	7 Vasen
SA	683	765.719	4 >	9 Vasen
SA	683	770.040	3 >	10 Vasen
SA	683	780.017	1 >	12 Vasen
SA	683	790.001	4 >	11 Vasen
SA	683	799.960	4 >	11 Vasen
SA	683	810.022	3 >	9 Vasen
SA	683	819.980	3 >	10 Vasen
SA	683	822.304	4 >	9 Vasen
SA	683	829.899	0 >	10 Vasen
SL	683	840.719	0 >	6 Vasen
SL	683	850.022	5 >	6 Vasen
SL	683	859.789	3 >	7 Vasen

Liite 5

683.72998	-0	31	683730
683.74001	2	31	683740
683.75001	4	29	683750
683.76004	0	30	683760
683.76572	4	31	683765SA
683.77004	3	32	683770
683.78002	1	33	683780
683.79000	4	32	683790
683.79996	4	31	683800
683.81002	3	30	683810
683.81998	3	32	683820
683.82230	4	31	683822TR
683.82990	0	30	683830TR
683.84072	0	24	683840SL
683.85002	5	23	683850
683.85979	3	22	683860
683.87003	1	19	683870
683.88005	0	18	683880
683.89000	1	20	683890
683.89997	4	20	683900
683.91001	4	23	683910
683.92002	5	25	683920
683.93002	3	25	683930
683.94002	6	25	683940