



Saara Sundström

Raidegeometriatiedon laadunvarmistus KoneGIS-järjestelmässä

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (ylempi AMK) -tutkinto
Rakentamisen koulutusohjelma
Maanmittauksen suuntautuminen
Opinnäytetyö
01.03.2012

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Saara Sundström Raidegeometriatiedon laadunvarmistus KoneGIS-järjestelmässä 51 sivua + 2 liitettä 01.03.2012
Tutkinto	insinööri (ylempi AMK)
Koulutusohjelma	rakentaminen
Suuntautumisvaihtoehto	maanmittaus
Ohjaajat	Head of IT, DI Seppo Sjöblom yliopettaja Vesa Rope lehtori Jussi Laari
KoneGIS-järjestelmässä raidegeometriatietoja käytetään junakaluston sijainnin määrittämisessä. Järjestelmä paikantaa geometriatietojen ja kalustoissa olevien DGPS-vastaanottimien avulla kaluston sitä lähinnä sijaitsevalle raiteelle kertoen samalla mm. raideominaisuustietoja sekä sijainnin ratakilometrijärjestelmässä. Opinnäytetyön tarkoituksena on arvioida KoneGIS-käytössä tarvittavaa raidegeometriatiedon laatua. Opinnäytetyössä kuvataan tarkemmin KoneGIS-järjestelmää ja raidegeometriatietoja sekä koko raidegeometria-aineiston kokoamisprosessia, jonka tekemisessä opinnäytetyöntekijä oli mukana työnsä puolesta. Laadunarvioinnissa geometriatiedot jaetaan käyttötarkoitusten mukaisiin ryhmiin ja käydään läpi laatuvaatimukset ryhmittäin. Käyttötarkoituksen todettiin olleen laatuun eniten vaikuttava tekijä ja todettiin myös, ettei ylitalailaatu kannata tuottaa. Tehdyssä analyysissä käydään läpi prosessin aikana esiin tulleita puutteita tai virheitä geometriatiedoissa. Kokonaisuudessaan tämä työ antaa lukijalle kuvan siitä mitä geometriatieto on ja kuinka sitä tuotetaan VR Track Oy:ssä. Aineistonkokoamisprosessi on kuvattu perusteellisesti ja samalla on huomioitu sisäisiä laatuja järjestelmäpuutteita ja ehdotettu parannuksia näihin. Opinnäytetyön toinen päätavoite oli geometriatietojen ylläpidon järjestäminen KoneGIS-järjestelmässä. Ylläpidon järjestämiseksi esitetään neljä eri ratkaisua ja todetaan lopuksi, että paras tulos ylläpidossa saataisiin yhdistämällä esitetyt neljä ratkaisua yhdeksi kokonaisuudeksi. Opinnäytetyössä pohditaan lisäksi geometriatietojen jatkohyödyntämistä konsernin sisäisessä käytössä sekä nykyisen tiedon laadun vaikutusta uusiin käyttötarkoituksiin. Nyt geometriatiedot on toimitettu järjestelmään pelkästään sen hetkisen käyttötarkoituksen vaatimalla laadulla, mikä hankaloittaa tiedon hyödyntämistä uusissa käyttökohteissa tai edellyttää parannuksia osaan geometriatiedoista.	
Avainsanat	raidegeometriatieto, geometrialaskenta, geometria, laatu, laadunarviointi ja KoneGIS-järjestelmä.

Author(s) Title	Saara Sundström Quality Assurance of Track Geometry Data in KoneGIS System
Number of Pages Date	51 pages + 2 appendices 01 March 2012
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Land Surveying
Instructors	Seppo Sjöblom, Head of IT; M.Sc. (Eng.) Vesa Rope, Principal Lecturer Jussi Laari, Lecturer
KoneGIS is a geographic information system that is applied in determining the positioning of trains. The system uses track geometry data and DGPS receivers in the trains to calculate their positions to the nearest track, showing the track characteristics data as well as the positions of the trains in the track kilometer system. The aim of this Master's thesis was to examine the quality of the track geometry data within the KoneGIS system. The thesis describes the KoneGIS system, the track geometry data and the whole process of producing the track geometry data, in which the author has been involved through her work at VR Track. In quality assurance the geometry data are divided into groups according to their purpose of use, and the quality requirements are examined in groups. This study finds out that the purpose of use is the most important factor impacting quality, and that it is not worth producing data over (or under) the quality requirements. Moreover, the study identifies the deficiencies as well as the errors found in the track geometry data that were revealed when using the KoneGIS system or when producing the data for it. Overall, this thesis thus illustrates what track geometry data is and how it is produced in VR Track Ltd. The process of producing the data is depicted in detail, concurrently pinpointing the deficiencies in the internal quality assurance system and suggesting improvements for it. The other aim of this thesis was to arrange the maintenance of the geometry data in the KoneGIS system. Four different solutions are proposed and it is concluded that best results would be achieved by combining the four solutions together. Finally, the study contemplates the additional internal usage of the geometry data in the VR group, and the impact of the current quality level on potential new usage purposes. As of today, the geometry data are produced for the system at the quality level needed for the present purpose, which hampers its further use for other purposes unless improvements are made for parts of the geometry data.	
Keywords	track geometry data, geometry, quality assurance and KoneGIS system.

Sisällys

Määritelmät ja lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Taustaa	1
1.2	Tavoitteet	2
1.3	Rajaukset	3
1.4	KoneGIS-järjestelmä	4
1.5	Suomen rataverkko	6
1.5.1	Yleistä	6
1.5.2	Ratakilometrijärjestelmä	6
1.6	Geometriatieto ja koordinaattijärjestelmät	9
1.6.1	Yleiskatsaus	9
1.6.2	KoneGISin koordinaattijärjestelmä	10
2	Geometriatieto ja sen prosessointi	11
2.1	Geometriatietojen keräysprosessi	12
2.1.1	Lähiliikennealue	12
2.1.2	Veturien seisontraiteet	14
2.1.3	Henkilöliikenteen linjageometriat	15
2.2	Työn vaiheistus ja koordinointi	15
2.2.1	Raiteiden kartoitus	16
2.2.2	Geometrian tuottaminen karttatietokantojen pohjalta	20
2.3	Geometriatietojen muokausprosessi KoneGIS:iä varten	21
3	Geometriatiedon laadunvarmistus	26
3.1	Geometriatietojen jaottelu KoneGIS-järjestelmässä	28
3.2	Laadunvarmistus	33
3.3	Aikataulun vaikutus laatuun	35
4	Geometriatiedon ylläpito KoneGIS-järjestelmässä	37
4.1	Suunnitellun geometriatiedon hallinta	37
4.2	Miten ylläpito järjestetään?	38
4.2.1	Ratarekisterit ylläpidon apuna	38
4.2.2	Rwalk-mobiilisovelluksen laajennus	39
4.2.3	Sisäinen toiminnanohjausjärjestelmä	39
4.2.4	Sulake-tietokannan käyttö ylläpidossa	40
4.3	Päivitystiheys KoneGIS-järjestelmän tietokantoihin	41
5	Esiin tulleet ongelmat ja järjestelmän kehittäminen	42
5.1	Aineiston kokoamisen keskeiset ongelmat	42
5.2	Geometriasuunnitelmien nimeämisen yhtenäistäminen	44
5.3	Uudet käyttökohteet ja kehitysmahdollisuudet	45
5.3.1	Geometriatietojen hyödyntäminen muussa käytössä	45
5.3.2	Uusia sisäisiä käyttökohteita KoneGIS-järjestelmälle	46
5.3.3	KoneGISin käyttö radan turvalaitejärjestelmissä	48
6	Yhteenveto	49
	Lähteet	51

Liitteet

Liite 1 Sulake-järjestelmän B-, D- ja K-tiedostojen mallit

Liite 2 Listaus toiminnanohjausjärjestelmän työvaiheista

Alkusanat

Uuden oppiminen on aina hienoa ja haasteellista, ja sitä haasteellisemmaksi se muuttuu, mitä vanhemmaksi tulee. Ihan en kuitenkaan tiennyt, mihin innoissani ryhdyin, kun päätin kirjoittaa opinnäytetyöni geometriatiedon laadunvarmistamisesta Kone-GIS-käytössä. Maanmittarin opinnot taustanani suurensivat tiedon tarkkuuden merkitystä mielessäni, mikä johti aluksi ajatuksiani hieman harhaan tiedon laadunvarmistuksessa. Asioita ja erityisesti laatumääritteitä pyöriteltyäni niistä löytyikin monta puolta ja monta näkökulmaa. Aina ei ole tarpeen halkoa millimetrejä hyvän lopputuloksen aikaansaamiseksi.

Geometria-aineiston kokoamistiimissä oleminen toi lisäksi kirjoittamiseen omat haasteensa, vaikka sisäpiiriläisenä etuja oli loppujen lopuksi haittoja enemmän. Mielenkiintoinen projekti työvaiheineen on nyt lopulta yksissä kansissa yli puolen vuoden uurasuksen jälkeen.

Näiden alkusanojen myötä tahdon kiittää kaikkia minua tämän opinnäytteen tekemisessä tukeneita niin kotirintamalla kuin työmaalla. Työkavereista erityisesti kiitän ja jään kaipaamaan eläkkeelle jäävää huonekaveriani ja geometrialaskijagurua Jarmo Nurmea, ilman häntä en olisi tässä ja nyt enkä etenäkään tietäisi geometrialaskennan saloista ja historiasta mitään. Lisäksi kiitän työkavereitani Pasia, Katriinaa, Maxia ja Te-roa, jotka kärsivällisesti jaksoivat olla tukenani ja auttaa minua niin isoissa kuin pienissä ongelmissa. Erityisen maininnan ansaitsee kärsivällinen työnohjaajani VR Track Oy:n Head of IT, DI Seppo Sjöblom. Pitkät keskustelut hänen kanssaan opettivat minulle paljon etenkin tietojärjestelmistä ja niiden sielunelämästä puhumattakaan itse geometriatiedosta ja sen ominaisuuksista.

Elämä on hassua ja haasteellista: vaikeudet on tehty voitettaviksi.

Helsingissä 12.3.2012.

Määritelmät ja lyhenteet

B-tiedosto B-tiedosto on Sulaketietokannasta laskentatunnisteen avulla muodostettu tiedosto, joka käyttää D- ja K-tiedostojen tietoja paalutuslaskennan tekemiseen.

D-tiedosto D-tiedosto on Sulake-järjestelmässä vaakageometrian tiedoista laskentatunnisteen avulla muodostettu tiedosto, jota kutsutaan D-tiedostoksi. Sulake-järjestelmä laskee vaakageometrian tuottamalla D-tiedoston tietoja täyttäen Ratateknisten ohjeiden osaa 2 "Radan geometria" (RATO 2) määrittäen ratageometrian vaatimukset ja raja-arvot sekä geometriaan vaikuttavat voimat.

Geometrialaskenta

Geometrialaskenta tarkoittaa tässä Sulake-järjestelmästä löytyviä erilaisia ratasuunnittelutarpeita varten tehtyjä raidegeometriatietoja.

GIS Geographical Information System = paikkatietojärjestelmä

GNSS Global Navigation Satellite System on yhtenäinen nimitys eri maiden satelliittipaikannusjärjestelmille. Yhdysvaltalaisilla on oma GPS-järjestelmänsä, venäläisillä on oma Glonass-järjestelmä, joka toimii jo kansainvälisesti, ja kiinalaisten Compass- ja eurooppalaisten Galileo-järjestelmät ovat tuloillaan. Mitä enemmän satelliitteja on käytettävissä, sitä tarkempaa paikannusta saadaan.

GPS Global Positioning System on yhdysvaltalainen satelliittipaikannusjärjestelmä.

Helmert-muunnos

Helmert-muunnos eli yhdenmuotoisuusmuunnos, jossa muunnettavien pisteiden muodostama kuvio säilyy. Tasomuunnoksessa on neljä parametria eli kahden koordinaattiakselin suuntaiset siirrot, yksi kierto ja mittakaavatekijä. (7, s. 32–37.)

KKJ, Kartastokoordinaattijärjestelmä

Kartastokoordinaattijärjestelmä, jossa Suomi on jaettu kuuteen kaistaan. Kartastokoordinaattijärjestelmä (KKJ) on vielä jonkin aikaa Suomessa yleisin käytössä oleva koordinaattijärjestelmä. Muutos EUREF-FIN-järjestelmään on käynnissä.

KoneGIS KoneGIS on VR Groupin järjestelmä, jonka tarkoituksena on kerätä juna-liikenteen kalustoyksiköiden raidekohtaista sijaintitietoa ja jalostaa tietoa eteenpäin mm. muihin kalustonkäytön järjestelmiin.

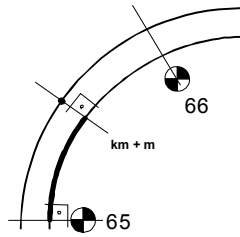
K-tiedosto K-tiedosto on Sulake-järjestelmän laskentatunnisteen avulla muodostettu tiedosto. Se käsittää Sulake-järjestelmässä pystygeometriatiedot sekä ratakilometripylväiden koordinaatit tai ratakilometrien pituudet.

Metatieto Metatieto on tietoa tiedosta tai sisällöstä tai dokumentin osista. Sitä on perinteisesti käytetty tiedonhallintaan kirjastoissa, ja sen merkitys on korostunut laajentuneen internetin käytön myötä. Metatietojen avulla järjestetään ja ylläpidetään suuria tietomääriä. Tärkeitä metatiedon sisältöä kuvaavia sanoja ovat saatavuus, käytettävyys ja siirrettävyys.

Paikkatieto Paikkatieto on tietoa kohteesta tai ilmiöstä, joka voidaan paikantaa, paikallistaa. Perinteisintä paikkatietoa ovat karttatiedot, mutta paikkatietoa on myös monissa rekistereissä ja tietokannoissa. Tiedot maastosta, ympäristöstä ja sen tilasta, luonnonvaroista ja maankäytöstä ovat paikkatietoa. Myös tieverkkoa, sähköverkkoa ja tietoliikenneverkkoa kuvaavat tiedot ovat paikkatietoa.

Pituusmittausraide

Pituusmittausraide on yleensä linjaraide, jota pitkin ratakilometrimittaus tehdään. Muille rinnakkaisille raiteille pituusmitta projisoidaan raiteen keskilinjasta kohtisuorasti.



"Jokaiselta kilometrimerkiltä alkaa uusi mittausjakso, joka päättyy seuraavaan kilometrimerkkiin. Ratakilometrin pituus on kilometrimerkkien pituusmittausraiteella olevien projektiopisteiden todellinen vaakasuora välimatka pituusmittausraiteen keskilinjaa pitkin. Pituuslaskenta tehdään geometriatiedoston elementeistä. Ne on määritelty vaakasuoraan YX -tasoon. Korkeustieto ei ole mukana ratakilometrin pituusmäärittelyssä." (4, s. 69.)

Raiteen asema

RATO 2:n mukaan raiteen asema määrittää raiteen sijainnin koordinaatteina. Se kertoo raiteen keskilinjan absoluuttisen sijainnin vaakatasossa ja raiteen korkeusviivan sijainnin pystytasossa. Raiteen asema määrittellään paikallisesti yleisesti käytetyssä koordinaatti- ja korkeusjärjestelmässä (RATO 2.10.1). Raiteen asema määritetään vaakatasossa raiteen keskiviivalle ja pystytasossa raiteen korkeusviivalle. Tasossa koordinaatteina käytetään geodeettisia koordinaatteja, joissa X on pohjoiskoordinaatti ja Y itäkoordinaatti.

Raidegeometriatieto

Raidegeometria muodostuu vaak- ja pystygeometrisistä elementeistä, joita vaakageometrian osalta ovat suorat, siirtymäkaaret, ympyränkaaret ja vaihteet. Geometriasuunnittelussa niistä muodostuu matemaattinen malli. Vierekkäisten raiteiden geometriat vaikuttavat toisiinsa. Tuloksena, jota voidaan pitää raidegeometriatietona, saadaan yhtenäinen raiteiston geometrinen verkko, joka sisältää elementtien sijaintitiedot ja parametriarvot. (4, s. 27.). KoneGIS-järjestelmän raidegeometriatieto luokitellaan tässä metatiedoksi, joka sisältää edellä mainitut vaakageometriatiedot YKJ:ään muutettuna sekä mm. ratakilometrijärjestelmän mukaisen pituusmitan, tiedon pituusmittausraiteesta sekä vaihteiden ja raiteiden tunnuksia.

Raiteen keskilinja

RATO 2:n mukaan vaakageometria määrittää raiteen keskilinjan sijainnin vaakatasossa. Keskilinja tarkoittaa linjaa, jonka etäisyys raideleveydeltään nimellismittaisessa raiteessa molempien kiskojen kulureunaan on sama. Suoralla tämä teoreettinen etäisyys kiskojen kulureunaan on 762 mm.

Ratakilometri Ratakilometri on nimetty määramittainen osuus rataa. Sen pituus on kahden peräkkäisen kilometripylvään väli pituusmittausraidetta pitkin. Sen pituus voi poiketa 1000 metristä. Ratakilometri on nimetty arvoiltaan pienemmän kilometripylvään tunnuksen mukaan. (4, s. 69.)

Sijaintitarkkuus

Tässä työssä sijaintitarkkuudella tarkoitetaan suunnitellun raiteen keskilinjan ja maastossa sijaitsevan raiteen todellisen keskilinjan välistä etäisyyttä.

Sulake Sulake on VR Track Oy:n rautatiesuunnittelun tietojärjestelmä

VVJ, Valtion vanha järjestelmä

Vanha kansallinen koordinaattijärjestelmä (VVJ), joka tunnetaan myös nimellä Helsingin järjestelmä, on valtakunnallisen Kartastokoordinaattijärjestelmän edeltäjä.

YKJ, Yhtenäiskoordinaattijärjestelmä

YKJ on kartastokoordinaattijärjestelmän yhtenäiskoordinaatisto. Se on venytetty koko Suomen kattavaksi, ja sen keskimeridiaani on 27° itäistä pituutta. KKJ peruskoordinaatiston kolmannen kaistan koordinaatit yhtyvät näin YKJ:n koordinaatteihin, ja YKJ:n koordinaatit ovat samanmuotoisia kuin KKJ3-kaistan koordinaatit. (7, s. 25.)

1 Johdanto

1.1 Taustaa

Tiedon tarkkuus, laatustandardit ja laadun varmistaminen ovat tämän päivän avainsanoja. Ei riitä, että toimitetaan tiedon käyttäjälle sovitut asiat, heidät pitää myös vakuuttaa toimitetun tiedon paikkansa pitävyydestä. Kun KoneGIS-järjestelmän tuotantokuvaukseen määriteltiin alustavasti geometriatietojen sisältövaativuudet, voitiin tietojenkeruuprojekti aloittaa ja koko prosessi kohti tämän opinnäytetyön tavoitteita ja tilausta alkoi.

KoneGIS-järjestelmän suunnittelu oli aloitettu VR-Rata Oy:ssä (nykyään VR Track Oy) jo vuonna 2006 ratatyömaan hallinnan parantamiseksi tarkoituksena käyttää hyväksi satelliittipaikannusta ja Sulake-järjestelmän ominaisuuksia ja kehittämismahdollisuuksia. Kolme vuotta myöhemmin KoneGIS-järjestelmän avulla päätettiin toteuttaa junien kalustonhallinta ja matkustajaliikenteen tilannekuvapalvelu. Näiden toiminnallisuuksien toteuttaminen edellytti raidegeometriatietojen kokoamista yhtenäiseksi aineistoksi koko rataverkolta. VR Track Oy:n Suunnittelusta koottiin työryhmä, jonka tehtäväksi tuli geometriatiedon kokoaminen ja muokkaaminen järjestelmää varten.

Ensimmäinen vaihe oli kerätä Helsingin lähiliikennealueen raidegeometriatiedot. Työn edetessä projekti laajeni ja geometriatietoja haluttiin toimitettavan yhä laajemmalla alueella. Aineiston määrän laajennuttua lähes koko rataverkon kattavaksi tuli tarve arvioida geometriatiedon laatua, jotta tiedon tuottamiselle voitiin löytää oikein mitoitettut prosessit. Aineistoa tarvittiin alueilta, joilta geometriatieto puuttui kokonaan tai osittain. Tarkoituksena oli tuottaa mahdollisimman edullisesti laadultaan riittävää aineistoa ja karsia pois turha työ. Aineiston kerääminen oli mielenkiintoinen ja haastava tehtävä työryhmälle. Tämän opinnäytetyön kirjoittaja oli myös yksi työryhmän jäsenistä, mikä loi omat vaikeutensa tähän tutkimukseen ja oikean näkökulman löytymiseen.

1.2 Tavoitteet

KoneGIS-järjestelmää varten koottujen raidegeometriatietojen yhtenä pääongelmana voidaan pitää laadun ja erityisesti sijaintitarkkuuden suurta vaihtelevuutta, koska yksittäiset geometriatiedot on tuotettu monia eri käyttötarkoituksia varten. KoneGIS-järjestelmää varten on tuo valtava aineisto yhtenäistetty, ja se on tarkoittanut satojen pienien ja isojen geometriatietojen yhdistämistä. Sulakkeella lasketussa geometriatiedossa sisäinen sijaintitarkkuus on yksi millimetri. Käyttötarkoitus taas määrittää esimerkiksi lähtötietojen ja lopputuloksen tarkkuusvaatimukset. Kun tieto yhdistetään kartalle tai raide rakennetaan maastoon, sen sijaintitarkkuus muuttuu.

KoneGIS-palvelun eräänä päätarkoituksena on tarjota satelliittipaikannuksen ja raidegeometriatietojen perusteella tietoa junakaluston raidekohtaisesta sijainnista. KoneGIS-järjestelmä käyttää raidekohtaisen sijainnin laskemiseen Sulake-järjestelmästä löytyviä laskentatunnisteita muodostamaan D-formaattia olevia tiedostoja (ja niiden sisältämiä raidegeometrian parametreja), joiden avulla KoneGIS-järjestelmä pystyy muodostamaan raiteen keskilinjan sijainnin omiin tietorakenteisiinsa ja sijoittamaan junan junaa lähimmälle raiteelle näiden tietojen pohjalta. Tämän työn tavoitteena on selvittää kootun geometria-aineiston yli- ja alilaatua tässä nimenomaisessa käyttötarkoituksessa ja selkeyttää KoneGIS-järjestelmän osalta sitä, millainen mittari sijaintitarkkuus voisi olla laadunarvioinnissa vai tulisiko aineisto luokitella kokonaan jotain muuta vaihtoehtoa käyttäen.

Toisena ja ehkä jopa tärkeimpänä tavoitteena voidaan pitää geometriatiedon ylläpidon ohjeistamista ja järjestämistä, jotta KoneGIS-järjestelmän käytössä on jatkossakin ajantasaista ja luotettavaa geometriatietoa rataverkolta. Lisäksi tässä työssä pohditaan, mitä muita käyttömahdollisuuksia ja -kohteita KoneGIS-järjestelmään viedyllä raidegeometriatiedolla voisi olla. Ylläpidon ohjeistuksen toimimiseksi tässä opinnäytetyössä myös dokumentoidaan geometriatiedon muokkausprosessi KoneGIS-järjestelmää varten. Prosessi muuttui ja laajeni projektin edetessä sitä mukaa, kuin tiedon käyttäjille selvisivät heidän omien sovellustensa vaatimat geometriatiedostojen tarpeet.

KoneGIS-järjestelmän raidegeometriatiedon laadun arviointi on haastavaa, koska siihen vaikuttavat niin monet eri muuttujat. Geometriatiedon tarkkuudelle ja oikeellisuudelle

asetetut vaatimukset riippuvat pääasiassa käyttötarkoituksesta sekä tarkastelumittakaavasta. Alkuperäiset geometriatiedot ja niiden lähtötiedot ovat aina pääsääntöisesti paikallisessa koordinaattijärjestelmässä. Lopputuloksena saadut raidegeometria-tiedot on sitten muunnettu yhtenäiskoordinaatistoon ja muunnettu sopivaan muotoon, jossa ne on sitten siirretty KoneGIS-järjestelmän raidegeometriatietokantaan. Tässä tutkimuksessa käsitellään tiedon konvertointimenetelmiä ja siinä mahdollisesti syntyneisiin tiedon virheisiin ja tiedon katoamiseen, mutta varsinaisiin koordinaatistojen muunnosvirheisiin ei syvennyttä.

Tässä opinnäytetyössä selvitetään koko raidegeometriatiedon keräys- ja käsittelyprosessit ja käydään läpi, millä eri tavoin geometriatietoja on tuotettu sekä milloin ja millaisista lähtöaineistoista tiedot on laskettu. Lähtöaineistojen taso vaikuttaa laatuun monelta osin, mutta erityisesti sijaintitarkkuuteen. Tässä kohden lähtöaineistojen tasolla tarkoitetaan Sulake-järjestelmästä löytyvien geometrialaskentojen pohjaksi tehtyjä raiteiden kartoituksia maastossa. Vanhojen geometriatietojen lähtöaineistojen sijaintitarkkuus ja laatu on aina pääosin hyvää siihen käyttötarkoitukseen, mihin ne on kulloinkin tehty silloisten vaatimusten mukaan. Tällöin kartoitukset on suoritettu vaadituissa virhemarginaaleissa. Kartoitusten perusteella suunnitellut geometriat täyttävät Ratateknisten ohjeiden osan 2 "Radan geometriassa" (jatkossa RATO 2) ratageometrialle annetut vaatimukset ja ehdot. Uusien geometriatietojen lähtöaineistojen sijaintitarkkuus ja laatutaso taas vaihtelee sen mukaan, mihin kyseistä geometriatietoa KoneGIS-järjestelmässä käytetään verrattuna vanhan geometriatiedon tarkkuuteen. Uusien geometriatietojen tuottamisen tarkkuutta rajoittivat projektin budjetti, aikataulu ja käyttötarkoitus. Keskenään aineiston laatu on vaihtelevaa eikä sovellu ristiin käytettäväksi: KoneGIS:iin tuotettuja uusia geometriatietoja ei voi hyödyntää esimerkiksi rakentamissuunnittelussa. Tämä rajoittaa samalla KoneGIS-järjestelmälle mietittävien uusien käyttökohteiden löytämistä.

1.3 Rajaukset

Tutkimuksessa jätetään huomioimatta yleiset maapallon muodon aiheuttamat korjaukset ja virheet sijaintitarkkuudessa. Näillä seikoilla ei varsinaisesti ole syvällisempää merkitystä tämän opinnäytetyön osalta, eikä niillä ole suoraa vaikutusta tämän opinnäytetyön lopputulokseen. Suomessa käytettävistä tasokoordinaatistoista ja niiden ominaisuuksista

voi lukea esimerkiksi Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunnan julkaisemasta JHS 154 -suosituksessa.

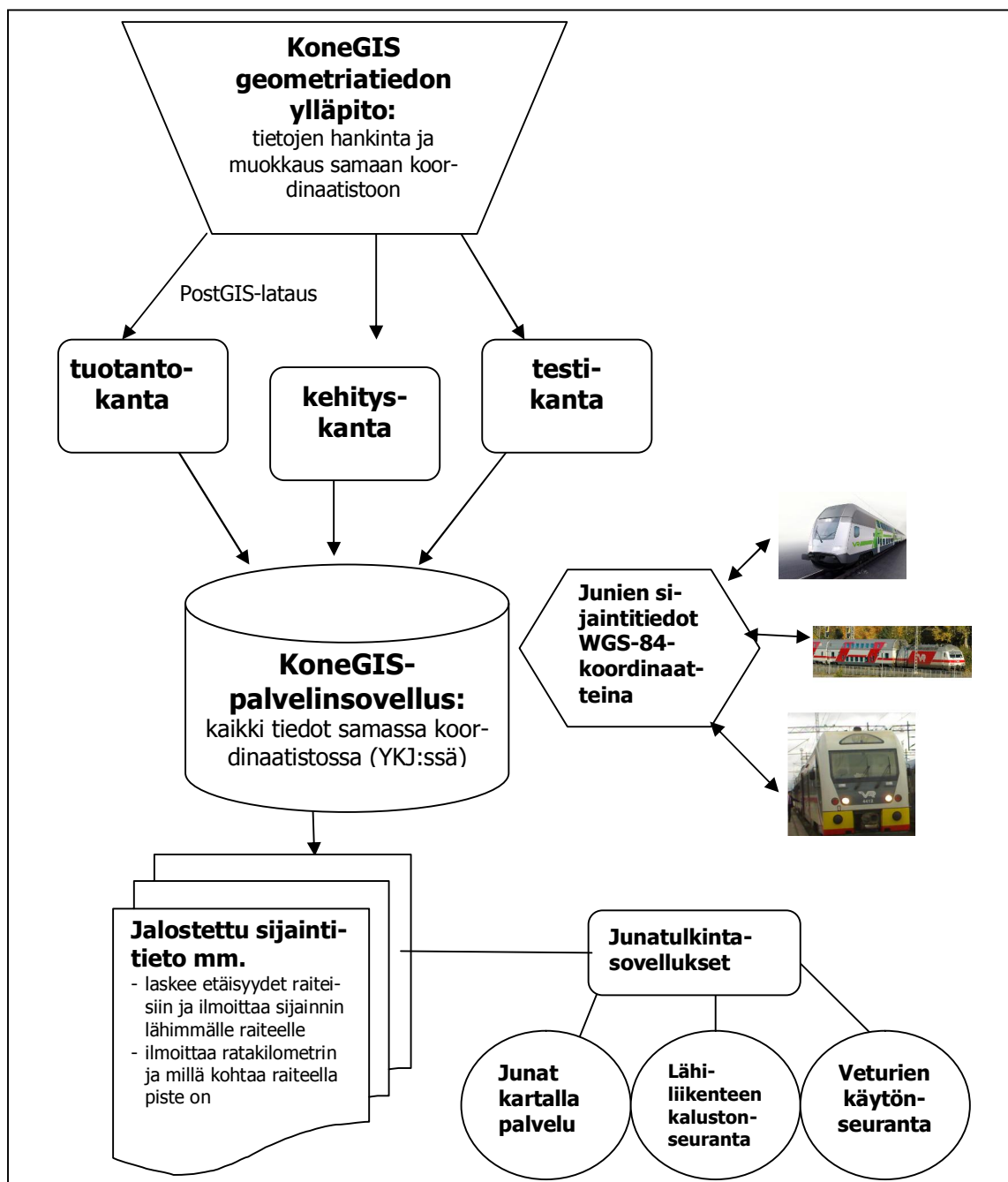
Myöskään koordinaatistojen muunnoksista aiheutuneita muunnosvirheitä ei käsitellä syvällisesti. Lähtökohtaisesti kaikki raidegeometriasuunnitelmat tehdään aina paikallisissa järjestelmissä RATO 2 -ohjeiden mukaisesti, ja etenkin kaava-alueilla on tärkeää, että raidegeometriatiedot ovat samassa järjestelmässä ympäristön muun paikkatiedon kanssa. Tämä on geometria-aineiston kokoamisessa tarkoittanut kymmenien koordinaattikonversioiden ja -muunnostietojen tekemistä. Koordinaattikonversiolla muutetaan koordinaatteja kahden samaan datumiin kuuluvan koordinaatiston välillä, mikä on tässä projektissa tarkoittanut suuren osan geometriatietoja muuntamista paikallisista KKJ-kaistoista YKJ:ään. Pääajatus muunnoksissa on ollut, että ne tehdään alueittain, jolloin saadaan mahdollisimman pieni muunnosvirhe. Alueiden kokoon ja muodostumiseen ei tässä projektissa erityisemmin puututtu, ne ennemminkin syntyivät työaikataulun puitteissa sellaisiksi kuin aineistoa muokatessa sattuiivat tulemaan. Tässä tutkimuksessa ei alueiden kokoon, jakautumiseen eikä koon vaikutukseen muunnosvirheissä oteta erityisemmin kantaa, sillä asiasta kokonaisuudessaan saisi jo oman opinnäytetyön työstettäväkseen. Tässä työssä edellä mainitulla asialla ei ole merkitystä.

1.4 KoneGIS-järjestelmä

KoneGIS on tietojärjestelmä, jonka tavoitteena on tuottaa tietoa junien ja vetureiden raidekohtaisesta sijainnista. Raidegeometriatietoja tarvitaan järjestelmässä, jotta junat voidaan paikallistaa tietylle raiteelle tai raiteen osalle ja jotta tiedetään, millä ratakilometrillä ja missä kohdin kilometriä juna tällä tietyllä hetkellä on. Järjestelmä tekee sijaintivertailun geometriatietojen ja satelliittipaikannuksen välillä, mitä varten junakalusto varustettiin GPS-vastaanottimilla. Sijaintivertailussa lasketaan raide-etäisyydet junien havaituille sijaintipisteille ja sijoitetaan kukin piste sitä lähimmälle raiteelle. KoneGIS-järjestelmää käytetään mm. kalustonkäytön suunnitteluun ja kaluston seurantaan.

Junien reaaliaikaisen seurannan myötä mahdollistuvat ja tehostuvat kalustonkäyttö ja kalustonkäytön suunnittelu. Veturien sijaintitiedon myötä voidaan seurata veturien liikkeitä ja nähdään yhdellä näkymällä koko maan tilanne. Tämä nopeuttaa, tehostaa ja helpottaa kaluston käyttöä eri tilanteissa. Lisäksi palvelua on laajennettu juna-

matkustajille tilannekuvapalvelun avulla. Tässä palvelussa voidaan henkilöjunien kulkua seurata reaaliaikaisesti internetissä julkaistulla kartalla. Kuvassa 1 näkyy KoneGIS-järjestelmän toiminnallisuus geometria-aineiston toimittajan näkökulmasta. Siinä kuvataan geometriatiedon kulku ja käyttö palvelussa eri rajapinnoille.



Kuva 1. KoneGIS-järjestelmäkuvaus geometriatoimittajan näkökulmasta

1.5 Suomen rataverkko

1.5.1 Yleistä

Suomen rataverkkoa hallinnoi Liikennevirasto, joka ylläpitää, kehittää ja vastaa sen kunnosta. Rataverkolla liikkuvia junia operoi tällä hetkellä pääasiassa VR-Yhtymä Oy. Jatkossa rataverkolla voi olla useita junia operoivia yrityksiä. Nämä mahdolliset uudet operoijat tulevat lisäämään haasteita Liikennevirastolle valtion rataverkon hallintaan.

Vuonna 2011 liikennöidyn rataverkon pituus oli 5 919 km, josta 3 067 km oli sähköistetty. Suurin osa rataverkosta on yksiraiteista, lukuun ottamatta rataosia Helsinki–Kirkkonummi, Helsinki–Tampere, Tampere–Orivesi, Helsinki–Lahti–Luumäki ja muutamia muita lyhyempiä osuuksia, jotka ovat kaksi- tai useampiraiteisia.

1.5.2 Ratakilometrijärjestelmä

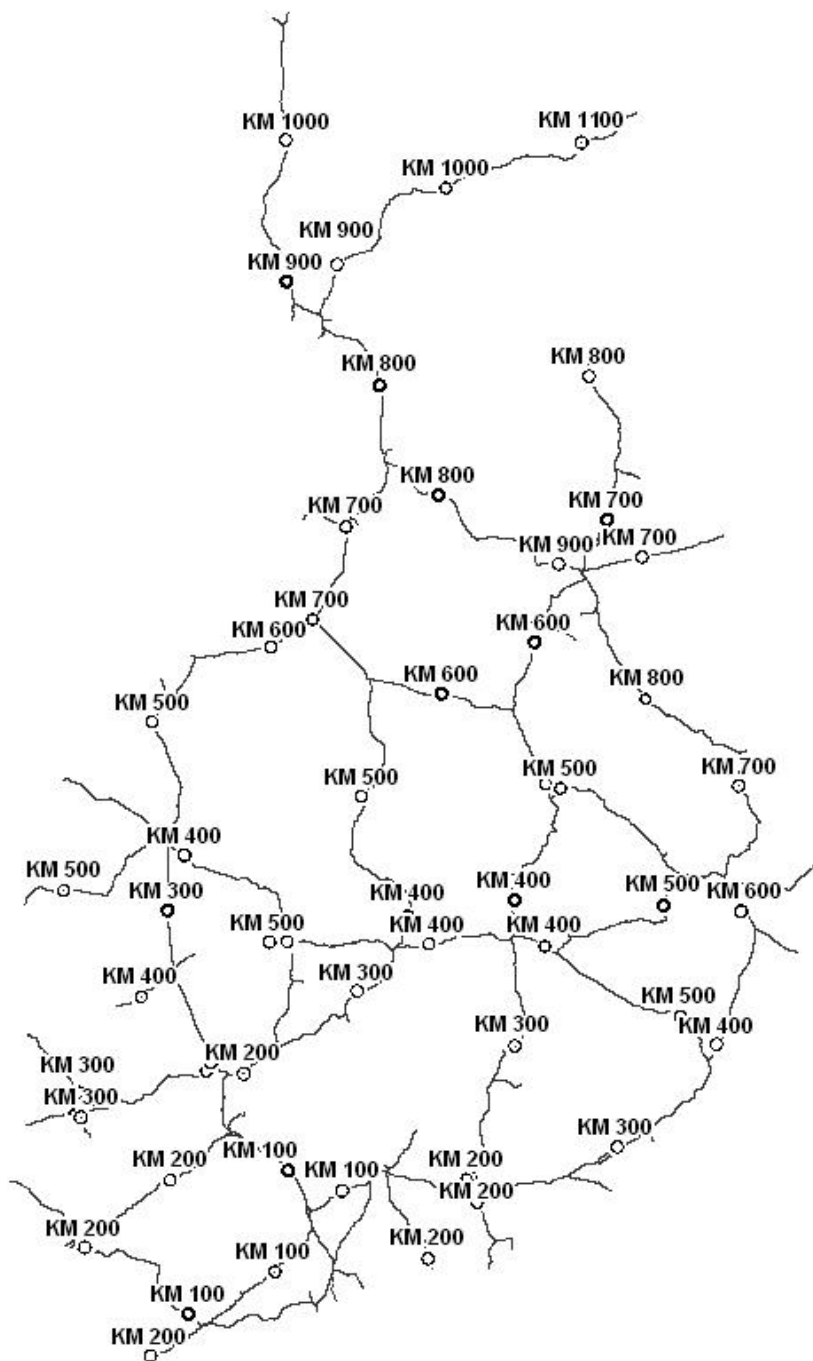
Ratakilometrijärjestelmä on rautateiden oma paikannusjärjestelmä.

"Ratakilometri on nimetty määrämittainen osuus rataa. Sen pituus on kahden peräkkäisen kilometrimerkkin väli pituusmittausraidetta pitkin. Ratakilometri on nimetty arvoiltaan pienemmän kilometripylvään tunnuksen mukaan. Jokaiselta kilometrimerkiltä alkaa uusi mittausjakso, joka päättyy seuraavaan kilometrimerkkiin. Ratakilometrin pituus on kilometrimerkkien pituusmittausraiteella olevien projektiopisteiden todellinen vaakasuora välimatka pituusmittausraiteen keskilinjaa pitkin. Pituuslaskenta tehdään geometriatiedoston elementeistä. Ne on määritelty vaakasuoraan YX-tasoon. Korkeustieto ei ole mukana ratakilometrin pituusmäärittelyssä." (4, s. 69.)

Rataverkolla erilaisten elementtien kuten opastimien, vaihteiden, baliisien ja liikennepaikkojen sijaintitieto ilmoitetaan yleisesti ratakilometrien avulla. Täytyy kuitenkin muistaa, että kukin kilometri on täysin itsenäinen yksikkö ja sijaintitieto ilmoitetaan, jotta tiedetään, missä kohdassa ratakilometriä jokin kohde on.

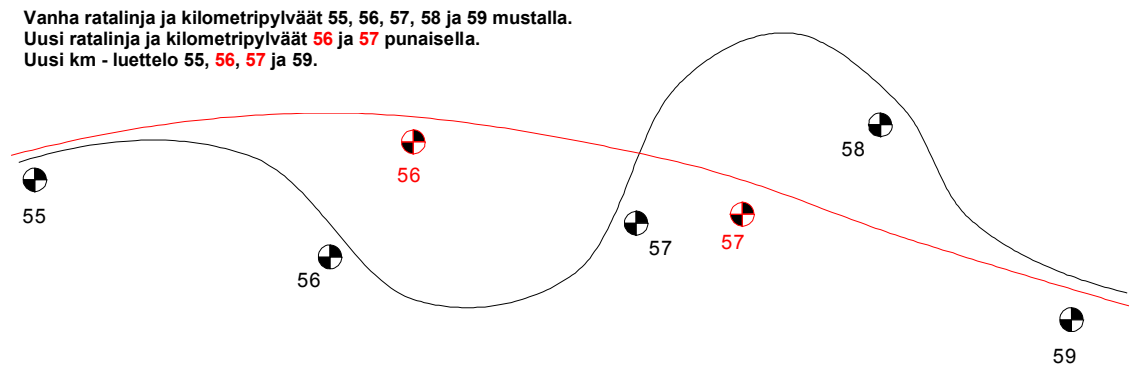
Ratakilometrien laskentasuunta on pääsääntöisesti Helsingistä poispäin, ja ratakilometrit kuvaavat etäisyyttä Helsinkiin kuten kuvassa 2 näkyy. Ensimmäisen ratakilometrin alkupiste oli vanhalle Helsingin rautatieasemalle tulevan pääraiteen alkupisteen kohdalla, minkä takia nykyisten raiteiden alkukilometri ei ole km 0000+0000. Nykyisten pääraiteiden alkupisteet sijaitsevat vajaat pari sataa metriä pohjoisempana kuin vuonna

1862. Kun uusi asemarakennus vihittiin käyttöön vuonna 1919, se sijaitsi hieman pohjoisempana kuin ensimmäinen vuonna 1861 valmistunut rautatieasema, joka sijaitsi suunnilleen Makkaratalon kohdalla Kaivokadulla. Rautatieliikenne Suomessa ja Helsingin asemalla alkoi vuonna 1862. (17, s. 7–20.)



Kuva 2. Kuvassa näkyy koko Suomen rataverkko ja se, miten ratakilometrit sijoittuvat siinä 100 km:n välein.

Ratakilometrin pituus on yleensä lähellä 1000 metriä, mutta poikkeuksiakin on. Syy tähän on useimmiten radan sijainnin muuttuminen ajan saatossa, kuten kuvassa 3 esitetään. Usein ratakilometri kuitenkin eroaa 1000 metristä vain muutamalla millimetrillä. Muutos johtuu radalla tapahtuneista pienemmistä geometrisistä muutoksista, mittaustarkkuuden parantumisesta, asennusvirheistä tai kilometrimerkkien siirtymisestä.



Kuva 3. Ratakilometrien muuttuminen esim. radan oikaisun yhteydessä.

Pituusmitta sidotaan aina geometrialaskentaan esimerkiksi paalutuslaskennassa ja tällöin jokaiselle geometriselle elementille saadaan geometriatiedoista sijainti ratakilometrijärjestelmässä eli osoite radalla. Geometrialaskennoissa on aina yksi raide nimetty pituusmittausraiteeksi, jota pitkin kilometrimittaus kulkee ja jolta kilometrimitta projisoidaan kohtisuorasti muille saman laskennan raiteille ja raide-elementeille. Tämä on tärkeää ja huomioitava tulkittaessa kilometri- ja metrilukemia.

Geometrioiden laskentatiedoissa kaikille kilometrin sijainnin osoittaville kilometrimerkeille on määritetty koordinaatit, mutta niiden todellinen sijainti ja sijainnin laatu on hyvin vaihtelevaa. Kilometrimerkkien sijainnista on tietoa monissa eri aineistoissa. Laatu vaihtelee järjestelmittäin. Maastossa oleva kartoitettu tieto ei välttämättä ole se oikea, koska kunnossapitäjä on saattanut vain nostaa kaatuneen kilometripylvään pystyyn mittaamatta sitä paikalleen.

1.6 Geometriatieto ja koordinaattijärjestelmät

1.6.1 Yleiskatsaus

Tavanomaisesti raidegeometrian yksityiskohtainen suunnittelu tehdään aina paikallisessa koordinaattijärjestelmässä. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että Helsingin kaupungin alueella käytetään Helsingin omaa järjestelmää. Vantaalla on taas käytössä VVJ, kun taas rataa pohjoiseen edetessä vaihtuu laskentajärjestelmä Keravalla KKJ2:een. Tampereella laskentoja on sekä KKJ2:ssa että Tampereen omassa järjestelmässä. Useimmat vanhat laskennat on tehty Tampereen omassa järjestelmässä, joka pohjautuu VVJ:hin. Monilla isoilla kaupungeilla on siis oma järjestelmänsä, ja laskennat ovat yleensä niissä tehtyjä.

Linjalaskennat tehdään yleensä paikallisessa KKJ:ssa, mutta Sulake-järjestelmän ominaisuuksista johtuen on KKJ-koordinaateista jouduttu vähentämään vähintään yksi lukuyksikkö eli miljoonat. Lukuyksikköjen määrän käyttö on kuitenkin ollut hyvin kirjavaa, eikä asiasta ole ollut mitään selkeitä laatuasiakirjoja tai käytännön ohjeistusta. Tämä on vaikeuttanut laskenta-aineistojen kokoamisessa koordinaattien konvertointia, sillä ensin on pitänyt osata lisätä oikeat puuttuvat lukuyksiköt. Erityisen työlästä tämä on ollut etenkin silloin, kun ei ole ollut varmaa, mikä KKJ-kaista on ollut käytössä kaistojen raja-alueilla. Pienellä asiaan perehtymisellä ja Maanmittauslaitoksen internetsivuilta löytyvän Kansalaisen karttapaikan koordinaattien muunnosohjelmalla on saatu pääsääntöisesti nuo puuttuvat lukuyksiköt selville. Se, miksi lukuyksiköitä on vähennetty koordinaateista, on johtunut pääosin siitä, että VR:n laskentasovelluksessa on voinut käyttää vain kuutta lukuyksikköä pilkun vasemmalla puolella. Tähän on saatu muutos, mutta kaikki vanhat ovat vielä sekalaisessa kokoonpanossa. Kuvassa 4 esitetään mallit lyhyistä ja pitkistä koordinaateista.

Koordinaatit viidellä lukuyksiköllä:

Y= 70556.591, X= 51331.285

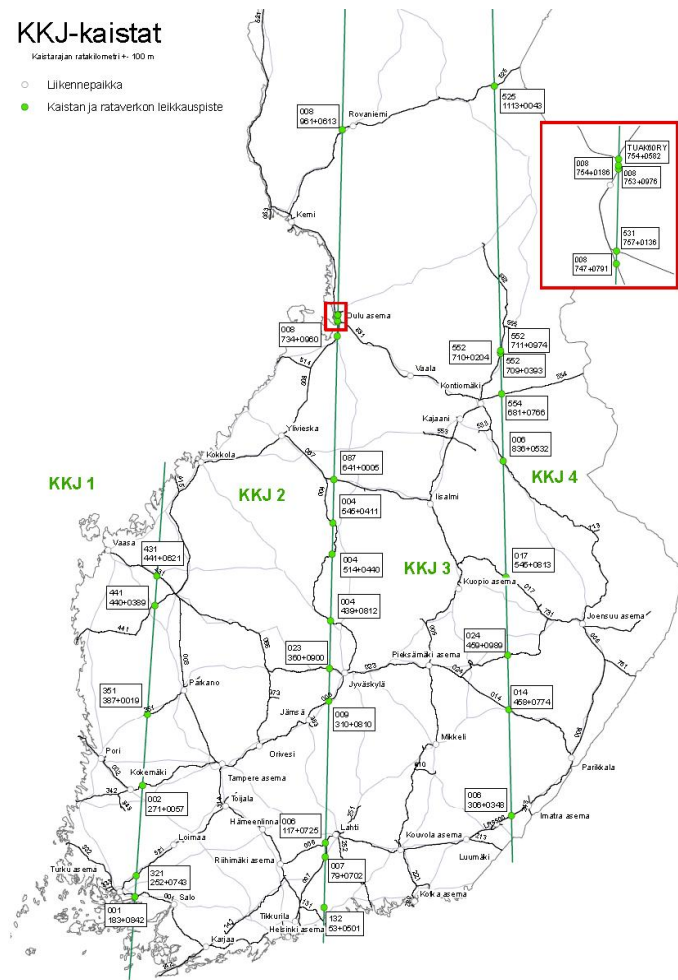
Samat koordinaatit seitsemällä lukuyksiköllä:

Y= 3570556.591, X= 6951331.285

Kuva 4. Malli lyhyistä ja pitkistä koordinaateista.

1.6.2 KoneGISin koordinaattijärjestelmä

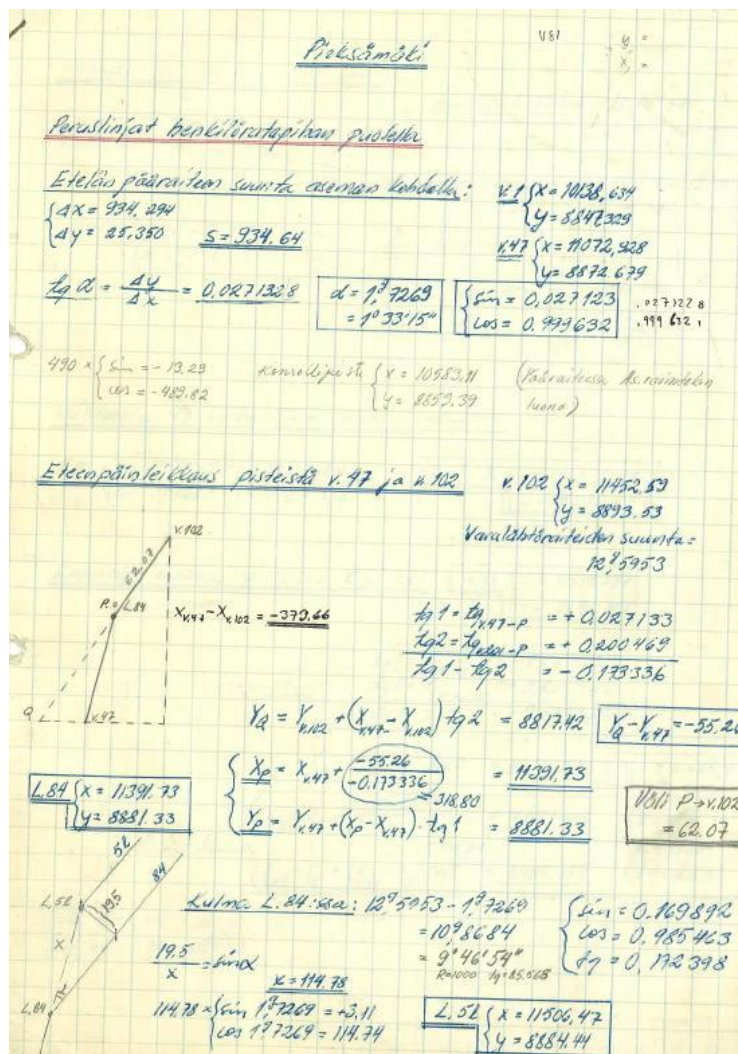
KoneGIS-järjestelmään viedyt geometriatiedot on tuotettu paikallisissa koordinaattijärjestelmissä, osa erittäin vanhoissa sellaisissa. Jotta geometriatiedot on voitu viedä KoneGIS-järjestelmään, ne on ensin pitänyt konvertoida tai muuntaa samaan koordinaattijärjestelmään, tässä tapauksessa KKJ3:een eli yhtenäiskoordinaattijärjestelmään (YKJ). YKJ valittiin käytettäväksi, koska projektia suunniteltaessa sen oletettiin olevan yleisin geometriatiedoissa ja kartoissa käytössä oleva järjestelmä, ja näin ollen tietoihin voitaisiin yhdistää helposti eri pohjakarttoja. Kuvassa 5 on kuvattu Suomen rataverkon sijoittuminen KKJ-kaistoille, ja erityisesti siitä näkyy kaistanvaihtokohtien sijainti rataosittain ratakilometrijärjestelmässä.



Kuva 5. KKJ-kaistojen kaistanvaihtokohtien sijainti rataosittain ratakilometrijärjestelmässä (Lähde: VR Track Oy)

2 Geometriatieto ja sen prosessointi

Radan paikalleen rakentamiseen tarvitaan aina yksityiskohtaisia geometriatietoja. Yksityiskohtaisen geometrian avulla hallitaan junien nopeudesta ja painosta johtuvia rataa ja kalustoon vaikuttavia voimia. Aikojen saatossa keinot tuottaa geometriaa ovat muuttuneet hyvinkin radikaalisti. Nykyään tietokoneet suorittavat kaikki laskentatoimet, toisin kuin rautateiden synnyn aikaan 1800-luvulla ja vielä pitkälle 1900-luvulla. Kuvassa 6 voidaan nähdä, miten ruutupaperille on vuonna 1971 laskettu geometriaa Pieksämäeltä.



Kuva 6. Kuvassa näkyy ote suunnittelija Viljo Kovasen geometriasuunnitelmista Pieksämäen perusparannuksesta vuodelta 1971.

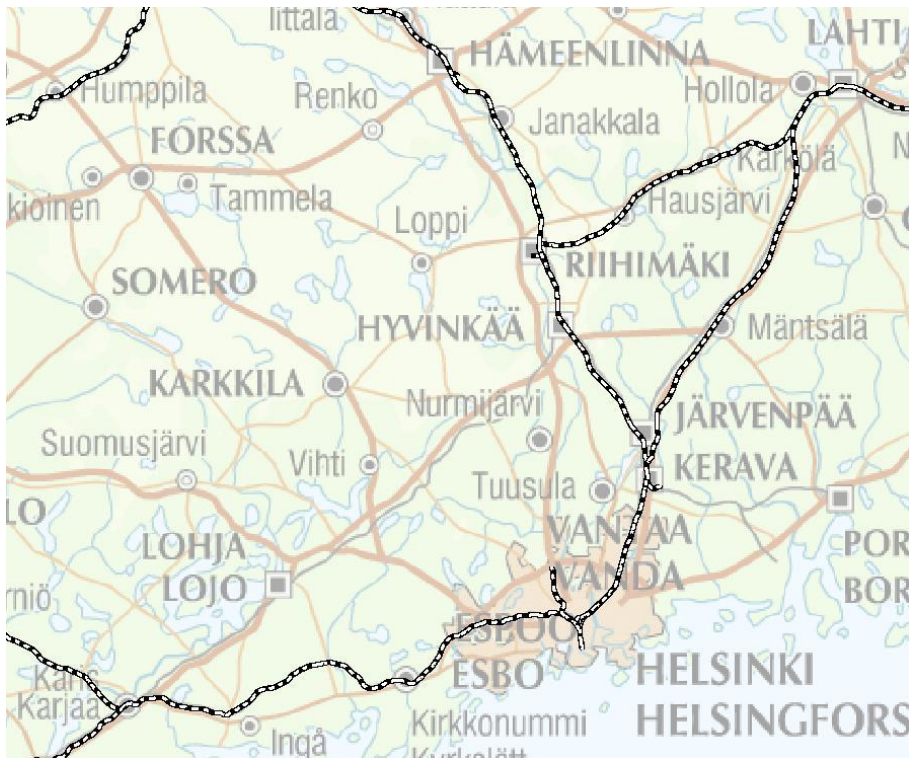
1970-luku oli muutosten aikaa, ja silloin on otettu käyttöön VR:llä ensimmäiset tietokoneet ja tietokoneavusteiset geometrialaskentaohjelmistot. Nykyiseen VR Trackin Suunnittelun Sulake-tietokantaan on tallennettu lähes kaikki Suomen rataverkon rakentamista ja kunnossapitoa varten viime vuosikymmeninä lasketut geometriatiedot. Vanhimmat siellä vielä olevat laskennat ovat 1970-luvulta ja KoneGIS-järjestelmään viedyt vanhimmat raidegeometriatiedot 1980-luvun puolivälistä. (15.)

Laskentojen nimeämislogiikka on ollut hyvin kirjavaa. Yleensä laskentatiedoston nimestä voidaan päätellä geometriatiedon sijainti rataverkolla. Alkujaan 1980- ja 1990-luvulla laskentojen nimeämistä on vaikeuttanut nimessä käytettävien merkkien määrä, joka on ollut rajattu. Myöskään laskennan tiedostojen nimeämisessä ei tuolloin ole ollut käytössä selkeitä laatuasiakirjoja eikä laadunvalvontaa, joissa olisi määritetty ja valvottu nimeämislogiikkaa ja Sulakejärjestelmän tietokantaan tallennettuja tiedostoja. Sulakejärjestelmästä tietoja voidaan hakea monin eri tavoin, mutta loppujen lopuksi on kuitenkin osattava hakutuloksista seuloa oikeat ja toteutuneet geometriatiedot. Todellisuudessa Sulaketietokannassa on jokaiselle suunnitteluprojektille useita laskentaversioita, joista projektia tuntemattoman on hyvin vaikeaa päätellä, mikä niistä on se lopullinen, toteutunut versio. Lisäksi geometriasuunnitelmia on yleensä tehty kaikista eri rakentamisen suunnitteluvaiheista, alkaen karkeasta tarveselvityksestä yksityiskohtaiseen rakentamissuunnitelmaan. Nämä jokaisen projektin yksityiskohtaiset tiedot selviävät vasta kun tietyn geometrialaskennan avaa. (15.)

2.1 Geometriatietojen keräysprosessi

2.1.1 Lähiliikennealue

Ensimmäinen kokonaisuus, jolta geometriatietoaineistoa ryhdyttiin kokoamaan KoneGIS-järjestelmää varten, oli pääkaupunkiseudun lähiliikenteen käyttämät raiteet. Lähiliikenne käsittää raiteet Riihimäeltä ja Karjaalta Helsinkiin, Lahdesta Riihimäelle ja oikorataa pitkin Keravalle sekä Vantaankosken kaupunkiradan, kuten kuvasta 7 näkyy. Myös rakenteilla oleva Kehärata tulee olemaan osa lähiliikenteen raiteita.



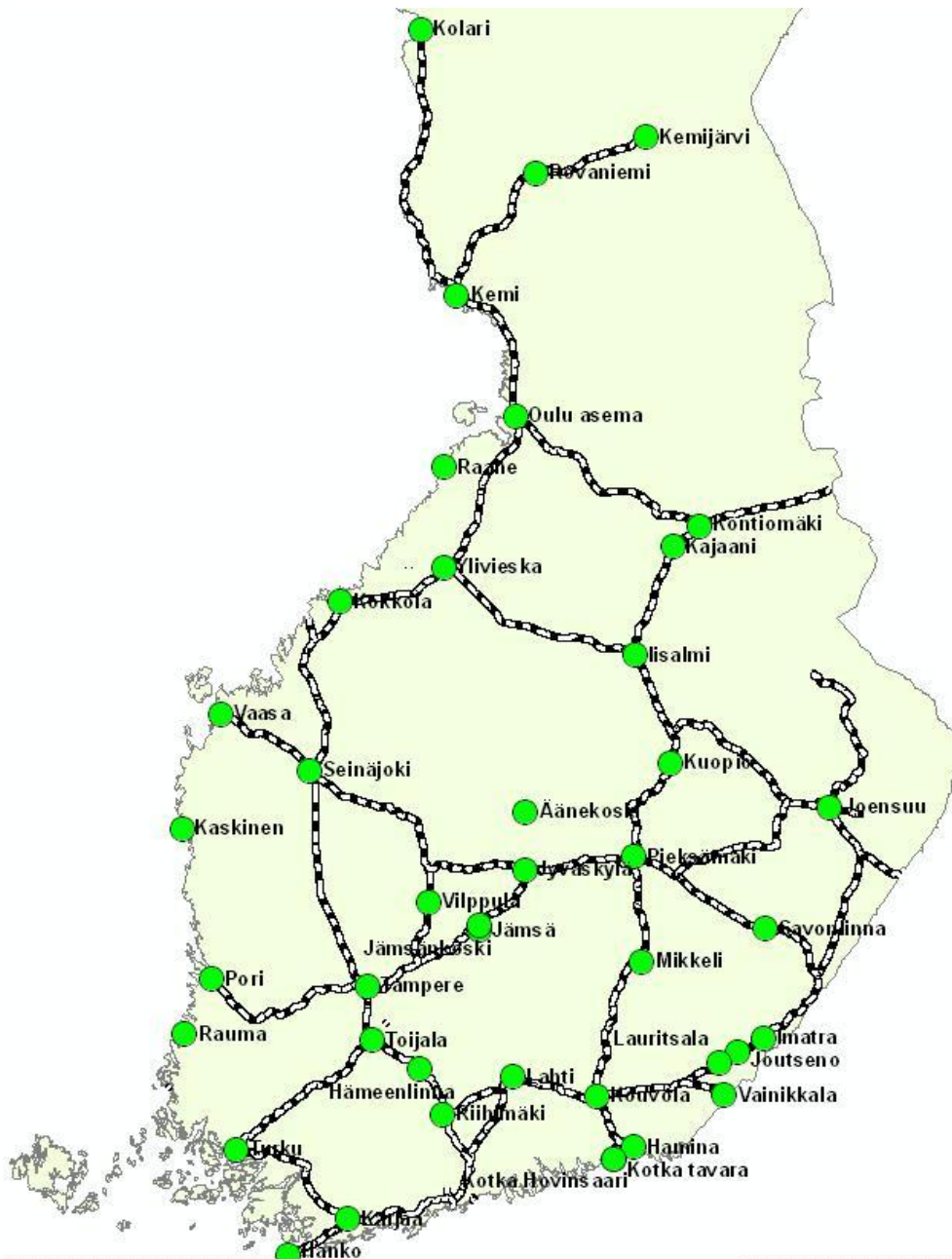
Kuva 7. Lähiliikennealue vuonna 2011: Helsinki–Karjaa, Helsinki–Vantaankoski, Helsinki–Riihimäki ja Helsinki–Lahti.

Tämä oli selkeä kokonaisuus ja geometriatiedot pääsääntöisesti uusia ja laadukkaita. Tässä yhteydessä laatu kuvaa tietojen tuoreutta, kattavuutta, käytettävyyttä ja istuvuutta KoneGIS-kokonaisuuteen sekä vanhoissa geometriatiedoissa ilmenneiden virheiden vähyyttä. Tämän lisäksi lähes kaikki halutut raiteet löytyivät olemassa olevista laskennoista, ja puuttuvia raiteita oli vähän. Vantaankosken rata oli ainut kokonaisuus, jolta ei ollut heti saatavilla käyttökelpoista geometriaa, lisäksi Riihimäeltä puuttui yksi sähköveturien seisonlaraide ja Ilmalasta puuttui satunnaisia pieniä kokonaisuuksia. Tätä loppu-työtä kirjoittaessa Vantaankosken radasta oli jo suunniteltu ja laskettu uudet geometriat, koska rataosa liittyy Vantaankoskella uuteen rakenteilla olevaan Kehärataan. Valmistuneet geometriatiedot voitiin päivittää KoneGIS-järjestelmään.

Ilmalan ratapiha-alue itsessään on oma lukunsa, koska se oli osittain työmaana samaan aikaan kun aineistoa alueelta koottiin. Tämä tarkoitti sitä, että osa geometriatiedoista oli joko vanhan tilanteen mukaista tai tulevan tilanteen mukaista suunnitelmaa. Tällä hetkellä Ilmalan raidegeometriatiedot on päivitetty vastaamaan nykyistä tilannetta ja osin piakkoin valmistuvaa tulevaa suunnittelun mukaista tilannetta.

2.1.2 Veturien seisontraiteet

Toisessa vaiheessa annettiin toimeksi koota geometria-aineisto 50 rautatieliikennepaikalta ympäri Suomea. Nämä liikennepaikat olivat veturien käytönohjauksen kannalta tärkeitä kokonaisuuksia. Yhdessä tiedon käyttäjän kanssa käytiin kaikki liikennepaikat raiteittain läpi ja sovittiin kultakin liikennepaikalta halutut raidealuekokonaisuudet, joilta geometriatiedot tarvittiin. Kuvassa 8 on näkyvät kaikki kohteet vihreinä ympyröinä:



Kuva 8. Vihreällä on kuvattu liikennepaikat, joilta kerättiin geometria-aineistoa veturien seisontraiteiden käyttöä varten.

Veturien seisontraiteiden geometria-aineiston laatu oli hyvin vaihtelevaa. Veturiseurannan kohteista ei löytynyt hyvää geometriaa yhtä paljon ja yhtä helposti kuin lähiliikennealueelta. Laadun vaihtelevuus kuvaa tässä tapauksessa tietojen vanhuutta, kattamattomuutta, huonoa käytettävyyttä ja huonoa istuvuutta KoneGIS-kokonaisuuteen sekä vanhoissa geometriatiedoissa ilmenneiden virheiden määrää. Tämän lisäksi lähes puolet haluttujen liikennepaikkojen raiteiden geometriatiedoista puuttui kokonaan.

2.1.3 Henkilöliikenteen linjageometriat

Viimeisessä vaiheessa KoneGIS-järjestelmään haluttiin lisätä kaikki henkilöliikenteen käyttämät linjaraiteet "Junat kartalla" -sovellusta varten. Suurimmalta osalta ja vilkkaimmin liikennöidyiltä osilta vanhat geometria-aineistot löytyivät ja olivat melko uutta laskentaa. Noin 500 km:n osuudelta ratalinjaa vanhaa geometrialaskentaa ei ollut tallessa ollenkaan, ja pienessä osassa tiedot olivat vanhoja, mutta silti käyttökelpoisia. Nämä puutteet olivat pääsääntöisesti vähäliikenteisien ratojen ongelmia.

2.2 Työn vaiheistus ja koordinointi

Toimeksiannon yksityiskohtien selkiytyttyä alkoi työn paloittelu ja organisointi. Liikkeelle lähdettiin siitä, että Sulake-järjestelmästä etsittiin toteutuneita geometrialaskentoja, jotka vastaavat maastoon rakennettua tilannetta. Näiden tietojen löytämiseksi tarvittiin VR Trackin Suunnittelun rataverkkoryhmän KoneGIS-työryhmän lisäksi Suunnittelun aluetoimistojen geometrialaskijoiden asiantuntemusta. Oikeiden laskentatunnisteiden eli D- ja K-tiedostojen löytyessä voitiin Sulakkeella suorittaa tätä työtä varten niitä käyttämällä paalutuslaskenta. Paalutuslaskennassa muodostetaan raiteen aseman maastoonmerkitsemistiedot. B-tiedosto on paalutuslaskennan ohjaustiedosto, jossa määritellään käytettävät D- ja K-tiedostot. D-tiedosto sisältää vaakageometriatiedon ja K-tiedosto ratakilometrien pituudet ja pystygeometriatiedon. B-, D- ja K-tiedostoista saatiin tuotettua KoneGIS:iin vietävät aineistot. Liitteessä 1 on esimerkkejä edellä mainituista tiedostoista.

Kaikki B-, D-, ja K-tiedostojen nimet sekä muunnosprojektiot kerättiin yhteen taulukkolaskentaohjelman tiedostoon. Tiedostoon ohjelmoitu makro muunsi laskentojen koor-

dinaatit yhtenäiskoordinaatistoon ja tuotti laskennoista tarpeelliset Shape-formaatin mukaiset tiedostot, jotka saatiin näkymään kartalla raiteina ArcGIS-sovelluksen avulla. Taulukkoon täytettiin riveittäin tiedot jokaisen laskennan B-, D- ja K-tiedostojen nimistä, koordinaattijärjestelmästä ja käytetystä muunnosprojektista tai tieto Helmert-muunnoksesta ja siinä tarpeen mukaan käytettävistä muunnosparametreista.

2.2.1 Raiteiden kartoitus

Geometriatiedostojen kokoamisen edetessä selvisivät myös ne kohteet, joista ei ollut saatavilla raidegeometriatietoja tai -laskentoja. Ensimmäisessä vaiheessa ei puutteita juuri ollut tai niistä tiedettiin piakkoin tulevan uutta materiaalia. Veturiseurannan kohteiden tarpeiden yksilöinnissä tuli esiin paljon hyvinkin vanhoja, jopa 1800-luvulta peräisin olevia raidealueita eri liikennepaikoilta. Näistä kohteista oli harvoin valmista geometria-aineistoa. Koska geometria-aineiston kokoamisprojektin aikataulu oli osin erittäin tiukka, jaettiin veturiseurannan kohteet maantieteellisesti alueisiin ja annettiin kunkin alueen geometrialaskennasta vastaavalle toimeksi selvittää, mistä raiteista geometriat löytyvät ja mitkä osat puuttuvat. Näin pystyttiin samaan aikaan maastossa kartoittamaan raiteita, joilta ei valmista laskenta-aineistoa ollut saatavilla, ja toimistolla käymään läpi Sulakejärjestelmään tallennettuja vanhoja geometriatietoja ja toimittamaan sieltä löytyneet tarvittavat geometriatiedot eteenpäin prosessoitavaksi KoneGIS-järjestelmään sopiviksi.

Kartoitusmenetelmän valinta

Tiedon käyttäjän kanssa oli sovittu, että geometriatietojen sijaintitarkkuuden tulisi olla reilusti alle 10 cm puuttuvien kohteiden osalta. Tämä vaikutti ratkaisevasti siihen, miten puutteiden maastokartoitukset toteutettaisiin. VR Track Oy:n Suunnittelun käytössä oli aiemmin ollut Topconin GMS-2 GPS+ -käsivastaanotin, joka ylittää VRS DGPS -korjauksella n. 30–50 cm:n tarkkuuteen. Laitteella voitiin suorittaa maastokartoituksia ja tiedonkeruuta satelliittipaikannukseen perustuen. Tässä projektissa tuo tarkkuus ei kuitenkaan riittänyt, joten oli selvitettävä uusia vaihtoehtoja. Topconin maanmittauskojeita maahantuovasta TopGeo Oy:stä selvisi, että GMS-2-käsivastaanotimesta oli ilmestynyt uusi malli GRS-1. Tarvittavilla lisälaitteilla varustettuna tällä laitteella oli mahdollista mitata myös RTK-tarkkuudella, kunhan siihen hankittaisiin lisäantenni ja tälle sauva. Lisäksi edellytyksenä oli, että reaaliaikaisessa korjauksessa käytettäisiin tarkem-

paa VRS-korjausta eli VRS RTK -korjausta. Kuvassa 9 alla on VRS-palveluntuottajan oma kuvaus kyseistä palvelusta.

VRS RTK-palvelu

Senttitarkan RTK-mittauksen (Real-Time Kinematic) edellytyksenä on tähän päivään asti ollut mittausalueella oleva kiintopiste, johon tukiasema on pystytetty. VRS-järjestelmän avulla ei tätä tarvetta enää ole. Mittaaja on yhteydessä GSM-verkon välityksellä laskentakeskukseen, joka laskee mittaajalle oman, paikallisen virtuaalitusiman mittausalueelle. Tämä järjestelmä parantaa merkittävästi RTK-mittauksen tuottavuutta ja laatua. Se myös tekee oman tukiaseman pystyttämisen tarpeettomaksi, mikä säästää aikaa itse mittaustyöhön ja kustannuksia laiteinvestoinneissa. VRS-järjestelmää käytettäessä ei tarvitse huolehtia kiintopisteistä, muunnoksista tai virheiden kasautumisesta. Vastaanotin alustaa nopeammin ja samalla voidaan olla varmoja tukiasemalta saatavan korjausdatan laadusta ja oikeellisuudesta.

Kuva 9. VRS-palveluntuottajan kuvaus palvelusta

Kojeen investointikulut olivat laitteen pienuuteen, tarkkuuteen ja helppokäyttöisyyteen nähden pienet, joten tämä laite päätettiin hankkia. Maahantuojaan työntekijät rakensivat lisäksi kätevän ja helposti mukana kulkevan keskilinjän sabluunan, joka helpotti oleellisesti raiteiden kartoitusta. Kuvasta 10 näkee kokonaisuuden ja sen, millaisesta laitteesta oli kyse.



Kuva 10. Kuvassa näkyy raiteen keskilinjän mittausta Äänekoskella syksyllä 2010.

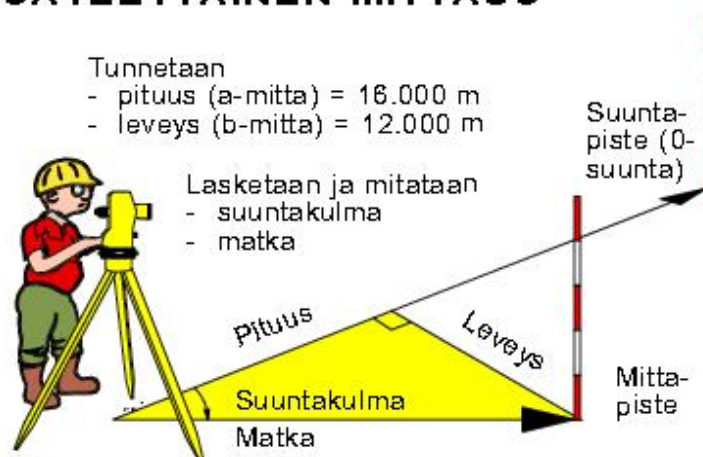
Valitun menetelmän hyödyt ja haasteet

Puuttuvien tietojen hankinta valitulla menetelmällä sujui pääsääntöisesti nopeasti ja helposti. Maastokartoitukset tehtiin kahden hengen ryhmissä, jolloin toinen mittasi ja toinen toimi turvamiehenä. Koje kesti hyvin vettä ja pakkasta, joten mittauksia pystyttiin tekemään säässä kuin säässä. Tämän kojeen ja valitun mittausmenetelmän selkeitä hyötyjä olivat nopeus, monipuolinen toimintakyky eri olosuhteissa sekä riittävä mittaustarkkuus (2 cm– 10 cm).

Haastavinta oli työskennellä ratapihoilla, joiden raiteilla seisojia useita junia, sillä tämä vaikeutti raiteen keskilinjaa kartoitusta ja huononsi kojeen tarkkuutta. Raide, jolla seisoo juna, voidaan mitata b-mitan avulla junan vierestä, jolloin koje laskee automaattisesti koordinaatit suoraan keskilinjalle. Näin toimittiin osassa kohteita. Tämä menetelmä ei toiminut kuitenkaan kaikissa tilanteissa. Jos kojeen käyttämät GPS- ja GLONASS- satelliitit olivat sellaisissa paikoissa taivaalla, että viereinen tai viereiset junat peittivät ne, ei mittauksia voitu suorittaa vaaditulla tarkkuudella. Myös korkeiden rakennusten, siltojen ja kallioleikkauksien lähellä mittauksen suorittaminen ei aina onnistunut tästä samasta syystä eli yhteyttä riittävän moneen satelliittiin ei saatu. Käsivastaanottimen on saatava yhteys vähintään viiteen, mielellään useampaan satelliittiin, jotta se pystyy laskemaan sijaintinsa riittävän tarkasti.

Suurin osa näistä laatuun vaikuttavista ongelmista ratkaistiin A- ja B-mittoja käyttämällä, jolloin niiden vaikutus laatuun oli erittäin vähäinen. Yhdessä tapauksessa paikanpäälle oli tultava uudelleen, jotta kaikki raiteet saatiin kartoitettua. Ensimmäisellä kerralla kyseisen ratapihan raiteilla seisojia liian monta junaa, jotta kaikki halutut raiteet olisi voitu mitata kunnolla. Kuvassa 11 on kuvattu lyhyesti A- ja B-mittojen käytön pääperiaatteet.

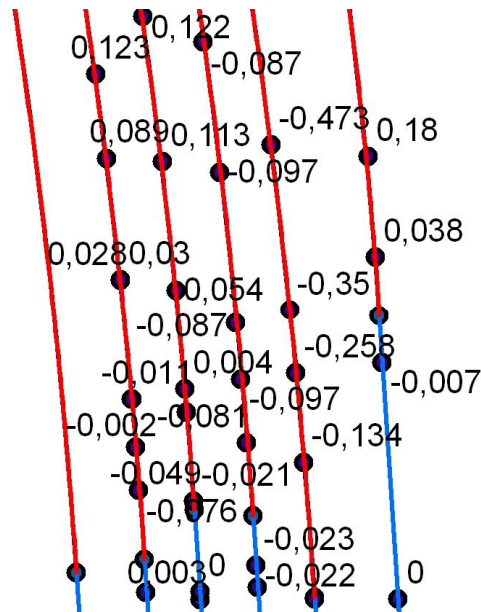
SÄTEETTÄINEN MITTAUS



Kuva 11. Malli A- ja B-mittojen käytöstä säteittäisessä mittauksessa (lähde: Rakennusmittauksen perusteet, M-Mies Oy:n ohje)

Maastomittaukset aloitettiin aina tunnetuilta elementeilä kuten vaihteilta, joiden tiedettiin jo olevan jo olemassa olevissa geometriatiedoissa. Samoin viimeiset mitatut pisteet olivat tunnettuja elementtejä. Näin uudet kartoitukset voitiin kiinnittää olemassa oleviin laskentoihin ja seurata mittauksen tarkkuutta sekä samalla yhdistää uusi laskenta olemassa olevaan geometriaan. Pääsääntöisesti tällä kartoitusmenetelmällä päästiin vähintään 5–10 cm:n sijaintitarkkuuteen lopputuloksessa, usein jopa paljon tarkempaan sijaintiin. Tuo sijaintitarkkuustieto perustuu kartoitettaessa kojeen ilmoittamaan tarkkuuteen sekä myöhemmin laskennan aikana tehtyihin tunnettujen elementtien sijaintivertailuihin.

Toimistolla kartoitettu data muunnettiin käytettyyn geometrialaskentajärjestelmään sopivaksi ja sen pohjalta laskettiin raidegeometriatiedot, jotka vietiin KoneGIS-järjestelmään. Kuvassa 12 näkyy ote geometrian laskentavaiheesta ja siitä, miten kartoitetut pisteet ovat apuna geometrian elementtien laskennassa. Luvut kuvassa ilmentävät kartoitettujen pisteiden ja laskettavan ratalinjan välisiä siirtymiä.



Kuva 12. Kemijärven liikennepaikalta näkyvät raidegeometrialaskennan siirtymät (poikkeamat) kartoitettuihin pisteisiin nähden. Siirtymä on kartoitetun pisteen sijaintipoikkeama lasketun raidegeometrian mukaisesta raiteen asemasta pisteen kohdalla. Kartoitetun pisteen aseman poikkeama geometrian mukaisesta raiteen asemasta pisteen kohdalla on sama mitta, jonka KoneGIS-järjestelmä laskee satelliittipaikannuksen tuottamille kaluston sijaintitiedoille.

2.2.2 Geometrian tuottaminen karttatietokantojen pohjalta

Sijaintitarkkuudeltaan epätarkin geometriatietojen osa sijoittuu niille henkilöliikenteen linjaosuuksille, joilta ei ollut saatavilla vanhoja geometriatietoja. Kustannus- ja aikataulustyistä päädyttiin siihen, että nämä osuudet lasketaan karttatietokantojen ja junista saatavien koordinaattitietojen pohjalta. Näin sijaintitarkkuus jäi 1–5 metriin, mikä kuulostaa epätarkalta mutta on tässä käyttötarkoituksessa riittävä. Kyseessä oli yksiraiteinen linjaosuuks, jossa liikennepaikkojen kohdilta useimmiten löytyi vanhaa kelvollista laskentaa. Vaikka tässä voidaan ajatella, että sijaintitarkkuuden puolesta laatu olisi huonoa, ei se kuitenkaan tässä tapauksessa käyttötarkoitusta ajatellen ole huono. Ylilaadun tuottaminen vie turhaan aikaa ja resursseja.

Koska näillä rataosilla on vain yksi raide, ei varsinaista erehtymisen vaaraa ole, joten käyttötarkoitukseen suhteutettuna laskentaa ja sen pohjalta saatuja geometriatietoja voidaan pitää laadullisesti hyvinä. Ainoastaan liikennepaikkojen kohdalla on useampi raide, mutta tässä vaiheessa nämä liikennepaikat eivät kuulu projektin kohteisiin, joista on

sovittu tuotettavan geometria-aineistoa. Itse linjageometrialaskenta on kuitenkin tarkkaa ja hyvälaatuista.

Edellä kuvatulla tavalla saatu aineisto oli laadultaan heikointa, koska jo lähtötietojen tarkkuus on metrejä ympäristössä, jossa on tavanomaista suunnitella geometriaa vähintään kolmen desimaalin tarkkuudella. Tällöin heikon laadun mittari on epätarkka sijainti. Junien DGPS-vastaanottimien antamien junien sijaintikoordinaattien tarkkuus on järjestelmän toimittajan mukaan 0,5–2 m. Karttatietokannoista saadut ratalinjat ovat monesti epätarkkoja siksi, että rata-alueet ja niiden kartoitus ei ole kuulunut kuntien tai valtion tärkeimpiin asioihin ja siksi ne on lähinnä asemoitu kartalle. Tarvetta tarkemmille kartoille ei ole ollut muilla kuin radan suunnittelijoilla ja käyttäjillä, ja nämä ovat tuottaneet itseään varten omat kartat ja mittaukset suunnittelukohteittain tarpeen mukaan.

2.3 Geometriatietojen muokkausprosessi KoneGIS:iä varten

Raidegeometriatietojen muokkaus yhtenäiseksi kokonaisuudeksi oli iso osa projektia, sillä kaikki raidegeometrialaskennat oli tehty paikallisissa koordinaattijärjestelmissä. Näissä laskennoissa koordinaateista oli vähennetty kokonaislukuyksikköjä, kuten jo luvussa 1.6 kerrottiin. Tällaiseen menetelmään oli aikoinaan päädytty, koska Suunnittelun laskentajärjestelmä ei pystynyt käsittelemään kuin enintään kuusi kokonaislukuyksikköä pilkun vasemmalla puolella yhtä koordinaattia kohden. Tämä teki koordinaattijärjestelmän määrittämisestä ja oikean muunnosprojektion löytämisestä haastavaa.

Toinen haastava ja muokkausta vaativa työ oli geometriatiedoissa olevien raiteiden nimeämistietojen läpikäynti ja ajantasaistaminen. Geometrialaskijalla ei yleensä laskentavaiheessa ole tiedossa raiteen nimeämistietoja, jolloin hän joutuu antamaan laskettavalle raiteelle jonkin satunnaisen nimen. Turvalaitesuunnittelussa raiteille annetaan niiden viralliset tunnukset. Usein geometriasuunnittelu tehdään ennen turvalaitesuunnitelmien lopullista hyväksymistä, jolloin käy niin, että raiteilla ovat geometrialaskennoissa eri tunnukset kuin virallisesti hyväksytyissä turvalaitekuivissa. Tässä projektissa oli tärkeää, että geometriatiedoissa raiteiden nimet olivat samat kuin virallisissa dokumenteissa. Tiedonkäyttäjien sovellukset, jotka saavat KoneGIS:stä tiedot kaluston sijainnista, edellyttivät, että raidetunnukset ovat samat sekä KoneGIS:n tiedoissa kuin käyttäjien omassa sovel-

luksissa. Tämän takia kaikki geometriatiedot, jotka vietiin KoneGIS:iin, oli käytävä läpi raiteiden tunnusten osalta ja nimettävä oikein.

KoneGIS-järjestelmään halutuista raiteista kaikki eivät sijainneet Liikenneviraston omistamilla alueilla, vaan osa sijaitsi VR Groupin omistamilla maa-alueilla, kuten useimmilla veturitallialueilla. Liikenneviraston omistamista raiteista oli saatavilla kaikki tarvittavat tiedot virallisista dokumenteista, mutta yksityisraiteista, joihin VR Groupin omat raiteet lukeutuvat, olivat tiedot monesti puutteellisia. Osa näistä raiteista saattoi näkyä virallisissa dokumenteissa ilman virallisia tunnuksia ja pituuksia, ja muutamalla liikennepaikalla oli raidealueita, joita ei varsinaisesti näkynyt missään virallisessa dokumentissa. Nämä alueet olivat myös yleensä alueita, joilta ei ollut olemassa geometriatietoa, vaan niistä täytyi tuottaa sellainen. Puuttuvat raidenimet selvitettiin paikallisilta raiteiden käytönohjaajilta ja uusissa laskennoissa käytettiin suoraan näitä raidenimiä.

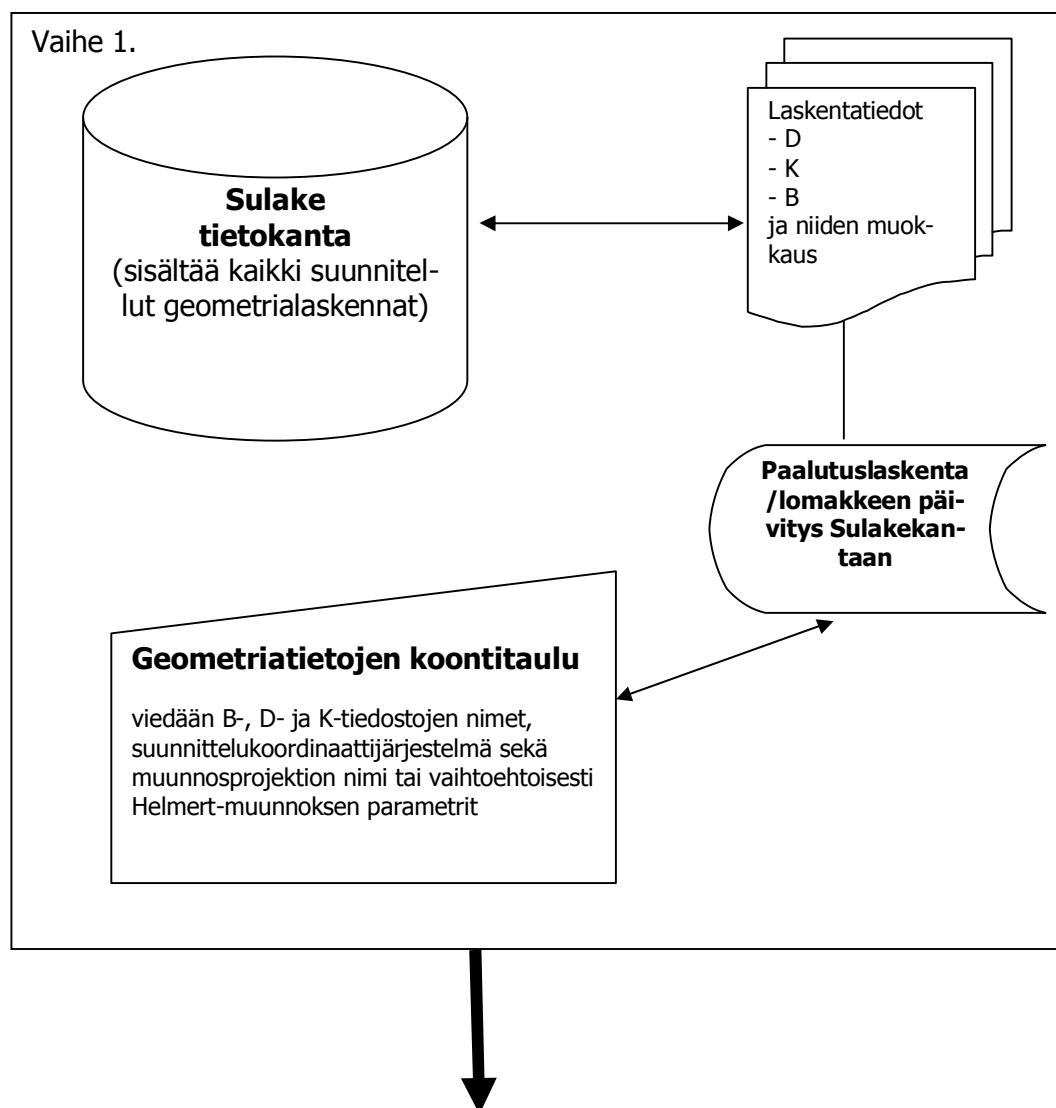
Raiteiden tunnuksilla on erittäin suuri merkitys, minkä takia ne piti saada raidegeometriatietoon oikein. Muuten KoneGIS-järjestelmä olisi osalla sen käyttäjistä hyödytön. Loppukäyttäjän sovellukset edellyttivät järjestelmien välillä siirtyvien raidetietojen olevan oikein nimettyjä. Myöhemmässä vaiheessa selvisi, että myös raiteen käyttöpituus tulisi näkyä tietyillä raidealueilla geometriatiedoissa. Nämä vaatimukset toivat lisää työvaiheita geometriatietojen muokkaukseen ennen kuin ne voitiin ladata järjestelmään. Loppukäyttäjien sovellukset, joiden rajapinnat käyttävät KoneGIS:in tietoja, tarvitsevat tarkat tiedot raiteista ja raiteiden käyttötarkoituksista sekä niiden pituuksista, jotta sovelluksilla voidaan suunnitella kaluston käyttöä ja tiedetään, millä seisontaraiteella kalustoa on ja kuinka monta yksikköä. Kaikki nämä edellä mainitut tiedot oli siis sisällytettävä geometriatietoihin.

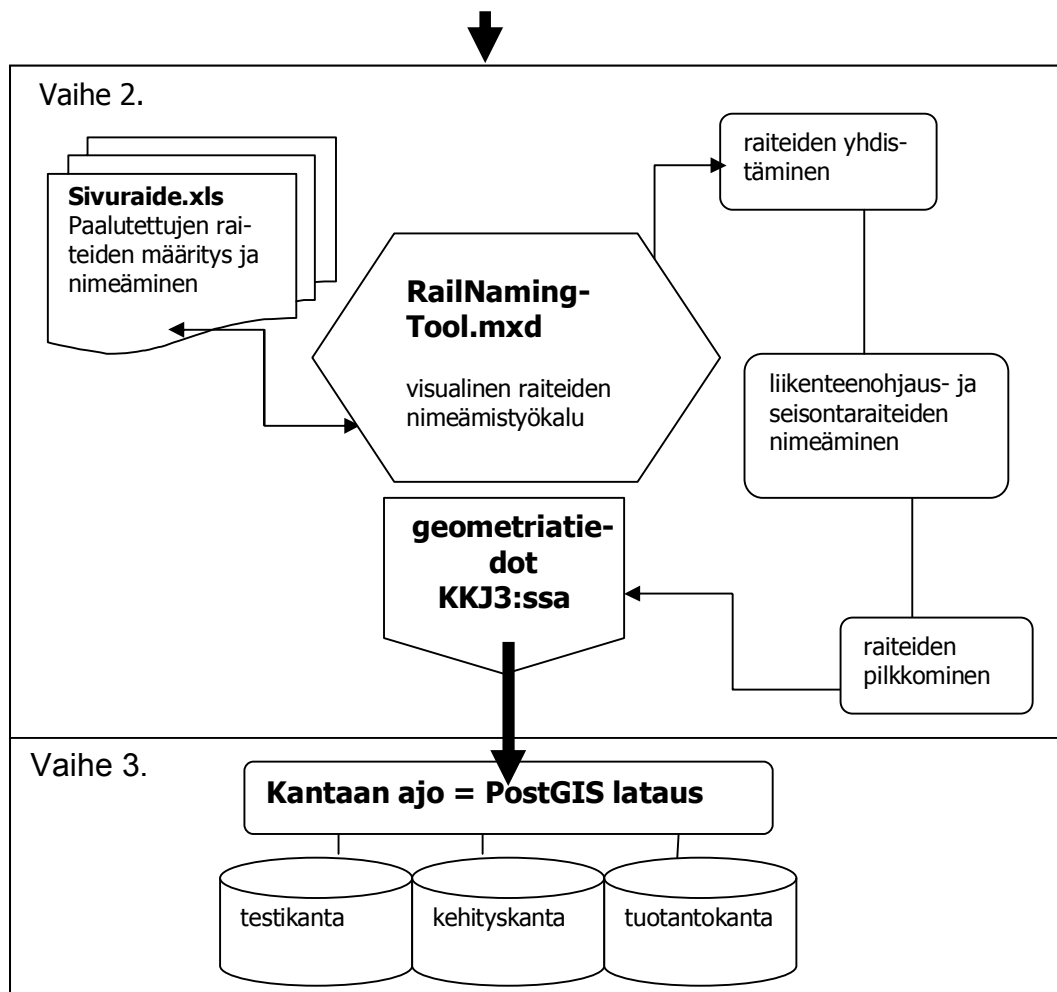
Kuvassa 13 geometriatietojenmuokkausprosessi on havainnollistettu jakamalla prosessi kolmeen vaiheeseen. Muokkausprosesseilla oli omat vaikutuksensa raidegeometriatietojen laatuun ja laadun varmistukseen. Vaihe 1 kuvaa lähtötilannetta. Geometriatietojen säilytys tapahtuu Sulakkeessa, ja sinne myös viedään kaikki uudet laskennat eli geometriatiedot. Projektin alussa Sulakkeesta haettiin toteutuneita geometriatietoja, joista tehtiin uusi paalutuslaskenta tai vaihtoehtoisesti käytettiin olemassa olevaa paalutuslaskentaa (B-tiedostoa), jos se oli suoraan sellaisenaan sopiva. Tämän jälkeen laskentatiedostojen (D-, K-, ja B-tiedostot) nimet kerättiin taulukkoon, jossa suoritettiin tiedostojen ha-

ku Sulakkeelta, geometrioiden laskenta ja paalutus sekä koordinaatistojen muunnokset, kuten luvussa 2.2 on tarkemmin kerrottu.

Vaiheessa 2 käsitellään geometriatietoja, jotka nyt ovat kaikki samassa koordinaattijärjestelmässä (KKJ3:ssa) ja jotka voidaan visuaalisesti nähdä kartalla. Tässä vaiheessa näki helposti, oliko esimerkiksi muunnos onnistunut ja yhtyivätkö kaksi geometriatiedostoa toisiinsa saumattomasti. Projektin edetessä voitiin vaihetta 1 ja vaiheen 2 alkuosaa suorittaa osittain samanaikaisesti. Vaiheessa 2 muokattiin geometriatietosisältöä tiedon käyttäjän toiveiden mukaiseksi. Tämä tarkoitti raiteiden ja vaihteiden tunnusten tarkistamista ja korjaamista virallisten dokumenttien mukaisiksi. Tässä vaiheessa muokattiin myös käyttöpituuksia ja nimettiin seisontaraiteita.

Vaiheessa 3 valmiit geometriatiedot vietiin KoneGIS-järjestelmän kolmeen eri tietokantaan. Jokaiseen kantaan ne piti ladata erikseen.





Kuva 13. Geometriatietojen muokkausprosessi, pohjana Logican Pauli Hemmingin tekemä prosessikuvaus aiheesta.

Koordinaatistomuunnokset

Kuten jo luvussa 1 mainittiin, KoneGIS-järjestelmässä käytettäväksi koordinaattijärjestelmäksi valikoitui levitetty KKJ3-koordinaattijärjestelmä eli toiselta nimeltään yhtenäiskoordinaatiston YKJ. Tämä tarkoitti sitä, että kaikille raidegeometriatiedoille oli tehtävä joko koordinaattikonversio tai koordinaatistonmuunnos. Kaiken kaikkiaan erilaisia konversioita ja muunnoksia KoneGIS-järjestelmää varten tehtiin 72 erilaista. Suurin osa näistä oli KKJ-kaistojen välisiä konversioita. Tällöin käytettiin koordinaattikonversiota, jossa muunnetaan koordinaattien esitystapaa saman koordinaattijärjestelmän sisällä eli siirryttiin projektiokaistasta (tasokoordinaatistosta) toiseen.

Oikeiden muunnosparametrien selvittäminen muutamille tietyille geometrioille tuotti melkoisesti päänsivaa. Nämä vaikeudet johtuivat edellä mainituista kokonaisten lukuyksikköjen vähentämisestä koordinaateista. Lisäksi muutamissa laskennoissa oli täysin paikallinen järjestelmä, joka ei ole ollut tunnettu. Näissä kohteissa joko laskettiin koko geometria uudestaan kartoitusten perusteella esim. paikallisessa KKJ:ssä tai yritettiin löytää riittävästi vastinpisteitä koordinaattien muuntamista varten paikalliseen KKJ:hin. Monella isolla ratapihalla, kuten Tampereella, Joensuussa ja Vainikkalassa, on käytetty eri koordinaattijärjestelmiä eri aikoina tehdyissä laskennoissa. Osa ratapihasta tai jokin liikennepaikan osa on laskettu aikanaan VVJ:ssä, myöhemmin on jokin toinen osa laskettu kaupungin omassa järjestelmässä ja vielä tuoreemmat laskennat saattavatkin sitten jo olla KKJ:ssä. Isoimpien kaupunkien alueella sijaitsevat raidegeometriatiedot olivat yleensä kaupunkien omissa koordinaattijärjestelmissä, ja niiden muuntamisessa käytettiin joko Helmert-muunnosta tai niille tehtiin oma muunnosprojektiio. Neliparametrinen Helmert-muunnosta käytetään yleensä muunnoksiin kaupunkien paikallisista järjestelmistä KKJ:ään.

Koordinaattimuunnoksissa on aina muunnosvirhe, joka heikentää koordinaattien tarkkuutta. Muunnosvirheen suuruus vaihtelee suuresti muunnosmenetelmästä, muunnoksen määrittämisessä käytettyjen pisteiden laadusta ja muunnosalueen koosta johtuen. Koordinaattikonversiossa ei ole muunnosvirhettä, jos laskentatarkkuus (desimaalien määrä) on riittävä. KoneGIS-järjestelmässä käytetyissä ratageometriatiedoissa koordinaattien tarkkuus ilmoitetaan aina vähintään kolmen desimaalin tarkkuudella. Tätä tarkkuutta voidaan pitää riittävänä. Pääajatus tätä aineistoa koottaessa ja sen koordinaattien muunnoksissa on ollut, että muunnokset tehdään alueittain, jolloin saadaan mahdollisimman pieni muunnosvirhe. Tosin alueiden kokoon ja jakautumiseen ei erityisemmin puututtu, ne enemminkin syntyivät sellaisiksi kuin työtä tehdessä ja aineistoa muokatesa sattuiivat syntymään. Jos aika, resurssit ja budjetti olisivat antaneet myöten, olisi alueelliseen muunnosmenettelyyn voitu ehkä keskittyä enemmän. Toisaalta kuten luvussa 1.3 jo todetaan, tässä työssä ei kuitenkaan tarkastella alueellisten muunnosten puutteita.

3 Geometriatiedon laadunvarmistus

Tässä luvussa käydään lyhyesti läpi geometriatiedon laatuun vaikuttavia tekijöitä Kone-GIS-järjestelmässä ja selvitetään geometriatiedon laadunvarmistusta tai sen puutteita tässä järjestelmässä. KoneGIS-järjestelmää varten tuotetun geometriatiedon laatuun vaikuttavia seikkoja on monia. Yhtenä laatutekijöistä voidaan pitää lopullista sijaintitarkkuutta, mutta tässä työssä oleellista oli myös Sulake-järjestelmässä olevan geometriatiedon lähtötason laatu ja geometriatiedon käyttötarkoitus. Sijaintitarkkuuden laatuun taas vaikuttaa oleellisesti useampi tekijä kuten lähtötietojen taso, tietojen käyttötarkoitus ja geometrialaskijan ammattitaito. Tämän lisäksi on vielä muita geometriatiedon laatuun vaikuttavia seikkoja.

Geometriatiedon laatuun vaikuttavat tekijät ovat:

- Sulake-järjestelmässä olevan ratageometriatiedon sisältö ja sen käytettävyys
- geometriatiedon sijaintitarkkuus
- geometriatiedon sisällön luotettavuus
 - laskentavirheet
 - inhimillinen virhe tiedon käsittelyssä
- tiedonsiirtomenetelmän vaikutukset (aiheuttamat virheet)
- tietokonejärjestelmien toiminnan epävarmuus
- loppujärjestelmässä käytettävä raidegeometriatiedon formaatti
- geometrisen tiedon ja ominaisuustiedon linkkien pysyvyys.

Luetelman perusteella voidaan päätellä laatuun vaikuttavia tekijöitä olevan kahdentyyppisiä: joko ihmisten aiheuttamia tai tietokoneiden ja -sovellusten aiheuttamia tekijöitä. Geometriatiedon sisällöllä ja sen käytettävyydellä laadullisesti tarkoitetaan tiedon sopivuutta suoraan sellaisenaan järjestelmään. Muokausprosessi nopeutuu ja tiedon käsittely on helpompaa. Sisällön luotettavuudella on samanlainen merkitys kuin edellä mainituilla. Nämä listan kolme ensimmäistä kuuluvatkin ihmisen aiheuttamiin vaikutuksiin laa-

tuun ja listalla olevat loput kuuluvat tietokoneiden aiheuttamiin vaikutuksiin laatuun. Moni yllä mainituista seikoista näyttää selkeästi heikentävän laatua.

Näiden lisäksi seuraavat seikat vaikuttavat laatuun epäsuorasti:

- lähtötiedot
- lähtötietojen mittaustarkkuus
- ratageometriatietojen alkuperäinen käyttötarkoitus
- työvaiheiden määrä
- alkuperäinen koordinaattijärjestelmä
- koordinaattimuunnosten määrä
- geometrialaskija ja hänen laskentakokemuksensa
- aikataulun pitävyys/käytettävissä olevat resurssit.

Luetelluista kohdista voidaan päätellä, että osa laatuun vaikuttavista seikoista on hyvin selkeitä ja tarkasti määriteltäviä. Suurin osa on kuitenkin melko hankalasti todennettavia ja mitattavia, ja niiden tarkkaa vaikutusta lopulliseen laatuun on hyvin vaikea osoittaa. Esimerkiksi sijaintitarkkuuden tarkan analyysin saa tehtyä ainoastaan mittaamalla raiteiden nyky sijainnin ja vertaamalla sitä KoneGIS-järjestelmään vietyyn materiaaliin. Se veisi aikaa ja resursseja enemmän kuin nyt tähän opinnäytetyöhön on käytettävissä. Tämän takia nyt otetaan huomioon yllä mainituista seikoista ne selkeimmät käyttötarkoituksen mukaiset laatuun vaikuttavat asiat, jotka ovat varmasti tiedossa ja jotka ovat oleellisia tässä nimenomaisessa käytössä. Ainoastaan mietittäessä uusia käyttökohteita sijaintitarkkuuden vaatimukset ovat oleellisia. Nykyisissä toiminnoissaan KoneGIS-järjestelmään viedyt geometriatiedot ovat sijaintitarkkuudeltaan riittäviä, eikä sijaintitarkkuutta yksistään voida pitää tietojen luokittelun perusteena. Merkitsevämpää on kulloinkin käytettävän geometriatiedon käyttötarkoitus.

3.1 Geometriatietojen jaottelu KoneGIS-järjestelmässä

Onko geometriatietojen luokittelu tarpeellista laadunvarmistuksen kannalta? Entä onko sijaintitiedon tarkkuus se määräävin tapa luokitella tietomassa? Sijainnin tarkkuusvaatimuksen lopullisen tarkkuuden määrää käyttötarkoitus. Tämä tarkoittaa, että vain 5 metrin tarkkuus voi olla riittävän tarkka lopputulos. Tätä opinnäytetyötä tehtäessä ja sen edetessä tietojen käyttötarkoitus oli koko ajan selvillä, samoin kuin työhön käytettävissä oleva aika ja resurssit. Loppujen lopuksi niiden pohjalta oli aika selvää lähteä jaottelemaan geometriatietoja. Käyttötarkoitus muiden käytettävissä olleiden resurssien ohella oli niin määräävä laatuseikoissa, että edellä mainittujen asioiden vaikutus geometriatiedon uusia käyttökohteita mietittäessä on hyvin oleellinen ja osin jopa rajoittava tekijä. Jaottelun tarkoitus on helpottaa uusien käyttökohteiden löytämistä ja sitä, mitä toimenpiteitä nämä uudet käyttökohteet edellyttäisivät, jotta ne voitaisiin ottaa käyttöön.

Geometriatiedot on jaoteltu kolmeen käyttötarkoituksen mukaiseen ryhmään:

- lähiliikennekalustonseuranta
- veturiseuranta
- tilannekuvapalvelu.

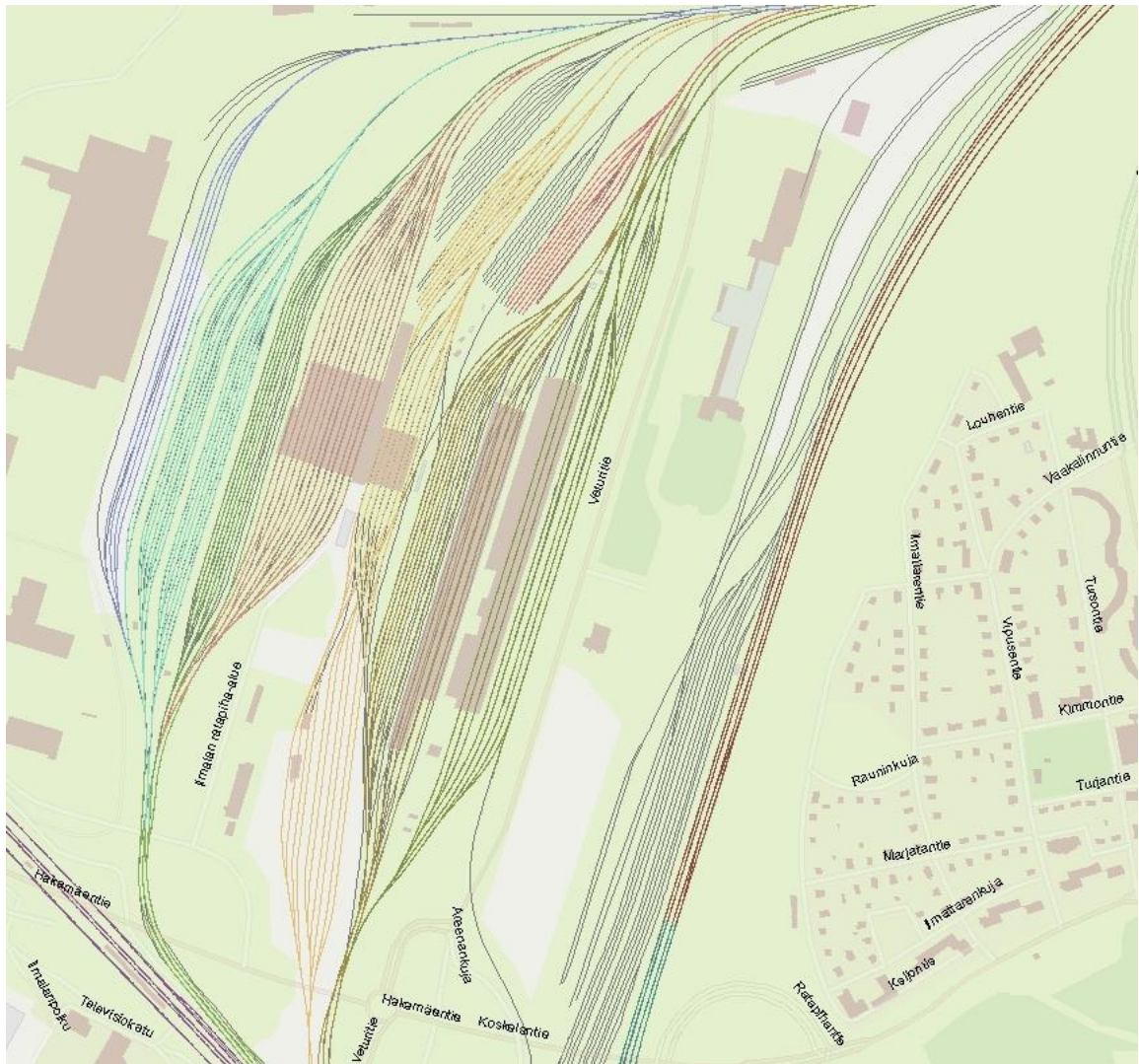
Näissä ryhmissä on jokaisessa omat edellytyksensä laadulle. Tosin osa edellytyksistä on osin yhteneväisiä. Seuraavassa kuvataan lyhyesti kunkin ryhmän laatuvaatimuksia eli kriteerejä toimitetulle tiedolle. Suuri osa näistä kriteereistä ilmeni työn edetessä, rajapintavaatimusten eri sovellusten välillä selkiytyttyä. Tällöin geometria-aineiston tietosisältöä jouduttiin muokkaamaan ja täydentämään jälkikäteen. Projektin alkuvaiheessa eivät kaikki näiden sovellusten rajapintavaatimukset olleet tiedossa eivätkä siksi tietosisällön vaatimuksetkaan. Tämä lisäsi eri työvaiheiden määrää oleellisesti. Näin jälkikäteen voi todeta, että vastaavanlainen työ olisi huomattavasti helpompi toteuttaa tehokkaammin, sillä osa muokausprosessista tehtiin moneen kertaan. Tämä olisi voitu välttää, jos rajapintavaatimukset olisi tiedetty etukäteen.

Lähiliikennekalustoseurannan edellytykset geometriatiedolle

Luetelma edellytyksistä:

- Geometriatiedon sisältö vaihtelee raiteen käyttötarkoituksen mukaan:
 - liikenteenohjausraiteiden nimeäminen
 - seisontaraiteiden nimeäminen
- Yhden D-tiedoston on sisällettävä tietyn kokonaisuuden kaikki raiteet.
- Sisäinen sijaintitarkkuus on tärkeää, koska liikennemäärät ovat suuria ja rinnakkaisia raiteita useita.
- Tiedon oikeellisuus on tärkeää erityisesti liikenteenohjaus- ja seisontaraidealueilla = laadunvarmistuksen on toimittava.
- Tieto on yhteensopiva kalustonkäyttö-sovelluksen kanssa, rajapintavaatimukset on huomioitava.
- Geometriatiedot ovat yhteensopivia toisiinsa nähden, eli jatkuvuuskohdat ovat tärkeitä = ei saa olla aukkoja.

Kuvassa 14 on visuaalinen malli geometriatiedoista lähiliikennealueelta Ilmalasta, joka on yksi Suomen suurimpia ratapihoja raidemäärältään:



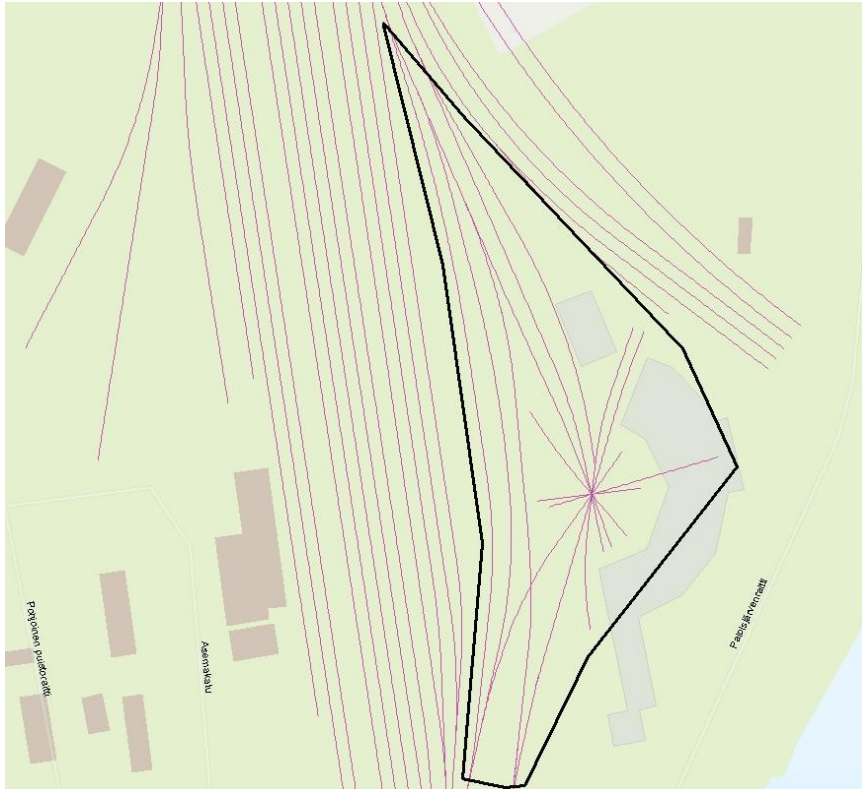
Kuva 14. Ilmalan ratapihan geometriatiedot kartalla. Yhden D-tiedoston sisältämät raiteet on kuvattu yhdellä värillä ja näin kuvasta voi erottaa hyvin eri D-tiedostojen sisältämät raidekokonaisuudet.

Veturiseurannan edellytykset geometriatiedolle

Luettelma edellytyksistä:

- Geometriatiedon sisältö kohteittain:
 - rekisteriraitteet ja niiden nimeäminen
 - seisontrairteet ja niiden nimeäminen
- Yhden D-tiedoston on sisällettävä tietyn kokonaisuuden kaikki raitteet.
- Sijaintitarkkuus on oleellista erityisesti liikennepaikoilla ja seisontrairalueilla.
- Tieto on sovellettavissa ja käytettävissä käyttäjän loppusovelluksissa.

Kuvassa 15 on näytetty esimerkki Iisalmen liikennepaikalta. Iisalmen geometria koostui alun perin useammasta D-tiedostosta, mutta siellä jouduttiin käytettävyyden takia yhdistämään geometriatietoja, jotta käytönohjaajat saivat kaikki haluamansa raiteet näkyviin. Monikulmion sisällä oleva geometria tuotettiin KoneGIS-projektia varten, ja muu osa oli vanhaa aiemmin suunniteltua geometriaa.



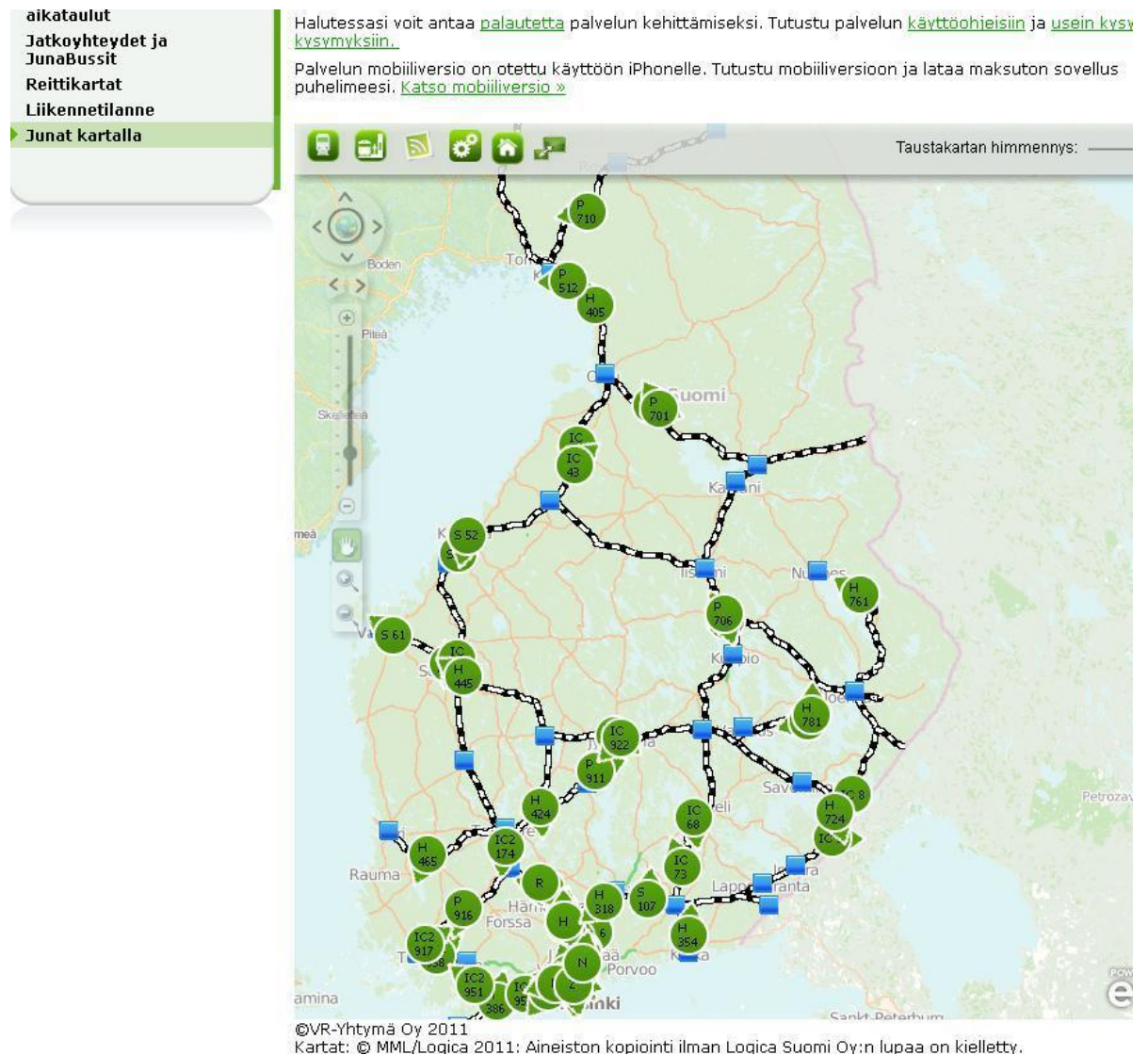
Kuva 15. Iisalmen ratapihan raidegeometria. Monikulmion sisällä on veturitalli-alue. Raidegeometria on yhdistetty samaan D-tiedostoon loppukäyttäjien toiveiden mukaisesti, jotta heidän sovelluksellaan voidaan tuottaa halutuilta kokonaisuuksilta sopivia kalustonkäytönsuunnittelua helpottavia raidekaavioita, jossa raiteilla olevat kalustot kulloinkin näkyvät.

Tilannekuvapalvelun ("junat kartalla" -sovellus) edellytykset geometriatiedolle

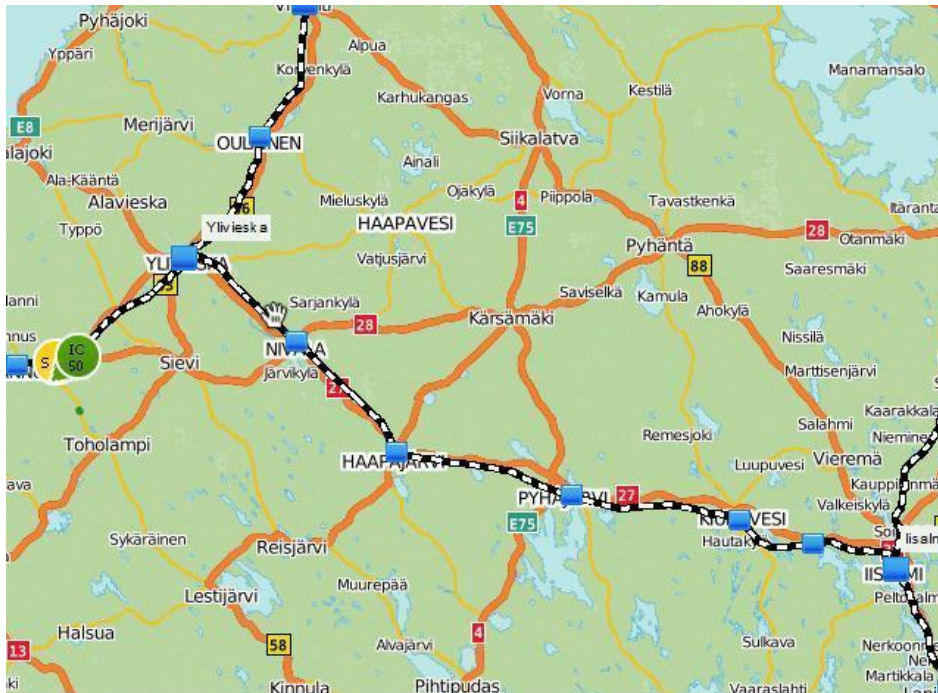
Luettelo edellytyksistä:

- Sijaintitarkkuuden vaatimukset ovat vaihtelevia ja oleellisia moniraiteisilla osuuksilla, joissa liikennemäärät suuria.
- Yksiraiteisilla osuuksilla sijainti on aina varmaa, jolloin tiedon sijaintitarkkuusvaatimukset ovat löysemmät.
- Tietojen yhteensopivuus ja aukottomuus on tärkeää.

Kuvissa 16 ja 17 on esitetty ote "Junat kartalla" -sivustosta ja siitä, miltä näyttää tarkennettuna yksiraiteinen rataosa Iisalmi–Ylivieska. Tämä selventää käyttötarkoituksen mukaan tarkkuuden vaatimuksen määrettä. Yksiraiteisella rataosalla liikkuvat junat ovat yksiselitteisesti oikealla raiteella.



Kuva 16. Kuvassa näkyy ote VR:n internet-palvelun Junat kartalla -sovelluksesta, jossa vihreät ympyrät kuvaavat rataverkolla ajallaan liikkuvia henkilöjuniä.



Kuva 17. Kuvan näkymä on VR:n internet-palvelun Junat kartalla -sovelluksesta lähennettynä Ylivieska–Iisalmi rataosaan. Tämä rataosa on esimerkki karttatietokannan pohjalta tuotetusta geometriatiedosta.

Edellä mainitut edellytykset kullekin ryhmälle edellyttivät geometriatietojen muokkausta, ja myös tämä vaikutti laatuun. Mitä enemmän on välivaiheita, sitä enemmän voi sattua virheitä.

3.2 Laadunvarmistus

Geometriatiedon keräämis- ja muokkaamisprosessien alkuvaiheissa projektin työntekijöillä ei ollut käytössä selkeää laadunvarmistuskäytäntöä tai ohjeistusta laadunvarmistukseen. Tekijöiden omaehtoinen laadunvarmistus oli pääsääntöisesti visuaalista tarkastusta työn eri vaiheissa. Uusia geometriatietoja vietiin koontitaulukkoon ja taulukkoon ohjelmoitujen sovellusten (makrojen) suorittaminen muodosti taulukon aineistosta yhtenäisen shape-tiedoston, jolla geometriatiedot saatiin näkymään kartalle. Samalla voitiin nähdä, yhtyivätkö uudet tiedot edellisiin geometrioihin. Osa puutteista havaittiin tätä kautta, etenkin koordinaatistojen muunnosvirheet. Käytännössä kuitenkin jokainen iso kokonaisuus käytiin läpi paikallisessa koordinaatistossa ja muunnetussa yhdistetyssä ympäristössä. Paikoin syntyneiden virheiden syy oli tietokatkos tai ongelmat lähtötietojen kartoituksessa. Kartoittaja saattoi unohtaa kertoa maastossa olleista esteistä, ja näin ollen ei geometrialaskijan virheiltä voitu välttyä. Useimmiten nämä tulivat esiin, kun tietoja yh-

distettiin ja huomattiin, että osa raiteista puuttuu tai geometria ei näyttänyt siltä kuin se oli ollut maastossa. Tässäkin huomattiin, kuinka tärkeää on, että tiedon jatkokäsittelijä tuntee maaston tai muistaa katsoa maastosta otettuja valokuvia tilanteen havainnoimiseksi.

Aineistomäärän kasvaessa kasvoi tarve myös teknisemmälle laadunvarmistukselle. Sitä varten aineiston kokoamistaulukkaan lisättiin kaksi saraketta, joihin sovellus laski laadunvarmistusta helpottavia tunnuslukuja. Ensimmäisessä varmistussarakkeessa näkyy etäisyys jakson ensimmäisestä geometriasta eteenpäin. Tämä edellytti, että aineistoa järjestetään kutakuinkin rataosittaiseen etenemisjärjestykseen, ja jos pituusmittaluku näytti järkevältä, voitiin ajatella geometrian sijoittuvan oikein. Toisessa sarakkeessa taas ilmoitetaan kahden peräkkäisen geometria-aineiston alku- ja loppupisteen sivusiirtymän ero siinä tapauksessa, että ne eivät jatku siitä pisteestä, mihin toinen loppuu. Näiden kahden avulla voitiin aineistosta havaita ne kohdat, joissa esimerkiksi koordinaatistonmuunnos oli selkeästi virheellinen. Kumpikin edellytti toimiakseen sen, että aineiston oli oltava tietyssä järjestyksessä, ja jos ei näin ollut, tuli virheilmoituksia. Koska nämä varmistustavat luotiin vasta siinä vaiheessa, kun aineistoa oli jo ehditty koota taulukkaan useita satoja rivejä, ei aineistoa ehditty kaikilta osin järjestämään täysin järkevästi. Tämä taas aiheutti useamman virheilmoituksen kuin virheitä oikeasti oli.

Työn edetessä palautetta tiedon oikeellisuudesta ja puutteellisuudesta tuli tiedon käyttäjältä. Sitä kautta ilmeni kohteita, joissa oli selkeitä puutteita tai virheellisiä tietoja. Taulukossa 1 on näiden palautteiden pohjalta tehty puuteanalyysi, jossa on tuotu esille kaikki työnaikana esiintyneet puutteet ja virheet sekä niiden seuraukset. Analyysistä voitiin päätellä, että puutteita esiintyi mm. tiedon sisällössä ja että ne pääsääntöisesti vaativat pikaisia toimenpiteitä. Useimmiten puutteet toi esille tiedon loppukäyttäjä. Lisäksi puutteiden korjaaminen oli hankalaa: jotta loppukäyttäjälle saadaan pieni muutos tiedon sisältöön, joudutaan muutos tekemään aineistonmuokkausprosessissa. Vasta lopuksi, kun kannat on päivitetty, voidaan ilmoittaa tiedon käyttäjälle tiedon korjaantuneen.

Taulukko 1*Puuteanalyysi*

Puute tai virhe	Aiheuttaja	Toteaja	Seuraamus
raide puuttuu kokonaan	puute lähtötiedoissa tai geometrian laskennassa	tiedon käyttäjä tai muokkaaja	junakalustolle ei saada raidekoh-taista sijaintitietoa
raiteen osa puuttuu	puute lähtötiedoissa (kartoitustiedoissa)	tiedon käyttäjä	junakalustolle ei saada raidekoh-taista sijaintitietoa
aukko yhdistetyissä linjageometriatiedoissa		tiedon käyttäjä tai tekijä	geometrialaskenta ei yhdy seuraavaan laskentaan
koordinaatiston muunnos virheellinen	geometriatieto ei kohdennu oikein	tekijä	ko. geometriatiedon raiteet eivät näy kartalla
seisontaraiteen tunnus väärä	näppäilyvirhe tai virheelliset lähtötiedot	tiedon käyttäjä	käytönohjaajalle virheellinen tieto kaluston sijaintirai-teesta
raide piirtyy koontikartalla peilikuva	geometriatiedon laskenta-kaavan virhe	tekijä	raide ei näy oikein kartalla
(seisonta)raiteen alku- ja loppupisteiden määrittäminen (pituus) väärin	muokkausprosessissa tehty virhe tai sovel-lus tehnyt virheen muok-kausprosessissa	tiedon käyttäjä	käytönohjaajalla virheellinen tieto siitä, montako ve-turia tai kalustoyk-sikköä oikeasti mahtuu raiteelle.
kokonainen (tai osa) geometriatiedosto puuttuu	tieto hävinnyt tiedonsiirrossa	tekijä tai tiedon käyttäjä	ko. geometriatiedoston raiteet eivät näy kartalla

3.3 Aikataulun vaikutus laatuun

Projektin luonne välttää yli- ja alilaatua sekä sovitut valmistumispäivämäärät vaikuttivat valittaviin kartoitus- ja laskentamenetelmiin. Puutteet olemassa olevissa geometriatiedoissa tuli selvittää mahdollisimman nopeasti ja valita kartoitusmenetelmä jolla puuttuvilta alueilta saataisiin nopeasti pohjatiedot riittävän tarkasti geometrian laskentaa varten. Oli löydettävä nopea ja riittävän tarkka menetelmä pohjatietojen keruulle. Lisäksi geometrialaskijoille annettiin ohjeet tehdä nopeaa ja tehokasta laskentaa ja jättää turhan yksityiskohtainen suunnittelu pois. Tämä tarkoitti käytännössä sitä, että pyrittiin las-

kemaan toimivaan vanhaan geometriaan helposti istuvaa uutta laskentaa, jossa ei kaikkia kaarresäteitä tai s-kaarteita pyrittykään istuttamaan kartoituksiin nähden täysin kohdalleen. Lisäksi aikataulun kiireellisyys vaikutti siihen, että maastossa oli kohteet pyritty kartoittamaan mahdollisimman pienellä määrällä pisteillä.

Nämä aikatauluvaatimukset johtivat siihen, että KoneGIS-projektia varten Sulakkeella tuotetun geometriatiedon käyttö muihin tarkoituksiin on rajallista. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että geometriasuunnittelussa sijaintitarkkuus sopii lähinnä vain alustaviin ja karkeampiin suunnitteluvaiheisiin. Tarkkuudeltaan tiedot eivät sovi ollenkaan esimerkiksi rakentamis- tai muuhun yksityiskohtaiseen suunnitteluun. Tarveselvitysluontoisissa tarkasteluissa tietoja voidaan käyttää sekä erilaisissa paikkatietojärjestelmissä ja kartta-palveluissa. Yleisesti ottaen raidegeometriatiedon sijaintitarkkuus on pääsääntöisesti alle 10 cm ja jossain tapauksissa jopa alle 3 cm. Arvio sijaintitarkkuudesta perustuu kartoitustarkkuuteen ja sen pohjalta saatuihin suullisiin palautteisiin geometriasuunnittelijoilta, jotka ovat kartoitusten pohjalta suunnitelleet geometriaa yhdistäen sitä olemassa oleviin yksityiskohtaisiin geometriasuunnitelmiin. GPS-mittauksissa on etuina nopeus ja tehokkuus, mutta pohjoisilla leveysasteilla ongelmaksi muodostuu ajoittain satelliittien epäedullinen sijainti. Näin ollen tässä käytettyä kartoitusmenetelmää ei voi käyttää yksityiskohtaisen rakentamissuunnittelun lähtötietojen hankintaan.

Tiukka aikataulu johti myös siihen, että itse geometria-aineiston järjestäminen taulukossa selkeästi esimerkiksi alueittain jäi keskeneräiseksi. Lisäksi aineiston käsittelyä vaikeuttaa tällä hetkellä myös sen erittäin suuri koko, ja pienenkin muutoksen aikaan saaminen kestää ajallisesti noin 3 tuntia, jos koko muokkausprosessin käy läpi. Taulukossa on yli 500 riviä geometriatietoja osin tekojärjestyksessä.

4 Geometriatiedon ylläpito KoneGIS-järjestelmässä

4.1 Suunnittelun geometriatiedon hallinta

Suunnittelun geometriatiedon eli referenssitiedon hallinta ja ylläpito on KoneGIS:in geometriatiedon ylläpidon ja laadunvarmistuksen kannalta hyvin merkityksellistä. Kun referenssitiedon hallinta on ratkaistu, saadaan myös ratkaisu raidegeometriatietojen ylläpitoon KoneGIS-järjestelmässä. Tässä luvussa on aluksi tarkoitus pohtia lyhyesti eri vaihtoehtoja paikallisten geometriatietojen hallinnalle sekä pyrkiä valitsemaan sopiva ratkaisu, joka samalla soveltuu geometriatiedon ylläpidon järjestämiseen KoneGIS-järjestelmässä.

Paikallisten raidegeometriatietojen hallinnan lähtötilanne

Varsinaista KoneGIS-palvelun vaatimaa hallintaa ei geometriatiedoille ole. Kaikki VR Trackin Suunnittelu-yksikön tuottamat ja laskemat geometriatiedot tallentuvat Sulakekantaan, kuten jo aiemmin on todettu. Sulake-järjestelmä ei ole kuitenkaan mikään rekisteri vaan tietojärjestelmä. Liikennevirasto ylläpitää vaakageometriarekisteriä, jonka hoidosta ja päivittämisestä vastaa tällä hetkellä VR Track Oy. Nykyisellään geometriarekisteri on puutteellinen, ja siellä olevan tiedon käyttäminen voisi olla helpompaa. 2000-luvun puolivälin jälkeen suunnitellut ja toteutuneet vaakageometriat ovat siellä pääsääntöisesti. Tällä perusteella voidaan ajatella, että jatkossa ratageometriaan kohdistuvat vaakageometriamuutokset tulevat päivittymään sinne melko nopeasti. Pystygeometriaa ei ylläpidetä siellä ollenkaan. Jarrupainojärjestelmästä voidaan kuitenkin saada pystygeometriatietoja.

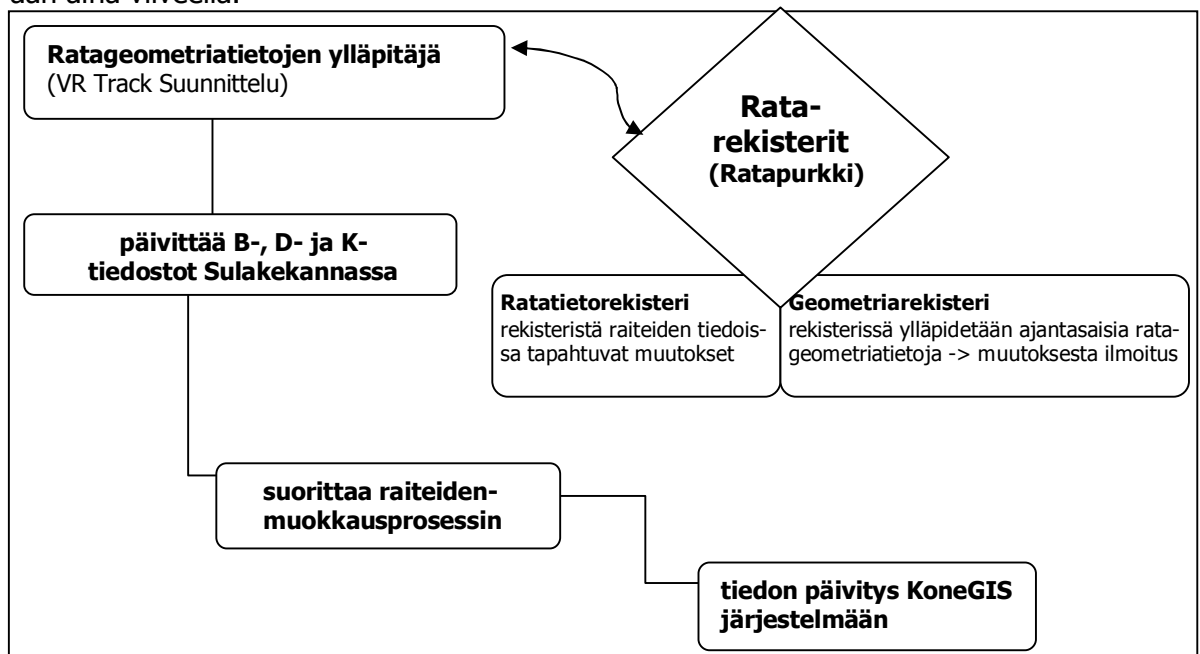
Kokonaisuutta ajatellen geometriarekisteri voisi olla yksi mahdollinen väline hallita raidegeometriamuutoksia koko rataverkolla ja havaita siellä tapahtuneita muutoksia. Vaikka rekisterin toiminta on vielä tällä hetkellä alkeellista, on uskottavaa, että muutaman vuoden sisällä sen sisältö ja sisällön päivittyminen on ajantasaista ja rekisteritoiminta järkevää.

4.2 Miten ylläpito järjestetään?

KoneGIS-järjestelmässä olevan raidegeometriatiedon ylläpidosta vastaaminen ja järjestäminen ovat oleellisia tiedon käyttäjän kannalta. Radan perusparannusten ja oikaisujen yhteydessä rataverkko muuttuu vuosittain. Yksi avainongelmista on, kuinka muuttunut geometriatieto saadaan päivitettyä KoneGIS-järjestelmään. Ylläpidon toteuttamiseen on eri tapoja. Seuraavaksi esitetään muutamia vaihtoehtoja, jotka on mahdollista toteuttaa myös yksin, mutta ylläpidon kokonaisuuden kannalta parhaan tuloksen saisi yhdistämällä ne kaikki tai osan niistä toimivaksi kokonaisuudeksi.

4.2.1 Ratarekisterit ylläpidon apuna

Liikennevirasto jakaa ratarekisterien tietoja Ratapurkin välityksellä. Ratapurkin toiminta on vielä aluillaan, mutta sitä kautta on mahdollista saada tietoa rataverkolla tapahtuvista muutoksista. Vaakageometriarekisteri olisi tässä tapauksessa rekisteri, jonka tietoja voisi hyödyntää KoneGIS-järjestelmän ylläpidossa. Tässä vaihtoehdossa on ajatuksena saada mm. vaakageometriarekisteriin päivittyvistä uusista tiedoista ilmoitus KoneGIS-järjestelmän geometriatietojen ylläpitäjälle, joka tällöin osaisi päivittää saman muuttuneen tiedon KoneGIS-järjestelmään. Kuvan 18 kaaviossa on kuvattu koko ylläpitoprosessi. Ylläpitosopimuksessa tulisi käydä ilmi päivitysnopeus muutosilmoituksen saapumisesta. Huono puoli tässä vaihtoehdossa on se, että rekisterien päivittyminen tapahtuu nykyään aina viiveellä.



Kuva 18. luvun 4.2.1 ratkaisumallista.

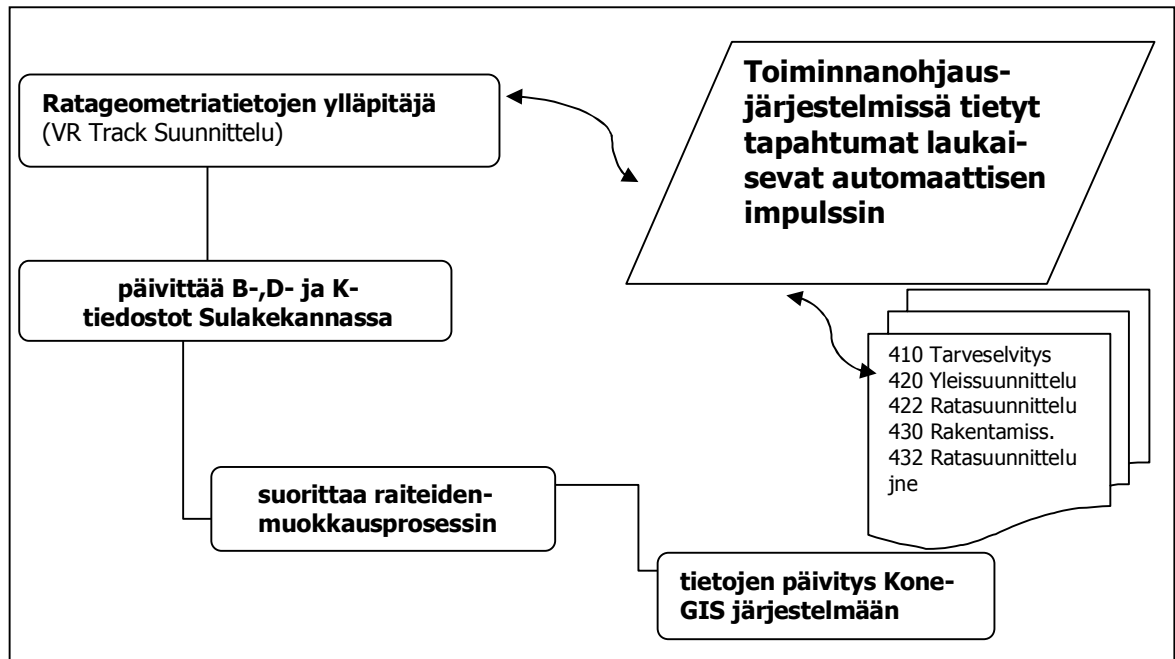
Koska tämä rekisteri ei vielä sellaisenaan pysty palvelemaan KoneGIS-järjestelmää ja sen geometriatietojen reaaliaikaista päivitystä, tarvitaan erikseen KoneGIS-järjestelmän geometriatiedoille oma ylläpitäjä. Rekisteritietojen reaaliaikainen päivitys on vasta aluillaan, eikä tietojen luotettavuudesta ei ole vielä täyttä varmuutta ennen kuin todellisuudessa nähdään kuin koko rekisterijärjestelmä alkaa toimia. Toinen suuri ongelma tässä vaihtoehdossa on, että rekisteritiedot eivät ole VR:n omia tietoja. Tämän vaihtoehdon etu on kuitenkin siinä, että tätä kautta olisi mahdollista saada tietoa muiden kuin VR:n tekemistä muutostöistä rataverkolla.

4.2.2 Rwalk-mobiilisovelluksen laajennus

Tässä vaihtoehdossa on ajatuksena laajentaa radan kunnossapitäjille tehtyä mobiilisovellusta eli Rwalk-sovellusta. Nyt sovellus on vielä aika vaatimaton, ja sitä käyttävät kunnossapitäjät mm. radan tarkastuksissa löytämiensä vikojen kirjaamiseen reaaliaikaisesti paikanpäällä mobiililaitteella. Jotta sovellusta voisi käyttää KoneGIS-järjestelmän ylläpidossa, tämä edellyttäisi siihen isoja muutoksia, mutta samalla niistä muutoksista hyötyisivät myös kunnossapitäjät. Sovelluksen idea olisi, että se kommunikoisi interaktiivisesti KoneGIS-järjestelmän kanssa ja lähettäisi esimerkiksi muutoksista KoneGISin ylläpitäjälle raportin, josta ilmenevät raiteet, joilla on tapahtunut muutoksia. Tämän jälkeen KoneGISin ylläpito selvittää muutokset ja uudet geometriatiedot, muokkaa ne KoneGISiin sopiviksi ja päivittää kannan. Samalla kunnossapitäjällä olisi käytettävissään KoneGIS-järjestelmä geometriatiedot ja paikannus.

4.2.3 Sisäinen toiminnanohjausjärjestelmä

Sisäisiä toiminnanohjausjärjestelmiä hyväksikäyttäen korvataan ensimmäisessä vaihtoehdossa mainittu ratarekisteri ohjelmoimalla toiminnanohjausjärjestelmät lähettämään KoneGIS-järjestelmän ylläpitäjälle ilmoituksen tietyistä geometrianmuutoksiin liittyvistä tapahtumista. VR Trackin sisäisillä toiminnanohjausjärjestelmillä voidaan hallita tulossa olevia tapahtumia ja toteutuneita työtehtäviä. Tämän jälkeen tapahtuvat toimenpiteet ovat samat kuin vaihtoehdossa 1 (kuva 19).



Kuva 19. Kaavio luvun 4.2.3 ratkaisumallista.

Liitteessä 2 on listattu suurin osa sisäisen toiminnanohjausjärjestelmän tehtävälisan vaiheista, joiden avaamisesta pitäisi ylläpitäjän saada tieto, jotta hän pystyisi hallitsemaan radan suunnittelun ja rakentamisen muutoksia. Kaiken kaikkiaan vaiheita on satoja, jonka takia tässä työssä niistä on liitteenä vain osa lähinnä esimerkiksi. Tämän vaihtoehdon huono puoli on siinä, että näin saadaan tieto vain VR:n tekemistä muutoksista. Rataverkkoa kunnossapitävät ja korjaavat muutkin yritykset kuin VR.

4.2.4 Sulake-tietokannan käyttö ylläpidossa

Neljäntenä vaihtoehtona olisi Sulake-tietokannan muuttaminen niin, että uusille toteutuneille geometrioille olisi siellä oma tallennuspaikkansa. Tämä edellyttäisi kaikkien Sulaketta käyttävien henkilöiden koulutusta uusiin tapoihin ja tallennusmenetelmiin, mutta olisi varmasti pitkällä tähtäimellä yksinkertainen ja helppo tapa hallita geometriatietokoneaisuutta. Tämänkin vaihtoehdon huono puoli on siinä, että näin saadaan vain tietoa VR:n tekemistä muutoksista.

Yllä esitetyt ratkaisut eivät vielä tällä hetkellä ole heti valmiita ylläpitokäyttöön, vaan vaativat toimenpiteitä, investointeja ja koulutusta. Luvun 4.2.3 vaihtoehto on kuitenkin edullisin, nopein ja helpoiten toteutettavissa. Jotta päivitys ja ylläpito toimisivat jatkuvasti, täytyy ylläpitäjän suorittaa manuaalista päivitystä eli olla yhteydessä radan rakenta-

jiin, suunnittelijoihin ja kunnossapitäjiin taatakseen geometriatiedon ajantasaisuuden KoneGIS-kannassa. Kolmannessa vaihtoehdossa impulssi yhteydenottoihin tulisi sisäisestä toiminnanohjausjärjestelmästä, ja sitä kautta voitaisiin hallita ja käsitellä helpommin jo tulevia muutoksia ja aikatauluja. Tälläkään ratkaisulla yksin ei voida hallita kaikkia rataverkolla tapahtuvia muutoksia, sillä VR ei ole ainoa radansuunnittelija tai -rakentaja. Näin ollen aluksi kattavamman tiedon muutoksista saisi yhdistämällä vähintään ensimmäisen ja kolmannen vaihtoehdon toimivaksi kokonaisuudeksi. Paras vaihtoehto olisi toteuttaa kaikki neljä vaihtoehtoa, jolloin KoneGISin geometriatietojen ylläpitäjällä olisi avaimet täydelliseen rataverkonmuutostietojen hallintaan.

4.3 Päivitystiheys KoneGIS-järjestelmän tietokantoihin

Päivitystiheyden tulisi käytännössä olla muutosten mukainen, eli aina kun geometria muuttuu ja siitä saadaan tieto, tieto prosessoidaan oikeaan muotoon ja päivitetään kantaan. Kolmannen vaihtoehdon toteutuessa olisi ylläpito sovittava laskutusperusteiseksi niin, että muuttuneet tiedot olisi päivitetty KoneGIS-järjestelmään aina muutoksen toteutuksesta esimerkiksi noin kahden viikon sisällä. Vuositasolla olisi tietty määrä perusylläpitoon liittyviä tunteja. Näillä hoidetaan selvitystyötä ja sisäistä toiminnanohjausjärjestelmistä tulleiden ilmoitusten selvittelyä. Konkreettiset muutostyöt ja päivitykset hoidettaisiin puolestaan laskutusperusteisesti.

5 Esiin tulleet ongelmat ja järjestelmän kehittäminen

5.1 Aineiston kokoamisen keskeiset ongelmat

Olemassa olevien geometriatietojen keräysprosessin aikana ilmeni muutamia selkeitä asiakokonaisuuksia, jotka vaikuttivat oleellisesti geometriatietojen muokkausprosessin sujuvuuteen. Nämä seikat herättivät kysymyksiä geometrialaskennan laadun nykytilasta, laadunvarmistuksesta ja laadusta ylipäätään. Kuten jo aiemmin on tullut ilmi, ongelmia oli oikeiden laskentatiedostojen löytämisessä Sulaketietokannasta. Toinen asia, joka ensiksikin hidastutti työtä ja toiseksi toi esiin geometrialaskijoiden sekalaiset toimintatavat, oli kokonaisten koordinaattien lukumäärän vaihtelevuus jopa saman suunnitteluprojektin eri laskentaosissa. Jokainen laskenta, jossa on eri määrä kokonaislukuyksiköitä, vaatii oman muunnos- eli projektiotiedoston, jotta laskenta saadaan muunnettua YKJ:hin. Tätä ongelmaa selvittää kuva 20.

Nimi	Koko	Tyyppi	Muokattu
Joensuu-Uimaharju_625-641_pääpisteet.txt	284 kt	Tekstitiedosto	14.1.2011 9:46
Joensuu-Uimaharju_641-658_pääpisteet.txt	266 kt	Tekstitiedosto	17.1.2011 12:08
Joensuu-Uimaharju_658-673_pääpisteet.txt	261 kt	Tekstitiedosto	17.1.2011 12:23
Joensuu-Uimaharju_673-696_pääpisteet.txt	384 kt	Tekstitiedosto	17.1.2011 12:37
Joensuu-Uimaharju_696-706_pääpisteet.txt	227 kt	Tekstitiedosto	17.1.2011 12:49
Joensuu-Uimaharju_706-720_pääpisteet.txt	241 kt	Tekstitiedosto	17.1.2011 13:31
Lieksa-Viekkij_729-753_pääpisteet.txt	439 kt	Tekstitiedosto	4.2.2011 10:03
Uimaharju-Lieksa_720-729_pääpisteet.txt	358 kt	Tekstitiedosto	11.2.2011 14:37
Viekkij-Nurmes_753-768_pääpisteet.txt	46 kt	Tekstitiedosto	3.2.2011 15:52
Viekkij-Nurmes_768-784_pääpisteet.txt	323 kt	Tekstitiedosto	4.2.2011 9:14

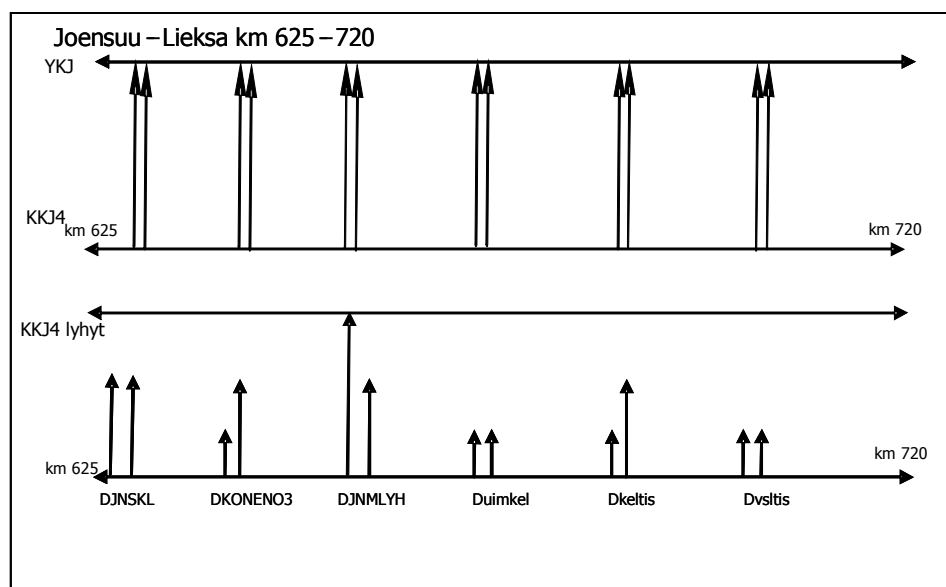
Kuva 20. Kuvankaappaus, jonka tarkoitus on näyttää, miten laskentatulosteita on nimetty. Tulosteista käy ilmi käytettyjen laskentatunnisteiden nimet.

Taulukossa 2 on otettu yllä näkyvästä kuvankaappauksessa näkyvistä laskennoista kuusi ylintä ja ratalinjalla peräkkäin sijaitsevaa geometrialaskentaa mukaan alla olevaan vertailuun. Tästä vertailusta voidaan nähdä, että nämä kuusi laskentaa vaativat kaikkiaan neljä eri muunnosprojektia eikä tässä n. 100 kilometrin linjaosuudessa ole käytetty samaa kokonaisten määrää kahdessa peräkkäisessä laskennassa.

Taulukko 2

Malli geometrialaskennoissa käytetyistä koordinaateista ja niistä vähennetyistä kokonaisista lukuyksiköistä

Tiedosto	Y-koordinaatti	Puuttuvien kokonaisten lukuyksiköiden määrä	X-koordinaatti	Puuttuvien kokonaisten lukuyksiköiden määrä
DJNSKL	88819.961	2	44792.628	2
DKONENOK3	494330.543	1	59049.013	2
DJNMLYH	6074.846	3	66063.010	2
Duimkel	511941.441	1	978345.953	1
Dkeltis	503999.702	1	97579.746	2
Dvsitis	500173.723	1	106914.094	1



Kuva 21. Tässä kuvassa on havainnollistettu koordinaattilukujen määrän vaihtelu eri D-tiedostojen välillä ja muunnosten määrä. Kuvassa alimmalla vaakajanalla olevat pystynuolet kuvaavat KKJ4:ssä paikallisissa laskennoissa käytettyjä eripituisia lyhyitä koordinaatteja (Y ja X), ja keskimäinen vaakajana kuvaa ratalinjaa KKJ4:ssä, ja siinä olevat pystynuolet kuvaavat täyspitkiä koordinaatteja, jotka on lopuksi konvertoitu YKJ:ään.

Koordinaattilukujen lukuyksiköiden määrä on usein määräytynyt suunnittelualueen ja koordinaatistoon sijoittumisen mukaan. Useimmiten kyse on ollut hyvin pienien alueiden yksityiskohtaisesta suunnittelusta, jolloin ei ole merkitystä ympäröivien alueiden suunnitelmilla. Laskenta on ollut nopeampaa ja helpompaa, mitä vähemmän lukuyksiköitä koordinaateissa on ollut. Jos on ollut kyse isommasta suunnittelualueesta, se on kuitenkin

kin jaettu pienempiin n. 10–15 km:n osiin, ja jokaisella laskentaosalla on saattanut olla eri lähtötietojen tuottaja ja geometrialaskija, jotka ovat kukin tottuneet laskemaan tietyillä lukuyksikkömäärillä. Joissakin tapauksissa uudet suunnitelmat on tehty vanhan päälle, jolloin vanhan laskennan koordinaattiluvut ovat määränneet uuden suunnitelman koordinaattiluvun pituuden. Lopputuloksen kannalta eli onnistuneen geometriasuunnitelman kannalta ei koordinaattien lukuyksikköjen määrällä ole merkitystä.

KoneGIS-projekti on osaltaan osoittanut sen, että Sulakkeesta löytyy valtava määrä geometriatietoja, joita on osattava tulkita oikein. Tässä projektissa eripituiset lyhyet koordinaatit aiheuttivat lisää työvaiheita, jotta löydettiin oikeat puuttuvat kokonaiset ja saatiin aikaan oikea konversio YKJ:ään. Kuvista 20 ja 21 näkyvät myös D-tiedostojen nimet ja nimeämislogiikka. Nimien perusteella on hyvin hankalaa päätellä, minkä alueen laskennoista on kyse. Mitä sitten tulisi tehdä, jotta lähtötietojen taso saataisiin yhtenäistettyä? Yhteenvetona voidaan todeta, että projektien geometriasuunnittelua ja -laskennan ohjeistusta tulisi yhtenäistää, päivittää ja sen toteutumista tulisi valvoa.

5.2 Geometriasuunnitelmien nimeämisen yhtenäistäminen

Hyvin tärkeää olisi, että jatkossa panostettaisiin oikeiden toteutuneiden suunnitelmätietojen löytymiseen helposti sekä koko geometriasuunnitteluprosessin yhtenäistämiseen. Tähän kuuluu nimeämislogiikka, tietty osoite viimeiselle toimitetulle/toteutuneelle suunnitelmalle sekä tiedon sisällön nimeämistapa. Nykyisellään laskentatavat ovat melko kirjavia ja henkilöriippuvaisia. Geometriatiedostojen nimistä tulisi ainakin ilmetä hanke, rataosa, kilometriväli, koordinaattijärjestelmä ja mahdolliset puuttuvat kokonaislukuyksiköt. Sulake-järjestelmää voitaisiin myös päivittää. Sinne voitaisiin luoda paikka, jossa olisivat vain toteutuneet geometriasuunnitelmat. Tällöin KoneGIS-järjestelmän geometriatietojen ylläpitäjän olisi helppo löytää tai saada automaattisesti tieto sinne viedyistä uusista suunnitelmista esimerkiksi kuukausittain.

Lisäksi olisi tärkeää painottaa geometriasuunnittelussa kokonaisuutta. Useat pikkutyöt kattavat liian pienen alueen, jotta geometriaa voisi oikeasti parantaa ja saavuttaa etuja. Näissä tapauksissa olisi tärkeää, että geometriasuunnittelijalla olisi riittävä ammattitaito myydä pikkutyö kattamaan enemmän ympäröivää aluetta ja näyttämään tiedon käyttäjälle edut, jotka ovat saatavissa isomman kokonaisuuden kautta. Vaihteen vaihtoja var-

ten tehtävät geometriasuunnitelmat ovat hyvä esimerkki tällaisista tapauksista. Nykyisellään ei tilata eikä yritetäkään muuttaa tilauksia kattamaan isompia kokonaisuuksia, jotta esimerkiksi kokonainen vaihdekuja (= useampi vaihde peräkkäin) voitaisiin kerralla laskea uudelleen ja samalla saada aikaan parempi raidegeometria. Kuten niin monessa muussakin, näissä töissä raha ratkaisee.

5.3 Uudet käyttökohteet ja kehitysmahdollisuudet

Raidegeometriatietojen käytön hyödyntäminen ja tietojen soveltaminen VR Groupin muissa liiketoiminnoissa on oleellista. Tällä hetkellä moni divisioona ja osasto tekee töitä täysin itsenäisesti tietämättä avustavista sovelluksista tai ylipäättään paikkatiedon antamista mahdollisuuksista tehostaa ja nopeuttaa työn tekemistä. KoneGIS-järjestelmän tietojen hyödyntäminen olisi kanava jakaa ratatietoa antamalla kaikille sama tieto vaivatta yrityksen sisällä.

Seuraavassa on ehdotettu muutamia käytännön toimintoja, joissa KoneGIS ja erityisesti sen geometriatiedot voisivat olla hyödyksi ja jopa tehostaa huomattavasti töitä ja töiden valvontaa. Geometriatietojen keräys ja muokkaaminen KoneGIS-järjestelmään on ollut valtava työ. Vaikka se on laadultaan ja sijaintitarkkuudeltaan vaihtelevaa, tietojen hyödyntäminen monissa sovelluksissa ja työkohteissa on silti mahdollista, jopa erityisen kannattavaa ja suositeltavaa. Kehitettävää on sekä laadussa että geometriatiedon keräämisen laajentamisessa koskemaan koko rataverkkoa ja kaikkia liikennepaikkoja. Vasta sitten järjestelmästä päästään todella hyötymään.

5.3.1 Geometriatietojen hyödyntäminen muussa käytössä

Kokonaisuudessa KoneGIS-järjestelmän geometriatiedot ovat laadultaan vaihtelevia, mikä on jossain määrin rajoittava tekijä uusia käyttökohteita miettiessä. Tämä laatuvaihtelu taas johtuu geometriatietojen nykyisestä käyttötarkoituksesta järjestelmässä, kuten jo aiemmin on kerrottu. Tästä syystä uusia hyötyjä voidaan hakea aluksi lähinnä paikallisesti ja ajatella hyvää laatua hyödynnettävän niillä alueilla ja raideosilla, joilla laatu on täysin sijaintitarkkuuden suhteen erittäin hyvää. VR Trackin omien ratatietojen ja KoneGIS-järjestelmän raidegeometriatietojen yhdistäminen tai niiden rajapintojen yhdistämi-

nen toisi ratatietojen käyttäjille lisäarvoa, koska he saisivat karttaa koskettamalla esiin kaikki tiettyyn raiteeseen kohdistuvat ja siitä löytyvät tiedot. Näitä olisivat esimerkiksi päällysrakennetiedot (kiskotyyppi, kiskonkiinnitystyyppi, pölkylaji, tukikerrosmateriaali, kiskoviat jne), raiteen kohdan sijainti ratakilometrijärjestelmässä, raiteen turvalaitteet, vaihteet (tyyppi, asennusvuosi, viat) yms. Jos nämä kaikki tiedot saataisiin koko konsernin käyttöön sopivien tai jopa yhden loppusovelluksen kautta, helpottuisi ja nopeutuisi monen henkilön tekemä työ. Tämä tietenkin edellyttäisi, että ratatiedot ovat ajan tasalla ja niiden ylläpito ja hallinta kunnossa. Ongelmana tällä hetkellä on se, että VR tuottaa ja ylläpitää omia ratatietoja ja Liikennevirastolla on hallinnassaan liikenteenohjausjärjestelmät ja ratarekisterit. Jatkossa yhteistyö on helpottumassa, sillä VR ja Liikennevirasto ovat joulukuussa 2011 solmineet rataverkon käyttöä, liikenteenohjauspalvelua, liikennesuunnittelua ja matkustajainformaatiopalvelua sekä tilannekuvaan liittyvää tiedonvaihtoa koskevat sopimukset. Tämän sopimuksen myötä Liikennevirastolla on tarkoitus hyödyntää paikannustietoa turvallisuuden kehittämisessä sekä täsmällisyyden analysoinnissa. Sopimus on tosin määräaikainen.

5.3.2 Uusia sisäisiä käyttökohteita KoneGIS-järjestelmälle

Radan kunnossapito

Radan kunnossapidossa määritetään tällä hetkellä esimerkiksi kiskovikatarkastuksia tehtäessä sijainti lähimmän sähköratapylvään mukaan. Töitä tehdään pääsääntöisesti pimeään aikaan liikennekatkojen aikana. Vikojen tallentamiseen käytetään Rwalk-nimistä mobiilisovellusta. Tähän sovellukseen ei ole kuitenkaan sidottu millään lailla paikkatietoa eikä puhelimen GPS:ää käytetä millään tavalla sijainnin määrittämiseen. Rwalkin käyttäjä naputtelee ratakilometrijärjestelmän mukaisen sijaintinsa oman päätelmänsä mukaan, ja tämä päätelmä perustuu lähimmän ratajohtopylvään lukemaan. Ratajohtopylväitä on maastossa keskimäärin 60 metrin välein. Jos Rwalk-mobiilisovellukseen yhdistettäisiin KoneGIS-järjestelmästä raidegeometriatiedot ja erityisesti pituusmitta, mobiilisovellus voisi automaattisesti päivittää vian sijainnin ratakilometrijärjestelmässä ja näin säästettäisiin sijainnin määrittämiseen kulunut aika. Tämä sama sovellus voisi toimia myös muissa kunnossapidon töissä, joissa tarkan sijaintitiedon määrittäminen kunnossapidon seurannassa on oleellista. Toinen vaihe Rwalk-sovelluksen kehityksessä olisi versio, joka

olisi jatkuvasti yhteydessä koneGIS-järjestelmään yhdistettynä interaktiivisella tiedonsiirrolla.

Työkonekäytönohjaus

Radanrakennus-, radantarkastus- ja ratatyökoneiden käytönohjaus ja seuranta on yksi jatkokäyttömahdollisuus. Tätä käyttöä varten pitäisi raidegeometriatietoja täydentää, koska tällä hetkellä tiedot eivät kata koko rataverkkoa. Palvelun avulla olisi mm. työmaiden kalustonkäytön suunnittelu helppoa ja kiireisissä tapauksissa voitaisiin lähinnä sijaitseva työkone ohjata uudelle työmaalle.

Junahenkilökunnan turvallisuus

Vetureihin ja junaohjaamoon olisi mahdollista kehittää taulutietokoneissa tms. toimiva sekä navigoinnin että ratatiedot sisältävä sovellus, jossa kuljettaja voisi seurata reaaliaikaisesti omaa sijaintiaan (ja samalla kartalla myös muiden veturien) ja tarpeen tullen avata esimerkiksi kyseisen rataosan linjakaavion ja hakea tarvitsemansa ratatiedon kätevästi suoraan karttaliittymältä. Tällainen sovellus vähentäisi oleellisesti onnettomuusrisiä esimerkiksi tapauksissa, joissa kuljettaja joutuu pysähtymään ratalinjalle teknisen vian takia, eikä ole varma omasta sijainnistaan. Tämä tietenkin edellyttäisi toimivan tiedonsiirtotekniikan hankkimista vetureihin.

Edellä mainittujen lisäksi KoneGIS-järjestelmän jatkokäyttöä voisi soveltaa mm.

- yhdistämällä ratarekisterit KoneGIS-järjestelmään
- kalustonkäytön seurannan laajentamiseen tavaravaunuihin
- yhteistyöhön Liikenneviraston liikenteenohjauksen kanssa.

Viimeksi mainittu toteutuu vuonna 2012. Järjestelmän lisäarvo hätätilanteissa on tarkka sijaintitieto, joka parantaa rataturvallisuutta monella tavalla.

5.3.3 KoneGISin käyttö radan turvalaitejärjestelmissä

KoneGIS-järjestelmän käyttöä radan turvalaitejärjestelmien vaatimassa junien paikantamisessa ei käsitellä tässä opinnäytetyössä. Turvallisuus- ja toiminnallisuusvaatimukset siinä käytössä ovat huomattavasti tiukempia ja edellyttäisivät KoneGIS-järjestelmään valtavia muutoksia monessa suhteessa. Tulevaisuudessa GNSS-paikannustekniikkaa yhdistettynä ratageometriatietoihin tullaan varmasti käyttämään hyväksi uusissa kulunvalvontajärjestelmissä. Nykyiset junakulunvalvontajärjestelmät ovat Euroopassa uusiutumassa kokonaan. Aika näyttää mihin, ja millä aikataululla Suomessa sillä saralla ollaan menossa. Euroopan rautatievirastolla on tullut tavaksi yhtenäistää järjestelmiä eri maiden välillä.

6 Yhteenveto

Opinnäytetyön päätavoite oli määrittää sopivat laatukriteerit geometria-aineiston luokitteluun ja kehittää raidegeometriatiedon ylläpitoon toimintatapa. Aineiston jaottelu helpottaa aineiston jatkohyödyntämistä ja antaa nopeasti kuvan siitä, mitkä tiedoista soveltuvat mihinkin käyttöön. Luokittelussa päädyttiin lopulta käyttötarkoituksen mukaiseen ryhmittelyyn sijaintitarkkuuden sijaan. Jotta aineiston hyödyntäminen jatkossa olisi tehokasta ja helppoa, olisi suositeltavaa, että geometria-aineisto ryhmiteltäisiin tässä työssä kuvatun mukaisesti ja dokumentoitaisiin menettelyt. Tähän opinnäytetyöhön ei kuulunut varsinaisen geometria-aineiston käsittely, vaan tässä on kuvattu menetelmät, joita suositellaan vielä tehtäväksi aineistolle, jotta sen jatkokäsittely helpottuisi.

Tietoja kerätessä esiin tuli monta seikkaa, joiden perusteella voidaan päätellä sisäisen laatujärjestelmän ja yhtenäisten toimintaperiaatteiden puutteet. Esimerkkinä voidaan mainita laskentatunnisteiden nimeäminen ja lukuyksiköiden vaihtelevan määrän käyttö laskennoissa. Suoraa vaikutusta KoneGIS-järjestelmän laatuun ei lukuyksiköiden puuttumisella ole ollut, vaan ennemminkin näin tuli esiin geometrialaskennan sisäisen laatujärjestelmän vaillinaisuus. Aineiston muokkausta lukuyksiköiden määrän vaihteleva puuttuminen kyllä hidasti. Tiedostojen ja laskentatunnisteiden nimien valinta oli ollut usein epäinformatiivista, mikä myös hidastutti aineiston kokoamista. Seuraavassa kuvataan tätä ongelmaa tarkemmin.

KoneGISin geometria-aineiston järjestely

Tällä hetkellä ongelmana on aineiston koko, sillä kaikki materiaali on tällä hetkellä koottu yhteen taulukkoon, jonka toimintojen suorittaminen on hyvin hidasta ja hankalaa. Aineiston jakaminen esimerkiksi kolmeen osaan helpottaisi myös jatkossa tehtävää ylläpitoa ja sen prosessointiin liittyviä toimenpiteitä. Tällä hetkellä aineiston massa on niin valtava, että pienenkin päivityksen tekeminen on hyvin hidasta. Jokaiselle kolmelle ryhmälle voitaisiin luoda oma taulukko, johon vietäisiin kaikki sen ryhmän geometriatiedot. Tämä selkeyttäisi ja helpottaisi ylläpidon hoitamista sekä tulevan käytön optimointia ja kehitystä.

Ylläpito

Ylläpidon järjestämiseksi luvussa 4 esitetään neljä tapaa ylläpidon järjestämiseksi ja suositellaan niiden osittaista yhdistämistä. Toisaalta parhaan tuloksen saavuttamiseksi tulisi yhdistää kaikki neljä ratkaisua. Tällä tavoin jokainen menetelmä tukisi toistaan ja toimisi alkuun saatettuaan lähes automaattisesti. Ylläpitäjä saisi näin eri järjestelmistä automaattisia ilmoituksia rataverkolla tapahtuvista muutoksista tai tulevista suunnitelmista. Ilmoitusten perusteella ylläpitäjä tietäisi, seuratako tilannetta vai ruvetako päivittämään geometriatietoja KoneGIS-järjestelmään.

VR:llä pitkän työuran tehneet rautatienalan ammattilaiset eläköityvät, ja samalla heidän mukanaan häviää hiljainen tieto työyhteisöstä. Tulevaisuus näyttää, miten oikea tieto saadaan jatkossa ja mitä olisi vielä tehtävä, jotta isoilta ongelmilta välttyttäisiin. Tämän opinnäytetyön avulla on mahdollista perehdyttää geometriatietojen ylläpitämiseen KoneGIS-palvelussa ja myös geometriasuunnitteluun.

Tämän opinnäytetyön avulla voidaan lisäksi sopia raidegeometriatietojen ylläpidosta ja tuottamisesta KoneGIS-palveluun tiedon tuottajan ja KoneGIS-palvelun omistajan kesken.

Lähteet

- 1 Maijala, Kari ja Hemminki, Pauli. 2010. KoneGIS, tekninen kuvaus. Logica.
- 2 Maijala, Kari ja Hemminki, Pauli. 2010. KoneGIS, asiantuntijanohje. Logica.
- 3 Hemminki, Pauli. 2010. Geometria-aineiston lataaminen PostGIS-tietokantaan. Logica.
- 4 Ratatekniset ohjeet (RATO), osa 2 Radan geometria. 2010. Liikennevirasto. Liikenneviraston ohjeita.
- 5 Ratatekniset ohjeet (RATO), osa 13 Radan tarkastus. 2004. Liikennevirasto. Liikenneviraston ohjeita.
- 6 Taimela, Reijo. 2011. Raidegeometrian suunnittelu. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 22-2011.
- 7 Helander, Tommi. 2010. KYYPaikkatietohanke ja siihen liittyvät koordinaatistomuunnokset. Insinööritö. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 8 JHS 158 Paikkatiedon metatiedot, versio 1.1. 2010. Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta.
- 9 Ingberg, Kari. 2004. Puolustusvoimien paikkatietojen laatumalli. Lisensiaattitö. Teknillinen korkeakoulu.
- 10 Tukiainen, Elina. 2006. Paikkatietokannat. Seminaarityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.
- 11 Hendriksson, Riikka. 2005. Paikkatiedon metatieto. Artikkel. Maankäyttö -lehti 3/2005, s. 14–16.
- 12 Ruokanen, Pauli. 2010. Paikkatietojärjestelmän käyttöönottoprosessi. Diplomityö. Oulun yliopisto.
- 13 KoneGIS- ja OpTi -järjestelmähallinta, toimintaohje. 2010. VR Yhtymä. IT-yksikkö.
- 14 Häkli, Puupponen, Koivula ja Poutanen. 2009. Suomen geodeettiset koordinaatistot ja niiden väliset muunnokset. Geodeettisen laitoksen tiedote 30.
- 15 Nurmi, Jarmo, geometriasuunnittelija. VR Track Oy. 2011. Suullinen haastattelu.
- 16 Uusipuro, Jarno. 2010. Ratatekniset mittaukset: Kouvolan henkilöratapihan perusparannus. Insinööritö. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 17 Högström, Hilka. 2004. Helsingin rautatieasema. Erweko painotuote Oy.

Sulake-järjestelmän B-, D- ja K-tiedostojen mallit

1. Malli B-tiedostosta "BViinijärvi-Sysmajärvi_657-581":

The diagram illustrates the structure of a B-file, with specific fields highlighted and annotated. The file content is as follows:

```
/*v.0  
VNJSMJ  
VNJSMJK  
0.0  
R001  
0.0  
657  
186.675  
1111  
0  
0.17  
R001  
99  
99
```

Annotations and their corresponding fields:

- D-tiedoston nimi** (D-file name) points to the field **VNJSMJ**.
- K-tiedoston nimi** (K-file name) points to the field **VNJSMJK**.
- pituusmittaraide** (length indicator) points to the field **R001**.
- Aloituskohdan km ja metri** (start coordinates in km and meters) points to the fields **657** and **186.675**.

2. Malli D-tiedostosta:

REGR.3	190803151136VNJSMJ2								
R001									
1S001 0 0									
60506.093	49113.525	-.857225100.51494188	0.000	0.000					
60292.876	49241.606	-.857225100.51494188	0.000	0.000					
0.000	0.000	248.730	0.0000.000000000.00000000	0.000	0.000				
3C011 0 0									
60292.876	49241.606	-.857225100.51494188	0.000	0.000					
60249.926	49267.204	-.862542470.50598467	-2400.000	45.000					
60292.876	49241.606	50.000 346.410	-.857225100.51494188	50.000	-2400.000				
2K001 0 0									
60249.926	49267.204	-.862542470.50598467	-2400.000	0.000					
60189.199	49301.650	-.876895180.48068164	-2400.000	45.000					
59035.563	47197.102	69.819 -1.8520.000000000.00000000	0.000	0.000					
3C012 0 0									
0.000	0.000	1281.067	0.0000.000000000.00000000	0.000	0.000				

3. Malli K-tiedostosta

626	88874.882	45540.982		
627	88646.089	46339.398		
628	87686.738	46623.610		
629	86728.108	46907.581		
630	85810.294	47286.905		
631	84963.138	47818.178		
632	84105.203	48331.037		
633	83142.791	48482.774		
99				
	0.0020	-0.0037		
K1				
99				
83.88	15000	626	296	
86.74	18000	627	010	
85.86	15000	627	200	
83.61	15000	627	500	
83.43	15000	627	680	
83.35	15000	628	080	
83.35	15000	628	765	
81.10	15000	629	100	
78.58	25000	629	440	
81.19	15000	629	900	

Laskenta-alueen kilometrimerkit ja niiden koordinaatit

Alku- ja loppukaltevuus

Pystytaitteiden korkeus, pyöristyssäde ja taitepisteen sijainnin km- ja metri-luku

Malli toiminnanohjausjärjestelmän työvaiheista

Listaus toiminnanohjausjärjestelmän työvaiheista, jotka vaikuttavat raidegeometriaan.

- 400 SUUNNITTELU JA TUTKIMUKSET
- 410 TARVESELVITYS
- 420 YLEISSUUNNITTELU
- 422 RATASUUNNITTELU
- 423 TIE-, KATU- JA SILTASUUNNITTELU
- 430 RAKENTAMISSUUNNITTELU
- 432 RATASUUNNITTELU
- 436 SÄHKÖRATASUUNNITTELU
- 530 ASIAINTUNTIJAPALVELUT
- 532 RATATEKNINEN ASIAINTUNTIJAPALVELU
- 546 RADAN TARKASTUSPALVELUT
- 547 RADANTARKASTUS LIIKKUVASTA KALUSTOSTA
- 3100 RADAN PÄÄLLYSRAKENTEET
- 3101 PÄÄLLYSRAKENTEEN PURKU
- 3102 PÄÄLLYSRAKENTEEN ASENNUS
- 3103 PÄÄLLYSRAKENTEEN VAIHTO
- 3110 RADAN TUKIKERROS
- 3111 TUKIKERROKSEN POISTO
- 3112 TUKIKERROKSEN ASENNUS
- 3113 TUKIKERROKSEN VAIHTO
- 3114 TUKIKERROKSEN PUHDISTUS
- 3115 TUKIKERROKSEN PUHDISTUS JA LÄMPÖERISTYS
- 3116 TUKIKERROKSEN TUKEMINEN
- 3117 TUKIKERROKSEN STABILOINTI
- 3118 TUKIKERROKSEN HARJAUS
- 3119 LÄPITUENTA
- 3130 RATAKISKOT
- 3131 RATAKISKON ASENNUS
- 3132 RATAKISKON VAIHTO
- 3140 RAUTATIEVAIhteet
- 3141 VAIhteEN POISTO
- 3142 VAIhteEN ASENNUS
- 3143 VAIhteEN VAIHTO