

Jarmo Hautala

## **Työmaaseuranta digitalisoituneessa työympäristössä**

Opinnäytetyö

Syksy 2019

SeAMK Tekniikka

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

**SeAMK** 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Seamk tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Rakennusalan työnjohto

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Jarmo Hautala

Työn nimi: Työmaanseuranta digitalisoituneessa työympäristössä

Ohjaaja: Petri Koistinen

Vuosi: 2019

Sivumäärä: 37

Liitteiden lukumäärä: -

---

Tämä opinnäytetyö on toteutettu yhteistyössä NRC Group Finland Oy:n kanssa. Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia ja kehittää rautatieympäristössä käytettävää Infrakit-apuohjelmaa ja tehostaa sen tuotantotehokkuutta työmaalla. Maanrakentamisessa käytettävä apuohjelma liittyy pääasiassa koneohjaukseen ja tietomallintamiseen. Tietomallinnus on yleistynyt maanrakennuksessa, mutta kaikkia ominaisuuksia ei ole saatu hyödynnettyä. Työn pääasiallinen tavoite on pyrkiä parantamaan työmaanseurantaa.

Työssä paneudutaan uuteen ohjelmistoon, joka on otettu käyttöön muutamilla rata-työmailla ympäri Suomen. Ohjelmiston kehittymiseen pyrimme vaikuttamaan käyttäjäkokemuksilla ja haastatteluilla. Haastatteluja suoritetaan kaivinkonekuljettajien, työntekijöiden, työnjohdon ja asiantuntijoiden näkökulmasta.

Avainsanat: rautatiet, rakentaminen, työnjohto

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Site Management

Specialisation: Building Construction

Author/s: Jarmo Hautala

Title of thesis: Site monitoring in a digitized work environment

Supervisor(s): Petri Koistinen

Year: 2019                      Number of pages: 37      Number of appendices: -

---

The thesis was made in cooperation with NRC Group Finland Oy. The purpose of the thesis was to investigate and develop Infrakit utility program for use in the railway environment and to boost its production efficiency on work site. The utility program used in excavation is related to machine control and data modelling. Data modelling has become more common in excavation, but not all features have been exploited. The main objective of the thesis was to improve site observation.

In the thesis, the focus was on new software implemented on a few railroad sites in Finland. The aim was the development of the software through user experiences and interviews with excavator drivers, construction workers, foremen and specialists.

Keywords: railway, construction, supervision of work

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract.....	2
SISÄLTÖ.....	3
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo.....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	6
1 JOHDANTO.....	7
2 TYÖMAAYMPÄRISTÖ.....	8
2.1 Ratarakenne.....	8
2.1.1 Radan alus- ja pohjarakenteet.....	8
2.1.2 Päällysrakenteet.....	11
2.1.3 Vaihteet.....	15
2.2 Muut työt rautatiealueella.....	16
2.3 Rautatieympäristössä huomioitavaa.....	16
3 INFRA TIETOMALLINTAMINEN.....	18
3.1 Mallipohjaisen rakentamisen lähtökohdat.....	19
4 MALLIPOHJAINEN RAKENTAMINEN JA LAADUNVARMISTUS.....	21
4.1 Työmaan perustaminen.....	22
4.1.1 Tarvittavat mallit työmaalla.....	22
4.2 Rakennussuunnitelmamallien tarkastus.....	23
4.3 Rakentajien perehdytys.....	23
4.4 Työkoneiden mittalaitteiden kalibrointi.....	24
4.5 Tarkemittaukset.....	24
4.6 Digitaalinen luovutusaineisto.....	26
5 INFRAKIT RAUTATIEYMPÄRISTÖSSÄ.....	28
5.1 Infrakit yleisesti.....	28
5.1.1 Projektien käyttöön ladattava suunnitelma-aineisto.....	28
5.1.2 Infrakitin käyttäjät.....	29
5.1.3 Käyttökohteet.....	29
5.1.4 Apuvälineitä.....	30

5.2 Käyttö rautatieympäristössä .....	31
5.2.1 Hyötyjä .....	32
5.2.2 Puutteita .....	33
5.3 Työmaanseuranta .....	33
5.4 Määräseuranta .....	34
6 YHTEENVETO .....	35
LÄHTEET .....	36

## **Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo**

Kuva 1. Urakisko profiili .....	14
Kuvio 1. Radan rakenne .....	8
Kuvio 2. Vignole profiili.....	14
Kuvio 3. Oikeankätinen yksinkertainen vaihde (Liikenneviraston ohjeita 2012). ...	15
Kuvio 4. Poikkileikkaus havainnekuva mitattavista pisteistä .....	26
Taulukko 1. Routaeristyksen mitoitus (Liikenneviraston ohjeita 2018).....	11
Taulukko 2. Ratakiskojen päämitat (Ratahallintokeskus 2002).....	14

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>RSU</b>	Ratatyön suojaulottuma
<b>Turvamies</b>	Henkilö, jolla on turvamiespätevyys, on kirjallisesti määrätty tehtävään
<b>Ratatyö</b>	Kun työ koskee rataa, radan rakennetta, turvalaitteita tai sähkörataa
<b>Ratatyölupa</b>	Liikenteenohjauksen myöntämä lupa työskennellä RSU:n sisäpuolella
<b>Ratatyöstä vastaava</b>	Vastaa ratatyön liikenneturvallisuudesta ja siihen liittyvistä toimenpiteistä, kuten ilmoituksista, luvista ja ratatyön suojaamisesta
<b>Tarkemittaus</b>	Tarkastusmittaus, sisältää korko- ja sijaintitiedot
<b>Drone</b>	Kauko-ohjattava pienoiskopteri, voidaan varustaa kame- ralla
<b>KV</b>	Pöllin kiskouran yläpinnan keskilinja

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä tutkitaan Infrakit-pilvipalvelujärjestelmän hyötyjä ja puutteita työnjohdon ja työntekijöiden näkökulmasta sekä mahdollisia kehitysideoita, joilla Infrakitistä saisi entistä tehokkaamman työkalun työnjohdolle sekä työntekijälle.

Nykyaikaisella työmaalla on tärkeää, että työnjohto on perillä työmaalla tehtävistä töistä. Työnjohto pystyy suunnitella seuraavat työvaiheet ennakkoon, kun he tietävät, millä aikataululla työt edistyvät. Opinnäytetyössä paneudutaan työn seurantaan Infrakitin ja koneohjauksen avulla.

Opinnäytetyön idea syntyi, kun työnjohdolla oli vaikeuksia työmaan seurannassa, koska työmaa oli laaja. Myös useissa asioissa oli epävarmuutta, oliko jokin työ tehty, koska henkilöstö työmaalla oli vaihtuvaa.

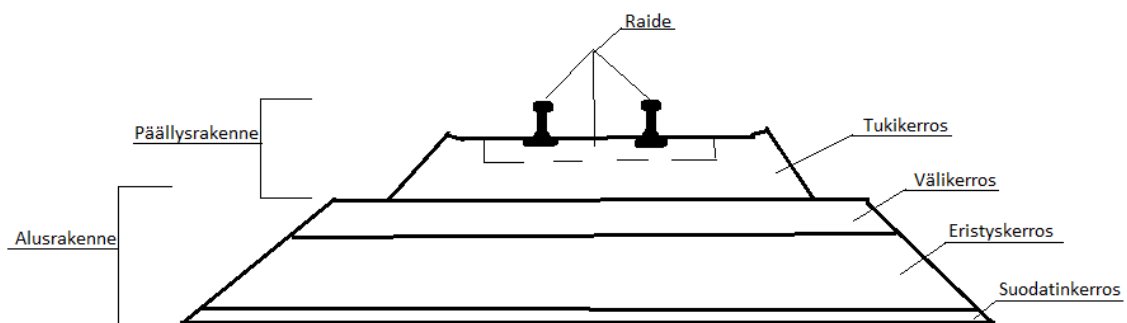


## 2 TYÖMAAYMPÄRISTÖ

Kohteessa työmaa on toteutettu rautatieympäristössä. Rautatiealueella rakentamisessa pitää ottaa erilaisia asioita huomioon verrattuna tavalliseen maarakentamis-ympäristöön. Rautatiealueella työskentelystä ei saa aiheutua haittaa tai vaaratilanteita rautatieliikenteelle. Ratatöissä voidaan sopia ennakkoon liikennekatkoja, jolloin rautatieliikenne korvataan mahdollisesti muilla kulkuneuvoilla, jolloin liikenne pysäytetään ja ratatyöt toteutetaan, kun muuta mahdollisuutta työn toteuttamiselle ei ole. Väylävirasto hallinnoi Suomen rataverkkoa ja tilaa palveluita sen käytölle, ylläpidolle ja parannukselle sekä myöntää kapasiteettia liikennöinnille. (Liikenneviraston ohjeita 31/2018, 6).

### 2.1 Ratarakenne

Junaradan rakentamiseen liittyy puhdasta maanrakentamista ja erityisosaamista vaativaa ratarakentamista. Maanrakentamisen tarkoitus on luoda tukeva, kestävä ja routimaton pohja radanrakentamiselle.



Kuvio 1. Radan rakenne

#### 2.1.1 Radan alus- ja pohjarakenteet

Junaradan alus- ja pohjarakenteet tulee suunnitella siten, että ne pysyisivät muuttumattomina, vaikka niihin kohdistuu suuria voimia. Niinpä kaikki rataa liittyvät alus-

ja pohjarakenteet luokitellaan joko vaativaan tai hyvin vaativaan pohjarakenneluokkaan. Vaativasta luokasta johtuen suunnittelu vaatii aina geoteknistä erityisosamista. (Liikenneviraston ohjeita 13/2018 2018,11.)

Junaradan rakennekerrokset tulee rakentaa hyvin vettä läpäisevästä maa-aineksesta, niin sanotusta routimattomasta maa-aineksesta. Maa-ainesten materiaalien vaatimusten mukaiset käyrätiedot ovat ilmoitettu InfraRYL:issä. Radan rakennekerrosten paksuus perustuu ilmastotilietoihin, roudan syvyyteen sekä rataan kohdistuviin kuormiin. Radan rakennekerrokset koostuvat neljästä eri kerroksesta pohjamaasta ylöspäin: suodatinkerros, eristyskerros, välikerros ja tukikerros. Tukikerros lasketaan radan päällysrakenteeseen. (Rakennustieto 2010, 297.)

**Suodatinkerros.** Suodatinkerros on pohjamaan jälkeen ensimmäinen rakennekerros. Suodatinkerros koostuu 2/4 raekoon murskeesta ja sen paksuus on 100 – 300 mm. Suodatinkerroksen tehtävä on estää maalajien sekaantuminen ja tuoda lisää kantavuutta ylempiin rakenteisiin. Suodatinkerros voidaan korvata suodatinkaalla. (Rakennustieto 2010, 297— 300.)

**Eristyskerros.** Eristyskerros koostuu routimattomasta sorasta, hiekasta tai kalliomurskeesta, eikä se saa sisältää orgaanisia tai epäpuhtaita aineita. Eristyskerroksen hiekka- ja sora materiaali seulotaan 0,02 —150 mm seulalla ja kalliomurskemateriaali seulotaan 0,63 — 63 mm seulalla. Kalliomurskeessa pesuseulontana määritetty hienoainepitoisuus, eli 0,63 mm seulan läpäisy saa olla enintään 2 %. Tarvemmin eristyskerrosten materiaalin laatuvaatimukset on kerrottu InfraRYL:issä. Eristyskerroksen tehtävänä on toimia eristävänä kerroksena routimistapauksissa ja estää kapillaarinen veden nouseminen maassa. Sen tehtäviin kuuluu myös jakaa ylempien kerrosten painoa pohjamaahan. Kerroksen paksuus määräytyy roudan syvyyden mitoituksessa. Mahdolliset vedenpoistojärjestelmät asennetaan eristyskerroksen pohjalle. (Rakennustieto 2010, 311-313.)

Eristyskerros tulee tiivistää kahtena tai useampana kerroksena, jotta riittävä tiiveys saavutetaan. Hiekan/soran päältä tehtävä tiiveysmittaus tehdään Proctor-kokeella

ja tiiveysaste tulee olla keskimäärin 95 %. Kalliomurskeen tiiveys mitataan levykuormituskokeella ja keskimääräinen muodonmuutosmoduuli  $E_2$  tulee olla vähintään 160MPa ja yksittäistulos vähintään 140MPa. Ensimmäisestä ja toisesta kuormitusvaiheesta määritettävien muodonmuutosmoduulien suhde  $E_2/E_1$  on puolestaan enintään 3,0. Tiivistyskokeet tulee suorittaa vähintään 100 m välein raidelinjan keskeltä ja reunoilta 300 m välein. Jos tiivistystarkkailussa on käytetty itsemittaavaa jyrää tiiveydenmittauskokeita voi vähentää. Tällöin tiiveys tulee tarkastaa raidelinjan keskeltä, vähintään 400 m välein ja reunoilta vähintään 800 m välein. (Rakennustieto 2010, 314.)

**Välikerros.** Välikerroksessa käytetään routimatonta soraa, hiekkaa ja kalliomurskettä. Soran ja hiekan laatuvaatimukset poikkeavat hiukan eristyskerrosmateriaalista, mutta kalliomurskeen laatuvaatimukset ovat samat kuin eristyskerroksessa. Välikerrosmateriaalia voidaan kumminkin käyttää eristyskerroksessa, sillä välikerrosmateriaalien ohjekäyrät menevät eristyskerroksen materiaalien ohjekäyrien sisään. Välikerros toimii kantavana kerroksena ratarakenteissa ja se jakaa ylempien kerroksien painoa leveämmälle alueelle. (Rakennustieto 2010, 315)

Välikerros tehdään yhtenäisenä 300 mm paksuna ja tämän jälkeen patja tiivistetään. Mittapoikkeama yläpinnan tasosta saa olla ylöspäin 0mm ja alaspäin 20 mm. Leveyden suurin sallittu mittapoikkeama saa olla sisäänpäin 0mm ja ulospäin 50 mm. Tiivistyskoe voidaan tehdä useammalla eri menetelmällä, mutta levykuormituskokeella tehtäessä  $E_2$  keskiarvo tulee olla 180 MPa ja yksittäistulos vähintään 150 MPa, moduuliarvojen suhde  $E_2/E_1$  saa olla enintään 2.0. Tiiveyskokeet tulee ottaa samoilta etäisyyksiltä kuin eristyskerroksessakin. (Rakennustieto 2010, 316)

**Routaeristys.** Uusien ratojen alusrakenteissa pyritään ensisijaisesti käyttämään routimatonta maa-ainesta. Vain poikkeamatapauksissa turvaudutaan routalevyihin. Routalevyjä käytetään perusparannuskohteissa ja sellaisissa paikoissa, joissa pohjamaa on routivaa ja joissa ei ole mahdollista tai ei kannata tehdä massanvaihtoa riittävän syvästi. Perusparannuskohteiden esimerkkinä toimii radan siirtymärakenteet eli vaihteiden pohjat. Näissä tapauksissa routalevyt sijoitetaan eristyskerroksen ja välikerroksen väliin. Ja routalevyosuus päätetään siirtymäkiilaan. Uuden radan

pohjarakenteiden käyttöikävaatimus on 100 vuotta ja routalevyjen käyttöikävaatimus on 40 vuotta. Routalevyt tulee vaihtaa siis aikaisemmin, kuin pohjarakenne. (Liikenneviraston ohjeita 13/2018, 20-24.)

Taulukko 1. Routaeristyksen mitoitus (Liikenneviraston ohjeita 2018).

Routalevynpaksuus (mm)	Routimattoman rakenteen kokonaispaksuus (Kv:sta mitattuna) vähintään (m)
0 (eristämätön rakenne)	2,15
40	1,65
60	1,35
80	1,18
100	1,04
120	0,92

### 2.1.2 Päällysrakenteet

Raiteen päällysrakenteet koostuvat tukikerroksesta, ratapölkkyistä ja kiskoista. Päällysrakenteet mitoitetaan niille kohdistetun kuorman ja nopeuden mukaan.

**Tukikerros.** Tukikerros koostuu raidesepelistä tai raidesorasta, mutta enimmäkseen raidesepelistä. Tukikerroksessa voidaan käyttää kahta eri raekoon sepeliä 31,5/63 mm ja 31,5/50 mm, rakeisuus määräytyy siitä, missä sepeliä käytetään, pääradoilla vai vähäliikenteisillä radoilla. Raidesepelissä merkittäviä osia ovat iskunkestävyys ja kulutuksenkestävyys, koska materiaali ei saa murskaantua eikä hajota, vaikka siihen kohdistuu suurta sysäysenergiaa. Tarkemmin raidesepelin ominaisuuksia on määritetty standardissa SFS-EN 13450. Raidesepelin tulee olla myös CE-merkittyä. Jos tukikerroksessa käytetään raidesoraa, sen laatu ja lujuusluokka

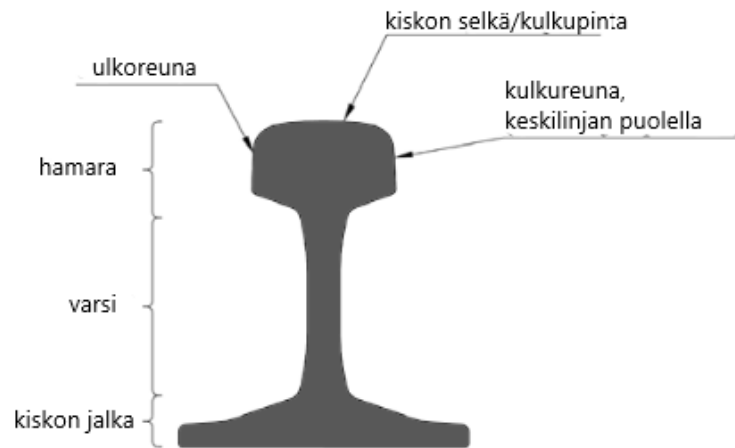
pitää olla suunnitelma-asiakirjojen mukaisia. Tukikerrosmateriaaliin ei saa sotkeutua muita maamateriaaleja, jotka mahdollistavat tukikerroksen jäätyksen ja sitä kautta routimisen. Tukikerroksen tehtäviin kuuluu pitää raide oikeassa geometrisessä asemassa ja asennossa sekä jakaa kuormia alemmille kerroksille ja muodostaa raiteelle tasainen ja kantava alusta. Tukikerroksen paksuus määräytyy sen mukaan, mitoitetaanko rataa puu- vai betonipöllit. Puupöllien tukikerrospaksuus on yleensä 450 mm ja betonipöllien 550 mm, kerroksen paksuus mitataan KV:sta eli pöllin kiskouran yläpinnasta. (Rakennustieto 2010, 484-488.)

Tukikerros rakennetaan kahdessa eri osassa, ala- ja yläosassa. Alaosa tehdään välikerroksen päälle patjaksi, johon pöllit voidaan asettaa tasaisesti, kuitenkin niin, ettei pöllit kantaisi keskeltä vaan sen päistä. Alaosan patjan paksuus tulee olla tukikerroksen paksuus vähennettynä pöllin paksuus sekä sen nostovara. Raidetta viimeisteltäessä raide tuetaan/tiivistetään ja raiteen geometria asetetaan oikein koneellisesti. Näin tehdessä raide nousee hieman ja kivet pyörivät pöllien alle ja näin raide saavuttaa oikean korkeusaseman. Tukikerroksen alaosa tiivistetään valssijyrällä staattisesti. Dynaaminen tiivistäminen on sepelin murskaantumisen vuoksi ehdottomasti kielletty. Tukikerroksen yläosa tehdään vasta sitten, kun raiteet ovat asennettu. Sepelöinti toteutetaan raidekalustolla ja niiden sepelivaunuilla, jotka jakavat sepeliä tasaisesti raiteiden väliin ja ulkopuolelle. Raiteentukemiskone tukee raiteen ja siihen yhdistetty harjakone puhdistaa raiteen ylimääräisestä kivistä. Radan pitäisi viimeistelyn jälkeen olla oikeassa geometrisessä asemassaan, jolloin pöllien päällä ei saisi olla irtokiviä ja pöllien päissä puolestaan pitäisi olla sepeliä, joka estää radan sivuttaisliikkeen. Yläkerroksen tehtävänä on estää pöllien liikkuminen geometrisestä asemastaan. Viimeisenä vaiheena ennen raiteiden käyttöönottoa raiteet tiivistetään raiteilla liikkuvalla tiivistyskoneella eli stabilisaattorilla. Stabilisaattorin tiivistysvaikutus vastaa enimmillään 150 000 tonnin junakuormaa. (Rakennustieto 2010, 484-488.)

**Ratapölkkyt ja kiskot.** Radan liikennöinnin kannalta oleelliset osat ovat ratapölkkyt ja -kiskot. Ratapölkkyjen tehtävänä on muodostaa kiskon alle tukipisteitä ja jakaa kiskolle kohdistuva rasitus suuremmalle pinta-alalle tukikerrokseen. Niiden tehtävänä on lisäksi antaa tasainen ja kestävä kiinnitysalusta kiskolle sekä lisätä yhdessä sen

kiinnityksen kanssa tämän jäykkyyttä. Ratapölkkyjako tulee olla ratapölkyn keskikohdasta toisen ratapölkyn keskikohtaan 590-630 mm. Pölliin ja radan liitokseen on vuosien ajan käytetty monia eri liitosmenetelmiä ja useimpia ei enää tulevaisuudessa tulla käyttämään, mutta periaate kaikissa liitoksissa on sama. Kiinnitys perustuu puristusliitokseen, jossa kisko kiinnitetään ratapölkkyyn sen jalasta molemmilta puolilta puristamalla erilaisilla jousilla. Tarkemmin kiinnityksistä kerrotaan RAMO 11:ssä. Koko Suomessa käytetään puu- ja betonipölkkyjä. Puupölkkyjä pystytään käyttämään kaikkien tukikerrosmateriaalien yhteydessä, kun taas betonipölkkyjä käytetään vain raidesepeliä käytettäessä. Puupölkkyjä on käytettävä sen betonipölkkyjä suuremman elastisuuden takia, jos sepelitukikerros on erityisen huono tai raiteessa on stabiliteettiongelmia tai epätasaisia painaumuksia. Betonipölkkyillä on suurempi kestävyys ja se vastustaa liikettä tehokkaasti tukikerroksessa, joten se pysyy paremmin paikoillaan. Lisäksi betonipölkyn metripaino on 2,5-kertainen puupölkkyyn nähden. Siksi betoniratapölkkyt soveltuvat paremmin, kuin puupölkkyt jatkuvaksi hitsatuille 54 E1 (54kg/m) ja 60 E1 (60kg/m) raiteille. Suurnopeusradoilla saa käyttää ainoastaan betoniratapölkkyjä, lukuun ottamatta enintään 10 m pitkiä osuuksia, jotka sijaitsevat vähintään 50 m päässä toisistaan, esimerkiksi siltoja. (Ratahallintokeskus 2002, 19-20.)

Suomessa raiteissa käytetään leveäjalkaista eli Vignole-kiskoprofiilia (kuva 2) ja poikkeustapauksissa esimerkiksi kuormauskentillä urakiskoprofiilia (kuva 3). Suurnopeusradoilla kiskopainon tulee olla vähintään 53 kg/m. Suomessa rakennettavilla uusilla radoilla käytetään pääsääntöisesti vain kahta kiskokokoa: 60 E1 ja 54 E1, mutta pienempiäkin kiskoja on yhä käytössä. Pienempi kiskokokoo rajoittaa liikennöintinopeutta radoilla. Vanhoille käytössä oleville hitaammin liikennöitäville radoille saatetaan asentaa suurnopeusradoilta liiallisen kulumisen takia poistuvia kiskoja ja näin saadaan nostettua Suomen rautatieverkoston päällysrakenteen tasoa. Suomen rautatieverkoston pääraiteet on rakennettu jatkuvaksi hitsaamalla eli kaikki kiskot ovat hitsattu jatkuvaksi. Tarkemmin hitsauksesta on kerrottu RATO:n osassa 19. Sivuraiteilla ja ratapihoilla kiskot voivat olla palasissa, kun nopeudet ovat pienempiä. Tällöin kiskot on yhdistetty sidekiskoilla ja sidekiskon reikiin asennettavilla neljällä pultilla. (Ratahallintokeskus 2002, 33-35.)



Kuvio 2. Vignole profiili



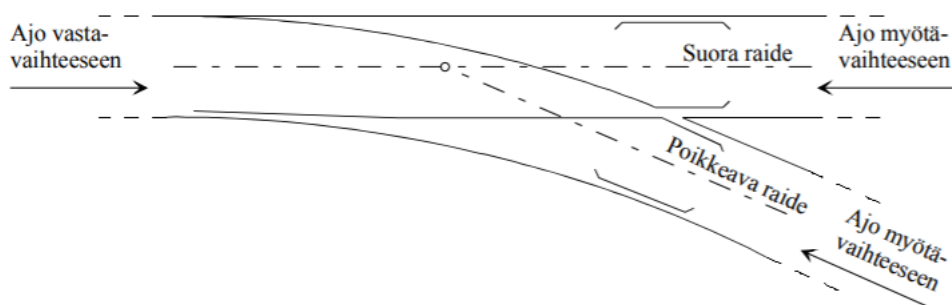
Kuva 1. Urakisko profiili

Taulukko 2. Ratakiskojen päämitat (Ratahallintokeskus 2002).

Ratakiskon tunnus	korkeus [mm]	hamaran leveys [mm]	jalan leveys [mm]	varren paksuus [mm]	massa [kg/m]	poikki-pinta-ala [mm <sup>2</sup> ]	hitaus-momentti [10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup> ]	taivutusvastus [10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup> ]
K30	120	56	100	11,5	30,00	3817	734	121
K33	128	60	110	12	33,48	4275	968	147
K43, K43S	140	70	125	14	43,57	5564	1469	207
54 E1	159	70	140	16	54,43	6934	2346	279
K60	165	78	150	16	59,74	7610	2784	328
60 E1	172	72	150	16,5	60,34	7686	3055	335

### 2.1.3 Vaihteet

Liikennepaikoilla ja risteymäpaikoilla tarvitaan tapa ohjata juna eri raiteelle. Tällaista siirtymärakennetta kutsutaan vaihteeksi. Suomessa on käytössä neljää eri vaihde-tyyppiä: Yksinkertaiset vaihteet, kaksoisvaihteet, risteysvaihteet ja raideristeykset. Yksinkertainen vaihde on yleisemmin käytetty vaihde Suomessa. Yksinkertaisen vaihteen toiminta perustuu suoraan raiteeseen ja siitä poikkeavaan raiteeseen. Junan ohjaaminen haaraan tapahtuu vaihdekielillä. Vaihdekielten kääntyminen tapahtuu sähköisesti tai mekaanisesti. Vaihteen haaraan ajettava nopeus määräytyy vaihteen risteyskulman ja vaihteen poikkeavan raiteen kaarresäteen perusteella. Vaihteet jaetaan pitkiin ja lyhyisiin vaihteisiin. Lyhyiden vaihteiden poikkeavan haaran suurin nopeus on enintään 40 km/h ja pitkien vaihteiden yli 40 km/h. Vaihteiden alla pohjatyöt ja routasuojaus on erittäin tärkeää, sillä raiteiden kielten säädöt tulee olla oikeat, jotta kielet lukittuvat oikeaan asentoon kääntyttyään. Vaihteen kielten jäädessä välitilaan juna voi tippua kiskoilta ajaessaan vaihteeseen. Vaihteet liitetään muuhun rataan hitsaamalla tai sidekiskoilla. Vaihteen kiskokoko tulee olla sama kuin muussa radassa. (Liikenneviraston ohjeita 22/2012, 10.)



Kuvio 3. Oikeankätinen yksinkertainen vaihde (Liikenneviraston ohjeita 2012).



## 2.2 Muut työt rautatiealueella

Rautatierakentaminen on muutakin kuin pelkästään raiteiden rakentamista. Ratarakentamisessa yhteistä talonrakentamiselle on töiden yhteensovittaminen muiden tekijöiden kanssa. Urakat voidaan jakaa monella eri tapaa, mutta yleisesti isommat maanrakentamiseen liittyvät työt liitetään radanrakentamisen urakkaan. Esimerkkejä näistä töistä ovat: kaapelireitit, tasoristeyslaitoksien perustat, valaisin- ja sähkörataperustukset. Työt yhdistetään rataurakkaan, koska rataurakoitsijoilla on yleensä töihin tarvittava kalusto ja ammattitaitoinen henkilöstö. Muut toimijat kuten sähkömiehet asentavat kaapelireitteihin ja perustuksiin liittyviä ratalaitteita. Muutamia radan liikennöintiin vaikuttavia ratalaitteita:

- Turvalaitteet ovat ratalaitteita, joilla pyritään turvaamaan liikennöintiä.
  - Sähkörata on järjestelmä, joka mahdollistaa sähkön avulla liikennöinnin.
  - Vahvavirtalaitteet edistävät radan liikennöintiä ja rata-alueella tehtäviä vaihtotöitä, esimerkkeinä: vaihteenlämmitykset ja ratapihavalaukukset.
- (Liikenneviraston ohjeita 31/2018, 6).

## 2.3 Rautatieympäristössä huomioitavaa

Liikkuminen rautatiealueella tulee suorittaa aina, kun mahdollista, ratatyön suojaulottuman ulkopuolella, esimerkiksi työmaatietä tai huoltotietä pitkin. Rautatiealueella saavat liikkua ainoastaan ratatyöturvallisuuspätevyuden (Turva) omaavat henkilöt. Vierailija voi liikkua rautatiealueella, jos tällä on isäntä, joka vastaa vierailijan turvallisuudesta ja turvallisuusperehdytyksestä. Rautatiealueella tulee aina käyttää suojarusteita, turvajalkineita, heijastavaa vaatetusta sekä suojakypärää. Oranssin väristä vaatetusta saa käyttää ainoastaan turvamiestehtävissä. (Liikenneviraston ohjeita 7/2018, 16.)

Työskenneltäessä rautatiealueella ratatyön suojaulottuman ulkopuolella tehtävä työ on muuta työtä, eikä tarvitse toimenpiteitä, jos työkone tai jokin sen osa ei yllä ratatyön suojaulottuman alueelle. Työ ei myöskään vaikuta radan liikennöintiin, radan vakauteen, turvalaitteisiin eikä sähkörataan. Raiteen saa ylittää ilman liikenteenohjauksen antamaa lupaa tai ilman turvamiesmenettelyä. Ylittämisessä tulee kuitenkin

noudattaa erityistä varovaisuutta. Raidetta ei saa ylittää, jos ylitystä ei voida tehdä turvallisesti, esimerkiksi jos näkemämatka ei ole riittävä. (Liikenneviraston ohjeita 7/2018, 15-16.)

Turvamiesmenettelyllä tehtävä työ voidaan toteuttaa, jos työ ei ole ratatyötä ja raitteen suurin sallittu työaikainen nopeus on enintään 140 km/h. Ratatyön suojaulottuman sisäpuolella turvamies saa ainoastaan turvata jalkaisin tehtäviä töitä. Turvamies voi myös turvata radan läheisyydessä työskentelevää konetta, jos kone tai sen osa voi erehdyksessä ylittää ratatyön suojaulottuman sisäpuolelle. (Liikenneviraston ohjeita 7/2018, 15.)

Ratatyötä tehtäessä työ koskee liikennöityä rataa tai sen osaa. Ratatyö vaatii aina työluvan liikenteenohjaukselta, jolloin työkohde turvataan eikä junaliikenteestä ole vaaraa työtä tekeville henkilöille tai työkoneille. Ratatyöluvan pyytää ratatyövastaava. Ratatyövastaava on vastuussa työtä tekevistä henkilöistä ja työkoneista, paitsi jos työntekijät omalla välinpitämättömyydellään aiheuttavat vaaraa työtovereilleen tai itselleen ratatyövastaavan käskyistä huolimatta. (Liikenneviraston ohjeita 7/2018, 21.)

### 3 INFRAN TIETOMALLINTAMINEN

Infran tietomalli eli inframalli on digitaalisessa muodossa olevan infrakohteen kolmiulotteinen kuvaus ominaisuustietoineen. Tiedon tuottaminen ja kuvaaminen mallipohjaisesti mahdollistavat sen, että tietoa pystyvät ihmisen lisäksi tulkitsemaan myös tietotekniset järjestelmät ja sovellukset, kuten koneohjaus- ja mittauslaitteet, määrälaskentaohjelmistot sekä infran hallinnan rekisteri ja näihin liittyvät sovellukset. (Liikenneviraston ohjeita 12/2017, 9.)

Tietomallien käyttäminen infrarakentamisessa on yleistynyt voimakkaasti viime vuosina ja samalla tietotaito mallien käyttämisessä ja tekemisessä on kasvanut. Tietomallinnus on tiedonhallintaa ja tiedon hyödyntämistä kokonaisvaltaisesti ja tehokkaasti, jotta välttyttäisiin ylimääräiseltä työltä. Mallipohjaisen rakentamisen tavoitteena on saada suunniteltua ja tietomallinnettua tietoa, jota pystytään hyödyntämään hankkeen koko elinkaaren ajan oikeassa muodossa ilman, että tietoa menetetään. (Liikenneviraston ohjeita 12/2017,9.)

Tietomallisuunnittelu käynnistyy heti hankkeen alusta ja jokainen suunnittelukokous rakentaa mallia eteenpäin. Malleja ja tietoja pystytään katselemaan eri näkymissä kolmiulotteisina, esimerkiksi karttanäkymissä ja leikkauksissa. Hyvän mallintamisen periaate on, että mahdolliset piirustukset tuotetaan mallista. Mallipohjaisia suunnitelmia pystytään tarkastelemaan ja esittelemään hankkeen eri valmistusvaiheissa ja yleensä tilannetieto esitetään yhdistelmämallina, johon kootaan aineistoa lähtötietomallista ja eri tekniikkamallien osamalleista. Yhdistelmämalli helpottaa tarkastelua esimerkiksi projektin yhteensovituksessa eri toimijoiden ja tahojen kesken. Vuorovaikutuksen ja visualisoinnin parantamiseksi osamalleista voidaan luoda esittelymalli, joka kuvaa suunnitelman mahdollisimman todenmukaisena lopputuotteeseen verrattuna. Esittelymallia käytetään usein sidosryhmien, päättäjien ja asukkaiden kanssa käytävissä keskusteluissa. (Liikenneviraston ohjeita 12/2017, 10.)

Inframallilla voidaan tulevaisuudessa korvata joiltakin osin suunnitelmia ja dokumentteja. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että perinteiset piirustukset voitaisiin poistaa kokonaan, vaan ne voivat täydentää toisiaan. Tämän takia piirustukset tulisi

luoda mallipohjalta, jotta ne olisivat yhteneviä. (Liikenneviraston ohjeita 12/2017, 10.)

### **Mallipohjaisen rakentamisen lähtökohdat**

Hankkeen aloittaminen lähtee lähtötietoaineiston kokoamisesta suunnittelua varten. lähtötietoaineisto tulee olla riittävän laaja, että suunnittelu saadaan toteutettua mahdollisimman tarkasti. Mitä yksityiskohtaisempaan suunnitteluun mennään, sitä tarkempaa lähtötietoaineiston tulee olla. Lähtötietoaineisto dokumentoidaan ja siitä luodaan kartta- ja 3D-aineistojen avulla lähtötietomalli. Lähtötietomallia tarkennetaan koko suunnitteluprosessin ajan suunnitteluvaiheiden edellyttämällä tiedoilla. Prosessin vaiheet ovat: lähtöaineisto, esi- ja tarveselvitys, yleissuunnittelu, viranomaiskäsittely ja rakennussuunnittelu. Lähtötietomalli voi tarkentua rakennusvaiheessa muun muassa maanalaisten rakenteiden tiedoilla. Toteumatiedot voivat toimia kunnossapidon lähtötietoina. (Liikenneviraston ohjeita 12/2017,17)

Lähtötietoaineistossa tulee olla seuraavat asiat ennen rakentamisen aloittamista:

- maastomalli eli tarkka malli ja mittaustiedot tulevasta kohteesta
- maa- ja kallioperätiedot, joihin kuuluu pohjatutkimukset, maaperämalli (tutkitut kerrosrajat lähtötietojen tarkkuudella) sekä kallion materiaalmalli
- Rakenteet ja järjestelmät: Kaikki kunnallistekniikan laitteet sekä muut rakenteet, jotka ovat tulevien rakenteiden tiellä. Olennaisimmat kohteet ovat ne, joista aiheutuu vaaraa tai merkittäviä siirtokustannuksia.

Esimerkkejä kohteista:

- johdot ja laitteet
- sillat ja taitorakenteet
- nykyinen valaistus, kaapeloinnit ja sähkönsyöttö
- nykyiset väylärakenteet ja -linjaukset
- kuivatusrakenteet
- Temaattiset aineistot:
  - maankäyttötiedot: maakunta-, yleis- ja asemakaavat

- erityiset aluerajaukset: pohjavesialueet, eläimet, kasvillisuus, muinaismuistot, suojelualueet jne.
  - maanomistus; tilarajat ja maanomistustiedot
  - nykytilaa kuvaavat paikkatietoaineistot ja paikkatietosidonnaiset aineistot, kuten melu- ja luontoselvitykset.
  - mittauksiin ja maastokäynteihin tarkentuvat tiedot (ympäristötiedot ja kasvillisuus)
- Viiteaineisto
- lupa-asiakirjat
  - suunnitteluperusteet
  - muut hankkeeseen liittyvät suunnitelmat
  - hankkeeseen liittyvät selvitykset, investoinnit sekä koottava aineisto. (Building SMART Finland 2019, 65-70.)

## 4 MALLIPOHJAINEN RAKENTAMINEN JA LAADUNVARMISTUS

Tietomallipohjainen rakentamishanke toteutetaan suunnitelma-aineistoon perustuen ja käyttäen mallipohjaisia tuotantomenetelmiä. Suunnitteluvaiheessa tuotetaan rakentamiseen ja hankintaan tarvittavat suunnitelmat, lähtötietoaineistot, rakennussuunnitelmamallit, taustakartat sekä lisäksi vaaditut dokumentit. Rakentamisen aikana rakennussuunnitelmamallista jalostettuja toteutusaineistoja hyödynnetään työsuunnittelussa, koneohjauksessa ja laadunvarmistuksessa. Projektin rakennusvaiheen aikana kerätään digitaalista laatu- ja toteuma-aineistoa, jotka projektin valmistuessa luovutetaan tilaajalle. Luovutusaineisto muodostaa rakennetun väylän tai alueen digitaalisen kopion, joka viedään rekistereihin, karttajärjestelmiin sekä omaisuudenhallinnan ja kunnossapidon tueksi. Rakentamisvaiheesta kerättävä aineisto täydentää aikaisempien hankkeen vaiheiden tietoja ja mahdollistaa elinkaaritiedonhallinnan katkeamattoman ketjun. (Building SMART Finland 2019, 110.)

Mallipohjaisessa ympäristössä työmaaorganisaation tulee olla perehtynyt mallipohjaiseen rakentamiseen ja hankkeelle pitää olla nimettynä tietomallikoordinaattori. Inframallinukseen ja työkoneautomaatioon perustuvalla laadunvarmistusmenetelmällä saadaan tuotettua laatu-, toteuma- ja tarketietoa urakoitsijan ja tilaajan tarpeisiin. Menetelmä on tarkoitettu sovellettavaksi maa- ja kerrosrakenteiden laadunvalvontaan. Koneohjauksella toteutetun työn lopputuloksen tarkkuudet ovat määritetty InfraRYL:issä. Mallipohjaisen laadunvarmistusmenetelmän lähtökohtana käyttöön- otolle on, että toteutusmalli on laadittu YIV 2019 -ohjeen mukaan. (Building SMART Finland 2019, 118.)

Mallipohjaisen rakentamisen ja laadunvarmistuksen järjestelmällisellä toiminnalla varmistetaan laadukas ja vaatimukset täyttävä lopputuote sekä hankkeen mukainen luovutusaineisto digitaalisessa muodossa (Building SMART Finland 2019, 119).

## 4.1 Työmaan perustaminen

Työmaalla tarvitaan tiedonhallintajärjestelmä, johon projektin dokumentit ja tietomallit pystytään tallentamaan ja johon koneohjauksen ja satelliittipaikannuksen tiedot pohjautuvat ja tallentuvat. Tietohallintajärjestelmään annetaan käyttöoikeudet projektissa toimiville tahoille. Työmaalle pitää pystyttää RTK- satelliittipaikannusta varten RTK-GNSS-tukiasema, tai -verkkoratkaisu, ennen kuin saadaan koneohjaus ja satelliittipaikannus toimimaan työmaalla. (Building SMART Finland 2019, 120-121.)

Projektille laaditaan mallipohjainen laadunvarmistussuunnitelma, jossa selvitetään kyseisen projektin mallipohjaisen suunnittelun, toteutuksen ja luovutuksen läpivientiin liittyvät olennaiset asiat (Building SMART Finland 2019,121).

### 4.1.1 Tarvittavat mallit työmaalla

**Toteutusmalli** on infrarakenteen tai -järjestelmän tuotemallin tietosisällön osajoukko, joka kattaa toteutuksen näkökulman, eli rakentamisen resurssit, tehtävät, ajoituksen ja niin edelleen. Toteutusmallilla voidaan tilanteesta riippuen tarkoittaa esimerkiksi suunnitelmamallista jalostettuja työkoneiden koneohjausmalleja tai maastoon merkintää varten laadittuja mittausmalleja. (Liikenneviraston ohjeita 12/2017, 33.)

**Koneohjausmallilla** tarkoitetaan toteutusvaiheen suunnittelumallista jalostettuja työkoneiden koneohjauksen kaivuumalleja. Mallien käyttö mahdollistaa työkoneautomaation hyödyntämisen ja tehokkaan kaivamisen ilman mittamiestä. Infran rakennepintojen ja rakenteiden koneohjausmallit muodostuvat geometrialinjoista, 3D-taiteviivoista ja niiden kolmioverkkomalleista sekä pistemäisistä aineistoista ja verkostomalleista. (Liikenneviraston ohjeita 12/2017, 33.)

**Työvaihemallit** ovat tarvittavien työvaiheiden tarkat mallit, esimerkiksi valaisinmastoperustan malli.

**Paikalleenmittausmalli** on toteutusmallin osamalli, jolla rakennettavat tai asennettavat kohteet mitataan ja merkitään maastoon toteutusta varten (Liikenneviraston ohjeita 12/2017, 33).

**Toteumamalli** on rakennusvaiheen tarkemittauksilla päivitetty lähtötieto- ja toteutusmalli. Mittaamisessa ja työkoneohjauksessa käytetty tietosisältö kootaan yhteen rakentamisen toteumamallissa. Toteumamalli on yhtä kuin toteutusmalli, jos kohde on luotu toleransseissa. Toteumamallin tuottaminen on erityisen tärkeää, sillä se sisältää rakenteen tai järjestelmän tarkimman kuvauksen. Toteumamallin hakemistorakenne sisältää toteutuksen kaikki mallit, laatumittaukset ja erityiset kartoitustiedot. Toteumamallin käyttötarkoitus on pääasiallisesti rakenteen laadun- ja vaatimustenmukaisen toteutuksen todentaminen tilaajalle. Toteumatiedot toimivat infraomaisuuden hallinnan lähtötietoina tilaajan kunnossapitoprosesseissa. (Liikenneviraston ohjeita 12/2017, 33-34.)

## 4.2 Rakennussuunnitelmamallien tarkastus

Ennen rakennesuunnitelmamallien luovuttamista työmaalle suunnittelijat ristiintarkastavat mallit sekä tilaaja teettää ulkopuolisen tekemän tarkastuksen malleille. Rakennesuunnitelmamallit tarkastaa myös pääurakoitsija ja tarkastuksesta vastaa hankkeen tietomallinnuskoordinaattori. Tarkastuksen tekijällä tulee olla käytännön kokemusta sekä tunnustettua osaamista inframallien tarkastamiseen ja mallintamiseen. Tarkastukset dokumentoidaan ja havaitut puutteet kirjataan ja sitten annetaan palaute tilaajalle ja/tai suunnittelijalle. Tarkemmin tarkastuksista kerrotaan yleiset Inframallivaatimukset -ohjeessa. (Building SMART Finland 2019, 121.)

## 4.3 Rakentajien perehdytys

Projektin alkaessa järjestetään tilaajan edustajille, työnjohdolle, mittajille ja työkonien kuljettajille mallipohjaisen tuotannon ja laadunvarmistuksen toimintatapojen



perehdytys. Perehdytyksen järjestämisestä vastaa työnjohto ja sen toteutuksesta tuotannon tietomallikoordinaattori. (Building SMART Finland 2019, 122.)

Perehdytyksessä käydään läpi mallipohjaisen rakentamisen ja laadunvarmistuksen toimintatavat sekä työkalujen toiminnot. Työnjohdolle ja valvojille perehdytetään mallipohjaisen tiedonhallinnan toimintatavat, toteutusaineiston nimeämiskäytännöt ja toteumatiedon tarkastus- ja hyväksymiskäytännöt sekä käytössä olevan tiedonhallintajärjestelmän käyttöopastus. Työkoneen kuljettajille kuvataan työkoneilla tehtävän toteuma- ja kartoitusmittausten käytännöt ja toteutettavien rakenneosien toleranssit. Kuljettajien käyttöön tehdään projektikohtainen kuvallinen toteumamittausohje, jossa esitetään työkoneilla tehtävien mittausten paikat ja tarkkuusvaatimukset rakenneosittain. (Building SMART Finland 2019, 122.)

#### **4.4 Työkoneiden mittalaitteiden kalibrointi**

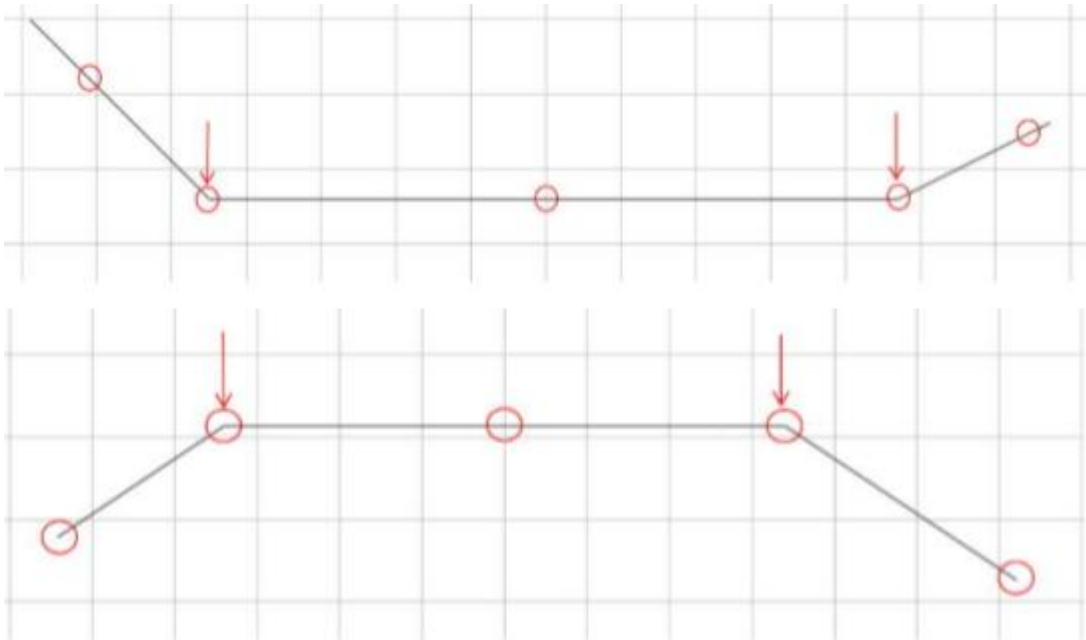
Työkoneohjausjärjestelmät kalibroidaan ennen töiden aloittamista ja tarkastetaan, että koneohjauksen tarkkuus on standardien mukainen. Tarkastusmittaukset sidotaan työmaan mittausperustaan. Tarvittaessa töiden alkaessa koneohjauksen tarkkuutta voidaan seurata esimerkiksi viikon kestäväällä todentamisjaksolla, jolloin tarkastusmittauksia tehdään päivittäin. Normaalisti työkoneiden mittalaitteet tarkastetaan kerran viikossa, lisäksi työtä saatetaan tarkastella satunnaisilla pistomittauksilla. Tien kantavan kerroksen ja radan väli- ja eristyskerrosten muotoilua ja viimeistelyä tekevien työkoneiden tarkkuus tarkastetaan kerran vuorokaudessa. Koneohjauksen mittalaitteiden tarkastus tehdään täkymetrillä, GNSS-mittalaitteella tai asettamalla kauhan huulilevy jonkin tunnetun mittapisteen päälle. Työmaalla sijaitsevan GNSS-tukiaseman tarkastus tehdään kerran kuukaudessa, tällä varmistetaan, ettei tukiasema ole siirtynyt. (Building SMART Finland 2019, 123-124.)

#### **4.5 Tarkemittaukset**

Tarkemittaukset ovat tehdyn työn toteumamittauksia sekä mittaushenkilöiden ja koneautomaatiojärjestelmien tekemiä mittauksia. Kaivuusta otetaan koordinaatteja ja

korkeustuloksia, joita pystytään hyödyntämään työaikaisen rakenteiden mittatarkkuuden laadunvalvontaan. Tarkemittauksilla todetaan myös rakenteiden toteutusvaatimusten sekä suunnitelmien mukaan. Mittauksia pystytään ottamaan kaivuu- pohjista, rakennekerroksien pinnoista, esille tulleista kaapeleista, kaivoista tai kallioista ynnä muista sellaisista. Toteumamittaukset tulee tarkastaa ja hyväksyä laatuvaatimuksien mukaisiksi. Tarkastetut mittaukset tulee tallentaa ja dokumentoida kaikki samaan tietohallintajärjestelmään. (Building SMART Finland 2019, 124-127.)

Koneohjauksella otetut mittaukset täytyy tehdä kaivuusta vähintään 20m välein kaivuuväylän reunoilta ja keskeltä, sekä mallin poikkileikkauksen muuttaessa muotoaan. Aluekaivuussa toteumamittauksia tehdään rakenneosittain kymmenen neliömetrin ruutuun tai projektikohtaisesti sovitun mukaisesti. Työkoneiden kuljettajat ohjeistetaan toteumamittauksien tekemiseen ja ohjeistuksesta vastaa tietomallinuskoodin koordinaattori. Koneohjauksella tehdyistä työstä suoritetaan laadunvarmistusta varten tarkistusmittauksia, joko takymetrillä tai RTK-GNSS-mittalaitteella. Tarkistusmittaukset tekee työmaalle nimetty mittaushenkilö. Mittamiehen tekemät tarkastusmittaukset ovat virallisia tarkemittauksia ja koneohjauksella otetut mittaukset toteumamittauksia. Tarkemittaukset täydentävät työkoneella otettuja toteumamittauksia, mutta toimivat myös laadunvarmistuksena. Tällä menetelmällä pyritään minimoimaan mahdolliset korkojen ”vaeltamiset”. Tarkemittauksiin liittyy myös oleellisesti työmaa-alueelle mitattavat tarkastuspisteet, joista työkoneen kuljettaja voi itsenäisesti tarkastaa työkoneautomaatiojärjestelmien tarkkuuden. Ratakohteissa mittahenkilön tekemiä tarkastusmittauksia tulee tehdä vähintään 200m:n välein ja pienemmällä työmaalla kuin 200m, jokaisen rakenneosan poikkileikkauksesta tulee ottaa vähintään yksi tarketieto. (Building SMART Finland 2019, 124-126.)



Kuvio 4. Poikkileikkaus havainnekuva mitattavista pisteistä

#### 4.6 Digitaalinen luovutusaineisto

Luovutusaineistoa kerätään yhteen tietohallintajärjestelmässä koko projektin ajan, mutta viimeinen kokoaminen lopullisista materiaaleista tehdään työmaan valmistuksessa. Luovutusaineisto koostuu

- hallinnollisesta materiaalista: sopimuksista, hankekohtaisista asiakirjoista, kokousaineistoista, kustannusten hallinnasta, riskienhallinnasta, työmaapäiväkirjoista, suunnitelma-asiakirjoista ja tarkastuksista sekä päätöksistä
- laatuaineistosta ja niihin liittyvistä dokumenteista
- korjatuista lähtötietoaineistoista
- toteumamallista ja suunnitelmapiirustuksista sekä niiden toteuman mukaisesti päivitetystä dokumenteista
- oheisaineistosta: turvallisuudesta, ympäristöstä, kolmansista osapuolista, haltuunottoalueista sekä viherhoitokorteista.

(Building SMART Finland 2019, 128-132.)

Luovutusaineistolla todetaan rakentamisen laatu. Aineistoa voidaan käyttää lähtötietona kunnossapidolle. Aineiston luovutus ja dokumentointi kuuluu olla yhdenmukaista ja on olennainen osa hankkeista syntyvän tiedon jälleenkäytön helpottamista. Tämän takia luovutettava aineisto tulee jaotella vakioidusti ja siihen tulee sisällyttää aineistoselostus ja -luettelo. Kun luovutusaineisto on koottu, se luovutetaan tilaajalle. Digitaalisen luovutusaineiston tarkoitus on pidentää kohteen tietojen käyttöikä ja myöhemmin helpottaa kohteen työstettävyyttä. (Building SMART Finland 2019, 128-132.)

## 5 INFRAKIT RAUTATIEYMPÄRISTÖSSÄ

Infrakit on maanrakentamisen projektien tietohallinnan avuksi kehitetty karttapohjainen pilvipalvelu, joka tarvitsee toimiakseen vain internet-yhteyden. Infrakit Oy on perustettu vuonna 2010 ja yritys siirtyi vuonna 2016 DCS Finland Oy:n omistukseen. Vuonna 2019 Infrakit vaihtoi nimensä Infrakit Group Oy:ksi. Infrakit Group Oy:llä on tytäryhtiöitä mm. Ruotsissa, Norjassa, Virossa, Hollannissa, Serbiassa, Ranskassa, Saksassa ja Australiassa. (Kivimäki, [Viitattu 21.10.2019]; Pieja, [Viitattu 21.10.2019].)

### 5.1 Infrakit yleisesti

Infrakit on karttapohjainen projektinhallintaohjelmisto, jota voidaan käyttää sekä toimistossa pc:llä tai maastossa android- / iOS-käyttöjärjestelmissä toimivilla tableteilla ja matkapuhelimilla. Projekti luodaan toimistolla, missä projektille tehdään tarvittava kansiorakenne sekä viedään sisään tarvittavia suunnitelmia rakentamista varten. Työmaalla Infrakitiä hyödynnetään matkapuhelimilla, tableteilla sekä mahdollisesti niihin liitettävällä erillisellä GPS-mittalaitteella, jolloin oma sijaintitarkkuus maastossa saadaan senttimetriluokkaan. Ilman erillistä mittalaitetta oma sijainti näkyy karttapohjalla sillä tarkkuudella kuin puhelimen tai tabletin sisäinen GPS-tarkkuus on, eli muutaman metrin tarkkuudella. Järjestelmän etu on se, että sama tieto on reaaliaikaisesti kaikkien hankkeen osapuolten käytössä havainnollisessa muodossa. (Jaakkola 2019.)

#### 5.1.1 Projektien käyttöön ladattava suunnitelma-aineisto

Projektikansioihin voidaan viedä tarvittavia tiedostoja, missä formaatissa tahansa ja ne ovat siellä katseltavissa tai ulosladattavissa. Järjestelmän hyödyt tulevat esille siinä, että aineistoja voidaan esittää karttapohjalla niiden oikeassa sijainnissa. Infrakit-järjestelmän karttapohjalle saadaan näkymään useassa eri formaateissa olevia aineistoja, jotka sisältävät koordinaattitietoa. Karttapohjalla näkyvä aineisto voi olla taustakarttana (dxf), pisteinä (gt, geo), taiteviivoina (xml) tai pintoina (xml, dxf).

Taustakartta-aineisto näkyy nimensä mukaisesti järjestelmässä taustakarttana. Sen sijaan pistemäiset tiedot, taiteviivat ja pintamallit ovat objekteja, joihin voi upottaa myös jonkin verran ominaisuustietoa. Ne ovat myös siinä muodossa olevia objekteja, joihin pääsee maastossa ”tarttumaan kiinni” ja mitkä voidaan mitata mittalaitteen avulla tarkasti paikoilleen. (Jaakkola 2019.)

### **5.1.2 Infrakitin käyttäjät**

Infrakit-pilvipalvelun käyttö lisääntyy koko ajan ympäri maailmaa. Tällä hetkellä Suomessa Infrakitiä käyttävät maanrakennusalan urakoitsijat, esimerkiksi: Nrc Group Finland Oy, Destia Oy, Infrasuunnittelu Oy, YIT Oy, Finmap Infra Oy, Skanska Infra Oy, Ralf Ajalin Oy, Sitowise Oy ja Sundström Oy. Järjestelmää ovat hyödyntäneet myös seuraavat kaupungit: Espoo, Oulu, Imatra, Tampere ja Lahti. Väylävirasto ja Oulun yliopisto ovat myös käyttäneet pilvipalvelua. (Infrakit, [Viitattu 21.10.2019].)

Projektien sisällä käyttäjä voi olla kuka tahansa, työntekijästä suunnittelijaan. Projektin sisällä Infrakitiä hallinnoiva taho (pääkäyttäjät) pystyvät lisäämään käyttöoikeuksia eri henkilöille projektilla. Myös tilaaja pystyy tarkastella projektin etenemistä. Järjestelmään saadaan liitettyä käyttäjiksi myös projektilla toimivat koneohjautetut työkoneet, jolloin tiedonsiirto toimistolta työkoneelle ja työkoneelta toimistolle saadaan toimimaan etänä reaaliajassa.

### **5.1.3 Käyttökohteet**

Ohjelmistoa pystytään hyödyntämään maanrakentamisessa sekä muissa maastoon liittyvissä rakennuskohteissa. Karttapohjien ja GPS-paikannuksen avulla maastossa pystytään tarkkailemaan työmaan linjoja, kaivantoja, kaapelireittejä, valaisinmastoja ja kaikkea mitä taustakarttoihin on määritetty. Ohjelmistolla pystytään kiinnittämään yhteen koneohjauslaitteet, inframallit ja rakentamissuunnitelmat. Työmaalla ohjelmistoa voidaan käyttää työnjohdon työkaluna työmaaseurannassa ja seuraavien työvaiheiden suunnitteluissa. Järjestelmä toimii tietohallintajärjestelmänä projektille. Projektin toteuma-aineisto kootaan yhteen järjestelmään ja toimitetaan tilaajalle projektin päättyessä.

#### 5.1.4 Apuvälineitä

**GPS-sauva.** Työmaalla työskennellessä älypuhelimien tai tablettien mittatarkkuus ei ole välttämättä riittävä tarkastaessa tai merkittäessä maastossa työn kohteita. Niinpä tablettien tai älypuhelimien mittatarkkuutta voidaan parantaa ulkoisen vastaanottimen avulla. Laitteet voi liittää toisiinsa Bluetooth-yhteyttä käyttäen. Ulkoinen vastaanotin toimii muutaman senttimetrin tarkkuudella RTK-GNSS-satelliittipaikannuksen avulla. Mittalaitteella otetut mittapisteet pystytään tallentamaan järjestelmään. Applikaatiolla pystytään myös mittaamaan etäisyyksiä ja korkeuksia maastossa sekä muokkaamaan vanhoja merkintöjä. (Infrakit, 59)

Tässä muutamia mittalaitteita, jotka toimivat yhdessä Infrakitin kanssa:

- Javad Triumph-2 (ntrip)
- Leica GS14
- CHC i80 (ntrip, radio)
- Trimble R10 (ntrip), radio)
- Altus NR2 (ntrip, radio)
- Topcon GR3 and GR5 (radio)
- Spectra Precision Mobile Mapper 300 GNSS
- SatLab SLC (ntrip)
- Hemisphere S321 GNSS.

**Koneohjaus.** Infrakitin voi yhdistää kaivinkoneen 3D-laitteistoon. Tämän avulla kaivinkoneen kuljettaja voi hyödyntää Infrakitiin tallennettua mallia, eikä mittamiestä välttämättä tarvita. Koneohjausjärjestelmät perustuvat RTK-GNSS -satelliittipaikannukseen ja järjestelmällä tavoitetaan senttimetriluokan tarkkuus. Sensorit on sijoitettu kaivinkoneeseen niin, että oli kaivinkone missä asennossa tahansa, kauhan huulilevyssä näkyy oikea kaivuukorko. Kaivinkoneen eri kauhat tulee määritellä järjestelmään niin, että korko olisi oikea. (Novatron, [Viitattu 30.10.2019]).

Jotkin koneohjausjärjestelmät pystytään liittämään suoraan Infrakitin pilvipalveluun ja joidenkin toteumatiedot joudutaan purkamaan koneohjauslaitteesta muistitikulle,

ja siirtämään erikseen Infrakitiin. Vastaavasti, tietomallit joudutaan siirtämään muis-  
titikun kautta koneohjaukseen. Kuljettaja voi mitata myös paikkatietoja tuntematto-  
mista kohteista esimerkiksi kaivoista, putkista, kallion pinnoista tai muista sellaisista.  
Kuljettajan mittaamat paikkatiedot tallentuvat järjestelmään toteumapisteinä. (Top-  
geo, [Viitattu 30.10.2019]).

**Drone.** Suurilla työmailla kokonaiskuvan hahmottaminen voi olla hankalaa hank-  
keen laajuuden takia, mutta nykYTEKNOLOGIA mahdollistaa kameroiden lennättämisen  
työmaan yläpuolella. Työmaan hahmottaminen helpottuu, kun saadaan todellinen  
kuva työmaasta. Todellista kuvaa pystytään käyttämään taustakarttana Infrakitissä  
ja työmaasta saa paremman kuvan, kun kuvasta pystytään havainnollistamaan työ-  
maatiet, työmaalogistiikka, työmaaparakit ynnä muita sellaisia. Uusia työntekijöitä  
pystytään perehdyttämään työmaan tilanteeseen, kun voidaan näyttää työmaan to-  
dellinen valmistumisvaihe. Säännöllisesti päivitettyt ilmakuvat auttavat myös näke-  
mään työmaan kehittymisen ja lisäksi sitä on helppo seurata. Yksityiskohtaiset ilma-  
kuvat saattavat myös helpottaa vakuutusasioissa, jos pitää todentaa tilanteita tai  
olosuhteita. (Ojala, [Viitattu 30.10.2019].)

## 5.2 Käyttö rautatieympäristössä

Rautatieympäristössä kaivuutyöt ovat usein linjamaisia kaivantoja. Kaivuumatkat  
voivat vaihdella muutamasta kymmenistä metreistä useampiin kilometreihin. Kai-  
vantojen muodot, sijainnit ja syvyydet tulisi olla oikeita suunnitelmiin nähden, jotta  
yläpuolinen rakenne toimisi oikein, määrälaskennat ja aikataulut toteutuisivat ja yli-  
määräisiltä kuluilta vältyttäisiin. Koneohjauksen ja mallinnuksen myötä on yhä hel-  
pompia toteuttaa kaivuutöitä mittatarkasti ja tehokkaasti.

Työmaalla työstettäviä malleja ylläpidetään Infrakit-järjestelmässä. Infrakit-järjestel-  
mään kiinnitettyjen koneiden käytössä on aina viimeisin tietomalli työkohteesta.  
Työkoneen kuljettajan, jonka koneohjausjärjestelmää ei ole voitu kiinnittää järjestel-  
mään, on varmistettava tietomallikoordinaattorilta mallin ajantasaisuus ennen töiden  
aloittamista.



Kaivinkoneen kuljettajien toteumapisteet helpottavat mittamiesten työtä, kun konekuljettaja kykenee suoriutumaan kaivuusta itsenäisesti ilman mittamiehen jatkuvaa valvontaa ja korkojen tarkastelua. Toteumamittauksissa tulee käydä ilmi, mitä on mitattu. Infrakittiin kiinnitettyjen koneiden toteumamittaukset päivittyvät suoraan oikeaan pintaan, eikä koneenkuljettajan tarvitse huolehtia koodaamisesta. Mikäli kone ei ole kiinnitetty Infrakit-järjestelmään, tulee mitattavan pisteen tiedoista käydä ilmi mitattu pinta. Työkoneilla mitattaessa muita pintoja, kuten piiloon jäävä kallionpinta, tulee käyttää kyseisen kohteen koodia tallentaessa mittauspistettä. Jos projektissa ei ole käytössä koodilistaa, voi kohteen kirjoittaa sanallisesti selkokielellä.

GPS-sauvan avulla työnjohtaja tai laitteeseen perehdytetty henkilö pystyvät käsittelemään Infrakitissä olevaa materiaalia, samoin kuin kaivinkoneenkuljettaja koneohjauslaitteilla. GPS-sauvaa voidaan käyttää apuna töissä, kun käytettävissä ei ole koneohjauslaitteella varustettua kaivinkonetta tai mittamies ei ole käytettävissä. GPS-sauvalla pystytään merkitsemään ratarakenteeseen liittyviä pisteitä järjestelmään, esimerkiksi raiteen eristysjatkoksen paikka.

### 5.2.1 Hyötyjä

Tässä on NRC Group Finland Oy:n työnjohtajien haastattelusta koottuja hyötyjä: Työmaalla työntekijät ja työnjohto pystyvät itse tarkastelemaan työmaata, ilman mittamiestä. Tulevat rakenteet voidaan helposti paikantaa ja merkitä työmaalla. Kaivuissa löytyvät yllätykset, kuten kaivot, kaapelit ja vesijohdot voidaan mitata järjestelmään dokumentoitavaksi ja huomioitavaksi myöhempää käyttöä varten. Infrakit helpottaa suunnitelmien tarkasteluja työmaalla ilman suurien kuvien käsittelyä. Infrakitin järjestelmä toimii hyvänä dokumenttien säilytyspaikkana. Infrakitin hyvistä puolista koottua aineistoa:

- helppokäyttöisyys
- selkeät valikot ja kansiot
- selkeät työalueen rajat
- paikannus
- taustakartat
- materiaalin määrä ja laatu

- monikäyttöisyys.

### 5.2.2 Puutteita

NRC Group Finland Oy:n työnjohtajien haastatteluiden perusteella pistemäisten ja linjamaisten kohteiden dokumentoinnissa ja valmiusasteen seurannassa sekä massalaskentaohjelmistossa esiintyi haastatteluiden mukaan ongelmia.

Työmaan valmiusasteen seurannassa havaittu puute on, ettei työvaiheiden valmiusastetta pystytä merkitsemään järjestelmään, jolloin koko työmaan valmiusastetta on vaikea havainnollistaa.

Massalaskentaohjelmalla pystytään laskemaan linjamaisten kohteiden massat melko tarkasti, jos kaivuut on tehty koneohjausmallien mukaan. Ongelma tulee aluemaisissa kohteissa missä massat joudutaan laskemaan eri ohjelmalla.

### 5.3 Työmaanseuranta

Infrakit on toimiva apuväline työmaan katselmuksissa. Työmaan alueet sekä työs-  
tettävät kohteet näkyvät selkeästi. Oma sijainti ja koneohjausta käyttävien koneiden sijainti löytyy helposti kartalta. Jokainen kaivinkone on yksilöity järjestelmässä ja jokaisesta kaivinkoneista on nähtävillä tyyppi, asemointi, viimeiset yhteystiedot, tehokkuus ja kuljettajayhteys. Koneiden kirjaamien työtuntien kokonaismäärää on myös nähtävissä. Järjestelmä mahdollistaa toteumapisteiden tarkastelun jokaiselta koneelta erikseen. (Infrakit, 23.)

Massojen määrälaskenta toimii linjamaisissa kohteissa, joissa kaivuuta ja täyttöä on paljon, esimerkiksi ratapenkan rakentamisessa. Pienemmissä kohteissa, joissa kaivuita ei suoriteta linjamaisesti, vaan aluemaisesti, töitä on erittäin vaikea seurata Infrakitin avulla. Radan päällysrakenteita, kuten pöllejä ja kiskotuksia ei voi merkata järjestelmään, muuten kuin valmiina työkohteena.

Pistemäisten ja linjamaisten työkohteiden valmiusastetta ei järjestelmästä pysty seuraamaan. Esimerkiksi sähkörata- valaisinmastoperustoja, turvalaitekaappeja,

alitusputkia, kaapelikanavia, kaapelikaivoja sekä opastinmastoperustoja ei voida vielä merkata valmistuneiksi muuten kuin ottamalla tarkemittaukset kohteista ja dokumentoimalla ne erikseen järjestelmään. Koska kaapelireittisuunnitelma näytetään sovelluksessa yleensä taustakarttana, kohteista ei pystytä tarkistamaan kuin sijainti. Kehitys Infrakitille olisi, että pistemäiset ja linjamaiset kohteet voitaisiin laittaa sellaiseen muotoon, mistä valmiit kohteet olisi helppo merkitä ja kohteiden valmiusastetta olisi helppo seurata järjestelmästä. Tämä helpottaisi työmaan valmiusasteen seurantaan, jolloin kuka tahansa, joka siirtyisi työmaan työnsuunnitteluun, pystyisi tarkistamaan, mitä on tehty tai tekemättä sekä mitkä työt ovat kesken.

Työmaaseuranta voidaan ylläpitää Infrakitiin lisätyillä kuvilla. Kuvia seliteteksteineen voidaan ottaa maastossa projektin edetessä. Kuvat sijoittuvat järjestelmän karttapohjalle todelliseen sijaintiinsa, joten kuvat eivät mene sekaisin muiden kuvien kanssa, vaan löytyvät kartalta kuvanotto paikalta. Kuvista saa tarkan näkemyksen, miten kohteessa on toteutettu eri työvaiheet. Kohteissa on käytetty älypuhelimien kameroita, 360-kameroita ja droneja. Kuvilla saadaan tärkeää dokumentaatioainesta lähtötieto-, toteuma- ja luovutusvaiheista.

#### **5.4 Määräseuranta**

Määrälaskentaseurannalla voidaan toteuttaa tällä hetkellä maamassojen laskentaa. Määrälaskenta perustuu kaivuumalleihin ja kaivuupohjista otettuihin korkoihin. Maansiirtokalustolla voidaan tarkentaa maamassojen todellista määrää. Maansiirtokaluston kuljettaja voi ladata Infrakit TRUCK-sovelluksen puhelimeen ja merkitä itsensä maansiirtokaluston kuljettajaksi, jolloin kuljetetut kuormat voidaan merkitä älypuhelimella. Kuljetuskaluston ajamat matkat purku ja lastauspaikoille ovat myös nähtävissä. (Infrakit, 27.)

## 6 YHTEENVETO

Infrakit -ohjelmisto on helpottanut radanrakentamista. Datapohjainen materiaali vähentää paperisuunnitelmien käyttöä, mikä tuo rakentamiseen varmuutta materiaalien ajantasaisuuteen. Pilvipalvelun käyttö on radanrakentamisessa vielä vähäistä, joten sen käyttöä tulisi lisätä ja urakoitsijoita tulisi kannustaa kehittämään rakennustapoja. Tällä hetkellä pilvipalvelun kaikkia hyötyjä ei vielä tiedetä vähäisen käytön takia. Työmaalla ei vielä osata vaatia tarpeellisia ominaisuuksia Infrakitiltä, jolloin riittävää tietoa projektin tarpeistakaan ei anneta Infrakit-järjestelmää päivittäville taholle. Tieto projektin tarpeista tulisi välittää riittävän aikaisin, jotta aineistoa voitaisiin muokata sellaiseen formaattiin, että sitä voidaan hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti.

Määrälaskentaa on pyritty kehittämään opinnäytetyön innoittamana ja ajatusta Infrakitin kehittäjille on pystytty viemään eteenpäin. Infrakitin pistemäisten ja linjamaisien kohteiden merkitseminen ja dokumentointi voi jatkossa onnistua helposti ilman tietomallin luomista kohteista. Infrakitistä on aloitettu luomaan yrityksen sisäiseen käyttöön selkokielistä ohjetta, joka helpottaisi uusien käyttäjien tutustumista ohjelmaan.

Mielestäni opinnäytetyön tavoite pyrkiä kehittämään rautatieympäristössä käytettyä Infrakit ohjelmistoa on onnistunut, saamalla ajatuksia Infrakitin kehittäjille. Kehityksien avulla työmaanseuranta on pois taas helpompaa.

## LÄHTEET

Building SMART Finland, Infra-toimialaryhmä. 2019. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019/1. yleiset asiat, lähtötiedot, suunnittelu, rakentaminen. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 19.10.2019]. Saatavana: [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/06/YIV-Yleiset-inframallivaatimukset-2019\\_1.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/06/YIV-Yleiset-inframallivaatimukset-2019_1.pdf)

Infrakit. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Infrakit. [Viitattu 21.10.2019]. Saatavana: <https://infrakit.com/fi/>

Jaakkola, S. 2019 Tietomallikoordinaattori. NRC Group Finland Oy. Skype haastattelu 10.9.2019.

Kivimäki, T. 2016. Infrakit- palvelu siirtynyt DCS Finland Oy:n omistukseen. [Verkkoblogi]. Espoo: Infrakit Oy. [Viitattu 21.10.2019] Saatavana: <https://infrakit.com/fi/tiedote-infrakit-palvelun-tuottaa-nyt-dcs-finland-oy/>

Liikenneviraston ohjeita 1/2012. 2012. Radanpidon turvallisuusohjeet (TURO). [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Liikennevirasto. [Viitattu 18.10.2019]. Saatavana: [https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo\\_2018-07\\_turo\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2018-07_turo_web.pdf)

Liikenneviraston ohjeita 31/2018. 2018. Ratatekniset ohjeet osa 3. Radan rakenne (RATO). [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Liikennevirasto. [Viitattu 18.10.2019]. Saatavana: [https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo\\_2014-17\\_rato3\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2014-17_rato3_web.pdf)

Liikenneviraston ohjeita 31/2018. 2018. Ratatekniset ohjeet osa 1. Yleiset perusteet (RATO). [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Liikennevirasto. [Viitattu 18.10.2019]. Saatavana: [https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo\\_2018-31\\_rato1\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2018-31_rato1_web.pdf)

Liikenneviraston ohjeita 12/2017. 2017. Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Liikennevirasto. [Viitattu 19.10.2019]. Saatavana: [https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo\\_2017-12\\_tie\\_ratahankkeiden\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2017-12_tie_ratahankkeiden_web.pdf)

Novatron. Ei päiväystä. Mitä on koneohjaus. [Verkkosivu]. Tampere: Novatron. [Viitattu.30.10.2019]. Saatavana: <https://novatron.fi/mita-on-koneohjaus/>

Ojala, R. 2019. Säännöllisten dronekartoitusten hyödyt työmaan toteumaseurannassa. [Verkkoblogi]. Espoo: Infrakit Oy. [Viitattu 30.10.2019] Saatavana: <https://infrakit.com/fi/saannollisten-dronekartoitusten-hyodyt-tyomaan-toteumaseurannassa/>

Piela, J. 2019. DCS Finland Oy vaihtaa nimeään. [Verkkoblogi]. Espoo: Infrakit Oy. [Viitattu 21.10.2019] Saatavana: <https://infrakit.com/fi/dcs-finland-oy-vaihtaa-nimeaan/>

Rakennustieto Oy. 2010. InfraRYL 2010: osa 1 väylät ja alueet. Viro: Rakennustieto Oy

Ratahallintokeskus. 2002. Ratatekniset määräykset ja ohjeet. radan päällysrakenne osa 11(RAMO). Helsinki: Ratahallintokeskus.

Topgeo. Ei päiväystä. Mitä koneohjaus on. [Verkkosivu]. Vantaa: Topgeo. [Viitattu 30.10.2019]. Saatavana: <http://www.topgeo.fi/tuotteet/koneohjausjarjestelmat-ja-konevastaanottimet/mita-koneohjaus-on>