

# Rautatien turvalaitekaapelointi ja toteuman seuranta

Eerik Räisälä

OPINNÄYTETYÖ  
Marraskuu 2023

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

RÄISÄLÄ, EERIK:  
Rautatien turvalaitekaapelointi ja toteuman seuranta

Opinnäytetyö 26 sivua, joista liitteitä 4 sivua  
Marraskuu 2023

---

Opinnäytetyö tehtiin hyödyntäen NRC Group Finland Oy:n JoeRa-projektilla (Joensuun ratapihan parantamisurakka). Projektin turvalaitteista lähes kaikki uusittiin kaapeleita myöden.

Opinnäytetyön aiheena on turvalaitekaapelointi ja siihen liittyvä toteuman seuranta esimerkkiprojektin avulla. Työn tavoitteena oli perehtyä rautatietyöympäristössä tapahtuvaan turvalaitekaapelointiin sekä kehittää kaapelointia varten toimiva työkalu toteuman seurantaan.

Aineistona asennusvaatimukseen käytettiin Väyläviraston julkaisemia ratateknisiä ohjeita. Toteumaseurannan työkalua kehitettiin työn ohessa parantaen sitä niin käyttövarmaksi, että sitä voitiin käyttää apuna laskutuksessa.

Excel-pohjaista työkalua kaapeloinnin toteuman seurannasta voi hyödyntää muussakin kaapeloinnissa turvalaitekaapeloinnin lisäksi. Laskutuksen avuksi työkalusta saadaan tarkat metrilukemat yksikkölaskutuksena tehdystä kaapeloinnista. Työkalu toimii myös inventaarion tekemisessä sekä siitä näkee kaapeloinnin tarpeen työmaalla.

Taulukko osoittautui toimivaksi toteuman seurannassa vaikkakin siihen jäi kehitettävää joiltakin osin. Korjaukset tekemällä saadaan taulukko toimimaan paremmin niin, että sen virheellisen tulkinnan mahdollisuus pienenee.

---

Asiasanat: rautatie, turvalaite, kaapelointi, toteuma, seuranta

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Program in Electrical and Automation Engineering

RÄISÄLÄ, EERIK:  
Cabling of Signalling Devices and Implementation Monitoring

Bachelor's thesis 26 pages, appendices 4 pages  
November 2023

---

The thesis was commissioned by NRC Group Finland Oy's JoeRa project which is short for the Joensuu railway yard improvement contract. In the project, almost everything of signalling devices and their cabling was renewed.

The subject of the thesis was signalling device cabling and the associated implementation monitoring with the help of an example project. The goal of the work was to learn about the cabling of signalling devices in the railway work environment and to develop a functional tool for monitoring to the implementation of the cabling.

The material for the installation requirements was the Railway Technical Instructions published by the Finnish Transport Infrastructure Agency, FTIA for short. The implementation monitoring tool was developed along with the work improving it to be reliable and that could be used as an aid in invoicing.

An Excel-based tool for monitoring the implementation of cabling can also be used in other cabling than only to signalling device cabling. To aid invoicing, the tool provides accurate meter readings of cable laying performed as unit billing. The tool also works for making an inventory, and from it you can see the need for cabling on the job site.

The table proved to be functional in monitoring the implementation, although it still needed to be developed in some parts. Fixing those things makes the tool work better, so that the possibility of its incorrect interpretation decreases.

---

Key words: railway, signalling device, cabling, implementation, monitoring

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	Johtoteiden rakentaminen.....	7
	2.1 Johtoteiden yleisiä suunnitteluohjeita .....	7
	2.2 Kaapelikanavat.....	7
	2.3 Kaapelikaivot.....	8
	2.4 Kaapeliputket .....	9
3	Kaapeleiden asennus .....	10
	3.1 Yleistä .....	10
	3.2 Kaapelityypit.....	10
	3.3 Infrakit .....	11
	3.4 Runkokaapelointi.....	12
	3.5 Pienkaapelointi.....	14
	3.6 Kaivu ja ojaan asennus .....	14
	3.7 Aoraus.....	15
	3.8 Kaapelijatkot .....	16
	3.9 Laadunvarmistus.....	16
4	Toteuman seuranta.....	18
	4.1 Seurannan merkitys projektille .....	18
	4.2 Työtehon seuranta .....	18
	4.3 Kaapeloinnin valmiusasteen seuranta.....	19
	4.4 Kaapelitarpeet.....	19
	4.5 Inventaario .....	20
5	POHDINTA .....	21
	LÄHTEET.....	22
	LIITTEET .....	23
	Liite 1. Toteumanseuranta käyttöönottoalueesta 6 .....	23
	Liite 2. Kaapelitarvetaulukko .....	24
	Liite 3. Kokonaistilannetaulukko.....	25
	Liite 4. Inventaariotaulukko .....	26

**LYHENTEET JA TERMIT (valitse jompikumpi)**

JoeRa

Joensuun ratapiha

JKV

Junien kulunvalvonta

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on turvalaitekaapelointi rautatiellä sekä turvalaitekaapeloinnin toteuman seuranta. Työssä hyödynnettiin esimerkkiprojektina Joensuuun ratapihan parantamisurakkaa. Projektin lyhenne on JoeRa.

Työssä perehdytään keskeisimpiin ohjeisiin ja menetelmiin liittyen kaapelointiin rautatietyöympäristössä. Näitä ohjeita löytyy Väyläviraston ylläpitämästä Väyläpilvi-palvelusta. Tämän lisäksi työssä esitellään työn valmiusasteseurantaa varten tehty työkalu sekä työmaalla suunnistamista helpottava Infrakit-sovellus.

Opinnäytetyö tehtiin NRC Group Finland Oy:lle. Emoyhtiönä on norjalainen NRC Group, joka osti suomalaisen VR Trackin vuonna 2019. Tämän ansiosta NRC Group saavutti raideinfran johtavan aseman pohjoismaissa. Tällä hetkellä NRC Groupilla on liiketoimintaa Norjassa, Ruotsissa ja Suomessa (NRC Group 2022).

NRC Group Finlandin tuottamat palvelut ovat raitiotierakentaminen, rautatierakentaminen sekä kunnossapito molemmille edellä mainituille palveluille. Lisäksi yrityksellä on materiaalipalvelu, joka toimittaa raideinfran erityismateriaalit. Vuonna 2022 NRC Groupilla työntekijöitä oli noin 2000 joista noin 1000 Suomen yhtiössä. Samana vuonna konsernin liikevaihto oli 700 miljoonaa euroa (NRC Group 2022).

## **2 Johtoteiden rakentaminen**

### **2.1 Johtoteiden yleisiä suunnitteluohjeita**

Ratahallintokeskus on julkaissut useita ohjeita kaapelointiin ja kaapelireittien rakentamiseen liittyen. Tässä osiossa on esiteltyä keskeisimpiä ohjeita kaapelireittien rakentamiseen liittyen käyttäen apuna Ratahallintokeskuksen ohjeita.

Suunnitelmat johtoteistä sisältävät tarvittavat kaapelireitit, alitukset, kaivot ja haaroitukset. Johtotiet on suunniteltava siten, että niitä voidaan käyttää apuna kaapeloinnissa teknisille laitteille ilman toimenpiteitä, jotka voivat vaurioittaa radan rakenteita tai häiritä junaliikennettä (Ratahallintokeskus 2001a, 7).

Suunnitelmista vastuussa olevalle taholle on saatava riittävät lähtötiedot kaikista teknisistä vaatimuksista suunnitelmien optimoimiseksi. Lähtötietoina suunnittelijalla on oltava vähintään ratageometria, rautatiealueen rajat, ratakaaviot, rautatiesiltojen sijainnit, laitureiden sijainnit, tasoristeysten turvalaitteiden paikat, risteämien paikat, valaistusrakenteiden sijainnit sekä kaapelireittien ja kaapeleiden sijainti. Tarvittavia dokumentteja ovat myös turvalaitteiden perussuunnitelma, sähkö-, sähköistys-, sähkörata-, telekaapelointi-, työvaihe- ja huoltotiesuunnitelmat (Ratahallintokeskus 2001a, 8).

### **2.2 Kaapelikanavat**

Kaapelikanavat ovat teräsbetonisia kanavaelementtejä pituudeltaan 2 tai 6 metriä pitkiä. Alitusputkille sekä vedenpoistolle on kanavaelementin pohjassa reiät. Kaapelointityön valmistuttua kanavat kansitetaan betonisilla kansilla. Käyttökohteen mukaan kannet voivat olla kestävyydeltään yliajettavia (25000 kg akselikuorma) tai askelkuorman kestäviä. Suunnitteluvaiheessa kanava on mitoitettava niin että sen käyttöaste on jää alle 70 %. Käyttöönottovaiheessa kanavan kapasiteetista saa olla käytössä enintään 80 % (Ratahallintokeskus 2001a, 9,16).

## 2.3 Kaapelikaivot

Kaapelikaivojen käyttökohteet ovat yleisimmin haaroituskohdissa, teiden tai radan alituksissa sekä turvalaitekaappien tai asetin laitteiden yhteydessä. Vetoteknisistä syistä runkokaapeloinnissa on useimmiten kaapeli katkaistava esimerkiksi tien alituksen kohdalla, jolloin kaapelijatkoja tulee tehtäväksi kaivoihin tai sen läheisyyteen.



Kuva 1. Kaapelikaivo tien alituksen kohdalla

Kaapelikaivoina käytetään teräsbetonisia vähintään 1500 mm kaivorenkaita. Korkeus renkaissa valitaan tapauskohtaisesti ja lisäksi leveys on otettava huomioon kaivoihin asennettavien kaapeleiden vähimmäistaivutussäteen mukaan. Lisäksi on jätettävä työskentelytila kaapeleiden asentamisenkin jälkeen. Kaapelikaivot peitetään teräsbetoni kannella, jossa on oltava halkaisijaltaan vähintään 600 mm miesluukku. Alueella, jossa on mahdollista, että kaivon päältä ajetaan, on kaivo varustettava kuormitusta kestävällä kannella ja erillisellä miesluukun kauluksella (Ratahallintokeskus 2001a, 11).



## 2.4 Kaapeliputket

Putkitukseen ja alituksiin käytetään joko 50 tai 110 mm muoviputkea. Jos putkitukset rasittuvat esimerkiksi liikenteen aiheuttamasta kuormasta, on tällöin käytettävä A-luokan muoviputkea. Isompia alituksia voidaan tehdä myös 200–800 mm halkaisijaltaan olevaan teräsputkeen. Teräsputkia ei käytetä kaapelointiin vaan niiden tarkoitus on suojata muovisia kaapeliputkia. Aloita kirjoittaminen tästä.

Taulukko 1. Kaapeliputket (Ratahallintokeskus 2003)

Materiaali	PEH	Teräs
Lujuusluokka	A (SN16)	S355J2G4 (Fe 510D2)
Nimellishalkaisija	50 mm tai 110 mm	200..800 mm
Seinämän vahvuus	vähintään 3 mm	vähintään 6 mm
Laadunvarmistus	toimituserittäin putken merkintöjen ja toimitusasiakirjojen perusteella	toimituserittäin putken merkintöjen ja toimitusasiakirjojen perusteella

### 3 Kaapeleiden asennus

#### 3.1 Yleistä

Turvalaitekaapelointi voidaan jakaa kahteen osaan. Runkokaapelointi ja pienkaapelointi. Runkokaapelit käsittävät asetinlaitteen ja kaappienväliset ohjaus- ja signaalikaapelit. Pienkaapeleiksi luetaan kaikki turvalaite-elementeille menevät kaapelit. Turvalaitteita ovat muun muassa baliisi, akselinlaskijat, vaihteen kääntölaitteet, raidevirtapiirit, opastimet, painonappikotelot sekä tasoristeysten varoituslaitokset. Baliisi on JKV-laite, joka antaa junalle tietoja nopeusrajoituksista, opastimista ja radan geometriasta.

Kaapelointiin on käytettävä Liikenneviraston hyväksymiä kaapelityyppejä. Lisäksi runkokaapelointiin on käytettävä kaapelia, jonka säikeet ovat yksilöityjä numeroilla (Liikennevirasto 2018, 184). Kaapelin asennusta valmiiseen kaapeliojaan, putkitukseen tai kanavaan voidaan tehdä auraamalla, kiskopyöräkaivinkoneella, ratakuorma-autolla sekä käsin. Sekä lisäksi auraamalla suoraan maahan ilman valmista kaapeliojaa.

Kaapeleita on käsiteltävä varoen, jotta sen muovivaippa ei rikkoudu asennuksen yhteydessä. Kaapelin sisälle ei saa päästä kosteutta, joka voisi pilata kaapelin. On vältettävä liian jyrkkiä taivutussäteitä. Kaapelia käsiteltäessä pienin taivutus säde on noin 30 kertaa kaapelin halkaisija ja lopullisessa asennuksessa noin 15 kertaa kaapelin halkaisija. Lisäksi kaapelia asennettaessa on otettava huomioon lämpötila, jossa kaapelia käsitellään. Kaapelin eristemateriaalin mukaan käsittely lämpötila on -5... -20 °C. Tarvittaessa kaapeleita on lämmitettävä ennen käsitteilyä (Ratahallintokeskus 2001b, 6).

#### 3.2 Kaapelityypit

Kaapelityyppi MOHBU-VR 1x4x0,9+0,9 on tarkoitettu signaalikaapeliksi baliisille. Se on vesitiivis, siirtää korkeataajuisia signaaleita ja voidaan asentaa kouruun tai suoraan maahan (Prysmian Group 2018, 48).

Signaalikaapeli A-2Y(L)2YB2Y nx4x0,9+0,9 soveltuu matalataajuisten signaalien siirtoon. Tämä kaapelityyppi on käytössä akselinlaskennan tiedonsiirrossa. Kaapeli on kosteussulkusuojattu ja siinä on teräsnauha armeeraus. Se voidaan asentaa kanavaan tai suoraan maahan (Prysmian Group 2018, 50).

MCMOE-PE-tyyppinen kaapeli on tarkoitettu siirtämään ohjausjännite turvalaitteille. Esimerkiksi opastimen valoille. Se on nimellisjännitteeltään 450/750 V. Tästä kaapelityypistä on saatavilla säiemäärältä ja poikkipinta-alalta seuraavanlaiset versioit.

- 12x1,5 mm<sup>2</sup>
- 19x1,5 mm<sup>2</sup>
- 27x1,5 mm<sup>2</sup>
- 37x1,5 mm<sup>2</sup>
- 61x1,5 mm<sup>2</sup>
- 12x2,5 mm<sup>2</sup>
- 17x2,5 mm<sup>2</sup>
- 37x2,5 mm<sup>2</sup>

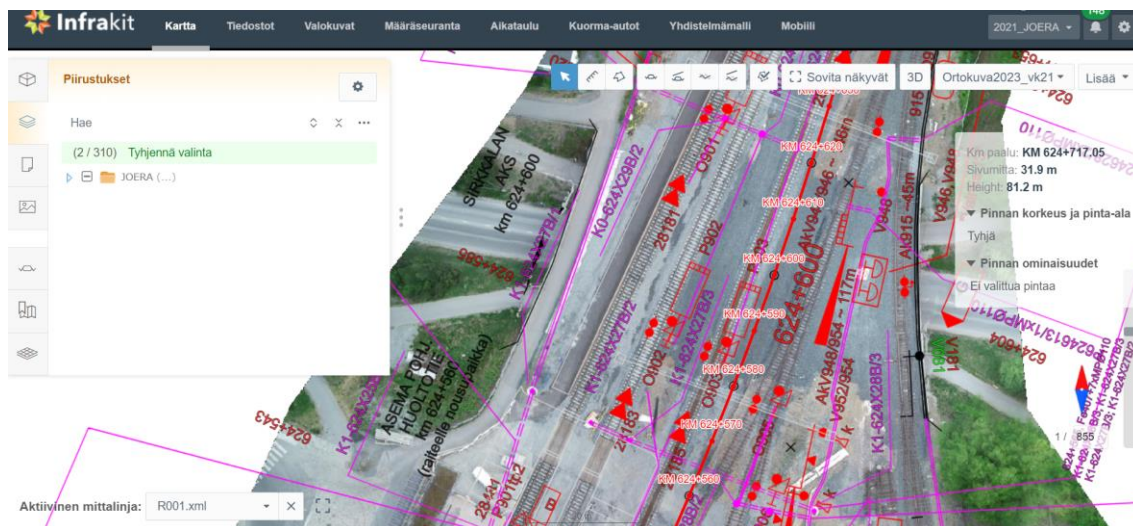
(Prysmian Group 2018, 50)

Edellisen lisäksi yksi käytettävistä kaapeleista on yleisempi tyyppi MCMO. Ero näissä kaapeleissa on vaipan eristemateriaali. MCMO-kaapelissa vaippa on PVC-muovia, kun taas MCMOE-PE-kaapelissa se on PE-muovia (Prysmian Group 2018, 50–51). Näiden eristemateriaalien välinen ero on se, että PVC on parempi lämmönkestoltaan sekä on kovempaa materiaalia (Muovitetopankki n.d.).

### 3.3 Infrakit

Projektilla aputyövälineenä hyödynnettiin Infrakit-sovellusta kaapeloinnin yhteydessä. Infrakit on sovellus, joka helpottaa maastossa esimerkiksi turvalaite-elementtien sijaintien löytämistä GPS-sijaintiin perustuen. Se on saatavana mobiililaitteille ja toimii myös selaimessa. Sen valmiiseen karttapohjaan voidaan liittää

haluttu suunnitelma ja infraprojektin avuksi. Karttapohjaan on mahdollista liittää myös erillisiä tiedostoja kuten kuvia ja pdf-dokumentteja. Tämän sovelluksen avulla kaikilla projektilla työskentelevillä on mahdollisuus päästä samoihin tiedostoihin käsiksi ja poimia siten itselleen oleellimmat tiedot.



Kuva 2. Kuvakaappaus Infrakitin selainversiosta

### 3.4 Runkokaapelointi

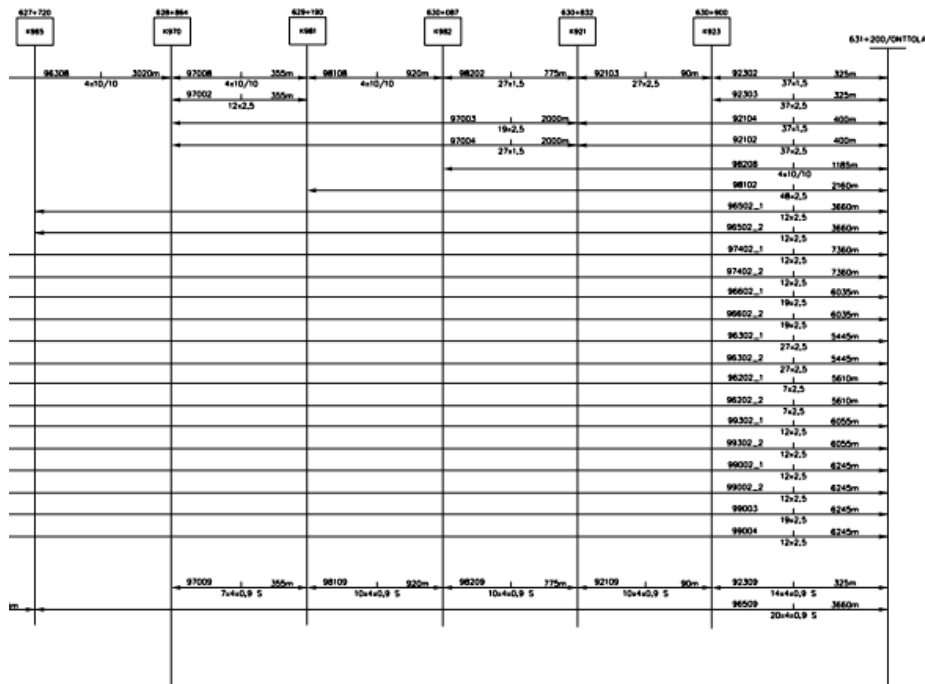
Runkokaapelointi on usein kaapelointi osio, josta itse kaapelointityö alkaa. Runkokaapeloinnilla tarkoitetaan asetinlaitteiden ja turvalaitekaappien välisten yhteyksien kaapelointia. Pitkillä linjaosuuksilla runkokaapelointi on suositeltavaa toteuttaa käyttämällä kuvan kaksi kaltaista menetelmää, jolla saadaan asennettua mahdollisimman monta kaapelia samanaikaisesti.

Tämä työskentelytapa vaatii niin koneen henkilöstöltä, asentajilta ja työnjohtolta hyvää yhteistyötä. Koska tätä työtä varten pitää olla ratatyölupa, on selkeä rooli-tus ja kunnollinen perehdytys välttämätön, jotta saadaan lyhyimmätkin ratatyöluvat mahdollisimman tehokkaasti käytettyä.



Kuva 3. Kaapelointia ratakuorma-auto ja kaapelivaunuyhdistelmällä (NRC Group 2020.)

Kuvassa 3 on esitettyä osa alkuperäisten kaapelointisuunnitelmien mukaan tehdystä runkokaapeleiden haravakuvasta. Tämän perusteella työryhmä tekee suunnitelman ratakuorma-auton kaapelivaunuun lastattavista kaapelikeloista. Kaikista asennetuista kaapeleista otettiin toteuma metreinä ylös sekä merkattiin kaapelijatkojen sijainti ratakilometrejä hyödyntäen. Ratakilometri-lukemin merkattujen sijaintien perusteella erillinen työryhmä löysi kaapelijatkoapaikan, jossa katkaistu kaapeli jatkettiin.



Kuva 4. Runkokaapeloinnin haravakuva

### 3.5 Pienkaapelointi

Pienkaapelointi käsittää kaapelit, jotka menevät turvalaite-elementeille. Pienkaapeleiden asennusmenetelmiä useimmiten ovat kiskopyöräkaivinkonetta tai kela-pukkia hyödyntäen. Tehokkain tapa lyhyimmille kaapeleille on viedä kaapeli valmiina vyyhtinä asennuspaikalle.



Kuva 5. Kaapelointia kiskopyöräkaivinkoneella

### 3.6 Kaivu ja ojaan asennus

Yksi tapa asentaa kaapeleita maahan on ojaan asennus. Tätä varten on kaivetava kaapelioja, jonka syvyys on oltava kaapelin yläpinnasta vähintään 0,6 m. Seuraavissa tapauksissa on omat vaatimuksensa syvyydelle:

- 1,4 m rautatien alituksessa
- 0,8 m maantien alituksessa
- 0,3 m kallioon louhittaessa
- 0,4 m kalliolla irtomaassa

Huomioitava asia avo-ojien risteämissä on, että alitus aloitetaan 1–2 metriä avo-ojan reunasta. Tällä vältytään liian pieneltä kaapelin taivutussäteeltä, joka on lopullisessa asennuksessa 15 kertaa kaapelin halkaisija (Ratahallintokeskus 2001b, 6,7).

Ennen kaapelin asennusta kaapeliojaan, on sen pohja tasoitettava hienojakoisella maa-aineksella terävien kohtien peittämiseksi. Ojaan asennetun kaapelin päälle lasketaan hienojakoista maata noin 0,2 m. Tämän maakerroksen päälle asennetaan kaapelin varoitusnauha koko kaapelin pituiselle matkalle (Ratahallintokeskus 2001b, 7, 8).

### **3.7 Aoraus**

Aurauksessa kaapeli upotetaan suoraan maahan siihen tarkoitetun työkoneeseen asennettavan kaapeliauran avulla. Auruusta ei voi tehdä, jos maasto on liian kivinen tai liian lähellä maaperää oleva kallio (Reka 2021). Auruussyvyys on vähintään 0,6 m. Poikkeuksena tasoristeys, jonka kohdalla se on 0,8 m. Etäisyys kaapelille raiteen keskiviivasta on vähintään 3 m. Kaapeliauralla tulisi pystyä auraamaan vähintään kolmea kaapelia samanaikaisesti sekä sillä pitää pystyä levittämään varoitusnauhaa aurauksen yhteydessä (Ratahallintokeskus 2001b, 9).

Ennen varsinaista aurausta on kaapelit levitettävä aurattavan linjan viereen koko matkalle. Auruusta varten on kaivettava aloituskuoppa, josta auraus aloitetaan. Auruusta ei saa aloittaa suoraan maan pinnalta. Myös esiauraus ilman kaapelia on suositeltavaa aurattavalle matkalle. Sen ansiosta selviää aurauslinjan mahdolliset kivet ja muut esteet (Reka 2021).

Aurauksen aikana on huolehdittava, että pienintä taivutussädettä ei aliteta ja katsotaan samalla, että isoimmat kivet eivät pääse kaapelin päälle tai alle. Myös kaapelin kuntoa on seurattava aurauksen aikana tarkasti, koska kaapelin mahdolliset vauriot menevät suoraan maan alle piiloon (Ratahallintokeskus 2001b, 8).



Kuva 6. Kaapelin asennus auraamalla

Aloita toinen kappale tästä.

### **3.8 Kaapelijatkot**

Kaapelointi on suositeltavaa tehdä katkeamattomana alusta loppuun olosuhteiden niin salliessa. Runkokaapeloinnissa kaapelijatkoilta ei kuitenkaan voi välttyä. Kaapeloinnin pitää katkaista alitusten kohdalla ja myös kelalla olevan kaapelin pituus ratkaisee kaapelijatkon sijainnin.

Pisimmät kaapelit tällä projektilla olivat yli kuusi kilometriä ja yhteensä runkokaapeleita oli yli 140 vuonna 2023 tehtävällä osuudella. Kaapelointiryhmä merkitsi jatkopaikat ylös jotka toinen työryhmä kävi tekemässä erikseen. Yhteensä kaapelijatkoja projektilla oli noin 200. Jatkot tehtiin runkolinjaan valuhartsijatkoina.

### **3.9 Laadunvarmistus**

Työryhmät tarkkailevat työtä tehdessään silmämääräisesti kaapeleiden kuntoa, kaapelijatkon laatua, asennusalustan kuntoa. Jos poikkeamia löytyy, tehdään korjaukset välittömästi.



Lopuksi kaapelit mitataan asennustesterillä ja tästä laaditaan mittauspöytäkirja. Pöytäkirjasta ilmenee kaapelityyppi, kaapelinumero, johtimien määrä, väli jolta kaapeli mitataan, kaapelin pituus, eristysvastus sekä maadoituksen jatkuvuus.

Mikäli kaapelireitteihin tuli muutoksia merkattiin ne käyttäen pohjana alkuperäistä suunnitelmaa. Näistä muutoksista pitää käydä ilmi alitukset, kaivot sekä haaroitukset (Ratahallintokeskus 2001b, 14). Nämä toimitetaan käyttöönottoalueen luovutuksen yhteydessä samalla muiden dokumenttien kanssa.

## 4 Toteuman seuranta

### 4.1 Seurannan merkitys projektille

Tätä työtä tehtiin käyttäen esimerkkinä Joensuun ratapihan parantamisurakkaa. Projektilla pelkästään turvalaitekaapelointia suunnitelmien mukaan on yli 300 kilometriä. Käyttöönottoalueita on yhteensä yhdeksän, joista käyttöönottoalueet 4–9 valmistuivat opinnäytetyötä tehdessä vuonna 2023. Turvalaitekaapelointia suunnitelmien mukaan näillä alueilla on yli 200 kilometriä.

Tämän kokoluokan projekteissa toteuman seuranta on hyvin merkittävässä roolissa. Sen avulla pysytään kartalla urakan valmiusasteesta, jonka mukaan tilaajaa pystytään laskuttamaan. Yksi tärkeä osa on myös todellinen menekki etenkin kaapeloinnin osalta. Kun seurantaa tehdään todellisen kaapelimenekin mukaan, saadaan tärkeää dataa siitä, kuinka kaapelointisuunnitelmissa esiintyvät kaapeleiden pituudet pitävät paikkansa, miten on projektin tarjouslaskentavaiheessa onnistuttu sekä osataan jatkossa varautua todellisen toteuman mukaan riittävällä varmuuskertoimella tulevaisuuden projekteja varten.

Tämän työn kirjoitushetkellä kaapeleiden tilaaminen täytyy tehdä riittävän ajoissa pidentyneiden toimitusaikojen vuoksi. Esimerkiksi rautateillä käytettävä signaali-kaapelityypin A-2Y(L)2YB2Y S(H45) toimitusaika voi olla jopa vuoden.

### 4.2 Työtehon seuranta

Toteumanseurannan avulla on myös mahdollista seurata työtehoa. Jos huomataan, että työ ei edisty suunnitellulla nopeudella, on mahdollista puuttua mahdollisiin ongelmatilanteisiin ja tarvittaessa auttaa ja perehdyttää työtä suorittavaa osapuolta.

Työn tehokkuuden arvioinnissa on hyvä tuntee työympäristö, ja työn suorittamiseen vaikuttavat ulkoiset tekijät. Esimerkiksi työkoneilla ei saa ylittää raiteita ilman ratatyölupaa, vaikka itse työnsuorittamispaikka olisi raide, jolla ei liikennöidä.

Ratatyöluvan saaminen voi kestää joskus useita tunteja, riippuen junaliikenteen taajuudesta. Tästä syystä jotkin työt on suoritettava yöllä, jolloin raideliikenne on hiljaisempaa. Esimerkiksi ratakuorma-autolla ja kaapelivaunustolla kaapelointi liikennöidyillä rataosuuksilla on järkevää tehdä yöllä.

### **4.3 Kaapeloinnin valmiusasteen seuranta**

Kaapeloinnin valmiusastetta seuraamaan kehitettiin oma Excel-taulukko mihin merkattiin kaapelointisuunnitelmista kaapelin numero, tyyppi, kaapelin mitta suunnitelmassa sekä mistä minne kaapeli menee. Taulukon ensimmäiselle kaapeloinnin seurantavälilehdelle merkataan kaikki projektilla käytettävät kaapelityypit. Nämä kaapelityypit kopioituvat kokonaistilanne-, kaapelitarve- ja inventaario-taulukoihin. Lisäksi seurantataulukkoon merkataan kaapelinumerokohtaisesti toteutunut metrilukema, kun kaapeli on asennettu.

Taulukkoon tehdyt kaavat laskevat kaapelityypeittäin suunnitelman mukaiset mitat, todellisen toteuman sekä näiden erotuksen. Kaikki tämä tapahtuu käyttöön-ottoalueittain, jonka lisäksi on urakan kokonaismäärät esitettyinä omassa taulukossaan (Liite 1).

Kaikista erillisistä seurantataulukoista on kollektiivinen taulukko, johon on merkattu urakan kokonaistilanne (Liite 3). Tästä taulukosta toteumat ovat linkitettyinä erilliseen Excel-taulukkoon, jonka mukaan laskutetaan tilaajaa.

### **4.4 Kaapelitarpeet**

Taulukossa on oma sarake käyttöönottoalueen tarpeelle sekä omassa taulukossa sarakkeensa myös projektin kokonaistarpeelle (Liite 2). Seurantataulukossa tarve ei huomioi miinusmerkkistä suunnitelman ja toteuman erotusta, jotta se ei vääristäisi liikaa tilannetta.

Huomioon otettava asia on myös se, että tarpeisiin on mahdollista jäädä jokin lukema, mikäli toteuma ei saavuta suunnitelmassa annettuja mittoja. Esimerkiksi

kyseisellä projektilla joidenkin kaapelityyppien kohdalla tarve näyttää tietyillä käyttöönottoalueilla jopa yli tuhatta metriä, vaikka kyseistä kaapelityyppiä ei enää asenneta alueelle.

#### **4.5 Inventaario**

Seurantataulukon ohessa samassa Excel-tiedostossa on inventaariotaulukko, johon kirjataan kaapelikelojen metrimäärät kelakohtaisesti (Liite 4). Samalla sivulla kaapelitarpeiden kanssa on taulukko, joka laskee inventaarion ja kaapelitarpeen erotuksen.

Inventaariotaulukossa huomioitava asia on, että mikäli kaapelitarve näyttää todellisuutta enemmän ja inventaario ei vastaa tätä tarvetta, menee inventaarion ja tarpeen erotus miinukselle. Tämä tarkoittaisi, että kyseistä kaapelia pitäisi tilata lisää.

## 5 POHDINTA

Tavoitteena oli perehtyä JoeRa-projektilla turvalaitekaapelointiin rautatieympäristössä ja kehittää kaapeloinnin toteumaseurantaan työkalu, jota asentajat voivat käyttää kaapeloinnissa apuna. Työn tuloksena syntyi kootusti keskeisimmät ohjeet kaapelireittien rakentamiseen ja kaapelointiin sekä esitelmä kaapeloinnin toteumaseurantaan tarkoitetusta työkalusta.

Vaikka kaapelireittien rakentaminen ei esimerkkiprojektilla kuulunut päätoimenkuvaani, on se silti mielestäni asia, joka on hyvä olla jossain määrin hallussa rautateillä työskennellessä. Esimerkiksi tilanteissa, joissa johtoteitä puuttuu tai niissä on muokkaustarvetta, ja johtoteiden rakentajat ovat työmaalla voi heitä opastaa tarvittaessa.

Kaapelointityössä haasteena oli liikennöitävillä raiteilla työskentely. Tämä korostui silloin kun piti työkoneella päästä raiteelle tai ylittää raide työmaa-alueella. Molempiin tarvitaan ratatyölupa, jonka saaminen voi kestää joskus tunteja. Infrakit oli loistava aputyöväline kaapelointiin. Sen avulla selvisi tarkasti elementtien paikat, jolloin kaapeloinnit saatiin tarkemmin mitoitettua eikä kaapelia käytetty tarpeettoman paljon. Infrakittiin liitetyn turvalaite-elementtisuunnitelman avulla saatiin myös lyhin mahdollinen kaapelireitti selville.

Toteumaseurantataulukko osoittautui toimivaksi, kunhan huomioi luvuissa 4.4 ja 4.5 kerrotut asiat. Taulukkoa kehittämällä sen voisi saada toimimaan siten, että virheellisen tulkinnan mahdollisuus pienenee. Taulukko osoittautui toimivaksi kentällä mobiililaitteella käytettäessä. Osa asentajista tykkäsi käyttää taulukosta tulostettua paperiversiota, joista he ottivat valokuvan toteutuneista kaapeliasennuksista työpäivän päätteeksi.

Laskutukseen toteumaseurantataulukko oli toimiva työkalu, kun kokonaistoteumat linkitti kaapelikohtaisesti laskutusta varten tehtyyn omaan taulukkoon. Toteumaseurantataulukosta saa selville käyttöönottoalueittain, kuinka paljon mitäänkin kaapelia on kulunut sekä kuinka toteuma kohtasi suunnitelmat. Jatkossa taulukkoa tullaan parantamaan aiemmin mainittujen kehityskohtien osalta.

## LÄHTEET

Prysmian Group. 2018. Railway Main Line Cables. Finland. Pdf-dokumentti. Viitattu 12.10.2023. [https://fi.prysmiangroup.com/sites/fi.prysmian-group.com/files/2023-10/Prysmian%20Group%20Railway%20FI\\_2018.pdf](https://fi.prysmiangroup.com/sites/fi.prysmian-group.com/files/2023-10/Prysmian%20Group%20Railway%20FI_2018.pdf)

Ratahallintokeskus. 2001a. Ratahallintokeskuksen julkaisuja. B6. Johtoteiden suunnitteluohjeet. Pdf-dokumentti. Viitattu 19.7.2023. [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/RHK/rhk\\_b6\\_johtoteiden\\_suunnitteluohjeet\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/RHK/rhk_b6_johtoteiden_suunnitteluohjeet_web.pdf)

Ratahallintokeskus. 2001b. Ratahallintokeskuksen julkaisuja. B7. Maakaapeleiden kaivu- ja asennusohjeet. Pdf-dokumentti. Viitattu 19.7.2023. [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/RHK/rhk\\_b7\\_maakaapeleiden\\_kaivu\\_asennusohjeet.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/RHK/rhk_b7_maakaapeleiden_kaivu_asennusohjeet.pdf)

Ratahallintokeskus. 2004. Ratahallintokeskuksen julkaisuja. B13. Yleisohje johdoista ja kaapeleista Ratahallintokeskuksen alueella. Pdf-dokumentti. Viitattu 12.10.2023. [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/RHK/rhk\\_b13\\_yleisohje\\_johdoista\\_kaapeleista.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/RHK/rhk_b13_yleisohje_johdoista_kaapeleista.pdf)

Ratahallintokeskus. 2003. Ratahallintokeskuksen julkaisuja. D14. Johtoteiden yleinen työselitys. Pdf-dokumentti. Viitattu 19.7.2023. [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/RHK/rhk\\_d14\\_johtoteiden\\_yleinen\\_tyoselitys.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/RHK/rhk_d14_johtoteiden_yleinen_tyoselitys.pdf)

Reka Kaapeli. 2021. Työskentelyohje, Auraus. Pdf-dokumentti. Viitattu 29.10.2023. [https://img3.materialbank.net/NiboWEB/reka/getPublicImage.do?ticket=7&name=Reka\\_tyoskentelyohje\\_1-20\\_kV\\_Auraus\\_2021-07-07\\_FI\\_final\\_pdf.pdf&type=original](https://img3.materialbank.net/NiboWEB/reka/getPublicImage.do?ticket=7&name=Reka_tyoskentelyohje_1-20_kV_Auraus_2021-07-07_FI_final_pdf.pdf&type=original)

Väylävirasto. 2021. Ratatekniset ohjeet (RATO). Osa 6 Turvalaitteet. Pdf-dokumentti. Viitattu 12.10.2023. [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo\\_2021-18\\_rato6\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2021-18_rato6_web.pdf)

Muovitetopankki. n.d. Vink Finland. Verkkosivu. Viitattu 12.10.2023. <https://www.vink.fi/muovitetopankki>

NRC Group. 2020. Tampere-Seinäjoki-radon turvalaitteiden uusiminen. YouTube-video. Viitattu 19.7.2023. <https://www.youtube.com/watch?v=3OxK9pWIIMM>

NRC Group. 2022. NRC Group Suomi. Verkkosivu. Viitattu 28.11.2023. <https://www.nrcgroup.fi/>

Väylävirasto. 2020. Väyläviraston ohjeita. Rautateilla käytettävät kaapelit. Pdf-dokumentti. Viitattu 12.10.2023. [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo\\_2020-43\\_rautateilla\\_kaytettavat\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2020-43_rautateilla_kaytettavat_web.pdf)







## Liite 3. Kokonaistilannetaulukko

Kaapelityyppi	Suunniteltu kokonaismitta	Kokonaistoteuma	Suunnitelman ja toteuman erotus
MCMO 7x2,5	12555	12666	-111
0	0	0	0
MCMOE-PE-4x1,5	0	0	0
MCMO 7x1,5	410	450	-40
MCMOE-PE-12x1,5	2315	2268	47
MCMOE-PE-19x1,5	1340	1365	-25
MCMOE-PE-27x1,5	4545	5019	-474
MCMOE-PE-37x1,5	8820	9862	-1042
MCMOE-PE-48x1,5	2800	3125	-325
MCMOE-PE-61x1,5	700	903	-203
0	0	0	0
MCMOE-PE-4x2,5	0	0	0
MCMOE-PE-7x2,5	0	0	0
MCMOE-PE-12x2,5	65560	63478	2082
MCMOE-PE-19x2,5	22510	21364	1146
MCMOE-PE-27x2,5	12500	12188	312
MCMOE-PE-37x2,5	3197	3575	-378
MCMOE-PE-48x2,5	2430	2437	-7
0	0	0	0
MCMK 4x2,5/2,5	2600	2632	-32
MCMK 3x6/6	610	640	-30
MCMK 4x6/6	2605	2899	-294
MCMK 4x10/10	11195	11302	-107
MOHBU-VR 1x4x0,9+0,9	15900	19872	-3972
0	0	0	0
A-2Y (L) 1x4x0,9	8739	9349	-610
A-2Y (L) 3x4x0,9	1225	1281	-56
A-2Y (L) 5x4x0,9	3725	3778	-53
A-2Y (L) 7x4x0,9	1015	1093	-78
A-2Y (L) 10x4x0,9	3755	4051	-296
A-2Y (L) 14x4x0,9	3135	3364	-229
A-2Y (L) 20x4x0,9	4155	4168	-13
0	0	0	0
2x4x12xSML	18300	18902	-602
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
	216641	222031	-5390

