



Leimuhitsauksen hyödyntäminen kiintoraidelaatalla

Raide-jokeri

Lassi Roivainen

OPINNÄYTETYÖ
Kesäkuu 2023

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Infrarakentaminen

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Infrarakentaminen

ROIVAINEN, LASSI:
Leimuhitsauksen hyödyntäminen kiintoraidelaatalla
Raide-jokeri

Opinnäytetyö 29 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Kesäkuu 2023

Raide-jokeri allianssin päällysrakenteella käytetään kiskohitsauksessa pääasiassa termiittihitsausmenetelmää, joka on lisääineettomaan leimuhitsaukseen verrattuna hitaampaa ja kustannuksiltaan kalliimpaa. Työn tilaaja halusi selvittää, kuinka paljon voitettaisiin aikataulussa ja kustannuksissa, jos termiitin sijaan pystyttäisiin hyödyntämään leimuhitsausta kiskojen jatkuvaksi hitsaamisessa.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli vertailla Raide-jokerilla käytössä olevia kiskonhitsausmenetelmiä työkohteessa käytännössä, mutta aikataulullisista syistä se osoittautui mahdottomaksi. Siksi vertailu suoritettiin teoriassa luomalla aikataulu puolen kilometrin mittaiseen työkohteeseen kummallakin hitsausmenetelmällä.

Opinnäytetyön tekijä osallistui leimuhitsien tekoon yhden työvuoron ajaksi, jolloin hän oppi koneen käyttämisestä ja sen toiminnasta, työn valmisteluista sekä hitsausprosessista. Samalla haastateltiin konetta operoivaa hitsaajaa, jolta saatiin tarvittava tieto leimuhitsauskoneen ominaisuuksista ja yksityiskohdista. Lisäksi työssä pohdittavaa pitkien kiskojen käyttöä puolipölkkyjen kiskotuksessa päästiin käytännössä testaamaan työkohteessa, jossa alun perin sepeliradaksi rakennettu osuus muutettiin kiintoraidelaataksi.

Opinnäytetyön lopputuloksena voidaan todeta termiittihitsauksen olevan noin kahdeksasosan kalliimpaa, kun vertaillaan työkone-, materiaali- ja palkkakuluja. Leimun käyttö on järkevää, mikäli kerrallaan tehtävä työkohde on riittävän pitkä, mielellään yli puoli kilometriä. Tämä harvemmin toteutuu tiiviiseen kaupunkiympäristöön sijoittuvilla raitiotietyömailla, joissa lukuisat putki- ja johtosiirrot sekä useat risteykset hankaloittavat pidemmän kohteen saamista radan rakentamiselle.

Asiasanat: pikaraitiotie, kiskohitsaus, kiintoraide, päällysrakenne

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Civil Engineering

ROIVAINEN, LASSI:
Exploitation of Flash Butt end Welding at Slabtrack
Jokeri light rail

Bachelor's thesis 29 pages, appendices 2 pages
June 2023

Jokeri light rail uses mainly thermite at superstructure rail welding which is slower and more expensive compared to flash butt end welding. The commissioner of this thesis wanted to find out how much would be saved in schedule and costs if it was possible to use flash butt end instead of thermite.

The purpose of this thesis was to compare the welding methods used by Jokeri light rail at the work site, but due to scheduling reasons the comparison was performed theoretically by creating a schedule for a half-kilometre work site using both welding methods.

The author took part in the making of flash butt end welds for one work shift, during which he learned about the machine and its operation, the preparation of the work and the welding process. The machine operator was interviewed from whom the necessary information about the characteristics and details of the machine was obtained. In addition, the use of long rails in the railing of half sleepers, was practically tested at the work site.

The result of the thesis states that thermite welding is about one-eighth more expensive when comparing the machine, material and salary costs. The use of flash butt end is reasonable if the work site is long enough, preferably more than half a kilometer. This rarely happens on tramway sites located in a dense urban environment where pipe and cable transitions and several crossings make construction short-tempered.

Key words: light rail, rail welding, slab track, superstructure

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
1.1	Raide-jokeri allianssi	6
1.2	NRC Group Finland Oy	7
2	PÄÄLLYSRAKENNE.....	9
2.1	Puolipölkkyrakenne kiintoraidelaatalla	9
2.2	Sepelirakenne	13
3	HITSAUSMENETELMÄT	15
3.1	Termitihitsaus	15
3.2	Kaarijatkoshitsaus	17
3.3	Leimuhitsaus	18
3.3.1	Hitsausprosessi	19
4	LEIMUN HYÖDYNTÄMINEN KIINTORAIDELAATALLA	21
4.1	Puolipölkkyrakenne leimuhitsatuilla kiskoilla	21
4.2	Toteuttaminen	21
4.3	Aikataulu	22
4.4	Kustannusten muodostuminen.....	23
5	POHDINTA	24
5.1	Aikataulu	24
5.2	Kustannusero	24
5.3	Laatu	25
6	YHTEENVETO	26
6.1	Tulevat hankkeet.....	26
6.2	Lopputulema	26
	LÄHTEET.....	27
	LIITTEET	28
	Liite 1. Kustannusten muodostuminen	28
	Liite 2. Kustannusero	29

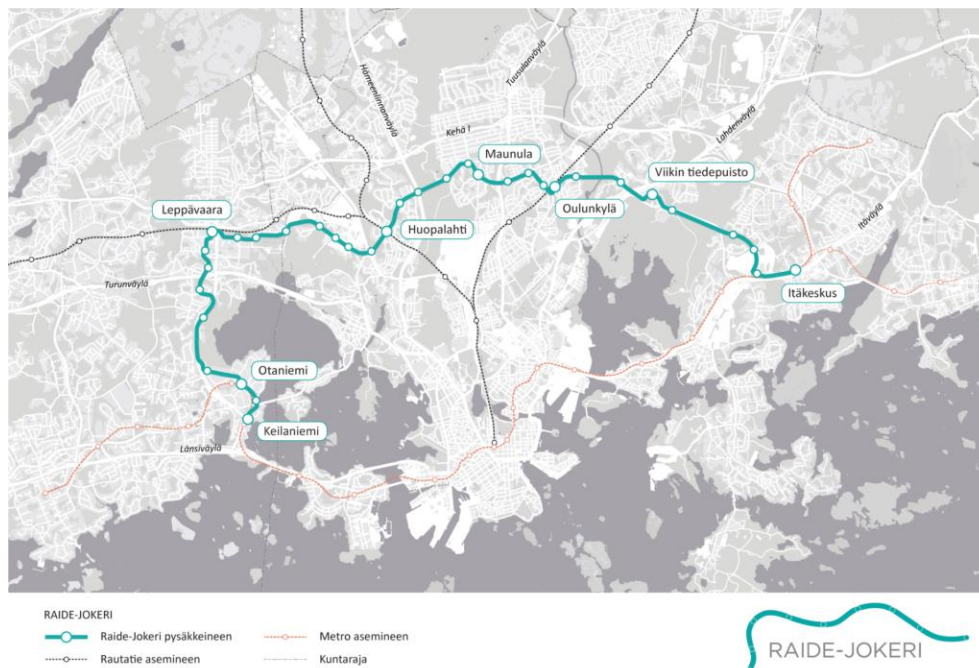
ERITYISSANASTO

kiintoraide	pikaraitiotien rakenne, jossa tukikerros muodostuu valedusta kuitu- tai teräsbetonilaatasta
pikaraitiotie	perinteistä raitiotietä keski- ja maksiminopeudeltaan nopeampi raitiotie, joka kulkee pääasiassa omalla kaistallaan
puolipölkky	kiintoraidepölkky, jossa pölkyn molemmat päät ovat betonia ja välissä on ansasraudoitus
hamara	kiskon ylin osa, jota pitkin kiskopyörät kulkevat
uuma	kiskon pystyosa, hamaran ja jalan välissä
vantti	säätöputki, jossa on vasen- ja oikeakätiset kierteet ja joka pitenee tai lyhenee sitä kierrettäessä
toppaus	termiittimuotin rakojen täyttäminen kostealla hiekalla ennen hitsausta
loppuhitsi	neutraalilämpötilassa tehtävä kiskon hitsaus

1 JOHDANTO

1.1 Raide-jokeri allianssi

Raide-jokeri on Espoon Keilaniemen ja Helsingin Itäkeskuksen välille rakennettava pikaraitiotie, jonka 25 km pituudesta Espooseen sijoittuu noin 9 km ja Helsinkiin 16 km (Kuva 1). Valmistuttuaan raideyhteys korvaa pahoin ruuhkautuneen bussilinjan 550:n, joka on Helsingin seudun vilkkaimmin liikennöity bussilinja. Pikaraitiotien rakennus oli tarkoitus aloittaa vuoden 2030 jälkeen, mutta linjan 550 odotettua suurempi suosio ja siitä johtunut ylikuormitus ajoi aikaistamaan rakentamista. Vuonna 2015 runkolinjalla 550 tehtiin 40 000 päivittäistä matkaa arkisin ja vuonna 2030 tuon määrän on ennustettu olevan jopa 90 000, mikä ylittäisi bussilinjan kapasiteetin täysin. (Raide-jokeri info 2021.)



KUVIO 1. Raide-jokerin reitti ja pysäkit (Raide-jokeri info 2021)

Raide-jokeri toteutetaan allianssimallilla, jossa poikkeuksellisesti tilaajaosapuolia on useampi kuin yksi, Helsingin ja Espoon kaupungit, jotka kilpailuttivat suunnittelijat yhtenä ryhmittymänä ja tämän jälkeen toteuttamisesta vastaavat urakoitsi-

jat ja muut järjestelmätoimittajat toisena ryhmittymänä. Suunnittelijana Raide-jokeri allianssissa toimii Ramboll Finland Oy, Sitowise Oy, ja Sweco, urakoitsijana YIT Suomi Oy:n ja NRC Group Finlandin muodostama ryhmittymä. (Raide-jokeri toteutetaan soveltaen allianssimallia. 2021)



KUVIO 2. Allianssin osapuolet (Sisäinen perehdytysmateriaali 2021)

1.2 NRC Group Finland Oy

NRC Group Finland Oy on Suomen johtavia infra-alan yrityksiä, joka osana pohjoismaista NRC Groupia omaa yli 150 vuoden kokemuksen raideinfran rakentamisesta ja kunnossapidosta Suomessa. Yhtiö on perustettu vuonna 1995 (nimellä Oy VR-Rata Ab), kun Valtionrautatiet yhtiöitettiin. Vuonna 2010 yhtiön nimi vaihtui VR Trackiksi ja yrityskauppojen myötä NRC Groupiksi vuonna 2018. NRC Groupin liikevaihto oli vuonna 2022 noin 700 miljoonaa euroa ja työntekijöitä yrityksessä oli 1960, joista Suomen osuus 255 miljoonaa euroa ja 1000 työntekijää. (Norjalainen NRC Group ostaa VR Trackin. 2018.)

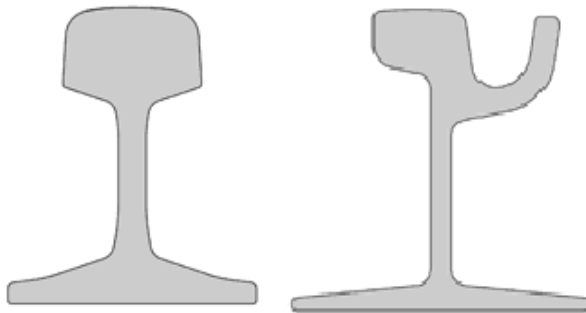
Vaikka päätoimialana yrityksellä on koko historiansa ajan ollut rautatierakentaminen ja sen kunnossapito, on raitiotierakentaminen tullut viimeisten vuosien aikana vahvasti mukaan sen liiketoimintaan. NRC Group on mukana suurissa

käynnissä olevissa allianssihankeissa, kuten Tampereen raitiotieallianssissa, Raide-jokerissa, sekä Kruunusilloissa. Tulevaisuuden näkymät ovat myös valoisat raitioteiden osalta, sillä kevään aikana valmistuvat hankesuunnitelmat Vantaan sekä Turun ratikoille. Näiden lisäksi Tampereen ratikan 3-vaiheen hankesuunnitelma valmistui huhtikuun lopulla ja rakentamispäätös on valtuustojen käsiteltävänä vuoden 2024 lokakuussa.

2 PÄÄLLYSRAKENNE

2.1 Puolipölkkyrakenne kiintoraidelaatalla

Raide-jokerilla käytetään kiintoraiteella kahta erilaista puolipölkkytyyppiä, jotka ovat viher-, pysäkki- ja risteysalueilla käytettävä 49E1 kiskotyypin pölkky (korkea puolipölkky), sekä sekaliikennekaistoilla ja vilkkaammilla risteysalueilla käytettävä 60R2 kiskotyypin pölkky (matala puolipölkky). Käytettävistä kiskotyypeistä 49E1 on rautateiltä tuttu vignolekisko, jonka nimessä oleva 49 tarkoittaa kiskon painoa metriä kohden kilogrammoina ja E1 kiskon profiilin poikkileikkausta, 60R2 taasen on urakiskoa, jota käytetään enimmäkseen raitioteilla mm. Helsingin kantaverkolla, mutta rautateillä hyvin vähän (Kuva 1).



KUVIO 3. Vignole- ja urakiskoprofiilit (Ratek Oy)

Kiintoraiteella käytetään Raide-jokerilla myös pölkkyttömiä järjestelmiä muutamissa erikoiskohteissa, joissa puolipölkkyrakennetta ei voida käyttää. Tällaisia ovat esim. maasillat ja maanalaiset rakenteet, joiden päälle rakennettava puolipölkkyrakenne nostaisi radan geometriaa liian paljon. Nämä kohteet ovat tyypillisesti lyhyitä, joten tässä työssä ei niitä vertailla.

Puolipölkkyrakenteen rakentaminen alkaa pohjien vastaanottamisella tuotantolohkolta. Päällysrakennepuolen mittamies tarkastaa takymetrilla, että pohjien korko on toleranssien mukainen. Lisäksi mittamies tarkastaa pohjien leveyden, jotta radan asemoinnissa käytettävät betonipainot mahtuvat olemaan radan sivuilla ilman, että ne ovat muotituksen tai tulevan rakenteen tiellä. Tämän jälkeen mittamies merkitsee kiintoraidelaattojen liikuntasaumot ja mahdolliset runkome-

lueristeen alueet maastoon, jonka jälkeen kiskotyöryhmä asettaa runkomelueristeenä käytettävät kivivillalevyt merkkien mukaan ratapohjan päälle ja suojaa eristeen rakennusmuovilla. Mikäli kyseiselle alueelle ei ole suunniteltu runkomelueristettä, merkkää mittamies sen sijaan molempien raiteiden keskilinjat nauloilla noin viiden metrin välein ja jokaisen naulan läheisyyteen kiskon suunnitellun koston naulan kantaan nähden. Runkomelueristeen alueella keskilinjanauulat tulevat vasta eristeen asennuksen jälkeen.



KUVA 1. Runkomelueristeen päälle jaetut puolipölkkyt Otaniemessä (2021)

Mittamiehen merkattua raiteiden keskilinjat ja korkolukemat ratapohjille tai suoraan runkomelueristeen päälle, työryhmä maalaa merkintämaalilla pölkkyjaon

kiskon suuntaisesti 0,75 m välein sopivalle etäisyydelle raiteen keskilinjasta. Pölkky jaetaan ajoneuvonosturilla radan suuntaisesti asetettujen RHS-putkien päälle, jotta niitä on helpompi liikuttaa käsivoimin vetokoukuilla merkatuille paikoille. Joka kolmas pölkky tulee olla ns. reikäpölkky, jossa on pystysuuntainen kierreholkki säätöpulttia varten, jolla radan korkeusasemaa voidaan nostaa ja laskea (Kuva 2).

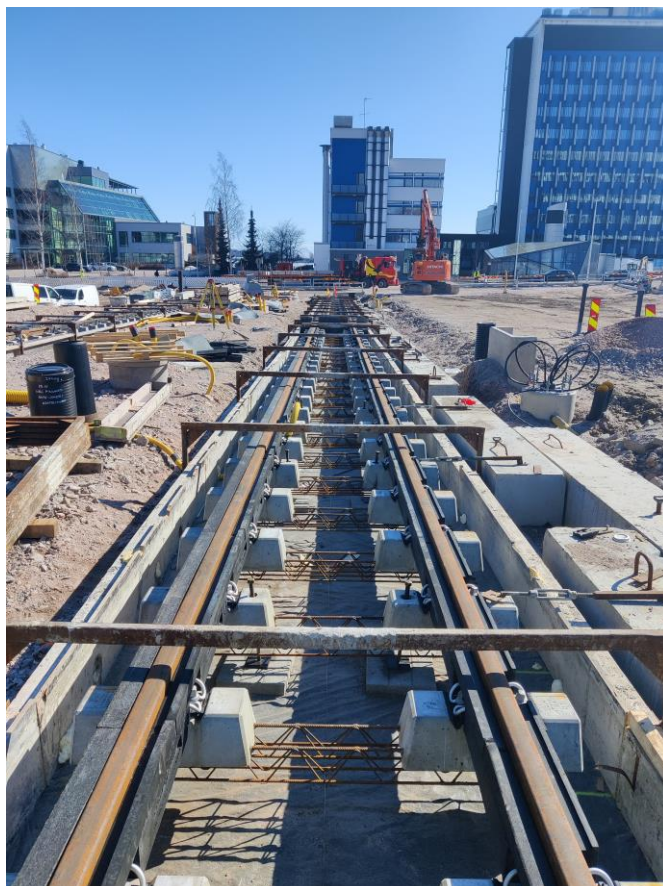
Kiskot nostetaan ajoneuvonosturilla nostosaksia käyttäen puolipölkkyjen päälle ja jätetään niiden päiden väliin noin 20 mm rako hitsausta varten. Jotta rako ei lämpötilanvaihtelun vuoksi muutu, kiinnitetään saumakohtaan sidekiskot pikalukolla (Kuva 3.). Reikäpölkkyihin kiinnitetään säätövantit, joilla rataa voidaan liikuttaa sivusuunnassa. Vantin toinen pää kiinnitetään betonipainoon, joka yhdessä vantin kanssa pitää radan aseman mahdollisimman hyvin paikoillaan. Tämän jälkeen rata asemoidaan mittamiehen kanssa lähelle oikeaa geometriaa ja yleensä hieman alle pystygeometriaan, jotta juuri ennen valua tehtävässä asemoinnissa rataa mieluummin nostetaan kuin lasketaan.



KUVA 2. Sidekiskokiinnitys ja kammiokumeja (2022)

Radan ensimmäisen asemoinnin jälkeen sähköasentajat tekevät maadoituksia ja turvalaitteiden toimintaan vaadittavia liitoksia, joita ovat esim. raidevirtapiirit, kisko- ja raideyhteet, liikennevalosilmukat sekä vaihteenohjaukseen liittyvät kytkennät. Liitosten jälkeen kiskotyöryhmä liimaa hajavirtaeristeenä käytettävät kammiokumit (Kuva 3) kiinni kiskoihin. Tämä on tarpeen silloin, kun kiskot ovat upotettuna pintarakenteessa. Ilman eristystä haitallinen hajavirta pääsisi kulkeutumaan maaperään ja aiheuttamaan vahinkoa raitiotielle ja sitä ympäröiville rakenteille.

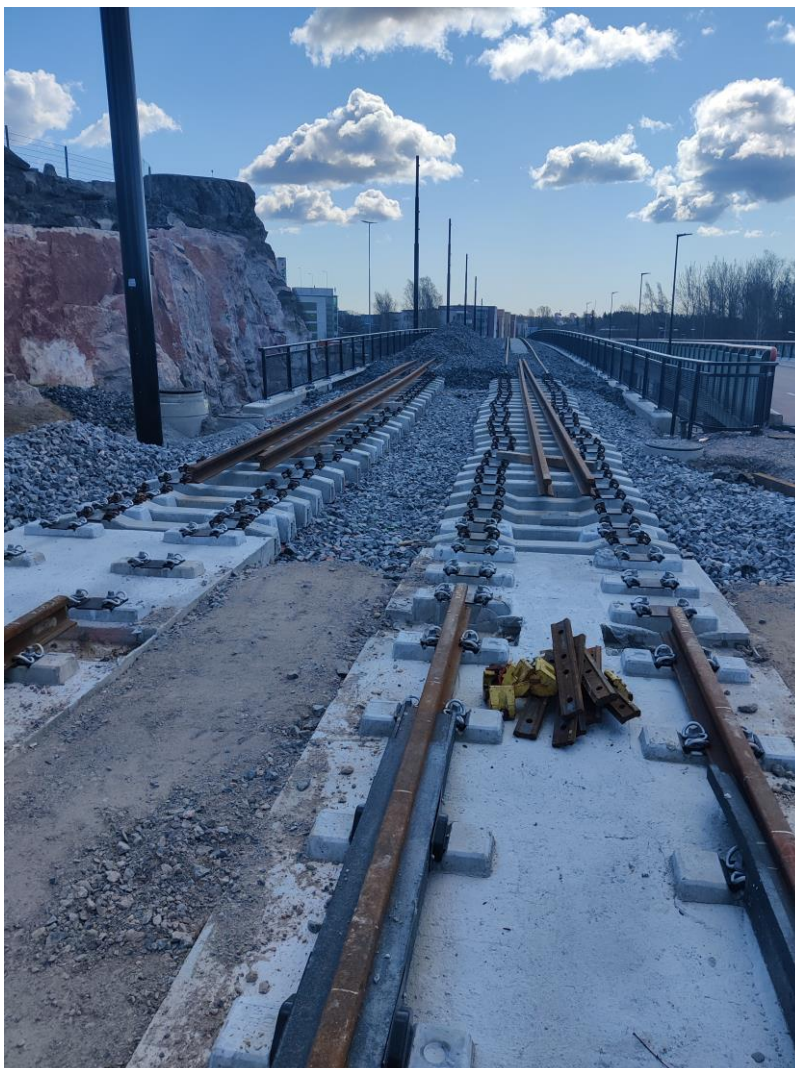
Hajavirtaeristyksen jälkeen kirvesmiehet rakentavat betonimuotit (Kuva 4), joiden sisään valettavasta kuitubetonista muodostuu lopulta kiintoraidelaatta. Betonin kovettuttua ja työryhmän purettua muotit tulee hitsaustyöryhmä hitsaamaan kiskot jatkuviksi. Raide-jokerilla otettiin testimielessä käyttöön valun jälkeen tapahtuva hitsaus, jotta kiskotyöryhmä pääsee jatkamaan seuraavaan kohteeseen edellisen betonoinnin valmistuttua. Mikäli kiskot hitsattaisiin heti kiskotuksen jälkeen, hidastaisi tämä kiskotöiden etenemistä.



KUVA 3. Muotitettua raidetta Keilaniemessä (2022)

2.2 Sepelirakenne

Sepelirata muodostuu päällysrakenteen tavoin alus- ja päällysrakenteesta, sillä erotuksella, että päällysrakenteena käytetään raidesepeliä ja betonisia ratapölkkyjä valettavan betonilaatan sijaan (Kuva 5). Varsinainen radan rakentaminen alkaa tuotantolohkon luovutettua valmiin ja koekuormitetun kantavan rakenteen sepelyryhmälle. Leimuhitsausyksikkö tuodaan keskeiselle paikalle ratapohjien päälle, jossa on riittävästi tilaa ajaa pyöraalustaisella kaivinkoneella leimuyksikön ohitse ja siirtää kiskoja. Kiskot hitsataan jatkuviksi siten, että niistä saadaan 90 metriä pitkiä, joka on vaadittava välimatka loppuhitsejä tehdessä. Loppuhitsit hitsataan neutraalilämpötilassa (+12°C- +22°C), jotta kiskojen lämpölaajeneminen saadaan pidettyä hallinnassa.



KUVA 4. Sepeliradan rakentaminen käynnissä Viikinmäessä (2022)

Pohjasepelöinti tehdään ensin toiselle raiteelle kantavan kerroksen päältä 200 mm paksuudelta koneohjatulla kaivinkoneella. Sepelöinti jätetään tässä vaiheessa 50 mm teoreettista pintaa alemmas, jotta raiteentukemiskoneelle jää nostovaraa lopputuentoja tehtäessä. Sepelöity raide pölkytetään 650 mm pölkyjällä viereisen raiteen välikerroksen päältä, jonka jälkeen kiskotetaan pölkytetty raide kiskopyöräkaivinkonetta ja tela-alustaista kaivinkonetta käyttäen. Kiskotuksen jälkeen tehdään jälkisepelöinti viereisen raiteen välikerroksen tai kiskopyöräkaivinkoneella raiteen päältä. Toisella raiteella työvaiheet ovat muutoin samat, mutta pohjasepelöinti on tehtävä välikerroksen päällä peruuttaen ja kiskotus tapahtuu kiskopyöräkaivinkoneella (Kuva 6).

Lopputuennat tehdään, kun sepelirataa on valmiina useampi kilometri. Tuentayksikkö tulee alihankintana ulkomailta ja kustannussyistä ei rataa kannata tukea liian lyhyissä pätkissä. Tuntojen jälkeen rata harjataan ja tarvittaessa lisäsepelöidään, jotta sepelin pinta saadaan betonipölkyjen yläpinnan tasalle. (Raidejokeri allianssin sepeliradan ohjekortti. 2023.)



KUVA 5. Kiskopyöräkaivinkone (2021)

3 HITSAUSMENETELMÄT

3.1 Termiittihitsaus

Valusulahitsausmenetelmiin kuuluva sulahitsaus muottiin, ts. termiittihitsaus on paljon käytetty kiskojen hitsausmenetelmä, jossa kiskojen päät liitetään toisiinsa valamalla. Hitsaus aloitetaan sahaamalla kiskojen välinen rako 24 mm levyiseksi, jonka jälkeen kiskojen kiinnitykset avataan saumasta katsottuna molempiin suuntiin kahdesta puolipölkystä, asetetaan päät kiiloilla linjaan ja ylikorotetaan kulkupintaa 1,2–1,6 mm. Hitsausmuotit asetetaan kiskojen kylkiin niin, että ne ovat pystysuorassa ja keskeisesti sahattuun hitsirakoon nähden. Muottien ja kiskojen raot topataan tiivistyshiekalla (Kuva 7), jonka jälkeen kiskojen päät esilämmitetään noin 1000°C joko happipropaani polttimella tai siihen erikseen suunnitellulla propaania ja paineilmaa yhdistävällä lämmittimellä. Jatkosta esilämmitetään kaksi minuuttia, jonka jälkeen asetetaan muottien päälle valutulppa ja kertakäyttöinen thermit-annos kohtisuoraan ja keskeisesti. Annoksen ollessa paikallaan se sytytetään magnesiumia sisältävällä sytytystikulla, joka aikaansaa voimakkaan paloreaktion, jossa thermit-seos sulaa ja valuu muotin sisään täyttäen kiskojen välisen raon alhaalta ylös, kiskon jalasta hamaran yläpintaan saakka.



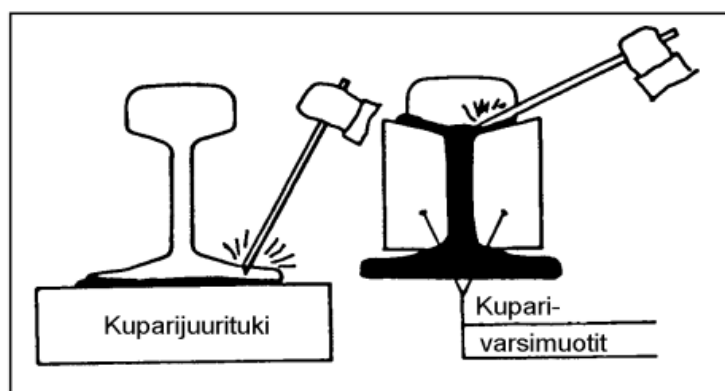
KUVA 6. Topattu termiittimuotti ennen hitsausta (2023)

Valun annetaan jähmettyä muottien sisällä viisi minuuttia, jonka jälkeen hamaran päältä ja reunoilta poistetaan ylimääräinen teräs kuumatyöstölaitetta käyttäen. Laitte asetetaan hamaran päälle ja kiristetään kahdella ruuvattavalla leualla tiukasti kiinni kiskoon niin, että laitteen keskikohta on hitsisauman kohdalla. Tämän jälkeen luodaan käsikäyttöisellä kammella hydraulinen paine sylinteriin, joka työntää liikkuvaa leukaa kiinteää leukaa vasten ja näin leikkaa ylimääräisen teräksen sauman päältä. Sauma hiotaan sen ollessa vielä kuuma, mutta siihen jätetään yhden millimetrin kutistumisvara jäähtymistä ja loppuhiontaa varten. Tunnin kuluttua valusta poistetaan esikorotuskiilat, kiinnitetään kisko takaisin puoli-pölkkyihin ja hiotaan hitsi lopulliseen muotoon. (Hitsaustyönjohtaja. NRC Group Finland Oy. 2022)

3.2 Kaarijatkoshitsaus

Kaarijatkoshitsaus eli puikkohitsaus on menetelmä, jossa puikonpitimeen kiinnitetty \varnothing 4–5 mm lisäainepuikko toimii hitsauselektrodina, jolloin puikon ja työkapaleen väliin muodostuu valokaari. Raide-jokerilla kaarijatkoshitsausta käytetään pääsääntöisesti erikoiskohteissa, joita ovat muun muassa vaihteet ja kiskonliikuntalaitteet, joiden komponentit ovat kalliita ja tilausajat pitkiä. Tällä pienennetään vahinkojen mahdollisuutta, kuten termiittihitsauksessa mahdollisen läpivalun syntymistä. Läpivalussa sula rautaseos pääsee valumaan huonosti topatun tai haljenneen muotin läpi pois hitsausraosta, jolloin hitsaus jää vajaaksi. Sula rautaseos kuitenkin sulattaa kuumennettujen kiskojen päitä sen verran, että rako kasvaa liian suureksi ja tällöin on vaihdettava tilalle vähintään kaksi metriä uutta kiskoa ja tehtävä uusi hitsaus, koska samassa kiskossa olevien hitsausaumojen väli ei saa olla pienempi. Vaihteilla ja kiskonliikuntalaitteilla tämä ei ole kuitenkaan vaihtoehto, sillä niissä olevat kiskot ovat koneistettuja ja/tai taivutettuja, jolloin niiden toimitusaika voi olla viikoista useampaan kuukautta.

Hitsin teko aloitetaan sahaamalla kiskojen välinen rako 15-18 mm levyiseksi, jonka jälkeen kiskojen kiinnitykset avataan saumasta katsottuna molempiin suuntiin kahdesta puolipölkystä, asetetaan päät kiiloilla linjaan ja ylikorotetaan kulkupintaa 2-3 mm. Kiskon jalan alle laitetaan kuparinen juurituki, jota vasten hitsaus tapahtuu (Kuvio 3). Kiskojen päät lämmitetään hitsausraon kautta $+400^{\circ}\text{C}$ työlämpötilaan noin 20 cm etäisyydelle hitsausaumasta sekä jalkaan, että varteen. Lisäksi kuparinen juurituki lämmitetään $+300^{\circ}\text{C}$ lämpötilaan.



KUVIO 4. Kaarijatkoshitsauksen menetelmäperiaate (Väylävirasto, RATO 12)

Kun sauma on hitsattu kiskon jalan osuudelta, poistetaan kuparinen juurituki sekä hitsauspalkoon muodostunut kuona-aine ja asetetaan kuparinen varsimuotti kiskon uuman hitsausta varten. Kiskoprofiili lämmitetään jälleen työlämpötilaan muottien molemmilta puolilta, mutta ylikuumenemisen välttämiseksi ei hitsiraon kautta. Sauma hitsataan kiskon kulkupinnasta yli, jotta viimeistelyhiontaa varten jää 0,5–1,0 mm työvara. Korotuskiilat poistetaan, kun hitsi on jäähtynyt käsin kosketeltavaksi ja kutistumisjännitykset vapautetaan irrottamalla kiskonkiinnitykset 10 pölkyn matkalta kumpaankin suuntaan saumasta, jonka jälkeen ne kiinnitetään uudestaan. (Ratatekniset ohjeet RATO 12. 2019, 18)

3.3 Leimuhitsaus

Konduktiivinen tyssähitsaus eli leimuhitsaus on edellisiin menetelmiin verrattuna lisääaineeton, sillä siinä kiskojen päät liitetään toisiinsa tyssäämällä ne vastakkain takomislämpötilassa noin 1200°C, jolloin kisko on lähes sulaneessa tilassa. Leimuhitsausta käytetään Raide-jokerilla sepeliradan ja varikon kiskojen jatkuvaksi hitsauksessa.



KUVA 7. Leimuhitsausyksikkö (2021)

Leimuhitsausyksikkö (Kuva 8) on kuorma-auton perävaunun päälle kiinnitetty kontti, joka pitää sisällään voimanlähteenä toimivan dieselmoottorin, jäähdytysjärjestelmän, hydraulikkayksikön, polttoainetankin, aggregaatin, hitsausprosessin ohjausyksikön sekä nostovarrella ulos maan tasalle laskettavan ”hitsauspään”. Yksikkö on Schlatterin valmistama AMS 60 vuosimallia 2005 ja se on ostettu silloiselle Oy VR-Rata Ab:lle Kerava-Lahti oikoradan rakentamishankkeelle. (Leimukoneen käyttäjä. NRC Group Finland Oy. 2021)

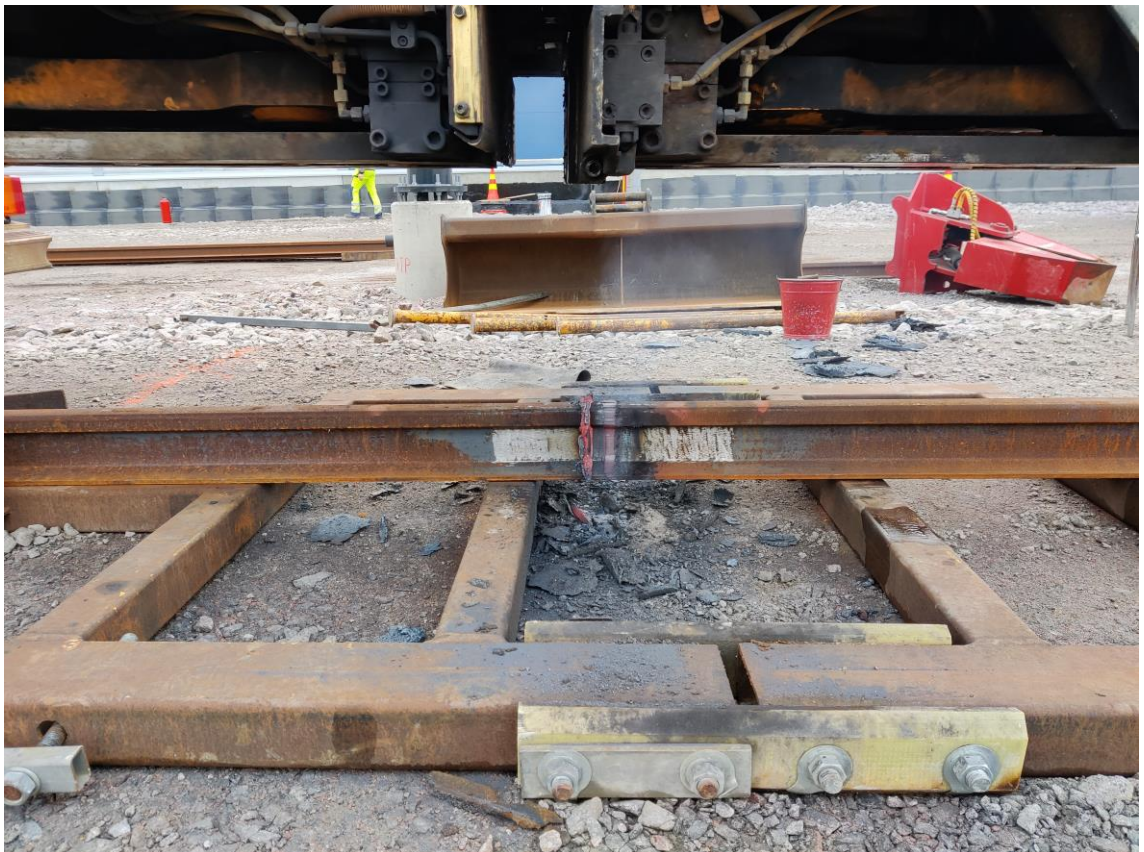
3.3.1 Hitsausprosessi

Hitsausta varten vaaditaan tasainen ja suora alusta, jonka päälle nostetaan tukikehikko. Kehikon keskellä olevat lasikuidusta tehdyt sidekiskot eristävät kehikon puolikkaat toisistaan, jotta hitsauksessa käytettävä sähkövirta ei kulkeudu sen kautta. Molemmissa kehikon päissä on teräspalkit laakeroiduilla rullilla, joita pitkin kiskoa kuljetetaan hitsausyksikön alitse poispäin hitsauspäästä. Kiskonkäsittelylaitteella varustettu kaivinkone nostaa kiskoja yksitellen kasalta ja tuo ne leimupään alle siten, että ensimmäinen kisko työnnetään yksikön alle leimupään ohi. Toinen kisko tuodaan päittäin ensimmäisen kiskon kanssa ja kiskojen uumat hiotaan kulmahiomakoneella paremman kontaktin saamiseksi (Kuva 9).



KUVA 8. Kiskot valmiina hitsaukseen (2021)

Leimukoneenkäyttäjä säättää hitsauspäättä siinä olevan ohjaustaulun kautta ja kohdistaa sen keskeisesti kiskoihin nähden. Hitsauspään alla on kahdeksan tarrainta, joista neljä on kiinteää. Kiinteillä tarraimilla tartutaan kiinni kiskosta ja liikkuvilla tarraimilla toisesta, jolloin saadaan säädettyä kiskojen väliin jäävä rako sopivaksi. Kun kiskot on asemoitu käynnistetään hitsausprosessi, jossa kiskosta toiseen kulkee 35 000-37 000 ampeerin sähkövirta. Tämä kuumentaa kiskojen päät takomislämpötilaan, noin 1200°C. Kiskojen saavutettua halutun lämpötilan, koneen automatiikka painaa liikkuvilla tarraimilla kiskot tiukasti vastakkain (tysäys), jonka lopputuloksena syntyy hitsisauma. Kone leikkaa ylimääräisen purskeen sauman ympäriltä ja jättää jälkeensä viimeistelyhiontaa vaille valmiin hitsin (Kuva 10). Sauman syntymiseen käynnistysnapin painamisesta kuluu aikaa noin kolme minuuttia, josta suurin osa kuluu kiskojen lämmittämiseen. (Leimukoneen käyttäjä. NRC Group Finland Oy. 2021)



KUVA 9. Valmis leimuhitsi (2021)

4 LEIMUN HYÖDYNTÄMINEN KIINTORAIDELAATALLA

4.1 Puolipölkkyrakenne leimuhitsatuilla kiskoilla

Työjärjestys käytettäessä leimuhitsausta olisi kiskojen asennukseen saakka vastaavanlainen, kuin 18 metrin kiskoja käytettäessä, sillä erotuksella että pohjien vastaanottamisen jälkeen kohteeseen tuotaisiin leimuhitsausyksikkö ja yksittäiset kiskot pinon keskeiselle paikalle. Kiskonkäsittelypöydällä varustettu kaivinkone olisi yksikön apuna syöttämässä kiskoja hitsauspäähän ja siirtämässä valmiin hitsauksen jälkeen kiskoa oikeaan kohtaan radan reunaa, odottamaan kiskotusvaihetta.

Leimuhitsauksen jälkeen työt etenisivät normaaliin tapaan runkomelueristeen asennuksella, pölkytyksellä ja kiskotuksella. Kiskotuksen jälkeen rata nostettaisiin säätöpulttien varaan ja tehtäisiin raaka-asemointi, mitä seuraisi hajavirtakumien liimaus, muotitus ja valu. Termiittihitsausta käytettäessä valun jälkeen olisi vuorossa kiskojen jatkuvaksi hitsaus, mikä taas leimulla jäisi pois. Sen sijaan tehtäisiin 90 metrin välein loppuhitsit neutraalilämpötilassa. Loppuhitsien jälkeen myös hitsikohdat eristettäisiin hajavirtakumeilla, jolloin työkohte olisi valmis.

4.2 Toteuttaminen

Pitkien jatkuvaksi hitsattujen kiskojen käyttö puolipölkkyjen kanssa on haastavaa (Kuva 11). Puolipölkkyt ovat sepeliradan pölkkyjen painosta noin kolmasosan, mikä tekee kiskotusvaiheessa sen, että pölkkyt lähtevät liikkumaan herkästi. Tätä edesauttaa pölkkyjakoa helpottavat ja toisaalta myös välttämättömät RHS-putket, jotka ovat pölkkyjen alla. Pitkää 90 metristä kiskoa ei pysty järkevästi nostamaan kokonaan ilmaan, vaan kisko pitäisi "uittaa" pölkyn päälle vähän kerrallaan kaivinkonetta tai autonosturia käyttäen, mikä poikkeuksetta liikuttaa pölkkyjä. Myöskään kiskoalvistaja ei suosittele nostamaan yli 60 metristä kiskoa kokonaan ilmaan ja käytännössä se vaatisi jopa kolme nosturiautoa, sillä jo 60 metrinen kisko tarvitsee neljä nostopistettä.



KUVA 10. kiskotusta 36 metrisillä kiskoilla (2021)

Valmistajan ohjeiden mukaan kiskoa ei myöskään saa siirtää maata pitkin vetämällä, sillä siitä mahdollisesti syntyvät naarmut saattavat aiheuttaa mikrohalkeamia, joiden kohdalta kisko saattaa ajan kanssa katketa. (Logistiikkapäällikkö. NRC Group Finland Oy. 2021)

4.3 Aikataulu

Hitsaustyöt suoritetaan pääsääntöisesti kahden hengen työryhminä, jolloin tavoitemäärä työvuoroa kohden on neljä valmiiksi hiottua termiittihitsiä. Leimuhitsausyksikön vastaava tavoite on ollut raitiotiehankeilla 20 valmista hitsiä, mutta koneenkäyttäjän mukaan sillä on päästy rautatietyömailla jopa 40 hitsiin työvuorossa ilman loppuhiontoja. Toisin sanoen leimuhitsauksella saavutetaan yhdessä

5 POHDINTA

5.1 Aikataulu

Aikataulullisesti leimuhitsaus säästäisi teoreettisessa puolen kilometrin työkohteessa vain kolme työvoroa, kokonaiskeston ollessa reilu seitsemän viikkoa. Pieni ero johtuu puolipölkkyradan monista työvaiheista kiskotuksen ja muotituksen välillä, joka pitkittää seuraavan laatan aloitusta. Termiitillä hitsattaessa hitsausryhmällä tulee välissä jopa odottelua, joten se ei ole aikataulussa pidentävä työvaihe.

Leimuhitsauskonetta käytetään rautateillä usein kiskoilla kulkevasta vaunusta tai työkoneesta, jolloin kiskot ovat jo nostettu pölkkyjen päälle eikä rataa tällöin kiskoteta jatkuvaksi hitsatuilla kiskoilla. Puolipölkkyillä tämä tehtäisi käytännössä valutöiden jälkeen, mikä vaatisi investointeja kiskopyöräkaluston muodossa. Nykyistä leimuhitsauskonetta siirretään kuorma-auton perävaunulla, joten kone täytyisi asentaa kiskopyörillä varustettuun kuorma-autoon.

Hitsausprosessissa yksi kisko lyhenee noin 15 mm, jolloin sauman hitsaus lyhentää valmista kiskoa yhteensä noin 30 mm. Valmiin laatan päällä hitsattaessa tämä lisäisi huomattavasti kiskojen liikuttamisen tarvetta, kun raidetta edetessä valmiit hitsausraot kasvaisivat jatkuvasti liian suuriksi. Jotta kiskoja pystyttäisiin liikuttamaan pölkkyjen päällä, täytyisi pölkkyissä olevat kiinnikkeet avata aina ennen kiskojen siirtämistä. Tämä lisäisi kiskotyöryhmän töitä huomattavasti, koska kiinnikkeiden tulee olla kiinni aina kiskopyöräkalustolla raiteella kuljettaessa.

5.2 Kustannusero

Luvun sisältö on käsitelty salatussa liitteessä.

5.3 Laatu

Laadun näkökulmasta leimuhitsaus on automatiikan ansiosta tasalaatuinen, eikä siinä ole lisäaineettomuuden johdosta läpivalun riskiä, kuten termiitillä. Toisaalta hitsauspään tulee olla oikeanlaisissa säädöissä, jotta hitsausseamasta tulee täysin suora. Koneen ollessa lähes 20 vuotta vanha tulee säätöihin kiinnittää entistä enemmän tarkkuutta ja konetta huoltaa tiuhempaan, jotta laatuvaatimukset täyttyvät.

Termiitillä hitsattaessa on olemassa läpivalun riski, jolloin sula rautaoksidiseos pääsee karkaamaan muotista halkeaman tai huonon toppauksen vuoksi. Lisäksi kiskojen suoruus suoritetaan kiilaamalla kiskojen ollessa pölkkyjen päällä, joka leimuun verrattuna voi aiheuttaa kulkupinnan tai -reunan vinoutta. Kiskohitsaajilla tulee olla käytynä hitsauspätevyyskoulutus, joka on voimassa kaksi vuotta kerrallaan ja jonka voimassaolo edellyttää, ettei hitsauksessa ole yli puolen vuoden taukoa. Pätevyydellä varmistetaan, että vaadittava osaaminen hitsaustyöhön säilyy ja tätä kautta työn laatu on vaaditunlaista.

Molemmilla menetelmillä viimeistelyhionnan suorittaa kiskohitsaaja kulmahiomakoneella sekä rullilla varustetulla polttomoottorikäyttöisellä hiontalaitteella. Käsin suoritettussa hionnassa on mahdollista, että sauman hionta jää vajaaksi, jolloin hitsiin jäävä patti tuntuu vaunulla yli ajettaessa. Hitsaajat mittaavat hiottavaa saumaa metrin mittaisella teräsviivaimella ja rakotulkilla, jotta pysytään vaadituissa toleransseissa. Raitioteillä käytetään Väyläviraston määrittämiä suoruusvaatimuksia, jotka ovat kulkupinnan osalta +0,6...-0,0 mm ja kulkureunan +0,0...-0,3 mm.

6 YHTEENVETO

6.1 Tulevat hankkeet

Pikaraitiotiehankkeita on näköpiirissä useiksi vuosiksi eteenpäin, tällä hetkellä käynnissä olevien lisäksi on hankesuunnittelu hiljattain valmistunut Tampereella Pirkkala – Linnainmaa osuudella, Turun raitiotiellä sekä Vantaan ratikalla se valmistuu kevään aikana. Leimuhitsauksen hyödyntämisen edut huomioon ottaen, olisi se tulevaisuuden hankkeilla oikein suunniteltuna ja toteutettuna vartenotettava vaihtoehto tai vähintään lisäys termiittihitsaukselle kiintoraiteella, mikäli tämä on ratapohjien valmistumisen ja työn yhteensovituksen kannalta mahdollista.

6.2 Lopputulema

Pikaraitiotien sijoittuminen kaupunkiympäristöön vaikeuttaa leimuhitsauskoneen tehokasta hyödyntämistä kiskojen hitsauksessa. Työkohteet ovat usein verrattain lyhyitä pätkiä ja sisältävät tonttiliittymiä tai risteyksiä, joissa liikennejärjestelyjen vuoksi joudutaan tekemään risteys lyhyemmissä pätkissä. Jotta leimun käytöstä kiintoraiteella saavutettaisiin selkeää hyötyä, olisi kerralla tehtävän työalueen oltava vähintään puoli kilometriä tai enemmän, joka on auttamatta liian pitkä tehtäväksi kerrallaan kaupunkiympäristössä. Pikaraitiotien sepeliratakohteet, missä leimua tyypillisesti käytetään, sijoittuvat sellaisille alueille missä raitiotie kulkee selkeästi erillään muusta liikenteestä ilman liittymiä tai kevyen liikenteen ylityskohtia.

Työn lopputuloksena voidaan todeta leimuhitsaus soveltuvan käytettäväksi kiintoraiteella tapauskohtaisesti. Kerralla tehtävän työkohteen on oltava riittävän pitkä, minimissään puoli kilometriä tai pidempi. Yhtä pitkiä kohteita tulisi olla projektin aika useita, jotta kustannus- ja aikatauluhyödyistä saadaan kaikki mahdollinen hyöty. Leimuhitsauksessa ja kiskotuksessa avustava kaivinkoneenkuljettaja tulee olla kokenut kiskojenkäsittelyssä, jotta työ saadaan sujumaan aikataulussa aiheuttamatta vahinkoa kiskoille tai kalustolle.

LÄHTEET

Hitsaustyönjohtaja. NRC Group Finland Oy, Haastattelu 3.2.2022

Hitsausyksikön päällikkö. NRC Group Finland Oy, 15.4.2021

Leimukoneen käyttäjä. NRC Group Finland Oy, 14.4.2021

Logistiikkapäällikkö. NRC Group Finland Oy, Haastattelu 16.12.2021

Norjalainen NRC Group ostaa VR Trackin – kaupassa muodostuu Pohjoismaiden suurin raideinfrayhtiö. 11.10.2018. Luettu 20.4.2021. <https://yle.fi/a/3-10451180>

Raide-Jokeri allianssin hankesivut. n.d. Raide-Jokeri allianssi. Luettu 13.4.2021. <https://raidejokeri.info/mika-raide-jokeri/>

Raide-Jokeri allianssin hankesivut. n.d. Raide-Jokeri allianssi. Luettu 16.4.2021. <https://raidejokeri.info/usein-kysyttya/raide-jokeri-linja-toteutetaan-soveltaen-allianssimallia-mita-se-tarκοittaa/>

Raide-jokeri allianssin sepeliradan ohjekortti. Sisäinen aineisto. Luettu 1.3.2023.

VR-konserni uudistaa brändejään. 1.10.2010. Luettu 20.4.2021. <https://www.vrgroup.fi/fi/vrgroup/uutiset/vr-konserni-uudistaa-brandejaan-011120100402/>

Väylävirasto. Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 12. Päälysrakennehitsaus. 31.12.2019. Luettu 24.5.2021 https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2019-31_rato12_web.pdf

LIITTEET

Liite 1. Kustannusten muodostuminen

Liite on salassa pidettävä

Liite 2. Kustannusero

Liite on salassa pidettävä