

Antti Suominen

**HUOLTOTIEN PEHMEIKKÖRAKENTAMINEN VÄLILLÄ OULAI-
NEN - KILPUA**

Huoltotien pehmeikkörakentaminen välillä Oulainen - Kilpua

Antti Suominen
Huoltotien pehmeikkörakentaminen välillä
Oulainen - Kilpua
Kevät 2015
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikka, rakennetekniikka

Tekijä: Antti Suominen

Opinnäytetyön nimi: Huoltotien pehmeikkörakentaminen välillä Oulainen - Kilpua

Työn ohjaaja: Jarmo Erho

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2015 Sivumäärä: 37

Opinnäytetyössä perehdyttiin huoltotien rakentamiseen ja tarkasteltiin tarkemmin ongelmia, joita tulee kantavuuden heikentyessä pehmeiköiden kohdalla. Tarkoituksena oli myös perehtyä pehmeikkörakentamismenetelmiin ja selvittää maaperän vaikutukset rakennustavan valintaan.

Työn tavoitteena oli kuvata huoltotien rakentamisen vaiheet työnjohdon näkökulmasta työmaalla ja tutkia tarkemmin pehmeiköiden ylitystä. Vuonna 2013 rakennettiin huoltotie Seinäjoki–Oulu-ratavälille, Oulaisten ja Kilpuan asemapaikkojen välille. Valmista radan viereistä huoltotietä rakennettiin 7,6 kilometriä maastossa, jossa työntekijöiden päähuomio oli pehmeikkörakentamisessa.

Tarkasteltavalla työmaalla pehmeikköjen ylitykseen oli suunniteltu käytettäväksi ainoastaan lujiteverkkoa pienellä kalliomurskeen raekoolla. Tätä yritettiin kehittää paremmin kantavaksi rakenteeksi töiden ollessa jo käynnissä. Työmaalla kokeilemalla löydettiin hyvät ratkaisut pehmeikkökohtien ylityksiin yhtä kohtaa lukuun ottamatta. Tämän pehmeimmän kohdan ylitykseen pyrittiin löytämään muutakin pehmeikkörakentamisen keinoa kuin lujiteverkko.

Työssä saatiin suunniteltua hyvin kantavaa huoltotietä vaaditulle kilometrivälille. Kunnolla ennalta suunniteltuna työ olisi tullut huomattavasti halvemmaksi, mikä tullaan huomioimaan myöhemmissä suunnitelmissa ja urakoissa. Koska työ tehtiin suurten radankunnostustöiden yhteydessä, huoltoteiden suunnitteluun ei ollut kukaan paneutunut tarpeeksi. Pehmeiköiden ylityksissä lujiteverkko toimi kelvollisesti. Eniten painuvaan kohtaan suositellaan käyttämään paremmin kantavia vaihtoehtoja, kuten teräsverkkoja sekä stabilointia.

Asiasanat: Maarakennus, huoltotiet, radanrakennus, rautatiet

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Construction Engineer, Structural Engineering

Author: Antti Suominen

Title of thesis: Building of Maintenance Road on Soft Soil

Supervisor: Jarmo Erho

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2015 Pages: 37

This thesis concentrates on the construction of a service road and discusses the problems that there are in the load-bearing capacity of soft soil areas. The aim is also to study the construction methods used for soft soil and to find out the effects of the choice of construction method.

The aim was to describe the phases of constructing the service road from the work management point of view and explore it in more detail in a soft soil crossing. In 2013, a service roads were built in the Seinäjoki–Oulu railway line between Oulainen and Kilpua railway station stops. Next to the railway, a service road of 7,6 kilometers was built in terrain, where the workers' main focus was on soft soil construction.

On the construction site under consideration, reinforcing mesh with small stones of crushed rock were designed to be used for the soft soil overruns. The aim of this method was to develop a better load-bearing structure, when the work was already in progress. On site, good solutions for overruns of soft soil were found by testing, expect in one point. The attempt was to find a different method of soft soil construction than the reinforcing mesh for this softest point of the service road.

A well bearing service road to the required distance was accomplished in the work. It was noted that a properly pre-planned work would become considerably cheaper, which will be recognized in subsequent plans and contracts. Because the work was done in connection with major track renovation work, the maintenance of roads planning had been given too little attention. For example, on the soft soil overruns reinforcing mesh doesn't work validly. For the softest soil it is recommended to make better use of load-bearing options, such as steel mesh and stabilization.

Keywords: Groundwork, maintenance of roads, railroads, railway construction

ALKUSANAT

Opinnäytetyön idea lähti työskennellessäni työnjohtajana huoltoteiden rakennustyömaalla. Tästä lähtevät kiitokset sen hetkiselle työnantajalle ja projektinjohdolle. Voisin kuitenkin hieman antaa kritiikkiä kyseiselle firmalle työsuhteen päättymisen jälkeisestä kiinnostuksen puutteesta tähän opinnäytetyöhön liittyen.

Opinnäytetyö valmistui tilaajan puuttumisesta huolimatta. Tästä kuuluvat kiitokset Oulun ammattikorkeakoulun lehtori Jarmo Erholle, häneltä sain ohjeet opinnäytetyön aloitukseen, tekemiseen ja valmiiksi saamiseen. Kiitokset myös Oulun ammattikorkeakoulun tuntiopettaja Soili Fabritiukselle opinnäytetyön tekstin ohjauksesta ja kielenhuollosta. Lisäksi suuret kiitokset tyttöystävälleni, joka auttoi työssä ja tuki todella paljon työn aikana.

Oulussa 22.4.2015

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKUSANAT	5
SISÄLLYSLUETTELO	6
1 JOHDANTO	8
2 RADAN HUOLTOTIET	9
2.1 Huoltoteiden käyttötarkoitus	9
2.2 Huoltotien tekniset suunnittelu- ja mitoitusperiaatteet	10
2.2.1 Toimenpideohjeet kunnossapitäjille	14
2.2.2 Ympäristöasioiden huomioon ottaminen	15
3 PEHMEIKKÖRAKENTAMISMENETELMIÄ	16
3.1 Stabilointi	16
3.1.1 Pilaristabilointi	16
3.1.2 Massastabilointi	17
3.2 Lujiteverkko	17
3.3 Suodatinkangaspaketti	19
3.4 Massanvaihto	19
3.4.1 Massanvaihto kaivaen	20
3.4.2 Massanvaihto pengertäen	20
3.5 Teräsverkko	21
4 OULAINEN - KILPUA	23
4.1 Seinäjoki-Oulu radan kunnostaminen	23
4.2 Suunnitteluohjeet	25
4.3 Puuston raivaus	25
4.4 Kaapelit	25
4.5 Pohjan valmistelu	27
4.6 Tien kantava rakenne	28
4.6.1 Kalliomurske	28

4.6.2 Raidesepeli	28
4.7 Viimeistely	29
5 HUOLTOTIEN RAKENTAMINEN KOHTEESSA	31
5.1 Lujiteverkon käyttö	33
5.2 Pohjanvahvistusmenetelmien käyttö huoltotien rakentamisessa	33
5.2.1 Stabilointi	33
5.2.2 Lujiteverkko	34
5.2.3 Suodatinkangaspaketti	34
5.2.4 Massanvaihto	34
5.2.5 Teräsverkko	34
6 YHTEENVETO	35
LÄHTEET	35

1 JOHDANTO

Tunneleiden, ratapihojen, vaihteiden, laitureiden, turvalaitteiden, sähkön syöttö-
asemien ja muiden radan erikoisrakenteiden kunnossapito edellyttää, että näi-
hin kohteisiin on hyvät kulkuyhteydet. Koska olemassa oleva väyläverkko ei
läheskään aina turvaa pääsyä edellä mainittuihin kohteisiin, on pääsy turvattava
rakentamalla huoltoteitä. Huoltotieltä on suunniteltava yhteydet erikoisrakentei-
den kunnossapitokohteille. Huoltoteiltä on oltava kulkuyhteys yleiseen tie- tai
katuverkoston, mutta niille on pääsääntöisesti estettävä ulkopuolisten pääsy.
(1, s. 13.)

Opinnäytetyön tarkoituksena on kuvata rataverkoston varrella olevia huoltoteitä
ja niiden tekemisen vaiheita työnjohdon näkökulmasta. Lisäksi tavoitteena on
tarkistella erilaisia vaihtoehtoja huoltoteiden rakentamisesta pehmeiköille. Työs-
sä tarkasteltava työmaa sijaitsee Oulaisten ja Kilpuan asemapaikkojen välisellä
rataosuudella.

Koska radan varteen rakentaminen ei mahdollista pehmeiköiden kiertämistä,
tulee huoltotie ylittämään monesti erittäin märkiäkin kohtia. Tässä työssä yrite-
tään löytää oikean tyyppistä tapaa tehdä huoltotietä upottavalle pehmeikölle.
Vesistöjen ylitse ei yleensä rakenneta huoltotieyhteyttä, jos molemmille rannoil-
le on järjestetty pääsy.

2 RADAN HUOLTOTIET

2.1 Huoltoteiden käyttötarkoitus

Huoltotiet on sijoitettava rautatiealueelle. Liikennevirasto lunastaa maata maanomistajilta tarvittaessa sen verran, että huoltotie mahtuu rautatiealueen sisälle. Huoltotiet tulee rakentaa niin, etteivät ne aiheuta enää käytettäessä turvallisuusriskiä junaliikenteelle. Jos radan varressa on valmiiksi yksityisiä tai yleisiä teitä siten, että niiltä onnistuu radan erikoisrakenteiden kunnossapito, voidaan näitä teitä käyttää huoltoteinä. Tällöin Liikenneviraston on liityttävä tiekunnan osakkaaksi tai haettava niihin tieoikeus. Huoltotielle on oltava pääsy yleiseltä tieltä. (1, s. 13.)

Radan kunnossapitoon ja rakennusurakoihin käytetään mahdollisimman paljon valmiita teitä. Valmiita teitä on yleensä vain taajamien kohdalla, joten taajamien ulkopuolelle tulee olla pitkät huoltotieverkostot. Huoltoteiden kautta on hyvä suorittaa useimpia rakennusvaiheita osittain tai kokonaan. Tämän vuoksi ne olisi suunniteltava ja toteutettava ennen kuin kyseiselle kohdalle aloitetaan isoimmat urakat. Ratahankkeita varten tehtävät työmaatiet suunnitellaan tarkoituksenmukaisesti niin, että ne voivat rakennustöiden jälkeen toimia huoltoteinä. (1, s. 13.)

Huoltoteiltä on oltava turvallinen pääsy molemmille raiteille, kaksiraiteisella radalla on suunniteltava huoltotiet radan molemmille puolille. Yksiraiteisella radalla riittää vain toisella puolella oleva huoltotie. Yksiraiteisen radan huoltotie olisi hyvä suunnitella niin, että mahdollisesti tulevaa kaksoisraidetta ei rakenneta juuri sille huoltotien puolelle. (1, s. 13.)

Vesistöjä kohdatessa huoltotielle ei tarvitse rakentaa omaa siltaa ylitse, kunhan rautatiesillalle on pääsy huoltotieltä molemmilta puolilta vesistöä. Jos huoltotielle kuitenkin halutaan rakentaa oma silta, tiedot siitä on ilmoitettava Liikenneviraston siltarekisteriin. Myöskään muiden erittäin vaikeakulkuisten maastojen kohdalle ei tarvitse rakentaa tietä, jos vaaditaan erikoistöitä, kuten kallioulouhintaa, tai osuudella ei ole kohdetta, jonne on välttämätöntä päästä kunnossapito-

tai huoltokoneilla. Huoltoteiden sijainti maastossa esitetään ratasuunnitelmasa. (1, s. 13.)

Turvallisuussyistä huoltotiet ovat vain radanpitäjän, urakoitsijan tai kunnossapitäjän käytettävissä ja niille pääsy estetään lukittavin puomein, joissa on kielto-kielpi tekstillä ”Asiattomilta pääsy kielletty”. Suunnitelmissa on osoitettava huoltoteiden puomien sijainti. Palo- ja pelastuslaitos saa puomien avaimet tarvittaessa. (1, s. 13.)

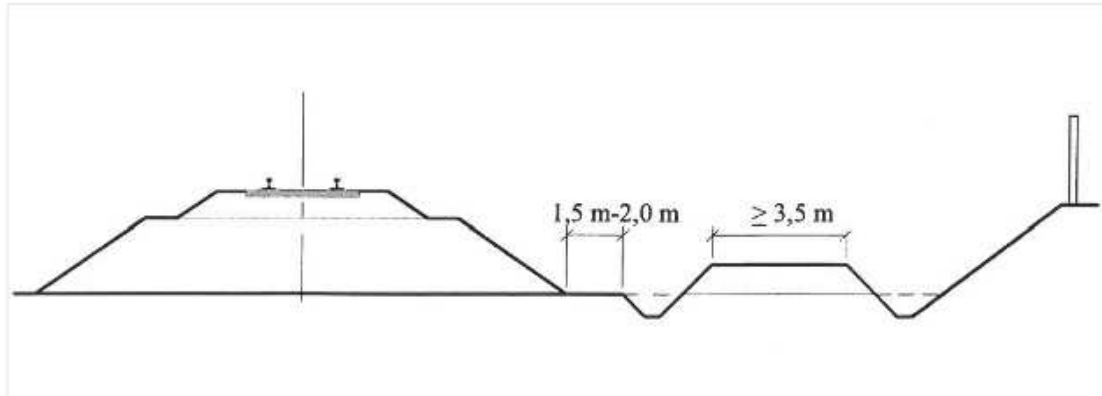
Jos huoltotietä tarvitsee käyttää kulkuyhteytenä muulle kuin rautatiealueelle, voi kiinteistönomistaja hakea poikkeustapauksessa Liikennevirastolta erillistä lupaa huoltotien käyttöön. Huoltoteitä ei ole yleensä suunniteltu eikä rakennettu raskaita puukuljetuksia varten. Tämän takia käyttöoikeuden myöntämistä yksityiselle harkittaessa on selvitettävä liikennöintitarve ja erityisesti tulevien kuljetusten paino. Mikäli myös kiinteistönomistajalle annetaan oikeus huoltotien käyttöön, tulee huoltotien turvalliseen käyttöön kiinnittää erityistä huomiota esimerkiksi lisäämällä kaiteita tien ja radan väliin. (1, s. 13.)

2.2 Huoltotien tekniset suunnittelu- ja mitoitusperiaatteet

Huoltoteiden tarpeet ja niiden tavoitteet määritellään suunnitteluperusteissa. Huoltoteiden yleisin mitoitusnopeus on 10–30 km/h ja pienin akselipaino mitoitukselle on 3 tonnia. Huoltotien rakenteen tulee kestää pelastusajoneuvojen kulkeminen. Tapauskohtaisesti on selvitettävä, täyttyvätkö perusteet suuremman akselipainon käytölle. Perusteita voivat olla esimerkiksi palo- ja pelastuslaitoksen kuorma-autot, työkoneet ja puutavararekat. Vaikka huoltotie olisi mitoitettu minimin mukaan, se yleensä kestää enemmänkin, koska sen tulee kestää jo rakennusvaiheessa raskaita kuorma-autoja. Puutavarakuljetuksille käytetään tavoitekantavuuden määrittämiseksi paripyöräakselille akselipainoa 10 tonnia. Huoltotien rakenteen tai joidenkin muiden syiden asettaessa rajoituksia palo- ja pelastusviranomaisille on heitä informoitava niistä. Päällysrakenteeksi on suunniteltava niin pientä materiaalia, että henkilö- ja pakettiautojen renkaat kestävät huoltotien ajamista. (1, s. 14.)

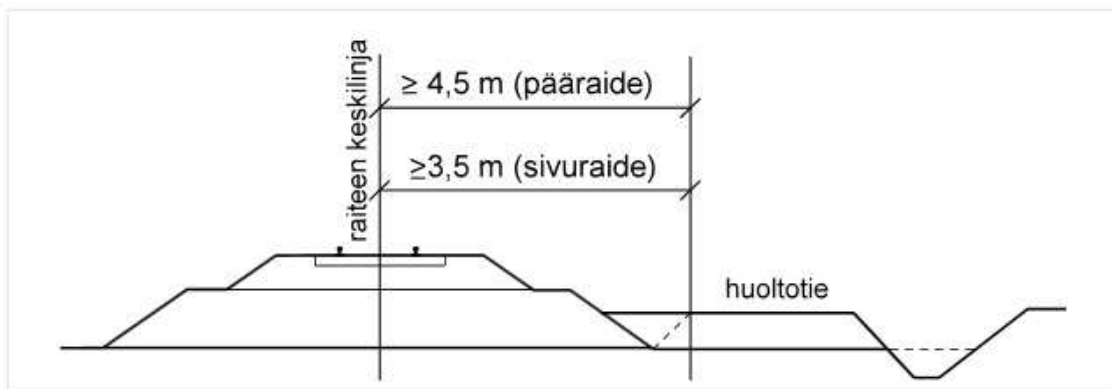
Huoltotien suunnittelussa minimileveys on 3,5 metriä, mutta suositeltava leveys on 4 metriä. Huoltotien lähimmän reunan etäisyys pääraiteen keskilinjasta tulee

olla vähintään 4,5 metriä, mutta jos kyseessä on sivuraide riittää, 3,5 metriä radan keskilinjasta. Jos huoltotien ja radan väliin on suunniteltu oja, tulee ojan ja ratapenkereen väliin jättää 1,5 m - 2 metriä maata kantavuuden varmistamiseksi (kuva 1). (1, s. 14.)



KUVA 1. Huoltotien sijainti suhteessa rataan, kun radan ja tien välissä on oja (1, s. 15)

Huoltotien lähimmän reunan etäisyys pääraiteen keskilinjasta tulee olla vähintään 4,5 metriä, mutta jos kyseessä on sivuraide, riittää 3,5 metrin etäisyys radan keskilinjasta. Huoltotien sijainti radan poikkileikkaukseen on esitetty kuvassa 2. (1, s. 14.)



KUVA 2. Huoltotien sijainti suhteessa rataan, kun huoltotie on kiinni ratapenkereessä (1, s. 15)

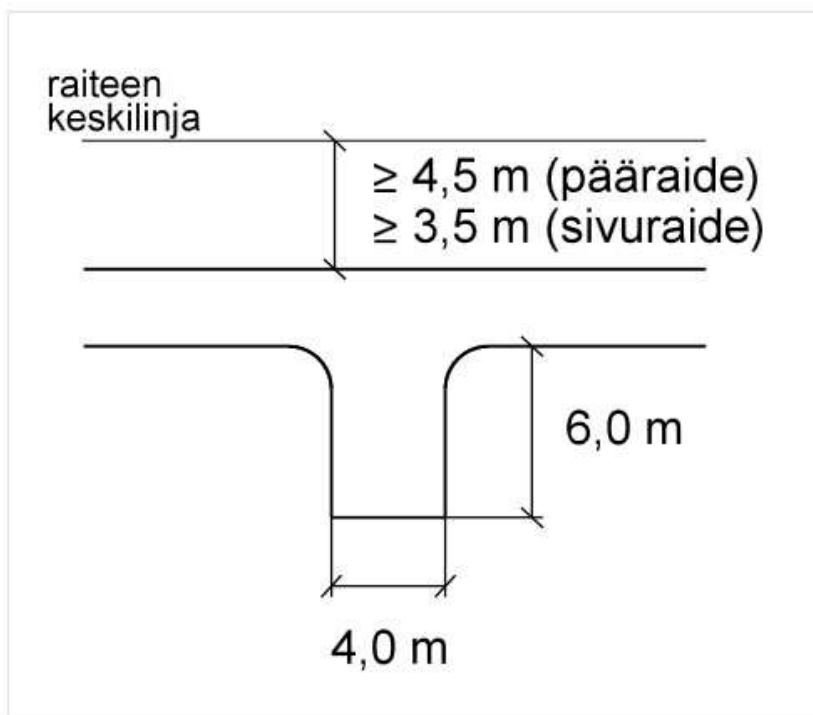
Joissakin paikoissa joudutaan huoltotien ja radan väliin kaivamaan syvä oja. Mikäli radalla on tässä kohtaa erityiskohteita, kuten vaihteita, tulee huoltotieltä

varmistaa turvallinen ja helppo kulku ratapenkereelle esimerkiksi rakentamalla pieni silta ojan ylitse. Tarvittaessa kuivatus voidaan hoitaa huoltotien alitse menevällä rummulla. Huoltotien sijoituksessa kiinni ratapenkereeseen helpottuu raatajan puhtaana pitäminen. (1, s. 14.)

Huoltotie voi mäkisessä maastossa seurata maastonmuotoja tavallista tietä tarkemmin. Silloinkin on kuitenkin varmistettava, että tie edelleen kulkukelpoinen myös raskaammalle kalustolle. Tarvittavien suoja-aitojen ja -kaiteiden sijainti on esitettävä huoltotiesuunnitelmassa. (1, s. 14.)

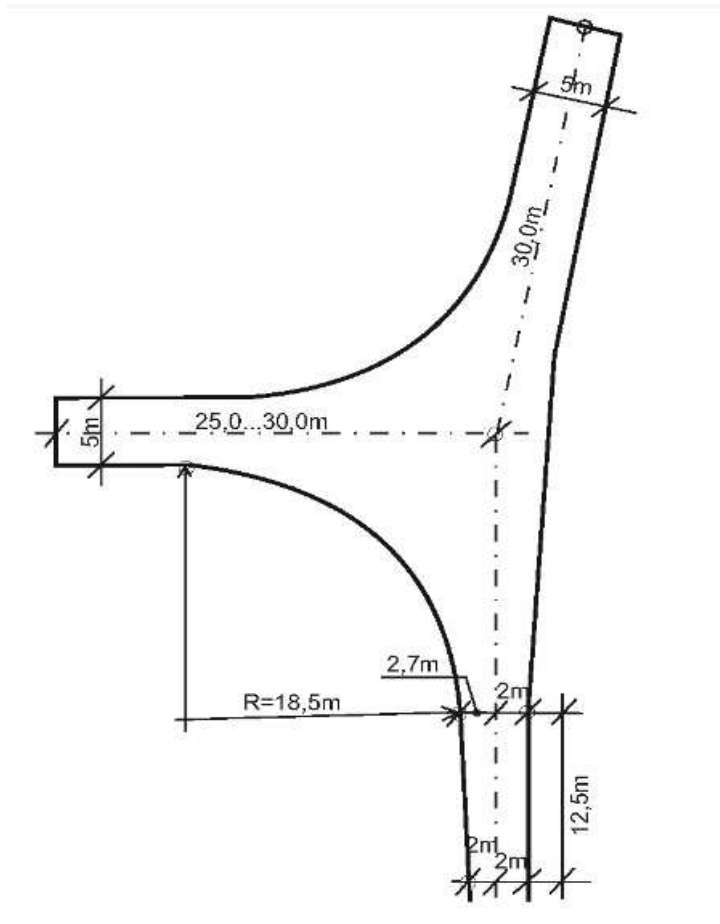
Jos huoltotien reunaan kaivetaan iso oja, tulee luiskiin käyttää eroosiota vähentävää maa-ainesta, koska käsittelemättömänä maaluiska voi helposti syöpyä tuulen ja sateen vaikutuksesta. Maaluiskaan voidaan käyttää esimerkiksi murske-, sepeli- tai kunnaverhousa. Taajama-alueilla siihen sopii parhaiten nurmetus. (1, s. 14.)

Mikäli huoltotie päättyy maastoon ilman läpiajon mahdollisuutta, tulee huoltotien päähän rakentaa kääntöpaikka. Kääntöpaikan mitoitukselle henkilö- ja pakettiautoille on omat ratatekniset mitoitusohjeet, jotka näkyvät kuvassa 3. (1, s. 14.)



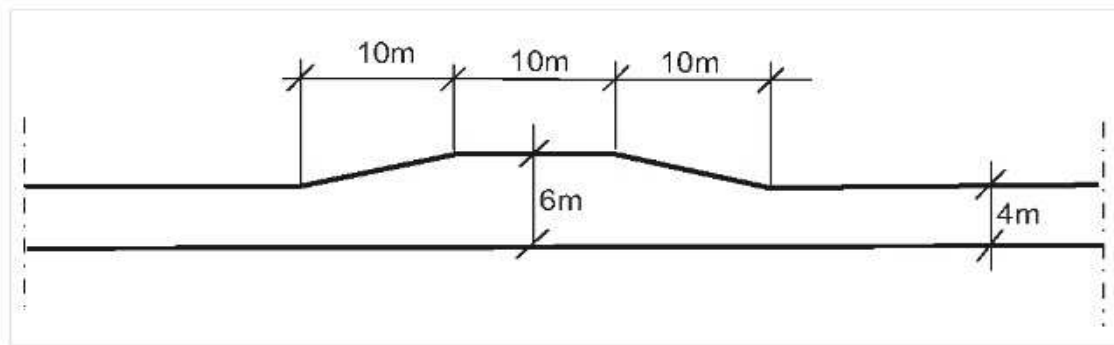
KUVA 3. Kääntöpaikan mitoitus henkilö- ja pakettiautoille (2, s. 17)

Huoltotietä voidaan käyttää sopimuksien mukaan myös puunkuljetukseen metsästä olevilta hakkuilta. Tällöin kääntöpaikka on mitoitettava Metsäteho Oy:n Metsätieohjeiston mukaisesti kuvassa 4 näkyviin mittoihin.



KUVA 4. Kääntöpaikan mitoitus puunkuljetusajoneuvolle (2, s. 13)

Jos huoltotiellä arvellaan olevan normaalia enemmän liikennettä, tulee kohtaamispaikkoja rakentaa näköetäisyydelle toisistaan, maastosta riippuen noin 300–500 metrin välein. Kohtaamispaikan mitoituksessa henkilöautolle noudatetaan ratateknisten ohjeiden mittoja, jotka ovat nähtävissä kuvassa 5. (1, s. 14.)



KUVA 5. Huoltotien kohtaamispaikan mitoitus henkilöautolle (2, s. 11)

Nopean liikenteen radoilla, eli kun junien nopeus nousee yli 140 km/h:ssa, voidaan erillisen katselmuksen perusteella rakentaa aita huoltotien ja radan väliin. Tätä tapahtuu yleensä, jos huoltotiellä on muutakin liikennettä. Jos radan kohdalla on melusteita, huoltotie pyritään sijoittamaan meluesteen ulkopuolelle. Huoltotien kautta kuljettaville radan erikoisrakenteille tulee rakentaa aitojen tai meluesteiden lävitse helposti kuljettava, suljettava ja lukittava yhteys. (1, s. 16.)

Huoltotien kuivatus pitää suunnitella radan kuivatuksen yhteyteen tai niin, ettei se häiritse radan kuivatusta. Huoltotien rakentamisen ja kuivatuksen suunnittelussa täytyy huolehtia, että radan stabiilitetti säilyy häiriintymättömänä. Huolto-ten rakentamisessa ja kuivatuksessa on noudatettava vesiensuojelun ja pohjaveden hallinnan ohjeita. Huoltotien suunnittelussa on myös otettava erikseen huomioon tarvittava lumitila. (1, s. 17.)

2.2.1 Toimenpideohjeet kunnossapitäjille

Huoltotie on pidettävä ympäri vuoden liikennöitävässä kunnossa maastokelpoisella henkilöautolla. Huoltotiet on aurattava kohteesta ja kunnossapitosopimuksesta riippuen, mutta viimeistään, kun lunta on kertynyt 10 cm. Huoltoteiden reunustoille vesakonpoisto tehdään pohjavesialueilla mekaanisesti. Huoltoteitä ei normaalikäytössä tarvitse yleensä suolata, mutta jos rakentamisen yhteydessä halutaan estää pölyäminen suolalla, tulee tätä välttää pohjavesialueilla. Kunnossapidon tehtäviin kuuluu tarkastaa säännöllisesti, että puomit ja aitojen aukot ovat lukittuna ja lukot ovat toimintakunnossa. (1, s. 17.)

2.2.2 Ympäristöasioiden huomioon ottaminen

Huoltoteiden suunnittelussa on huomioitava myös ympäristön kannalta radan kuivatuksen toimivuus siten, ettei huoltotie estä tai heikennä radan kuivatusta. Huoltotie ei saa myöskään olla patona sade- ja sulamisvedelle ympäristön kannalta haitallisesti. Radan vastapengeralueet mahdollistavat huoltotien sijoittamisen vastapenkereen päälle. Huoltoteiden suunnittelussa on huomioitava vanhan materiaalien kierrättäminen, eli esimerkiksi vanhan raidesepelin hyötykäyttö. Rakentamisen materiaalivalinnat sekä työmenetelmät tulee suunnitella elinkaari ja ympäristönsuojelulliset näkökohdat huomioon ottaen. Huoltoteiden rakentamisessa on muistettava myös jätelain etusijajärjestys. (1, s. 18.)

Huoltotietä rakennettaessa pyritään käyttämään mahdollisimman paljon materiaaleja, jotka vapautuvat rataa rakennettaessa, kunnostettaessa tai kunnossapidettäessä. Uutta rataa rakentaessa maa- ja kalliroleikkauksista tulevaa kivimurske on hyvää materiaalia huoltotielle. Radalta poistettua sepeliä ja laiturialueilla hiekoitukseen käytettyä hiekkaa ja mursketta voidaan myös käyttää huoltotien rakentamiseen. Silloin on kuitenkin tärkeä ottaa huomioon että huoltotielle suunniteltu mitoituskantavuus säilyy. (1, s. 18.)

Routasuojauksen vaihtamisen ja raidesepelin seulonnan yhteydessä syntyvää pilaantumaton, humuspitoista seulonta-alitetta voidaan käyttää rautatiealueella olevien huoltoteiden pohjiin. Edellytyksenä alitteen käyttämiselle on, ettei alueelta, josta se on peräisin, ole tapahtunut vuotoja tai onnettomuuksia eikä sepelissä routalevyn palasia. Mikäli materiaalin puhtautta on syytä epäillä, seulonta-alitteen haitta-ainepitoisuudet tulee selvittää. Käytöstä poistetun materiaalin hyötykäyttöön pohjavesialueilla tulee hakea erillinen lupa ELY-keskukselta. Pohjavesialueilla käytettävien materiaalien täytyy olla ehdottomasti puhtaita haitta-aineista. (1, s. 18.)

Suojeltujen kasvi- ja eläinlajien esiintymistä tai muitakaan luontoarvoja ei saa vaarantaa tai heikentää huoltoteiden rakentamisen, käytön tai kunnossapidon yhteydessä. (1, s. 18.)

3 PEHMEIKKÖRAKENTAMISMENETELMIÄ

Huoltoteitä joudutaan rakentamaan monesti pehmeiköiden ylitse. Tällöin tulee valita ylitykseen sopivin menetelmä, joita ovat luvuissa 3.1 - 3.5 esiteltävät

- stabilointi
- lujiteverkko
- suodatinkangaspaketti
- massanvaihto
- teräsverkko. (3.)

3.1 Stabilointi

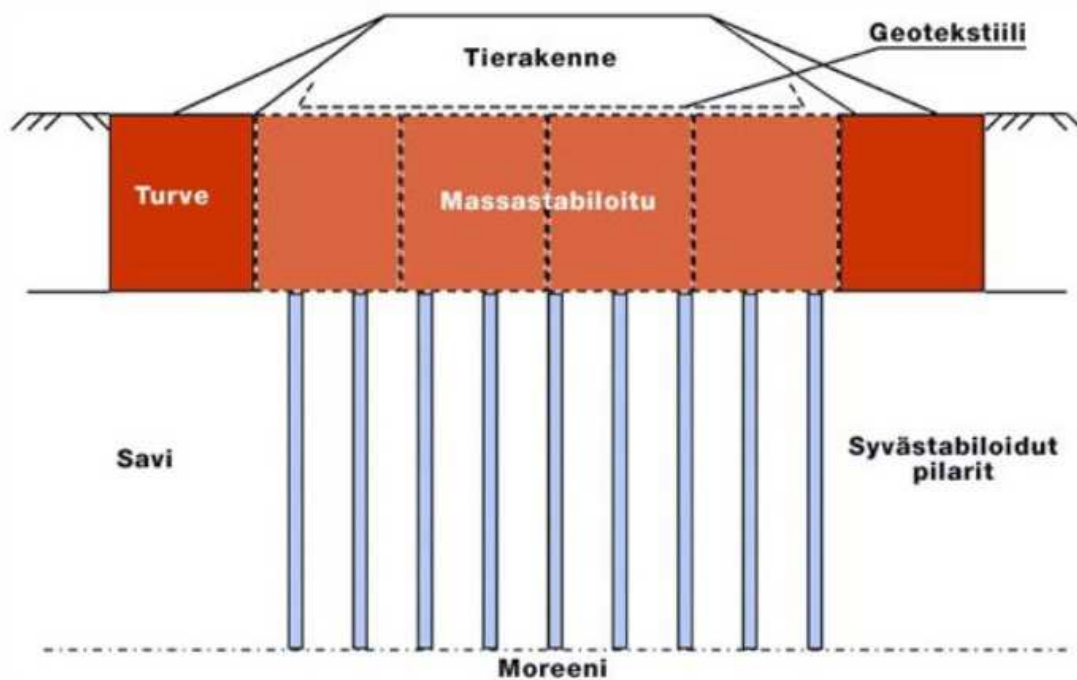
Stabilointi on tehokas menetelmä, jota käytetään eri käyttötarkoituksiin pehmeässä maaperässä, etenkin vähentämään painumia ja parantamaan kantavuutta. Menetelmä on taloudellinen ja luotettava. Stabilointi perustuu maan ominaisuuksien muuttamiseen stabilointiaineen seoksella. Yleisimmässä stabilointiaineen seoksessa on yhtä paljon kalkkia ja sementtiä. Tekniikka perustuu lämmönmuodostukseen poltetun kalkin sammussa maahan joutuessaan sekä sementin aiheuttamaan nopeaan lujuuden kasvuun. (4.)

3.1.1 Pilaristabilointi

Pilaristabiloinnissa pilarointikoneen sekoitinkärki upotetaan pilarin suunnitellun alapään tasoon ja sideaineen syöttö ja pilarin sekoitus aloitetaan sekoitinta ylös vedettäessä. Suomessa on käytetty lähes yksinomaan kuivamenetelmää, jossa jauhemainen sideaine syötetään paineilmaa käyttäen. Pilarien halkaisijana on yleisimmin käytetty 600–700 mm:n paksuisia pilareita. Pilarin maksimipituus nykyisellä kalustolla on yleensä noin 18–20 metriä, mutta maksimia lähellä olevat pilaripituudet ovat harvoin taloudellisia. (5, s. 11.)

3.1.2 Massastabilointi

Massastabilointi on menetelmä, jossa maaperää vahvistetaan lisäämällä maamassaan kalkki- tai sementtipohjaista sideainetta. Sideaine sekoitetaan maaperään sekoituskoneen kärjellä, jota liikutellaan lamelleittain sekä pysty- että vaakasuunnassa. Sideaineen reagoi maaperän kosteuden kanssa syntyy tasaisesti lujittuneita laattamaisia vyöhykkeitä, joiden varaan maarakenteet voidaan perustaa. Massastabiloinnin jälkeen maaperä kantaa yhtä hyvin kuin kantavankin pohjamaan varaan rakennettaessa. Massastabiloinnin ja edellä esitetyn pilaristabiloinnin yhdistämisen periaatteella saadaan erittäin pehmeille alustoille hyvin kantavia rakenteita (kuva 6). (6.)



KUVA 6. Massastabiloinnin ja pilaristabiloinnin yhdistämisen periaate (7, s. 33)

3.2 Lujiteverkko

Lujiteverkot eli geoverkot ovat polymeereistä, esimerkiksi polypropeenista valmistettuja verkkoja, joita käytetään maan stabilointiin ja lujittamiseen. Lujiteverkkojen toiminta perustuu murskeen ja verkon vuorovaikutukseen. Kun kiviainepartikkelit lukkiutuvat verkon silmäaukkoihin, ei kiviaineksen sivuttaissiirtymää pääse tapahtumaan ja murskepatjan kantavuus paranee merkittävästi. Lu-

lujiteverkko myös jakaa kuormat laajemmalle alueelle lisäten senkin ansioista kantavuutta. Lujiteverkot ovat ihanteellisia pehmeikkörakentamisessa esimerkiksi rakennettaessa teitä pehmeille savialueille tai turvesoille. Ne ovat kemiallisesti ja biologisesti kestävä materiaalia ja kestävät myös kemiallisesti aggressiivisessa maaperässä. (8; 7.)

Lujiteverkon käyttö pidentää tien käyttöikää ja vähentää kunnossapidon tarvetta, koska se estää myös epätasaisen painumisen. Verkkorulla on helppo asentaa pyörittämällä se suoraan halutun maakerroksen päälle (kuva 7). (8.)



KUVA 7. Lujiteverkko levitettynä pehmeikölle maa-aineksen ajoa varten (9, s. 40)

Lujiteverkkorulla on kevyt siirtää ja helppo käsitellä kahden miehen voimin. Kuvassa 8 lujiteverkkoa asennetaan kahden miehen voimin. Kokenut kaivinkonekusi voi myös kauhalla levitellä rullaa edellään.



KUVA 8. Lujiteverkon asennusta maastossa (10, s. 3)

3.3 Suodatinkangaspaketti

Suodatinkangasta voidaan käyttää, jos paikka ei ole liian pehmeä. Suodatinkangas pitää hyvin pehmeikön ja kantavan rakenteen erillään ja jakaa kuorman estäen paikalliset painumat. Suodatinkangasta käyttäessä pitää olla tarkkana, ettei sitä laiteta suorilta liian pehmeisiin paikkoihin. Tällöin siihen tulee helposti reikä ja pehmeä aines alkaa nousta tien pintaan asti. (3.)

Jos tien tai varsinkin radan rakentamisesta on jäänyt täytemaata, se voidaan ympäristöviraston luvalla käyttää tien pohjiin paketoimalla se suodatinkankaan väliin. Paketoinnilla pidetään huoli, ettei likaantunut maa-aines pääse sekaantumaan ympäristöön ja pohjaveteen. Likaantunut maa-aines voi olla esimerkiksi radan massanvaihdossa tulevan ylijäämäsepin sisältämiä vanhojen routalevyjen palasia. (3.)

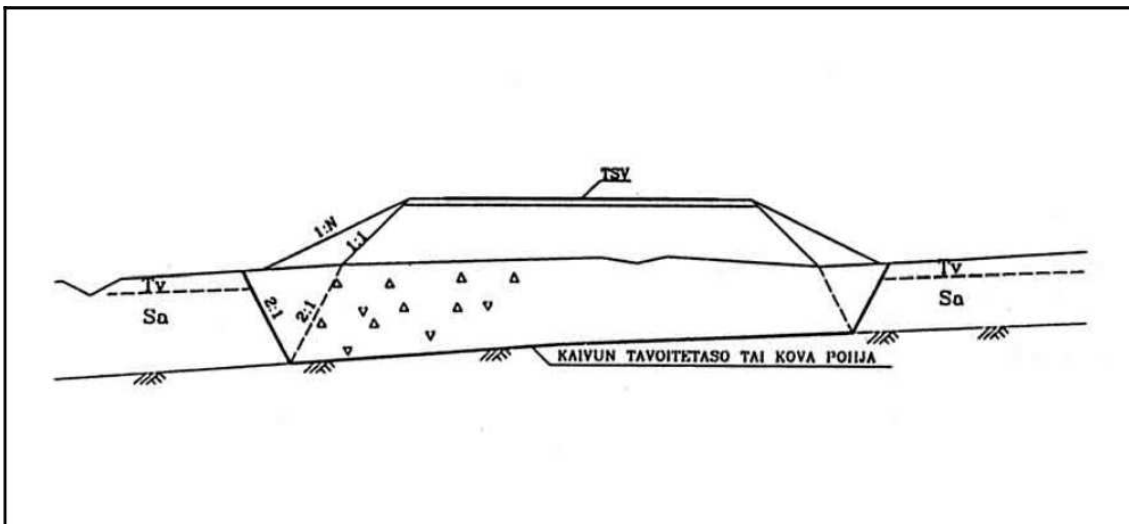
3.4 Massanvaihto

Massanvaihto on pitkään tunnettu ja paljon käytetty pohjanvahvistusmenetelmä, jossa huonosti kantava tai kokoonpuristuva pohjamaa korvataan kantavalla materiaalilla. Massanvaihtomenetelmät ovat kehittyneet nykyiseen muotoonsa jo 1960-luvulla. Myöhemmin on kehittynyt lähinnä kaivu- ja kuljetuskalusto, mikä

on alentanut massanvaihdon yksikkökustannuksia. Massanvaihto tehdään joko kaivamalla tai pengertämällä. (11, s. 7.)

3.4.1 Massanvaihto kaivaen

Menetelmässä pehmeät maakerrokset poistetaan kaivamalla joko kovaan pohjaan (kuva 9) tai määräsyyvyteen (osittainen massanvaihto). Täyttö tehdään yleensä päätypenkereenä luonnollisen maanpinnan tasoon. Menetelmä rajoittuu etupäässä melko mataliin pehmeikköihin (3–5 m). Menetelmä soveltuu hyvin lyhyille ja matalille pehmeiköille sekä matalille soille, joissa kova tai riittävän kantava pohja on välittömästi turpeen alla. Massanvaihtoa kaivamalla voidaan käyttää myös herkästi vaurioituvien rakenteiden läheisyydessä sekä paalutettujen alueiden päissä, joissa paalupituudet ovat lyhyet. (11, s. 7.)

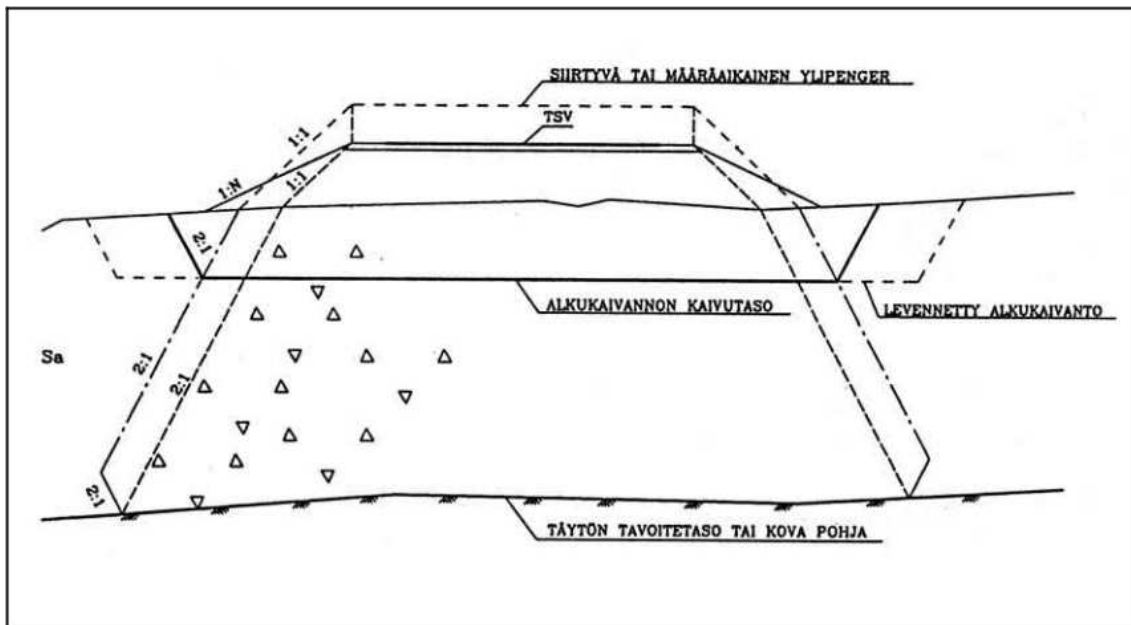


KUVA 9. Massanvaihto kaivaen (11, s. 8)

3.4.2 Massanvaihto pengertäen

Massanvaihdossa pengertämällä eli pohjaantäytössä vaikuttavat yksityiskohtaiseen suunnitteluun lähinnä penkereen leveys ja korkeus, pehmeikön paksuus, syrjäytettävän maan ominaisuudet sekä kovan pohjan sivu- tai pituuskaltevuus. Massanvaihdossa pengertämällä pehmeikön syvyys on yleensä niin suuri, ettei massanvaihto kaivamalla onnistu. Pohjaantäytösyyvydet ovat tavallisesti olleet 5–10 metriä, mutta lähes 20 metrin syvyisiä pohjaantäyttöjä on toteutettu onnistuneesti. Pohjaantäyttöä vaikeuttava pintakerros (esimerkiksi kuivakuorisavi)

poistetaan alkukaivannosta. Korkeana päätypenkereenä ajettava täyttö syrjäyttää ja puristaa pehmeät maakerrokset penkereen sivuille ja eteen (kuva 10). Pengertämisen aikana kaivetaan vastapainona toimivia eteen ja sivuille nousseita massoja. Pengerrystyön onnistumisen edellytyksenä on, että maapohjaa kuormitetaan vähintään murtotilakuormituksella. (11, s. 7.)



KUVA 10. Massanvaihto pengertäen (11, s. 8)

3.5 Teräsverkko

Teräsverkkoja on käytetty Suomessa tierakenteissa vahvisteena 1970-luvun lopulta lähtien. Teräsverkkojen käyttö keskittyi 1990-luvun lopulle saakka pääosin Kaakkois- ja Pohjois-Suomen maateiden routahalkeaminen korjaamiseen. Viimeisten vuosien aikana teräsverkkojen käyttö on kuitenkin kasvanut koko maassa, koska teräsverkkojen käytöllä saavutettavat toiminnalliset ja taloudelliset hyödyt ovat tulleet selkeiksi. (12, s. 11.)

Teräsverkkojen käytöllä on mahdollista vähentää tierakenteeseen syntyviä pysyviä muodonmuutoksia, sidottujen kerrosten väsymistä ja routanousuerosta aiheutuvia halkeamia. Teräsverkkojen vaikutus tulee parhaiten esiin tieosilla, joissa on riittämätön kuormituskestävyys ja routamitoitus. Teräsverkkojen käyttö edellä mainituissa tierakenteissa onkin osoittautunut käyttökelpoiseksi menetelmäksi pitkäntähtäimen tienpitokustannusten vähentämiseen. Teräsverkkojen

käytön on todettu pidentävän teiden elinikää ja huoltotoimenpidevälejä. (12, s. 11.)

Teräksen käyttö lujitteena perustuu sen hyvään vetolujuuskestävyyteen ja kykyyn vastustaa rakenteisiin syntyviä pysyviä muodonmuutoksia. Teräsverkko ottaa vastaan tierakenteeseen kohdistuvia kuormia, kuten roudan nostovoima ja liikennekuorma, ja siirtää niitä edelleen koko tierakenteen alueelle. Kuormituksesta syntyvien vetovoimien ja jännitysten siirtyessä teräsverkkoon pelkän tierakenteen sijaan koko tierakenteen pitkäaikaiskestävyys paranee. (12, s. 70.)

Teräsverkkoja on käytetty suurimmaksi osaksi teiden korjauksessa routavaurioiden takia. Teräsverkot parantavat myös kantavuutta, joten ne ovat erittäin käyttökelpoisia myös tien perustamisvaiheessa esimerkiksi huoltoteiden pohjal-
le. Tie- ja katurakenteissa käytetään pääosin kohteen mittojen mukaan tehtyjä verkkoja, mutta kevyen liikenteen väylille löytyy varastoverkkoja, jotka käyvät hyvin huoltoteille. Teräsverkkojen asennuksessa on tärkeää ottaa huomioon oikea raekoko, jotta verkon ja maan välinen kitkakulma on tarpeeksi suuri ankuroitumiselle. Kiviaineksen tiivistäminen parantaa myös kestävyyttä kivien tunkeutuessa osittain verkon läpi ja kiilautuessa aukkoihin. Teräsverkkojen oikea kuljetus- ja asennustapa on roikuttaa verkkoja piikeillä (kuva 11). (12.)



KUVA 11. Teräsverkon asennusta työmaalla (13)

4 OULAINEN - KILPUA

Opinnäytetyön tavoitteena oli kuvata huoltotien rakentamisen vaiheita työnjohdon näkökulmasta työmaaolosuhteissa. Huoltotietä rakennettiin radan kunnostustöiden yhteydessä 7,6 kilometriä ratavälille Oulainen – Kilpua. Etelästä päin katsottuna huoltotie alkaa hieman Oulaisten ratapihalta pohjoiseen kilometriluvulta 659+340. Huoltotien loppukohta on kilometriluvulla 667+400. Kilometrilukujen merkintätavassa ensimmäinen luku tarkoittaa etäisyyttä raidetta pitkin Helsingin asemalta. Toinen luku kertoo metrimäärän edelliseltä kilometritolpalta.

Työmaaselostuksesta selviävät kilometrivälit, joille on suunniteltu pohjanvahvistusta, mutta käytännössä se piti paikanpäällä katsoa erikseen. Pohjatutkimus oli tehty radan kohdalle, joten huoltotien kohdalla saattoi olla paljon suurempia pehmeikköjä.

4.1 Seinäjoki-Oulu radan kunnostaminen

Seinäjoen ja Oulun välinen rata on yksi Suomen tiheimmin liikennöidyistä yksiraiteisista rataosista. Sen 335 kilometrin matkalle mahtuu 33 liikennepaikkaa, joista 11 on kaupallisessa käytössä ja loput 22 junien kohtauspaikkoina. Rataa käyttää valtaosa Etelä- ja Pohjois-Suomen välisestä rautatieliikenteestä. Radan kunnostamisen ensimmäinen vaiheen valmistuttua toinen vaihe käynnistyi vuoden 2011 alussa. Hankkeen kustannusarvio on lähelle miljardia euroa, joista osa on Euroopan unionin rahoittamaa. Hankkeen on määrä valmistua vuoden 2017 loppuun mennessä. (14.)

Seuraavassa on lueteltu kunnostamishankkeen suurimmat muutokset:

- 29 liikennepaikkaa parannetaan ja rakennetaan kolme kokonaan uutta liikennepaikkaa.
- Kaikki tasoristeykset poistetaan koko matkalta.
- Ratarakennetta parannetaan koko matkalta vaihtamalla routalevyt ja lisäämällä ne paikkoihin, joista ne puuttuivat.

- Raidesepeli vaihdetaan uuteen puhtaaseen, routimattomaan ja kapillaarivapaaseen sepeliin.
- Kaksoisraidetta rakennetaan Etelä-Seinäjoelta Lapualle ja Kokkolasta Ylivieskaan.
- 16 terässiltaa korjataan tai rakennetaan kokonaan uusiksi.
- Turvalaitteita uusitaan koko matkalla.
- Sähköratajärjestelmä muutoksia tehdään koko matkalla varmistamaan sähkötehon riittäminen junapainon lisääntyessä.
- Huoltotiet rakennetaan koko matkalle niille osille, joilta se puuttuu. (14.)

Edellä lueteltujen muutosten myötä sallittu akselipaino ja nopeus nousevat. Sallitun nopeuden noustessa henkilöjunat pääsevät parhaimmillaan kulkemaan Helsingistä Ouluun 200 kilometriä tunnissa. Tavaraliikenteen kilpailukyky kasvaa, kun akselipaino koko rataosalla korotetaan 22,5 tonnista 25 tonniin 80–100 km/h nopeustasolla. Tämä tarkoittaa, että junilla voidaan kuljettaa aiempaa raskaampia kuormia suuremmilla nopeuksilla, mikä vähentää hiilidioksidipäästöjä vuodessa 15 000 - 30 000 tonnia. Raskaimpien tavarajunien kulku uusilla raideosuuksilla varmistetaan nostamalla sähkötehoa. (14.)

Liikenneturvallisuus paranee, kun tasoristeykset korvataan yli- ja alikulkusilloilla sekä tiejärjestelyillä. Tasoristeysten poistuessa henkilö- ja tavarajunat voivat kulkea 160–200 kilometrin tuntinopeudella junatyypistä riippuen ilman hidastamista tasoristeyksien kohdalla. (14.)

Parannettu ratayhteys luo uusia edellytyksiä Seinäjoen ja Oulun välisen alueen maankäytölle sekä elinkeinotoiminnalle. Lyhentynyt matka-aika tuo seudulliset ja valtakunnalliset keskuksat lähemmäksi toisiaan. Tämä hyödyttää koko Pohjanmaata, mutta erityisesti kaikkia 16:ta radan vaikutusalueeseen kuuluvaa kuntaa. (14.)

Huoltotiet tulee olla koko matkalla, joten ne tehdään puuttuville rataväleille. Kaksoisraidetyömaalla osa huoltoteistä jää kaksoisraiteen alle ja näihin kohtiin

on tehtävä uudet tiet. Tässä työssä keskitytään Oulaisten ja Kilpuan välisiin huoltoteihin. Tulevaisuudessa huoltotiet voivat mennä uusiksi, jos kaksoisraiteen tekemistä jatketaan Ylivieskasta pohjoiseen, mutta niistä on silloinkin paljon apua rakennustöihin työmaatienä. (14.)

4.2 Suunnitteluohjeet

Rataosuudella, johon huoltotiet tulevat, on paljon muita töitä, joten työselostuksessa ei ollut paljon keskitytty huoltoteihin. Työselostuksen ohjeissa huoltotie tehdään 3,5 m leveänä seuraavin rakentein. Kantavaksi kerrokseksi tulee vähintään 300 mm:n kerros 0–63 mm raekoon kalliomurskettä. Kulutuskerros tehdään 100 mm:n paksuisena kerroksena 0–16 mm raekoon kalliomurskeesta. Rakenteen alle asennetaan suodatinkangas N3 pohjamaan ollessa koheesio- maata. Tarvittaessa turvepehmeiköille asennetaan huoltotiet- ja vastapenger rakenteen alle lujiteverkko kilometrikohtaisen työselostuksen ja suunnitelmapiirustusten mukaisesti. Huoltotien tasaus tarkennetaan maastossa työn aikana. Pehmeikköosuuksilla rakennettavan huolto- tai työmaatien täyttömassoja ei saa kuljettaa kohteille rataa pitkin. Mitään muuta ohjeita huoltoteiden rakentamiseen ei ollut kirjallisena. (15.)

4.3 Puuston raivaus

Ennen varsinaisten huoltoteiden rakentamista oli raivattava radan varresta Liikenneviraston lunastaman alueen puusto. Metsäkoneet huolehtivat suurimman puuston raivauksesta, mutta myös metsurille riitti töitä pienempien risujen kanssa. Liian läheltä rataa ei myöskään saanut raivata ilman erityistä työlupaa tai ennalta ilmoitettua junakatkoa. Metsäkoneet selvisivät pahimmista pehmeikkö- kohdista itsetehdyillä puupedeillä tai kiertämällä upottavimmat kohdat yksityisen metsän puolelta.

4.4 Kaapelit

Radan turvalaitteiden syöttökaapelit sijoittuivat pahimmilleen 5–30 metriä radasta, juuri sillä paikalla, johon huoltotie tuli rakentaa. Kaapelit oli merkattu maas-

toon 10–50 metrin välein merkkikepeillä, ja näiden perusteella piti tehdä maastossa paikkakohtaista katsastusta tulevan tien sijainnille.

Kaapeleita piti kaivaa esille kohdissa, joissa tie vietiin kaapelilinjan toiselle puolelle. Näissä ylityskohdissa kaapelit suojattiin Snipp&Snapp-suojaputkilla (kuva 12) ja upotettiin vaadittuun syvyyteen.



KUVA 12. Kaapelin suojauksessa käytetty Snipp&Snapp-lukittava putki (16)

Kaapelien esiin kaivaminen pehmeikkökohdissa oli vaikeaa. Näissä kohdissa merkkkaus oli jäänyt huomattavan vajaaksi ja saattoi heittää pahimmillaan yli metrillä. Kaivettaessa tuli pyrkiä johtamaan vesi pois kaivuukohdasta, jotta la-piomies näki, missä kaapeli menee. Olosuhteet olivat erittäin haastavat kaapelin kaivuuseen, koska kaapeleita ei saanut vahingoittaa. Kaapelit sijaitsivat tällöin niin märässä maassa, ettei kaivinkoneen kauhalla uskaltanut kaivaa kovin sy-

vältä ja näin lapiomiehen täytyi käsin nostella ne esille. Kuvassa 13 näkyy työmaalla kaapelin kaivamista esiin. Kaapeli täytyy kaivaa esiin ja siirtää, jotta se ei jää huoltotien alle tavoittamattomiin.



KUVA 13. Kaivinkone ja lapiomies työskentelemässä kaapelinsiirrossa työmaalla Oulainen - Kilpua

4.5 Pohjan valmistelu

Pohjan valmisteluun käytettiin Daewoo 225 -telakaivinkonetta. Kone meni edellä tasoittaen pohjan, kääntäen kannot ja poistamalla kaiken terävän, joka voisi vahingoittaa suodatinkangasta. Erityisesti pehmeissä kohdissa oli paljon hyötyä, siitä että sinne nosteltiin kiviä, käännettyjä kantoja sekä kaikkea muuta risuista jopa kokonasiin kaadettuihin puihin. Tämä jo lisäsi kantavuutta ennen varsinaisia pohjanvahvistusmenetelmiä. Tämän pohjan valmistelussa olleen kaivinkoneen tehtäviin olisi kuulunut myös ojien kaivaminen, mutta huomattiin heti alkuunsa, etteivät ojien suunnitelmat olleet toteuttamiskelpoisia. Vaikeimmissa

tulvakohdissa jouduttiin kaivamaan ojia jo tässä vaiheessa, mutta muuten päätettiin siirtää ne viimeistelyvaiheeseen.

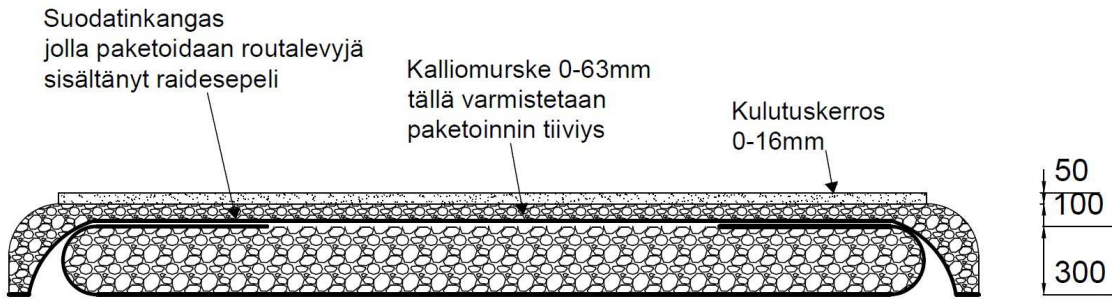
4.6 Tien kantava rakenne

4.6.1 Kalliomurske

Pohjan valmistuttua aloitettiin kantavan maa-aineksen ajaminen. Pohjalle levitettiin ensin N3-luokan suodatinkangas, jonka päälle tuli tien kantava kerros. Kantavan kerroksen piti suunnitelmien mukaan koostua kalliomurskeesta (KaM) raekooltaan 0–63 mm ja paksuudeltaan 100–300 mm. Työmaalla huomattiin kuitenkin heti, että pehmeimmillä alueilla tuo 300 mm:n paksuus ylittyi huomattavasti, joten pehmeiköillä alettiin käyttää kalliomursketta raekooltaan 0–200 mm. Tämän 0–200 mm murskeen käyttö kuitenkin kiellettiin valvojen toimesta. Tästä seurasi projektinjohdon ja valvojen kiivas taistelu rakenteesta ja materiaalista. Valvojen mielestä 0-200 mm murskeen käyttö on urakoitsijan vastuulla, vaikka se tuotti selvää säästöä myös rakennuttajalle, koska sitä ei tarvinnut ajaa niin paksuja kerroksia.

4.6.2 Raidesepeli

Suunnitelmissa kantavana rakenteena oli käytettävä myös radasta poistettavaa vanhaa raidesepeliä. Tämän poistettavan raidesepelin määrä suunnitelmissa oli yliarvioitu suuresti, koska kahdeksan kilometrin matkalta poistetulla raidesepelillä saatiin valmista tietä tehtyä vain 500 metriä. Ongelmia tuotti monessa kohdassa poistetun raidesepelin joukossa oleva murskaantunut routalevy. Routalevyn palaset poistetussa raidesepelissä tekivät tästä sepelistä ongelmajätettä. Tälle ongelmajätteelle piti hakea ELY-keskukselta erillislupa, jos sitä aiottiin käyttää tien kantavana osana. Erillislupa kyllä myönnettiin kaikkien virallisten kuulutusten ja nähtävillä oloaikojen puitteissa. Erillislupa vaati ongelmajätteen paketoinnin kuvassa 14 näkyvällä tavalla, jotta ongelmajäte ei pääse pohjaveeseen.



KUVA 14. Ongelmajätteen luokitellun raidesepelin paketointi hoidettiin suodatinkankailla

4.7 Viimeistely

Huoltoteiden kantavan kerroksen valmistuttua aloitettiin vastapengerten tekeminen, ojien kaivaminen, rumpujen asentaminen, kaapelien suojaaminen tai siirtäminen, rataluiskan muotoilu ja yleinen tien ongelmakohtien parantaminen. Ihan viimeiseksi, kun kaikki muut työt on tehty, oli vuorossa tien kulutuspinnan ajaminen tielle. Kulutuspinnaksi tuli 100 mm:n paksuudelta raekooltaan 0–16 mm:n murske. Valmis tienpinta on hyvää ajettavaa henkilöautolle (kuva 15).



KUVA 15. Valmista huoltotietä viimeistelytyöiden jälkeen

Ojien kaivaminen suunnitelmien mukaan osoittautui täysin mahdottomaksi, koska suunnitelmissa ei ollut otettu huomioon kallioita, suoalueita eikä sitä, että tietäkin oli mahdotonta tehdä täysin suunnitelmien osoittamalle paikalle. Ojat tehtiin niille kohden mihin ne parhaiten asettuivat. Niiden ja rumpujen avulla saatiin vedet ohjattua isompiin veto-ojiin.

5 HUOLTOTIEN RAKENTAMINEN KOHTEESSA

Suunnitelmien mukaisesti huoltotien kantavan rakenteen piti olla 300 mm:n paksuudelta raekoon 0–63 mm kalliomursketta. Heti aluksi nähtiin, että tämä ei tule riittämään alkuunkaan pehmeiköillä edes geoverkon avulla, minkä vuoksi se on korvattava 0–200 mm:n murskeella. Näiden asioiden havaitseminen ja uusien suunnitelmien laatiminen kesken töiden vaikeuttivat työskentelyä ja tuottivat lisää työtä niin työmaalle, tilaajalle kuin valvojillekin.

Valvojen johdolla tehtyjen kantavuustestien jälkeen rakennuttajatkin huomasivat 0–63 mm:n mursketta menevän liian suuria määriä ennen kantavuuden saavuttamista. 0–200 mm:n murske, joka oli vielä hieman halvempaa, alkoi kestää kuorma-autoja pienemmällä paksuudella. Näiden testien jälkeen saatiin työmaalla lupa käyttää pehmeiköillä 0–200 mm:n mursketta geoverkon päällä. Tämän raekooltaan 0–200 mm murskeen päälle ajettiin vielä pieni 0–63 mm:n murskekerros suojaamaan kuorma-autojen ja muun työmaanliikenteen renkaita ennen kuin lopullinen kulutuspinta ihan loppuksi ajettiin tien pintaan. (Kuva 16.)



KUVA 16. Tien lopullisesta rakenteesta tuli paljon suunniteltua paksumpi pehmeiköillä

Kaikkein pehmeimpään kohtaan koko tien matkalla meni huomattavasti suunniteltua paksummin mursketta, mikä johtui murskeen painumisesta pehmeään pohjamaahan. Painumaa ei pystynyt tarkkaan mittaamaan, mutta enimmillään mursketta tuli yli kahden metrin kerros ennen painumisen pysähtymistä. Tien painuessa syrjäytetty maa tien pohjalta ja sivulta nousi ylöspäin (kuva 17). Tämä on tyypillistä myös silloin, kun painopenger menee liian raskaaksi painuessaan pohjamaahan. Tällöin painopenkereen idea loppurakenteen kevennyksestä ei toteudu.



KUVA 17. Huoltotien painuessa syrjäytetty maa nousi vierestä huomattavasti

Tietä ei voitu sijoittaa alkuperäisen suunnitelman mukaiselle paikalle, koska suunnitelmissa ei ollut otettu huomioon maan muotoja eikä kaapeleiden paikkaa huomioitu ollenkaan. Välillä oli kierrettävä pehmeikköä hieman kauempaa rataa (kuva 17) ja paikoissa, joissa taas kallio oli aivan pinnassa, se piti ohittaa helpoimmasta kohdasta (kuva 18).



KUVA 18. Huoltotien lopullinen sijainti muodostui vasta maastossa rakentamisvaiheessa

5.1 Lujiteverkon käyttö

Geoverkon asennuskohdat katsottiin maastossa erikseen, koska suunnitelmat eivät näiltä osinkaan olleet kovin tarkat. Geoverkon päälle parhaiten sopi 0–200 mm:n kalliomurske, joka jyrällä tiivistettynä varmisti paikasta riippuen 300–500 mm kerroksen jälkeen tien kantavuuden. Verkon asennuksen jälkeen pehmeissä kohdissa maa hyllyi raskaiden koneiden alla, mutta verkko jakoi pistemäisen kuorman tarpeeksi laajalle, jotta pehmyt maa ei päässyt rikkomaan tien rakennetta nousemalla läpi pintaan.

5.2 Pohjanvahvistusmenetelmien käyttö huoltotien rakentamisessa

5.2.1 Stabilointi

Stabilointi olisi varmasti toiminut kilometrivälillä 666+670 – 667+000 eli pehmeimmässä kohdassa lujiteverkkoa paremmin. Massastabilointikoneen tilaaminen pariksi päiväksi olisi tullut paljon halvemmaksi kuin loputon murskeen ajaminen ja jälkeensä korjaaminen.

5.2.2 Lujiteverkko

Lujiteverkko toimi hyvin kaikilla pehmeikköalueilla lukuun ottamatta kilometrivälillä 666+670 – 667+000. Tälle välille olisi pitänyt käyttää jotain muuta menetelmää.

5.2.3 Suodatinkangaspaketti

Suodatinkangaspaketti ei toimi vähänkään pehmeämmällä kohdalla. Tässä työssä suodatinkangaspaketti toimi ainoastaan ongelmajätteen paketoinnissa ja sen sijoittamisessa tien kantavaksi kerrokseksi.

5.2.4 Massanvaihto

Massanvaihto ei tullut kysymykseen radan läheisyydessä. Massanvaihto radan vierestä olisi aiheuttanut radan geometriaan muutoksia ja tämä olisi teettänyt liian paljon töitä, kun rata olisi pitänyt tukea oikealle kohdalle. Työnaikaisen tullen kustannukset olisivat ylittäneet heti kustannusarvion.

5.2.5 Teräsverkko

Teräsverkon avulla pehmein alue olisi ylittynyt huomattavasti helpommin, esimerkiksi lujiteverkon kanssa käytettynä. Teräsverkon tilaaminen varastomitoilla pahimpien pehmeiköiden varalta ennen projektia nopeuttaisi varmasti pehmeikön ylityksiä. Nämä kohdat voisi etukäteen tarkistaa niinkin helposti kuin kävelemällä tulevat tienpohjat läpi. Jos jotain kohtaa ei pääse ylittämään edes kumisaappailla, tähän kohtaan täytyy keksiä muutakin apukeinoja kuin lujiteverkko.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön päätarkoituksena oli kuvata työnjohdon näkökulmasta huoltotien rakentaminen Oulaisten ja Kilpuan asemapaikkojen välille. Tarkoituksena oli myös perehtyä pehmeikkörakentamismenetelmiin ja selvittää maaperän vaikutukset rakennustavan valintaan. Työn aikana suurimmat vaikeudet olivat pehmeiköiden ylitykset ja osaksi näistä johtuneet urakoitsijan, projektinjohdon ja tilaajan valvojien väliset erimielisyydet.

Johtopäätöksenä voi sanoa, että tällaisten huoltoteiden rakentaminen vaatii suhteellisen tarkkaa ennalta suunnittelua juuri pehmeikkökohteiden osalta. Jos laatuvaatimuksena on vain tien tasaus, leveys ja kantavuus eikä työselitys anna muuta vahvistuskeinoja kuin suodatinkankaan ja lujiteverkon, jää työnjohdon ja työntekijöiden vastuulle liian paljon mahdollisuuksia yllättäviin kustannuseriin. Työn mahdollisen edullisen toteutuksen kannalta tulisi ennen työn aloitusta kartoittaa tielinjalta pehmeiköt ja varata jo ennakkoon tiettyjä pohjanvahvistusmateriaaleja sekä työmenetelmiä, jotta työ ei pääsisi keskeytymään. Kaikkien kustannuserien jakaminen tilaajan ja urakoitsijan välillä ennen pitäisi olla selvillä ennen töiden aloittamista.

Maapohjan antaessa periksi tulisi miettiä sellainen menetelmä, jotta kallista mursketta ei tarvitsisi ajaa ylipaksuja kerroksia. Kun näitä on etukäteen jo mietitty valmiiksi, työmaalta löytyy muutakin pehmeikköjen ylitykseen kuin lujiteverkkoa. Jos vielä stabiloinnin mahdollisuus on selvitetty paikallisilta alihankkijoilta, työ sujuu maastossa jouhevasti ja huomattavasti edullisemmin.

LÄHTEET

1. Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 20 ympäristö ja rautatiet. 2012. Helsinki: Liikennevirasto. Saatavissa: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2012-18_rato_20_web.pdf. Hakupäivä 10.4.2014.
2. Metsätieohjeisto liiteosa. 2001. Metsäteho Oy. Saatavissa: http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/03/Tieohjeisto_osa_2_Liiteosa.pdf. Hakupäivä 22.4.2015.
3. Erho, Jarmo 2014. Lehtori, OAMK. Opinnäytetyön aloituspalaveri 28.3.2014.
4. Maan stabilointi. 2010. SMA Mineral. Saatavissa: <http://www.smamineral.fi/Default.aspx?ID=169>. Hakupäivä 10.4.2014.
5. Syvästabiloinnin suunnittelu. 2010. Helsinki: Liikennevirasto. Saatavissa: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2010-11_syvastabiloinnin_suunnittelu_web.pdf. Hakupäivä 10.4.2014.
6. Massastabilointi. 2012. YIT Infrapalvelut. Saatavissa: http://www.yit.fi/yit_fi/infrapalvelut/maa--ja-pohjarakentaminen/massastabilointi. Hakupäivä 10.4.2014.
7. Erho, Jarmo 2013. T533704 Maarakennustekniikka 4op. Opintojakson oppimateriaali. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
8. Geoverkot - lujiteverkot. 2009. Lektar Oy, Infrarakentaminen. Saatavissa: http://www.lektar.com/rakentaminen2/maarakennus/fi_FI/geotuotteet/. Hakupäivä 10.4.2014.
9. Juntunen, Perttu 2012. Geolujitetut rakenteet ja lujitemaarakentaminen. Liikennevirasto ja Aalto-yliopisto. Saatavissa: <http://portal.liikennevirasto.fi/portal/page/portal/f/uutiset/koulutukset/geolujite/>

Juntunen%20120313-

Pe-

Ju%20Geolujitettujen%20rakenteiden%20k%E4ytt%F6kohteita%20ja%20luji
temaarakentaminen.pdf. Hakupäivä 5.1.2015.

10. Tensar TriAx™ - geoverkkojen ominaisuudet ja toiminnalliset edut. 2009.

Saatavissa:

[http://www.lektar.com/ajankohtaista/fi_FI/tensar/_files/83509339369637403/
default/TriAx_FI_04_09.pdf](http://www.lektar.com/ajankohtaista/fi_FI/tensar/_files/83509339369637403/default/TriAx_FI_04_09.pdf). Hakupäivä 6.1.2015.

11. Massanvaihto. 1993. Geotekniikan informaatiojulkaisuja. Tiehallinto. Saata-

vissa: <http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf2/massanvaihto.pdf>. Hakupäivä

11.1.2015.

12. Kanerva-Lehto, Heli 2009. Teräsverkkojen käyttö tierakenteissa. Tiehallin-
non selvityksiä. Tiehallinto. Saatavissa:

http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf2/3201134-v-terasverkkojen_kaytto.pdf.

Hakupäivä 12.1.2015.

13. Haapalainen, Sami 2006. Teräksisten geovahvisteiden suunnittelu. Opinnäy-
tetyö. Turku: Turun Ammattikorkeakoulu, rakennustekniikka.

14. Seinäjoki–Oulu-radon palvelutason parantaminen. 2014. Liikennevirasto.

Saatavissa:

[http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/hankkeet/kaynnissa/seinajoki_oulu#
.VSYpbvmUeUY](http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/hankkeet/kaynnissa/seinajoki_oulu#.VSYpbvmUeUY). Hakupäivä 11.1.2015.

15. Oulainen - Kilpua rakentamissuunnittelu. 2013. Liikennevirasto.

16. Halkaistu Snipp&Snapp putki. Onninen tuotelista. Saatavissa:

[http://products.onninen.com/catalog/199718/product/1347568/AEC410_FIN
1.html](http://products.onninen.com/catalog/199718/product/1347568/AEC410_FIN
1.html). Hakupäivä 11.1.2015.

