

SAVONIA

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

VÄLIAIKAISEN TYÖMAATIEN RAKENTAMINEN RATATYÖMAALLA

TEKIJÄ Teemu Miettinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Teemu Miettinen	
Työn nimi Väliaikaisen työmaatien rakentaminen ratatyömaalla	
Päiväys 26.4.2024	Sivumäärä/Liitteet 38/1
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Kreate Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Ratojen rakentamis- ja korjausurakoiden toteuttamiseksi on työkohteille suunniteltava käytettävän kaluston ja materiaalien kuljetukseen tarkoitetut kulkuyhteydet rauta- tai huoltotietä pitkin. Urakoitsijan on suunniteltava tieyhteydet, mikäli tarjousasiakirjoissa ei ole esitetty huoltotien rakentamiseen liittyviä toteutussuunnitelmia.</p> <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, mitä asioita tieyhteyden rakentamisessa on huomioitava rata-työmaalla kustannusten kannalta ja muodostaa näiden tietojen perusteella materiaalilaskuri tilaajaorganisaation käytettäväksi.</p> <p>Opinnäytetyössä tarkasteltiin työmaatiehen liittyviä asioita, kuten alus- ja päällysrakennetta, kuivatusrakenteita, pohjanvahvistuksia sekä tiehen liittyviä osia. Työssä tutkitaan kustannusten muodostumista ja hallintaa rataurakassa. Opinnäytetyössä hyödynnettiin laajasti verkkolähteitä, joista merkittävimpiä olivat Väyläviraston ohjeet sekä Metsätieohjeisto. Opinnäytetyössä käsiteltäviä asioita hyödynnettiin materiaalilaskurin kehittämisessä.</p> <p>Opinnäytetyössä laadittiin Excel-pohjainen materiaalilaskuri, jonka tuloksia vertailtiin tilaajaorganisaation Kreate Oy:n rataurakan kustannustietoihin. Materiaalilaskuri kehitettiin väliaikaisen työmaatien mitoitukseen, jonka hyödyntäminen tarjouslaskennassa edesauttaa kustannusten kartoittamista kiviainesmateriaalien osalta sekä työn ennakkosuunnittelua. Laskurin hyödyntäminen tulevaisuudessa auttaa laskentatyökalun kehittämisessä.</p>	
Avainsanat Kustannusten hallinta, ratarakentaminen, työmaatie	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Civil Engineering	
Author(s) Teemu Miettinen	
Title of Thesis Construction of a Temporary Road at the Railway Site	
Date 26 April 2024	Pages/Appendices 38/1
Client Organisation /Partners Kreate Oy	
<p>Abstract</p> <p>For the construction and repair works of railways, it is necessary to plan transportation routes for the equipment and materials to be used at the job sites via rail or service roads. If the tender documents do not include implementation plans related to service road construction, the contractor must plan these access routes themselves.</p> <p>The objective of this thesis was to identify the factors that need to be considered in the construction of access roads at railway construction sites from a cost perspective. Based on this information, the purpose was to develop a material calculator for the contracting organization.</p> <p>The thesis examined various aspects related to construction roads, including substructure and superstructure, drainage structures, ground reinforcement, and road-related components. The study focused on analyzing cost formation and management in railway construction projects. Extensive online sources were utilized, with significant references including guidelines from the Finnish Transport Infrastructure Agency (Väylävirasto) and the Forest Road Guidelines (Metsätieohjeisto). The topics covered in the thesis were utilized in the development of a material calculator.</p> <p>The thesis included the development of an Excel-based material calculator, the results of which were compared with the cost data of Kreate Oy's railway construction project. The material calculator was designed for the dimensioning of temporary construction roads, which aids in cost assessment of aggregate materials and preliminary project planning during tendering. Utilizing the calculator in future projects contributes to the refinement of the calculator tool.</p>	
<p>Keywords</p> <p>Cost management, railway construction, construction access road</p>	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	RAUTATIET.....	7
2.1	Rautateiden rakentaminen.....	7
2.2	Ratakohteet.....	7
2.3	Rata-alueen vaatimukset	9
2.4	Rataturvallisuus	9
3	TYÖMAATIEN SUUNNITTELU.....	13
3.1	Maankäytön suunnittelu	13
3.1.1	Maastokatselmus	13
3.1.2	Resurssien määrittäminen	13
3.1.3	Linjauksen valinta	14
3.2	Puuston poisto.....	14
3.3	Tierakenteen määrittäminen	15
3.3.1	Poikkileikkaus	15
3.3.2	Alusrakenne	16
3.3.3	Pohjanvahvistukset.....	17
3.3.4	Päällysrakenne	18
3.3.5	Kuivatusrakenteet.....	20
3.4	Tiehen liittyvät osat.....	20
3.4.1	Varastointipaikat.....	20
3.4.2	Liittymät ja kohtaamispaikat.....	21
3.4.3	Kiskojen ylityskohdat ja nousupaikat.....	23
3.5	Kolmannet osapuolet.....	23
3.5.1	Maankäyttö- ja tienkäyttösopimukset	23
3.5.2	Liittymälupa	24
3.5.3	Liikenteenohjaus.....	24
4	KUSTANNUSTEN HALLINTA.....	26
4.1	Kustannusten muodostuminen	26
4.2	Kustannusten hallinta	26
5	MATERIAALILASKURI.....	27
5.1	Materiaalilaskurin testaus työmaan avulla (LUOTTAMUKSELLINEN)	27

6 POHDINTA.....	28
LÄHTEET	29
LIITE 1 MATERIAALILASKURI (LUOTTAMUKSELLINEN).....	32

KUVALUETTELO

KUVA 1 Rataverkon päällysrakenteen korjaustarve vuonna 2023 (Traficom 2023)	8
KUVA 2. Ratalain mukainen suoja-alue ja rautatiealue (Väylävirasto 2022a).....	9
KUVA 3. Ratatyön suojaulottuman (RSU) määritelmä yksiraiteisella rataosuudella (Väylävirasto 2022b).	10
KUVA 4. Työkoneen laitteen tai osan ulottuessa ratasuojaulottuman (RSU) sisälle, on työssä oltava ratatyölupa (Väylävirasto 2022b).	11
KUVA 5. Työkoneen tai ratatyössä käytettävän liikkuvan kaluston vähimmäisetäisyys radalla olevista jännitteisistä osista ilman nostokorkeuden rajoitinta (Väylävirasto 2022b).	12
KUVA 6. Huoltotien sijoittuminen suhteessa rataan, kun huoltotie on kiinni penkereessä (Väylävirasto 2021b).	15
KUVA 7. Huoltotien sijoittuminen suhteessa rataan, kun radan ja tien välissä on oja (Väylävirasto 2021b). .	15
KUVA 8. Pohjamaan kantavuuden luokittelu (Metsäteho 2017).....	16
KUVA 9 Geolujite maanvaraisella penkereellä (Liikennevirasto 2012)	18
KUVA 10. Tien rakennekerrokset (Väylävirasto 2020)	19
KUVA 11. Kääntöpaikka henkilö- ja pakettiautoille (Väylävirasto 2021b).....	21
KUVA 12. Kääntöpaikka mitoitettuna puunkuljetusajoneuvolle (Väylävirasto 2021b)	22
KUVA 13 Kohtaamispaikka mitoitettuna henkilö- ja pakettiautoille (Väylävirasto 2021b).....	22
KUVA 14. Liikennesuunnittelualueet Suomessa (Fintraffic julkaisuaika tuntematon)	25
KUVA 15. Odemarkin kantavuuskaava (Sikiö 2021)	27

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tilaajana toimii infrarakentamiseen keskittynyt yritys Kreate Oy. Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, mitä asioita on huomioitava tarjousvaiheessa työmaateiden rakentamisessa ratakohteilla ja laatia näiden opinnäytetyössä käsiteltävien tietojen perusteella tarjouslaskentaa tarkentava laskentaohjelma työmaateiden kustannuksien selvittämiseksi.

Opinnäytetyön teoriaosassa käsitellään ratarakentamista, ratakohteita, sekä Väyläviraston asettamia ohjeita koskien rata-alueen vaatimuksia mukaan lukien rataturvallisuutta. Työssä käsitellään ratarakentamisen kannalta olennaisten logististen ratkaisujen järjestämistä rakennuskohteelle edellä mainittujen vaatimusten mukaisesti. Opinnäytetyössä tarkastellaan työmaatien suunnittelun osa-alueita käsittäen alusrakenteen, pohjanvahvistukset sekä päälly- ja kuivatusrakenteet. Lisäksi työssä käsitellään tiehen liittyvät osia, kuten varastointipaikkoja, liittymiä sekä kiskojen ylityskohtia, jotka liittyvät keskeisesti ratatyömaan logistisiin ratkaisuihin.

Opinnäytetyössä tutkitaan kustannusten muodostumista ja niiden hallintaa koskien työmaatierakentamista ja hyödynnetään viime kesän harjoittelupaikan kustannustietoja, joita verrataan tilaajaorganisaatiolle luovutettavaan laskentaohjelmaan.

2 RAUTATIET

2.1 Rautateiden rakentaminen

Rautateiden rakentamisella Suomessa on pitkä historia, joka ulottuu vuoteen 1857, jolloin aloitettiin ensimmäisen rataosuuden rakentaminen Helsingistä Hämeenlinnaan. Kyseinen rataosuus valmistui vuonna 1862. Tämän jälkeen rakennettiin pohjois-eteläsuuntaisia pääratoja, joiden valmistuttua 1900-luvun alussa, oli rakennettua raidetta lähes 4000 kilometriä. (Museovirasto 2003.)

Vuoden 2022 loppuun mennessä rataverkon pituus oli 5918 kilometriä, joista 5205 kilometriä oli yksiraiteista rataa ja 713 kilometriä kaksi- tai useampiraiteista rataa. Sähköistettyä rataosuutta näistä oli yhteensä 3449 kilometriä. Yksiraiteisesta radasta on 2736 kilometriä sähköistetty ja kaksi- tai useampiraiteinen rata on sähköistetty kokonaan. (Väylävirasto 2024.)

Tällä hetkellä Suomen rataverkon ylläpito, kehittäminen ja kunnossapito ovat Väyläviraston vastuulla, joiden tavoitteena on turvallinen ja tehokas liikennöinti (Väylävirasto 2023). Nykyään rautatierakentaminen keskittyy kehittämään olemassa olevia rataosuuksia, jotta junien nopeuksia, rautateiden suojausta ja tehokkuutta voidaan lisätä. Lisäksi ratojen sähköistäminen on osoittautunut keskeiseksi kehittämiskohteeksi rataympäristössä, jotta dieselkäyttöisten vetureiden määrää voitaisiin vähentää ja täten parantaa ympäristöystävällisyyttä. (Junauutiset 2023.)

Radanpidon investointien määrä oli 519 miljoonaa euroa vuonna 2022, mikä on 21 prosenttiyksikköä enemmän kuin edellisenä vuonna (Tilastokeskus 2023).

2.2 Ratakohteet

Ratarakentaminen sisältää rautateihin, ratapihoihin, raitioteihin ja metroihin liittyvät rakennustyöt (Kreate julkaisuaika tuntematon). Erilaisia ratalinjalla suoritettavia töitä ovat alus- ja päällysrakennetyöt, sekä radan sähkörata- ja turvalaitetyöt. Korjaamiseen sisältyy rataverkon ja sen rakenteiden rikkoutumisesta, kulumisesta ja ikääntymisestä aiheutuvien vaurioiden korjaus sekä toimivuudeltaan heikkenevien rakenteiden ja laitteiden uusiminen. (Traficom 2023.) Korjausurakat sisältävät muun muassa ratasillat, -rummut, tunnelit sekä tasoristeykset (Destia 2024).

Rataosille suunnitellaan peruskorjaushankkeita, kun niiden korjaustarpeet ovat laajoja. Peruskorjaushankkeeseen pyritään yhdistämään kaikki kyseisen rataosan korjaustarpeet ja toteuttamaan ne kerralla. Rataverkolla tehdään myös yksittäisiä korjauksia, joiden avulla ylläpidetään sellaisia rataosia, joilla ei ole merkittävää korjaustarvetta, mutta jonkin rakenteen vioittuminen uhkaa koko rataosan käytettävyyttä. Korjauksilla voidaan harvoin kehittää rataverkkoa, mutta korjaukset ovat yleensä edellytys muulle rataverkon kehittämiselle. Vuoden 2023 alussa rataverkon korjausvelka oli

noin 1,5 miljardia euroa, josta yli puolet on pääväyläverkolla kohdistuen radan päällysrakenteeseen, mikä näkyy liikenteen häiriöinä ja rajoituksina (kuva 1). (Traficom 2023.)

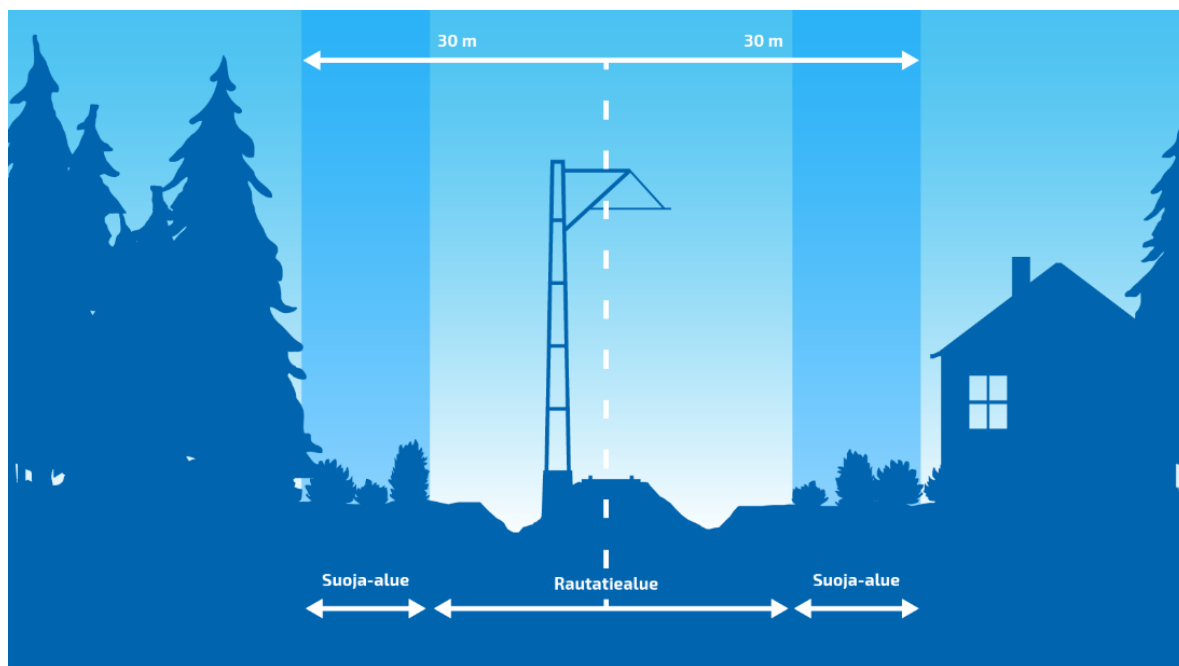


KUVA 1 Rataverkon päällysrakenteen korjaustarve vuonna 2023 (Traficom 2023)

Ratakohteiden rakentamiseen liittyy monesti tiukka aikataulu, sillä rakentaminen täytyy tehdä raide-liikenteen ehdoilla, sekä lyhyissä liikennekatkoissa. Ratakohteille pääsyn edellytyksenä on liikenneyhteys joko kiskoja pitkin tai raiteen viereen rakennettavan huoltotien kautta. Suunnitelma-asiakirjoissa ei välttämättä ole osoitettu huoltotien rakentamista, mikäli työ on suunniteltu tehtäväksi kiskoja pitkin. Urakoitsija saattaa kuitenkin omalla päätöksellään suorittaa työn rakentamansa tien kautta.

2.3 Rata-alueen vaatimukset

Rautatien suoja-alue edistää rautatien turvallista käyttöä ja sen olemassaolo perustuu ratalakiin. Suoja-alue on rautatiealueen ulkopuolella oleva ulottuvuudeltaan määrätty alue. Toisin kuin rautatiealue, joka kuuluu Suomen valtion omistamaan ja Väyläviraston hallinnoimaan rautatiealueeseen, suoja-alueen omistus kuuluu kiinteistön omistajalle. (Väylävirasto 2022a.) Suoja-alueen leveys ratalain mukaisesti on 30 metriä raiteen tai uloimman raiteen keskilinjasta (kuva 2). Suoja-alue voi kuitenkin erillisellä päätöksellä olla leveämpi tai kapeampi, mutta enimmillään 50 metriä. (Ratalaki 110/2007, 4 luku 37 §)



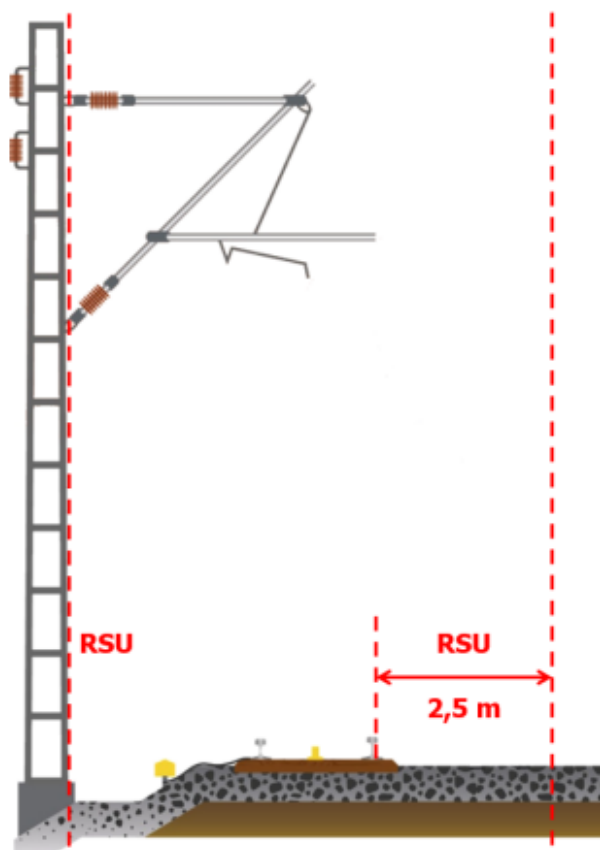
KUVA 2. Ratalain mukainen suoja-alue ja rautatiealue (Väylävirasto 2022a)

Suoja-alueelle suunniteltaessa ja toteuttaessa maanrakennushankkeita on huomioitava ratalain mukaiset toimenpiderajoitukset, jotka kieltävät maanpinnan muodon muuttamisen ojituksen tai muun kaivuutyön, joista voi aiheutua vaaraa tie- tai rautatieliikenteen turvallisuudelle tai radanpidolle. (Ratalaki 4 luku 39 §.)

2.4 Rataturvallisuus

Radanpidon turvallisuusohjeet (TURO) määrittelee rautatiealueella tapahtuvan työskentelyn ja liikku-
misen keskeiset turvallisuusvaatimukset ja -käytännöt. TURO:a noudatetaan Väyläviraston tilaamissa radanpitoon liittyvissä rakennustöissä. Väyläviraston tekemässä tilauksessa saattaa olla kyseistä urakkaa koskevia täydentäviä turvallisuusvaatimuksia ja menettelyjä, mutta se ei kuitenkaan oikeuta ohittamaan radanpidon turvallisuusohjeita, ellei asiasta ole tehty erillistä kirjallista hakemusta. (Väylävirasto 2022b, 19.)

Ratatyön suojaulottuma (RSU) on pitkin raidetta ulottuva tila, jonka sisäpuolella työskentely edellyttää ratatyöluvan. Ratatyön suojaulottuman reunan etäisyys on 2,5 metriä lähimmästä kiskosta ulospäin. Mikäli rata sijaitsee sähköistetyllä rataosuudella, voidaan RSU määrittää pylväslinjan sisäreunaan. (Kuva 3.) (Väylävirasto 2022b, 20.)



KUVA 3. Ratatyön suojaluttuman (RSU) määritelmä yksiraiteisella rataosuudella (Väylävirasto 2022b).

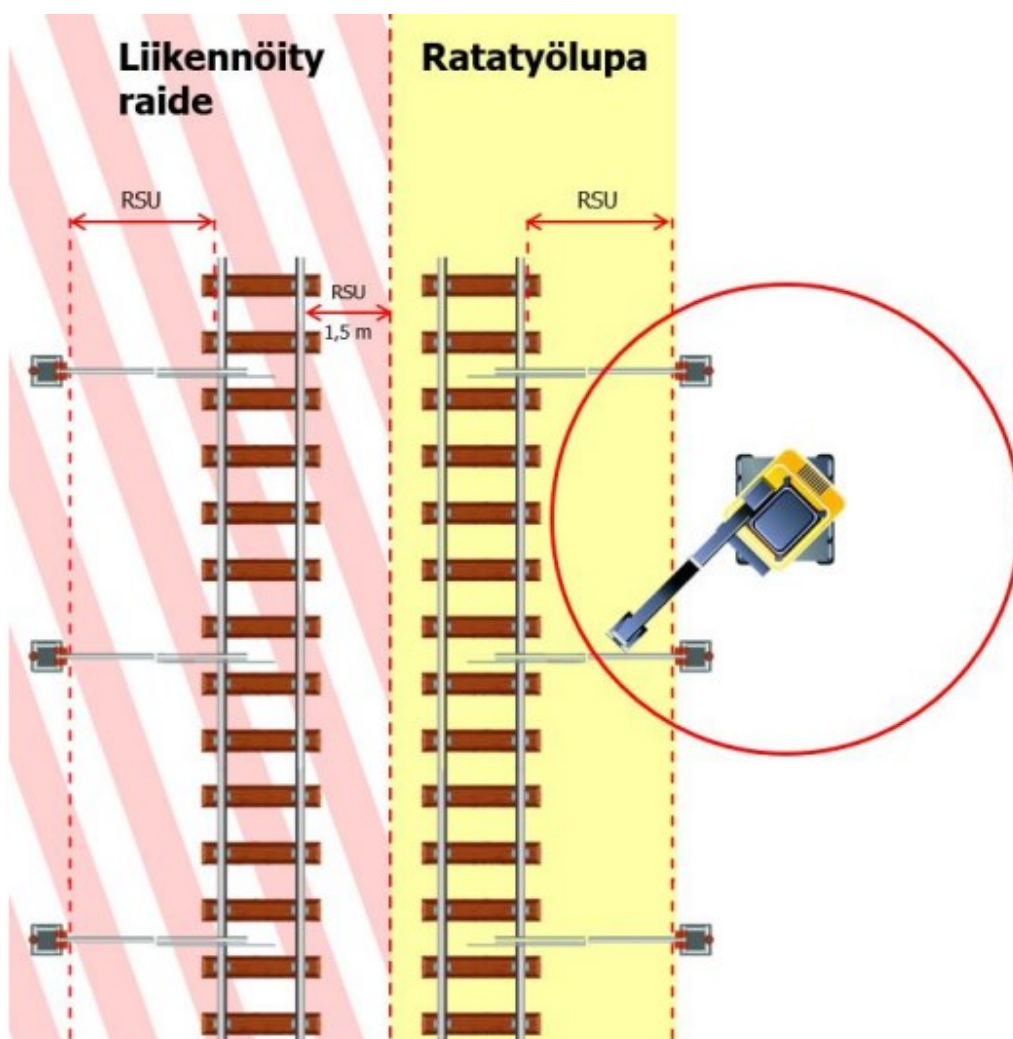
Työ voidaan myös tehdä tietyn edellytyksin turvamiestoiminnalla tai ratatyön suojaamisen tarkoitella RATSU-laitteistolla, joka varoittaa yksikön saapumisesta työmaa-alueelle korvaten turvamiestömenettelyä. Liikennöidyn raiteen nopeusrajoitus saa olla enintään 140 km/h turvamiestä käytettäessä tai 200 km/h RATSUa automaattisesti tai puoliautomaattisesti käytettäessä. (Väylävirasto 2022b; kuva 19.) On myös kiinnitettävä huomiota, että työllä, jota turvataan RATSU-laitteistolla tai turvamiestoiminnalla, ei saa olla vaikutusta rautatieliikenteeseen tai sen liikennöitävyyteen. (Väylävirasto 2022b, 13–20.)

Mikäli kaivutyöt vaikuttavat rautatieliikenteeseen tai liikennöitävyyteen, radan vakavuuteen, raidegeometriaan tai sähköraataan, on työssä oltava ratatyölupa. Kaivutyön aikana on raiteen stabiiliteettia ja kuntoa seurattava päällysrakennepätevän toimesta. Mikäli raiteen stabiiliteetissa tai kunnossa havaitaan muutoksia, on liikennöityjen raiteiden liikennöinti pysäytettävä välittömästi. Tämä koskee myös tilanteita, joissa ratatyölupaa ei ole edellytetty. (Väylävirasto 2022b, 52.)

Kun työkonetta tai liikkuva kalusto työskentelee niin, että se, sen osa tai kuljetettava taakka on tilapäisesti RSU:n sisällä, tulee työn suorittamiseen hankkia ratatyölupa (Kuva 4). Työkoneen tai ratatyössä käytettävän liikkuvan kaluston liikkuminen ja työskentely RSU:ssa on sallittu ainoastaan, kun liikenteenohjaus on myöntänyt ratatyöluvan ja ratatyövastaava on antanut luvan siirtyä ratatyöalueelle tai siirtyä raiteelle. Jos kyseessä on useamman raiteen rata tai ratapiha, on oltava ratatyölupa

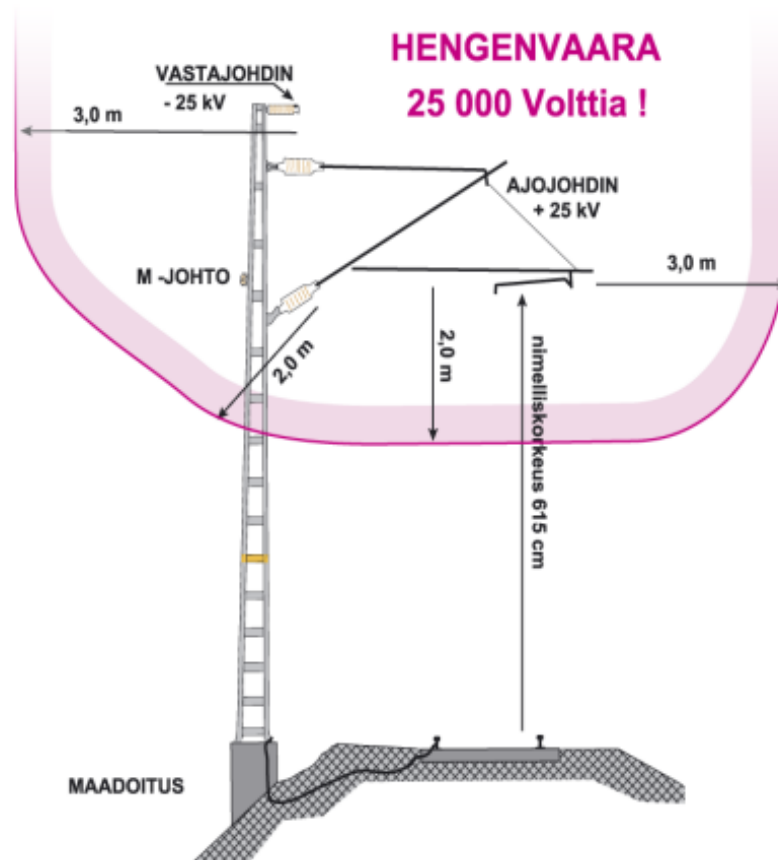
myös niille raiteille, joiden kohdalla työkoneen tai liikkuvan kaluston liikkeet voivat ulottua RSU:an edes hetkellisesti. (Väylävirasto 2022b, 43.)

Edellä mainittujen asioiden lisäksi työskentely työkoneella RSU:n ulkopuolella edellyttää ratatyöluvan lähinnä olevalle liikennöidylle raiteelle, mikäli riskienarvioinnissa tai työvaiheen työ-, turvallisuus- ja laatusuunnitelmassa todetaan työn ainakin jossakin vaiheessa edellyttävän työskentelyä RSU:n sisäpuolella. Jos työkoneen tai liikkuvan kaluston työskentelyulottuma ulottuu käyttäjän tekemän virheen tai toimintahäiriön vuoksi RSU:an, on töiden aikana käytettävä turvamiestoimintaa tai RATSU:a yksikön sivuuttamisen ajaksi. (Väylävirasto 2022b, 46–47.)



KUVA 4. Työkoneen laitteen tai osan ulottuessa ratasuojaulottuman (RSU) sisälle, on työssä oltava ratatyöluva (Väylävirasto 2022b).

Sähköistetyn rataosuuden läheisyydessä työskennellessä on huomioitava työkoneiden vähimmäisetäisyydet jännitteisiin osiin. Vähimmäisetäisyys ratajohtojen jännitteisistä osista työkoneilla ja ratatyössä käytettävällä kalustolla on alapuolella 2,0 metriä ja sivuilla 3,0 metriä (kuva 5). Sähköradalla työskennellessä on työkoneissa aina käytettävä nostokorkeuden rajoitinta jännitteisen ratajohtojen alapuolella. Työkoneen nostokorkeuden rajoitinta käytettäessä vähimmäisetäisyys radan jännitteisiin osiin voi olla pienempi. Uusissa käyttöönotettavissa työkoneissa nostokorkeuden rajoittimen on kuitenkin oltava CE-hyväksytty. (Väylävirasto 2022b, 26–27.)



KUVA 5. Työkoneen tai ratatyössä käytettävän liikkuvan kaluston vähimmäisetäisyys radalla olevista jännitteisistä osista ilman nostokorkeuden rajoitinta (Väylävirasto 2022b).

Työkoneet ja radalla käytettävä liikkuva kalusto tulee maadoittaa paluuvirtakiskoon tai sähköratapylväeseen, jos niiden osat voivat ulottua vähimmäisetäisyyksiä lähemmäksi ratajohdon jännitteisiä osia. Tarvittaessa työskentelyalue on rajattava tai merkittävä selvästi. (Väylävirasto 2022b, 27.)

3 TYÖMAATIEN SUUNNITTELU

3.1 Maankäytön suunnittelu

Ratahankkeisiin liittyvien työmaiden suunnittelussa otetaan huomioon niiden mahdollinen käyttö huoltoteinä rakennustöiden päätyttyä (Väylävirasto 2021b, 21). Suunnitelman laatimiseksi tiealueen, tien rakentamisen kustannusten ja tien ympäristövaikutusten määrittämiseksi tarvitaan perusteellinen tutkimus maankäytöstä, tarvittavista tie- ja liikennejärjestelyistä sekä maanpinnan muodoista ja pohjaolosuhteista. Näiden tietojen pohjalta laaditaan suunnitelma, joka sisältää tieosuuksien ja taseuuksien suunnittelun, liikennetekniset poikkileikkaukset sekä pohjanvahvistusten ja kuivatusrakenteiden tarvitsema tila. (Liikennevirasto 2012, 12.)

3.1.1 Maastokatselmus

Ennen tarjouksen tekoa urakoitsijan on hyödyllistä käydä maastossa katselmoimassa urakkakohtetta. Maastokatselmuksen tavoitteena on saada urakoitsija arvioimaan maaston ominaisuuksia ja olosuhteita työn toteuttamisen kannalta. Maastokatselmus kannattaa tehdä sulan maan aikana, jolloin aluetta on helpompi tarkastella. Ennen maastokatselmusta urakoitsija voi hyödyntää Google View -palvelua sekä Väyläviraston ratakuvapalvelua. Verkossa olevissa palveluissa on huomioitava niiden päiväys, sillä maasto saattaa olla muuttunut. Näiden lisäksi pohjaolosuhteita voi tarkastella Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) Maankamara- tai pohjatutkimukset-palvelun kautta välttääseen alueen pehmeiköt.

Maastokatselmuksella huomioitavia asioita tien rakentamisen suhteen ovat

- maaston topografia,
- pohjamaan laatu,
- kuivatus,
- radan rakenteet,
- olemassa olevat tieyhteydet sekä
- riskit

Maastokatselmus dokumentoidaan ja kuvia voidaan käyttää tarjouslaskennan, mutta myös töiden aloittamisen tukena.

3.1.2 Resurssien määrittäminen

Tarjouslaskentavaiheessa urakoitsija määrittelee tarjousasiakirjojen vaatimat resurssit työn suorittamiseksi. Asiakirjat kuvaavat työn sisällön, jonka perusteella urakoitsija arvioi tarvitsemansa kaluston, kuten ajoneuvonosturit sekä elementtien kuljetukseen tarkoitettujen ajoneuvot. Tarjousasiakirjoissa on otettava huomioon hankkeen aikataulu, joka vaikuttaa merkittävästi työn toteuttamiseen ja käytettävissä olevaan kapasiteettiin. Työmaalle on usein rakennettava tieyhteyksiä, jotta materiaalit ja nostokalusto voidaan kuljettaa helposti kohteeseen. Olemassa olevia tieyhteyksiä pyritään hyödyntämään, jos ne soveltuvat tarkoitukseen. Edellä mainittujen tieyhteyksien käyttöön tarvitaan tienkäytösopimus, jota käsitellään opinnäytetyön kohdassa 3.5.1.

Tarjouslaskentavaiheessa urakoitsijan on tärkeää arvioida mahdollisia riskitekijöitä ja varmistaa, että tarjouksessa huomioidaan kaikki tarvittavat työvaiheet, materiaalit sekä ympäristö- ja turvallisuusnäkökohdat. Lisäksi on olennaista varmistaa, että tarjouksen hinta on kilpailukykyinen ja että urakoitsija pystyy suoriutumaan työstä tehokkaasti ja laadukkaasti. Tässä vaiheessa on myös syytä huomioida mahdolliset lainsäädännölliset vaatimukset, jotka voivat vaikuttaa työn suunnitteluun ja toteutukseen.

Yleensä työmaasuunnitelmassa otetaan huomioon kulkuyhteyksien suunnittelu siten, että ne voivat jäädä osittain tai kokonaan pysyviksi huoltoteiksi. Pysyviksi todennäköisesti jäävät yhteydet on suunniteltava ottaen huomioon loppukäyttö, erityisesti herkillä alueilla. (Väylävirasto 2021b, 15.)

3.1.3 Linjauksen valinta

Tien suunnitteluvaiheessa keskitytään löytämään optimaalisen ratkaisun tien käytön, ympäristönsuojelun, rakennuskustannusten ja mahdollisen ylläpidon näkökulmasta (Metsäteho 2001, 27). Suunnitteluprosessissa on tärkeää ottaa huomioon tekniset toteuttamismahdollisuudet sekä rakentamistalouden näkökulma, jotka ovat olennaisesti riippuvaisia maaston ja maaperän ominaisuuksista. Eri tievaihtoehtojen välillä voidaan tehdä kustannusvertailuja. (Tien suuntauksen suunnittelu 2013, 8.)

Tien linjauksen suunnittelussa pyritään vähentämään kustannuksia erityisesti leikkaus- ja pengerrystöiden sekä pohjanvahvistusten osalta. Urakoitsijan tehtävänä on suunnitella tie niin, että jyrkät mutkat, suot, pehmeiköt, vesistöt, kivikot, louhikot ja kalliot vältetään mahdollisimman hyvin (Metsäteho 2001, 8).

Kustannustehokkuuden näkökulmasta on tärkeää minimoida maa-ainesten siirtojen määrä ja niistä aiheutuvat kustannukset. Tavoitteena on hyödyntää leikkausmassoja tehokkaasti ja pyrkiä minimoimaan kuljetusmatkat. Suunnittelussa pyritään myös välttämään leikkaukset rakennusaineeksi kelpaamattomassa maaperässä. Toisinaan tie voidaan tarkoituksellisesti sijoittaa kallio- tai maaleikkaukseen, jolloin saadaan hyödynnettävää kivi- ja maa-ainesta hankkeen rakentamiseen ja jatkojalostukseen. (Liikennevirasto 2013, 7.)

3.2 Puuston poisto

Ennen työmaatien rakentamista on alueelta tarvittaessa raivattava puustoa, joiden poistamiseen tarvitaan maanomistajalta kirjallinen lupa. Maanomistajan alueelta ei saa kaataa puita ilman kiinteistön omistajan tai haltijan suostumusta. Väylävirasto voi kuitenkin päätöksellään poistaa suoja- ja näkemäalueilta puustoa sekä rajoittaa puuston korkeutta varmistakseen rautatieliikenteen turvallisen liikennöinnin. Väyläviraston on ilmoitettava kiinteistönomistajalle puuston poiston toteutustavasta. (Väylävirasto 2021a.)

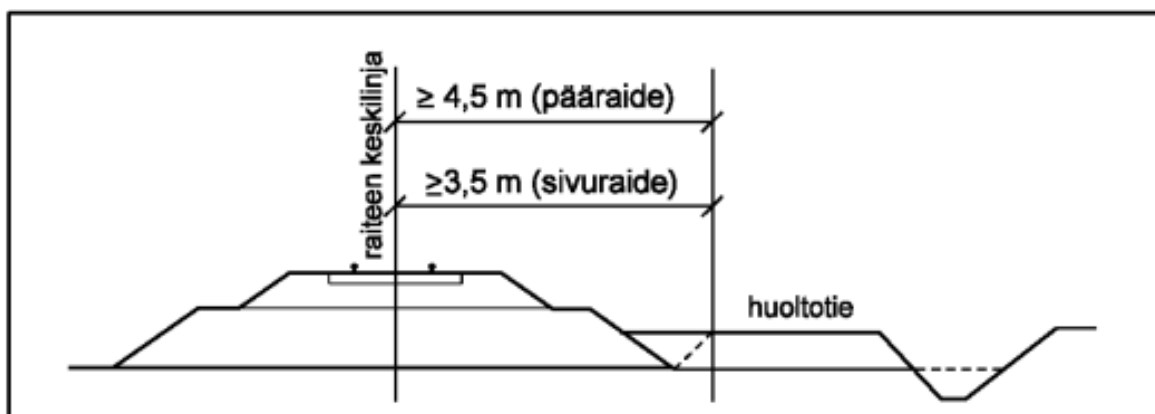
Puut, jotka kaatuessaan voivat osua radalle tai sen rakenteisiin, kutsutaan riskipuiksi. Näiden säännöllinen poistaminen parantaa rataverkon toimivuutta ja vähentää vuosittaisia kustannuksia. (Väylävirasto 2021a). Näiden riskipuiden poistaminen voidaan tehdä työmaatien rakentamisen yhteydessä. Riskipuita voidaan hyödyntää pohjanvahvistuksena, mikäli maanomistajalla ei ole tarvetta kaadetuille puille.

Metsänhoitotöissä, jotka sijoittuvat rautatien suoja-alueelle, on otettava huomioon sekä hakkuutyön, että rautatien turvallisuus (Metsäteho 2001, 8). Turvallisen työskentelyn takaamiseksi radan lähellä sijaitsevien puiden hakkuuseen tarvitaan ratatyöluupa tai jännitekatko (Tapio Oy 2021).

3.3 Tierakenteen määrittäminen

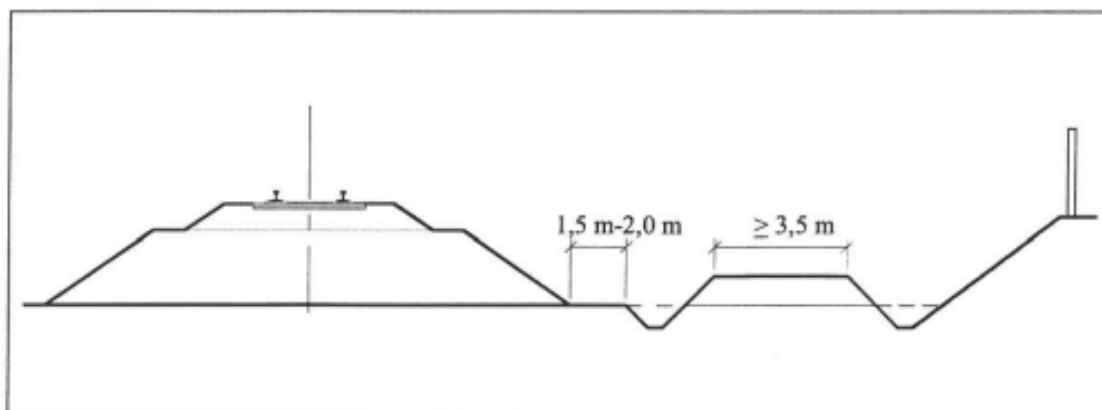
3.3.1 Poikkileikkaus

Radalla työmaatien leveys määritetään liikenteen ominaisuuksien perusteella, mutta Väyläviraston ratateknisen ohjeen mukaan huoltotien minimileveytenä voidaan pitää 3,5 metriä, suositeltava leveys on 4 metriä. Lisäksi huoltotien raiteen puoleisen reunan etäisyys on oltava vähintään 4,5 m lähimmän pääraiteen keskilinjasta ja 3,5 m lähimmän sivuraiteen keskilinjasta. (Kuva 6.) Sijoittaessa huoltotie kiinni ratapenkereeseen helpottuu sekä tien rakentaminen, että kunnossapito. (Väylävirasto 2021b, 18)



KUVA 6. Huoltotien sijoittuminen suhteessa rataan, kun huoltotie on kiinni penkereessä (Väylävirasto 2021b).

Maaston topografian tai kuivatuksen vuoksi huoltotien ja radan väliin joudutaan tekemään syvä oja (kuva 7.) Mikäli radalla on erityiskohteita, joihin on oltava pääsy, tulee huoltotieltä rakentaa yhteys ratapenkereelle. Tässä tapauksessa kuivatus voidaan järjestää rumpuputkilla. (Väylävirasto 2021b, 17.)



KUVA 7. Huoltotien sijoittuminen suhteessa rataan, kun radan ja tien välissä on oja (Väylävirasto 2021b).

Työmaatien alus- ja päällysrakenteen mitoituksen osalta täytyy arvioida tien käyttäjäryhmät. Mikäli tietä käytetään myös metsänhoidon tarpeisiin, esimerkiksi tukkirekkojen ajamiseen, tulee huoltotie siltä osin mitoittaa Metsäteho Oy:n metsätieohjeiston mukaan. (Väylävirasto 2021b, 19.)

3.3.2 Alusrakenne

Pohjamaan kantavuus riippuu maalajin rakeisuudesta ja vesipitoisuudesta. Maaperän kantavuus voidaan luokitella routivuuden ja raekoostumuksen perusteella seitsemään kantavuusluokkaan A-G (kuva 8). (Metsäteho 2017.)

Maalaji	Tarkennus	Routivuus	Kantavuus luokka	Kantavuus (MN/m ²)
Kallio	kallio, Ka louhe, Lo murske, M	Routimaton	A	300
Sora	sora, Sr		B	200 (150...280)
Soramoreeni	routimaton, SrMr (routiva, luokka E)	Routimaton / Routiva	C	100 (70...150)
Hiekka	routimaton, Hk (hieno Hk routiva, luokka E)		D	50 (35...70)
Hiekkamoreeni	routiva, HkMr (routimaton, luokka D)		E	20 (15...35)
Siltti Silttimoreeni Savi	Si SiMr Sa	Routiva	F	10 (5...15)
Lieju Turve	Lj Tv		G	5

KUVA 8. Pohjamaan kantavuuden luokittelu (Metsäteho 2017)

Tiessä käytettäviksi pengermateriaaleiksi kelpaavat kaikki kitkamaalajit, kuten sora, hiekka, karkea siltti ja vastaavat moreenit. Hienorakeisissa sekä runsaasti hienoainesta sisältävissä maalajeissa on huomioitava niiden vaikea rakennettavuus johtuen levityksestä tai tiivistyksessä etenkin märissä olosuhteissa sekä jäätyneinä tai sulavina. Turvetta ja liejua ei tule käyttää pengermateriaalina. (Metsäteho 2001, 38.)

Tien rakentamisessa voidaan hyödyntää rautatien rakentamisen, parantamisen ja ylläpidon yhteydessä syntyviä materiaaleja, kuten maa- ja kalliroleikkauksista saatavaa kiviainesta. Lisäksi käytöstä poistettua sepeliä sekä liukkauden torjunnassa käytettyä hiekkaa ja mursketta laiturialueilta voidaan hyödyntää tien rakentamisessa. Tällä tavoin voidaan merkittävästi vähentää maa- ja kalliomassojen

siirroista aiheutuvia kustannuksia. On kuitenkin varmistettava, että käytetyt materiaalit tarjoavat riittävän kantavuuden tielle suunnitellulle liikenteelle. (Väylävirasto 2021b, 20.)

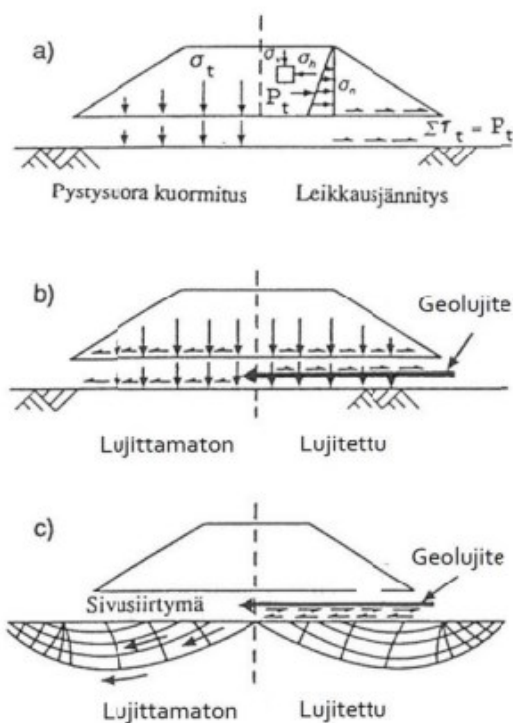
3.3.3 Pohjanvahvistukset

Liejulle ja turpeelle rakentaessa (G-luokka) on huomioitava pohjamaaluokan geotekninen haastavuus. Turve on maalaji, joka koostuu maatuivista kasvinosista ja niiden välitilan täyttävästä vedestä. Turve muodostuu, kun suokasvikerrokset ajan myötä lahoavat pohjaosastaan. Lisäksi eloperäistä materiaalia voi syntyä huuhtoutumalla veden virtauksen mukana, kuten tulvien ja jokien vaikutuksesta, ja myöhemmin kerrostumalla liejuksi. Turve ja lieju ovat erittäin kokoonpuristuvia ja niiden lujuus on alhainen, joten tällaisia alueita tulisi välttää kiertämällä. (ROADDEX 2024.)

Linjauksen valinnalla voidaan vaikuttaa pehmeikkörakentamiseen tietyissä määrin. Kuitenkaan pehmeiköiden välttäminen ei ole aina mahdollista, jolloin joudutaan tekemään pohjanvahvistuksia. Pehmeän maakerroksen ollessa matala, yleisin toimintatapa G-pohjamaaluokalle rakentaessa on massanvaihto kaivamalla, jossa kokoonpuristuva maalaji poistetaan kokonaan tai osittain, ja korvataan murskeella, louheella tai pengermateriaalilla. Muita yleisimpiä käytössä olevia pohjanvahvistuksia työmaateillä ovat suodatinkankaat ja lujiteverkot. Muita väliaikaisia vahvistusmenetelmiä voi olla puista ja risuista tehdyt telarakenteet. (Metsäteho 2001, 38.) Lisäksi tierakenteessa voidaan hyödyntää galvanoituja teräspoimulevyjä (ROADDEX 2024).

Geoverkot eli lujiteverkot ovat polymeereistä valmistettuja verkkoja, joiden tehtävänä on maan stabilointi ja lujittaminen. Niiden tehtävä perustuu murskeen ja verkon vuorovaikutukseen, jossa kiviainepartikkelit lukkiutuvat silmäaukkoihin estäen kiviaineksen sivuttaissiirtymän. Lujiteverkkojen ansiosta saadaan minimoitua liikennöinnin aikana tapahtuvat muodonmuutokset ja parannettua tien kantavuutta. (Lektar Oy julkaisuaika tuntematon.)

Pohjamaan pintaan asennettu lujite estää vaakasuorien siirtymien syntymistä ja parantaa siten rakenteen kantavuutta (kuva 9). Lisäksi lujite estää pengermateriaalin paikallisen uppoamisen pohjamaan ja kasvattaa pohjamaan murtokuormaa. Geolujitteet sijoitetaan tavallisesti pohjamaan ja pengerrakenteen väliin. Pengerrakenteen ollessa korkea voidaan lujite asettaa useampaan tasoon. (Liikennevirasto 2012, 70.)



KUVA 9 Geolujite maanvaraisella penkereellä (Liikennevirasto 2012)

Puisia telarakenteita voi olla risumatto, näretela ja telalava, joiden tarkoituksena on hyödyntää tien linjauksessa poistettavia puita pohjanvahvistuksena. Risumatossa paikalla saatavasta pienpuustosta, kuten oksista ja latvoista voidaan latoa ristiin matto, joka parantaa tien kantavuutta. Näretelan ja telalavan tarkoituksena on tehdä puun rungoista telarakenne, joka jakaa kuormituksia. Telarakenteita voidaan tarvita jo puustoa poistaessa, mikäli alueen pohjamaa ei kestä metsäkoneen aiheuttamaa kuormitusta. Telarakenteiden lahoaminen estetään peittämällä se vettä pidättävällä materiaalilla. (Metsäteho 2001, 61.)

3.3.4 Päälysrakenne

Päälysrakenteella tarkoitetaan kaikkia alusrakenteen eli pohjamaan tai pengertäytteen yläpuolella olevia rakennekerroksia. Päälysrakenteen tehtävä on ottaa vastaan liikenteestä aiheutuvat kuormat ja jakaa ne tasaisesti alusrakenteelle. (Sikiö, Janne. 2020). Lisäksi päälysrakenteen tulee muodostaa liikennöimisen kannalta riittävän tasainen ja kiinteä pinta. Päälysrakenteen osien nimitykset on esitetty kuvassa 10. Kaikkia kuvan kerroksia ei välttämättä ole samassa rakenteessa.



KUVA 10. Tien rakennekerrokset (Väylävirasto 2020)

Suodatinkankaan pääasiallinen tehtävä on estää päällysrakennekerrosten sekoittuminen pohjamaan. Suositeltavaa on käyttää suodatinkangasta erityisesti heikosti kantavilla pohjamailla. Suodatinkangas on erityisen tärkeä silloin, kun tietä käytetään raskaisiin kuljetuksiin kelirikon aikana tai kun tien runko pysyy kosteana myös kesällä. Suodatinkangas lisää pehmeillä pohjamailla rakenteen jäykkyyttä, mikä helpottaa muun muassa rakennusvaiheen rakennekerrosten tiivistämistä. (Metsäteho 2001, 54.)

Jakavan kerroksen tehtävänä tierakenteessa on lisätä tien kantavuutta niin, ettei pohjamaan kantokykyä ylitetä. Jakavana kerroksena käytetään karkearakeista materiaalia, kuten luonnonsoraa tai kalliomursketta, joka myös estää veden kapillaarista nousua tien rakenteissa. Näiden lisäksi voidaan rakenteessa käyttää uusiomateriaaleja eli teollisuudesta syntyviä jätteitä. Tilaajan hyväksymän suunnitelman mukaisesti uusiomateriaaleja voidaan käyttää, jos ne teknisiltä ominaisuuksiltaan ja maarakennuskelpoisuudeltaan soveltuvat rakennuskohteeseen. Uusiomateriaalien käytössä on huomiotava, että osalle näistä on haettava ympäristölupa. (InfraRYL 2023. Päälly- ja pintarakenteet. Jakavat kerrokset, eristys- ja välikerrokset 2023.)

Kantavan kerroksen tehtävänä on nimensä mukaisesti lisätä tien kantavuutta, mutta myös muodostaa ajoradan tasainen pinta (Sikiö, Janne. 2020). Työmaatien kantava- ja kulutuskerros tehdään murskeesta. Tien rakenteissa voidaan myös käyttää radan vanhoja materiaaleja, kuten raidesepeä. Kantavan kerroksen materiaalin raekoko määritetään käyttötärpeen, mutta myös kantavuuden mukaan. Suuria kiviainespartikkeleja (>32 mm) sisältävä murske saattaa mahdollisesti aiheuttaa rengasrikkoja. Mikäli tiellä on paljon kevyttä liikennettä, kuten henkilöautoja, voidaan kantavan kerroksen päälle lisätä kulutuskerros hienommasta murskeesta.

3.3.5 Kuivatusrakenteet

Tien kuivatuksella pyritään poistamaan tien rakenteelle haitallinen vesi tienrakenteista, mutta myös pitämään ratarakenne kuivana, sillä kuivatus suunnitellaan osana radan kuivatusta. Kuivatuksen avulla parannetaan rakenteen kantavuutta sekä pienennetään routivuutta (Väylävirasto 2023a, 10). Huoltotie ei saa toimia patona sade- ja sulamisvesille (Väylävirasto 2021b, 20).

Kuivatus jaetaan pintakuivatukseen ja syväkuivatukseen. Pintakuivatuksen avulla estetään veden keräytyminen tien tai radan pinnalle ja vierialueille ja poistetaan sinne jo joutuneet vedet johtamalla ne sivuojiin, hulevesikaivoihin tai koururakenteisiin. Syväkuivatuksella taas estetään veden jääminen väylän rakenteisiin. (Väylävirasto 2023, 10.) Routivalla pohjamaalla on erityisen tärkeää, että tien rungon kuivatus toimii, sillä kosteus heikentää merkittävästi tien kantavuutta (Metsäteho 2001, 38).

Ratahallintokeskuksen hallinnoimilla maa-alueilla olevat sivuojat, niskaojat, laskuojat, leikkausojat, sekä tasoristeyksiin liittyvät sivuojat tulee ylläpitää alkuperäisen käyttötarkoituksen vaatimassa kunnossa. Pehmeikköalueiden sivuojien syventämiseen tarvitaan penkereen stabiliteetin selvittämistä. (Ratahallintokeskus 2002.)

Kuivatuksen suunnittelussa on huolehdittava etenkin hienojakoisilla mailla, ettei aiheuteta eroosiota. Maaleikkaus tulee suunnitella siten, että luiskat kestävät vedenvirtauksen aiheuttaman paineen vaikutuksen. Huoltoteiden luiskiin käytetään eroosiota vähentävää kerrosta, koska käsittelemätön maaluiska lähtee helposti syöpymään sateen tai tuulen vaikutuksesta. Luiskaan voidaan käyttää esimerkiksi radan korjauksessa syntyviä materiaaleja, kuten sepeä tai mursketta. (Väylävirasto 2021b, 17.)

On myös huomioitava, että pohjaveden pilaaminen on kielletty ympäristönsuojelulaille ja pohjaveden muuttaminen vaatii vesilain mukaisen luvan. (Väylävirasto 2023, 13.)

3.4 Tiehen liittyvät osat

3.4.1 Varastointipaikat

Ratahankkeissa varastointipaikat ovat keskeinen osa logistiikkaa ja resurssienhallintaa. Varastointipaikkojen suunnittelu ja hallinta vaikuttavat suoraan hankkeen tehokkuuteen ja kustannuksiin. Ratahankkeissa käytetään monenlaisia materiaaleja, kuten betonia, kiviaineksia, terästä ja muita rakennustarvikkeita. Näiden materiaalien järjestelmällinen varastointi on helpottaa myös työn suorittamista lyhyissä liikennekatkoissa.

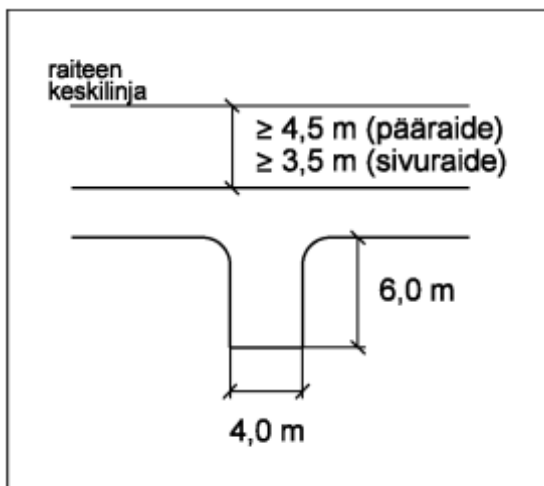
Varastointipaikkojen on oltava riittävän suuria ja niissä on oltava asianmukainen järjestys, jotta eri materiaaleja voidaan säilyttää turvallisesti ja niitä on helppo hakea tarvittaessa. Varastointipaikkojen on täytettävä turvallisuus- ja ympäristövaatimukset. Erityisesti kemikaalien, kuten kiskohitsaukseen käytettävien termiittiannosten ja muiden vaarallisten aineiden varastointiin liittyy tiukkoja säädöksiä, ja varastotilojen on oltava näiden normien mukaisia.

Varastoalueille saapuu erilaisia materiaalitoimituksia, kuten kiskoja, pölkkyjä ja betonielementtejä, joten varastopaikat on suunniteltava siten, että niiden yhteyteen on helppo järjestää kuljetuksia. Tämä helpottaa materiaalien siirtämistä varastosta työmaalle ja päinvastoin.

Varastojen sijoittelussa on huomioitava, että mikäli työ- tai varastoalueella kuormaa puretaan suoraan rautatiealueella sijaitsevalle työkohteelle tai varastoalueelle, tai jos siellä lastataan kuormaa, kuljettajalla on oltava ratatyöturvallisuuspätevyys. Jos kuljettajalta kuitenkin puuttuu edellä mainittu pätevyys, voidaan työ suorittaa ratatyöturvallisuuspätevyyden omaavan henkilön ohjauksessa ja valvonnassa. Työn tilaaja on vastuussa kuljettajan perehdyttämisestä työkohteen olosuhteisiin ja rautatiealueella noudatettaviin turvallisuuskäytäntöihin. Tilaajan on huolehdittava siitä, että kuljetuksissa noudatetaan Väyläviraston turvallisuusvaatimuksia ja -menettelyjä, ja että kuljetuksista ei aiheudu vaaraa rautatieliikenteen turvallisuudelle. (Väylävirasto 2022b, 31.)

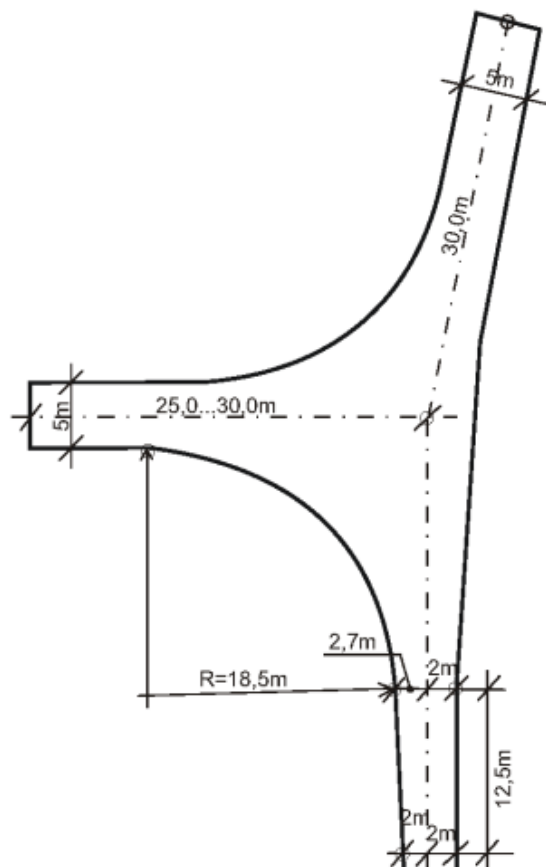
3.4.2 Liittymät ja kohtaamispaikat

Mikäli työmaatiellä ei ole läpiajomahdollisuutta, on tielle aiheellista suunnitella kääntöpaikka. Rata-tekniisessä ohjeessa huoltotiehen esitetään 4 metriä leveää ja 6 metriä pitkää kääntöpaikkaa henkilö- ja pakettiautoille (kuva 11). (Väylävirasto 2021b, 17.)



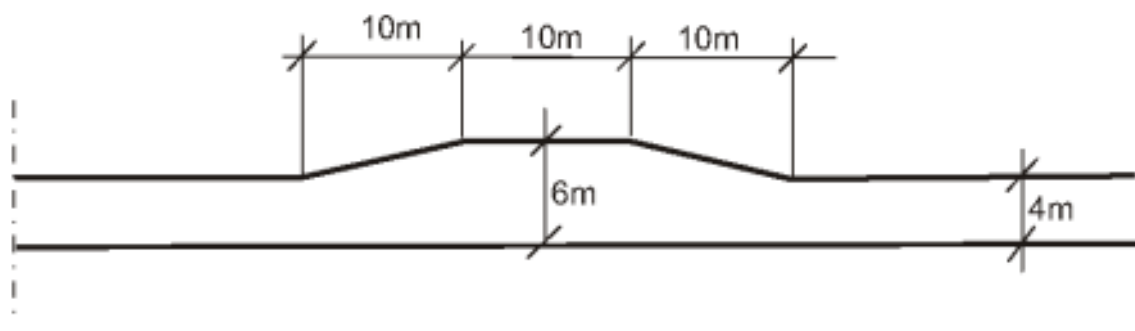
KUVA 11. Kääntöpaikka henkilö- ja pakettiautoille (Väylävirasto 2021b)

Kuitenkin jo rakentamisvaiheessa tiellä liikkuu kuorma-autoja, joille on järjestettävä turvalliset kääntymispaikat etenkin tien ollessa pitkä ja haastava peruuttamiseen. (Kuva 12) Kääntöpaikkojen ja kohtaamispaikkojen avulla voidaan myös tehostaa kiviainekuljetuksia, kun samalle tieosuudelle saadaan useampi kuorma-auto.



KUVA 12. Kääntöpaikka mitoitettuna puunkuljetusajoneuvolle (Väylävirasto 2021b)

Jos työmaalla katsotaan olevan paljon kahdensuuntaista liikennettä, tulee tieosuudelle rakentaa kohtaamispaikkoja (kuva 13). Kohtaamispaikka on erillisen tarkastelun perusteella tehtävä leveämmiksi, jolloin sitä voidaan hyödyntää tien rakennusvaiheessa kuorma-autojen kasetointipaikkana, mutta myös liikennekatkon aikaisena varastointi- ja pysäköintialueena. Kääntö- ja kohtaamispaikkojen kohdalla on huomioitava kuivatuksen järjestäminen esimerkiksi rummuilla.



KUVA 13 Kohtaamispaikka mitoitettuna henkilö- ja pakettiautoille (Väylävirasto 2021b)

3.4.3 Kiskojen ylityskohdat ja nousupaikat

Mikäli ratalinjalla tarvitaan kiskopyörillä varustettuja työkoneita, kuten kaivinkoneita, on huoltoteiden varrelle suunniteltava erillisten tarkastelujen perusteella kiskoillennousupaikat. Nousupaikalle pääseminen sivullisilta on estettävä puomeilla, mikäli sille johtavalla huoltotiellä ei ole puomia. Lisäksi radallennousupaikkojen sijainnit on ilmoitettava tasoristeysrekisterin ylläpitäjälle. (Väylävirasto 2021b, 19.)

Työkoneen radalla nousemisessa on kiinnitettävä huomioita nousupaikan valintaan. Radalle nouseminen pengertä pitkin on ehdottomasti kielletty eikä ylityskohdalla saa olla ratalaitteita, jotka voivat nousun aikana vahingoittaa. Mikäli nousupaikalla on kaapelikouruja tai vastaavia ratarakenteita, on ne suojattava ylityksen ajaksi. Työkone ei saa avustaa radalle nousemista ottamalla kiinni kiskosta, pölkystä tai sähköratapylvästä. Ratatyövastaava tai työryhmän yhteyshenkilö vastaa nousemispaikan valinnasta ja siitä, että kiskoille nousu ei vahingoita ratainfraa. Radalle nousun ja poistumisen jälkeen työkoneen kuljettajan on silmämääräisesti tarkastettava, että rataan ei tullut nousun tai poistumisen aikana vaurioita. (Väylävirasto 2022b, 133.)

Nousupaikan valinnassa on huomioitava myös radan turvalaitteet, kuten akselinlaskijat tai raidevirtapiiri. Raidevirtapiirillä työskentely aiheuttaa muun muassa vartioidun tasoristeyksen puomilaitteiston aktivoitumisen. Laitteisto on työn ajaksi kytkettävä pois käytöstä ja tasoristeykseen on asetettava ”Puomit ei käytössä” -kyltit. Akselinlaskentaan perustuvalla radalle nousu ja sieltä poistuminen on häiriöttömyyden ja turvallisuuden kannalta tehtävä ensisijaisesti sivuraiteelta ja mahdollisuuksien mukaan raiteensulun takaa. Akselinlaskentapisteen yhdensuuntainen ylittäminen aiheuttaa järjestelmään häiriötilan. Mikäli ratatyökone ei missään vaiheessa ylitä akselinlaskentapistettä, se ei rekisteröidy akselinlaskentajärjestelmään eikä näy liikenteenohjaukselle. (Väylävirasto 2022b, 133.)

Rakentaessa tilapäistä tasoristeystä, jossa kulkee kumipyörä- ja telaketjuiliikennettä junaliikenteen ollessa katkaistuna, on kiskot suojattava esimerkiksi Larsen-teräsponttiseinillä. Suojauksessa on kuitenkin huomioitava, ettei tieliikenteestä saa aiheutua kuormitusta kiskoihin. Mikäli junaliikenne jatkaa liikennöintiä voidaan tilapäinen tasoristeys tehdä asettamalle puulankut kiskoja molemmin puolin koko kiskon korkeudelle. Tätä suojaustapaa ei saa kuitenkaan käyttää, mikäli käytössä on telaketjukalustoa. (Ratahallintokeskus 1998.) Kiskoja ylittäessä on kiinnitettävä huomioita työkoneen vähimmäisetäisyyksiin radan jännitteisiin osiin.

3.5 Kolmannet osapuolet

3.5.1 Maankäyttö- ja tienkäyttösopimukset

Mikäli urakassa joudutaan käyttämään yksityisteitä, on niiden käyttöä varten tehtävä kirjallinen sopimus tienpitäjän kanssa. Maankäyttö- ja tienkäyttösopimuksessa on tarkennettava kiinteistötiedot sekä sopimuksen osapuolet. Sopimuksessa käsitellään tien käyttäjän oikeuksista ja velvollisuuksista. Yleinen urakoitsijan velvollisuus tienkäytöstä on, että käyttäjä vastaa teiden työnaikaisesta kunnossapidosta, sekä siitä, että käytössä olleet tiet ovat käytön päätyttyä vähintään yhtä hyvässä kunnossa kuin rakennustyön alkaessa. Edellä mainittu asia todetaan jälkitarkastuksessa, johon osallistuu sekä tilanomistaja, että käyttäjä. Ennen tienkäyttöä tie dokumentoidaan kokonaisuudessaan, jotta voidaan todistaa tien kunto ennen rakennustöiden alkua. Näin saadaan vältettyä riitatilanteet

sopimuksen päätyttyä. Solmittavissa sopimuksissa on oltava maininta tilaajan oikeudesta käyttää tietä valvontatehtävien hoitamiseksi. (Urakkaohjelma, Laurila-Rovaniemi siltojen kannen vaihdot 2023.)

3.5.2 Liittymälupa

Yksityisen tai maanomistajan tien liittämiseen yleiseen tiehen tarvitaan ELY-keskuksen lupa. Tämä koskettaa myös urakoitsijaa, joka rakentaa tilapäistä liittymää. Liittymäluvan hakemiseksi on hankittava liitteeksi osoitus kiinteistön rakennusoikeudesta, osoitettava liittymän paikka kartalla mittakaavassa 1:20 000. Lisäksi liitteenä on oltava ote kunnassa vahvistetusta asema-, yleis- tai osayleiskaavasta tai sen luonnoksesta sekä asemapiirros tai vastaava kiinteistöä koskeva suunnitelma, josta ilmenee liittymän tarkka sijainti. (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2024.)

3.5.3 Liikenteenohjaus

Rautatieliikenteenohjauksesta Suomessa vastaavat Fintrafficin liikenneohjaajat. Liikenneohjaajien tehtäviin ohjaamisen kuuluvat kulkuteiden turvaaminen, vaihto- sekä ratatöiden luvananto sekä turvaaminen. Liikenneohjaajat vastaavat liikenteen häiriö- sekä poikkeustilanteiden hoitamisesta yhdessä eri sidosryhmien, kuten pelastuslaitoksen kanssa. Liikennesuunnittelu on jaettu neljään liikennesuunnittelualueeseen, joiden päätoimipisteet ovat Helsinki, Tampere, Kouvola ja Oulu (kuva 14).



KUVA 14. Liikennesuunnittelualueet Suomessa (Fintraffic julkaisuaika tuntematon)

Kaikista junaliikenteeseen vaikuttavista töistä, nopeusrajoitusalueista, työraoista sekä raiteiden tilapäisestä sulkemisesta on sovittava Fintraffic Oy:n kanssa ennen töiden aloittamista. Ennen rakennustöiden aloittamista on laadittava ja hyväksyttävä tilaajalla työnaikainen liikenne- ja nopeusrajoitussuunnitelma sekä työ- ja junaturvallisuuksuunnitelma (Urakkaohjelma, Laurila-Rovaniemi siltojen kannenvaihdot 2023).

4 KUSTANNUSTEN HALLINTA

4.1 Kustannusten muodostuminen

Työmaateiden rakennuskustannuksiin vaikuttavat suunnittelutarve, toteutustapa, rakentamisaika ja -aikataulu, maaperäolosuhteet, kuten kaivuuluokka sekä vesipitoisuus. Lisäksi kustannuksiin vaikuttaa kiviainesten saatavuus, hankkeen suuruus, sekä kuivatuksen tarve. Tien rakentamisessa suurin osa kustannuksista muodostuu kiviaineksista, mitä pidempi rakennettava tie on. Näin ollen tierakenteen optimoinnilla saadaan merkittäviä kustannussäästöjä.

Kone- ja palkkakustannuksia nostaa ratatyönä tehtävät maanrakennustyöt, jonka vuoksi on urakoitsijan aiheellista kiinnittää huomiota junien kulkuun ja aikatauluihin. Edellä mainittuja asioita voi seurata junaliikenteen havaintojärjestelmästä Juliasta.

4.2 Kustannusten hallinta

Ennen työn aloittamista on tärkeää laatia realistinen tavoitearvio, joka kattaa kaikki hankkeen odotetut kustannukset. Tavoitearvioon kirjataan työt litteratasolla panoslaskelmana. Budjettia on seurattava säännöllisesti koko urakan aikana varmistaakseen, että hankkeen toteutuneet kustannukset pysyvät tavoitearviossa. Tavoitearvion huolellinen tekeminen mahdollistaa työn onnistumisen maastossa. Mahdolliset poikkeamat tavoitearviosta on tunnistettava ja käsiteltävä ajoissa.

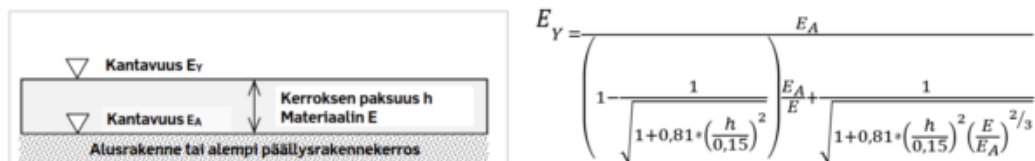
Valittaessa rakennusmateriaaleja ja työmenetelmiä on pyrittävä valitsemaan vaihtoehdot, jotka ovat kustannustehokkaita mutta samalla täyttävät laatu- ja turvallisuusvaatimukset. Työmaan resurssien, kuten työvoiman, koneiden ja materiaalien, tehokas käyttö on olennaista kustannusten hallinnassa. Työvoiman ja koneiden tehokas aikataulutusta, kiviainesten tehokas hyödyntäminen sekä ylijäämämaiden tehokas käyttö auttavat säästämään kustannuksia työmaateiden rakentamisessa.

Lisäksi työnjohdon ja työntekijöiden tiivis viestintä, sekä raportointi hankkeen eri sidosryhmien välillä voi toimia kustannusten hallinnan välineenä. Tämä auttaa varmistamaan, että kaikki osapuolet ovat tietoisia hankkeen taloudellisesta tilanteesta ja että tarvittavat toimenpiteet voidaan toteuttaa nopeasti kustannusten hallitsemiseksi.

Työmaan kustannusten hallintaan on hyödyllistä soveltaa jatkuvan parantamisen periaatetta. Tämä tarkoittaa sitä, että prosesseja ja käytäntöjä arvioidaan säännöllisesti, ja tarvittaessa tehdään muutoksia paremman tehokkuuden ja kustannustehokkuuden saavuttamiseksi.

5 MATERIAALILASKURI

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä Excel-pohjainen laskuri, joka mitoittaa eri pohjamaalajeille tien rakennekerrokset. Pohjamaalajeja on laskurissa seitsemän kappaletta, mutta G-luokkaan eli liejulle tai turpeelle rakentaessa on tarkasteltava tien rakentamista erikseen, sillä tien pohjanvahvistustavan valinta vaikuttaa kustannuksiin merkittävästi. Laskentaohjelma ratkaisee tien poikkileikkauksen lähtötietojen perusteella ja laskee rakennekerroksien määrän kuutioina. Excel-laskurissa on hyödynnetty Metsätehon päällysrakenneluokkia, jotka on erikseen tarkasteltu Odemarkin kantavuuskaavalla (kuva 15.)



The diagram shows a cross-section of a road layer. It consists of a top layer labeled 'Kantavuus E_r' (bearing capacity E_r) and a bottom layer labeled 'Kantavuus E_A' (bearing capacity E_A). The bottom layer is further identified as 'Alusrakenne tai alempi päällysrakennekerros' (subgrade or lower pavement layer). The thickness of the top layer is labeled 'Kerroksen paksuus h' (layer thickness h) and the material is labeled 'Materiaalin E' (material E). To the right of the diagram is the Odemark bearing capacity formula:

$$E_Y = \frac{E_A}{\left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + 0,81 \cdot \left(\frac{h}{0,15}\right)^2}}\right) \frac{E_A}{E} + \frac{1}{\sqrt{1 + 0,81 \cdot \left(\frac{h}{0,15}\right)^2} \left(\frac{E}{E_A}\right)^{2/3}}}$$

jossa:

E_A	mitoitettavan kerroksen alapinnan kantavuus (MPa)
E_Y	mitoitettavan kerroksen yläpinnan kantavuus (MPa)
E	mitoitettavan kerroksen materiaalin E -moduuli (MPa)
h	mitoitettavan kerroksen paksuus (m)
0,15	kuormittavan pyörän kosketuspinnan laskennallinen säde (m)

KUVA 15. Odemarkin kantavuuskaava (Sikiö 2021)

Laskentaohjelmaa käyttävän on tutkittava tiealueen pohjaolosuhteita, joiden perusteella käyttäjä sijoittaa eri pohjamaaluokan tieosuudet laskuriin. Tämän jälkeen taulukkoon täytetään päällysrakenteen leveys, tien pintakaltevuus sekä ojien luiskakaltevuus. Seuraavaksi valitaan päällysrakenneluokka, jotka on jaettu tavoitekantavuuksien mukaan neljään eri luokkaan. Laskentaohjelma mitoittaa kaikki tavoitekantavuudet eri välilehdille, joista käyttäjän on valittava kyseistä rakennusurakkaa koskeva tavoitekantavuus käytettävän tien käyttäjäryhmien mukaisesti. Lisäämällä taulukkoon kiviainesten hinnat saadaan ohjelmalla arvioitua tien rakentamiseen käytettävien materiaalien kokonaiskustannus.

5.1 Materiaalilaskurin testaus työmaan avulla (LUOTTAMUKSELLINEN)

Luku vain toimeksiantajan käyttöön.

6 POHDINTA

Edeltävän kesän työnjohtoharjoittelupaikassa Laurila-Rovaniemi siltojen kannenvaihdot 2023- rautarakassa rakennettavat työmaatiet sijoittuvat haastaviin paikkoihin pehmeikölle lähelle ratarakenteita. Kyseiset työmaatiet olivat merkittävässä osassa liikennekatkolla tehtävien töiden onnistumisessa. Rautatierakentamishankkeissa työskentelevän urakoitsijan on tunnistettava tieyhteyksien rakentamiseen liittyvät työvaiheet ja niistä aiheutuvat kustannukset. Yhdistämällä teorian sekä kokemuksen rautatierakentamisesta ja tien rakentamisesta, urakoitsija saa kokonaisvaltaisen käsityksen, kuinka tie täytyy rakentaa, jotta sen avulla voidaan saavuttaa rautatierakentamisen tavoitteet sekä noudattaa rautatien asettamia turvallisuusmääräyksiä.

Työn aiheen valintaan vaikutti urakan aikana ilmenneet haasteet sekä kiinnostus tie- ja ratarakentamiseen. Opinnäytetyön aloituksessa vaikeinta oli rajata työn aihetta, mutta suunnitteluvaiheessa ohjaava opettajan Kai Auvisen kanssa saimme työn rajauksen tehtyä. Opinnäytetyötä tehdessäni huomasin aiheen olevan yhä todella laaja, mutta onnistuin mielestäni kirjoittamaan kustannusten kannalta merkittävät asiat.

Hyödynsin opinnäytetyössä laajasti erilaisia verkkolähteitä, joista sain kattavasti aineistoa työhöni. Lisäksi kouluttauduin tilaajaorganisaation kautta projektin kustannustenhallintaan, josta oli minulle paljon apua sekä opinnäytetyössäni, että myös tulevaisuuden kannalta.

Materiaalilaskurin tekeminen osoittautui hankalaksi, sillä sen teossa oli huomioitava lopputuloksen olevan mahdollisimman käyttäjäystävällinen sekä helppolukuinen. Laskentaohjelma ei mitoitakaan eniten rakennuskustannuksia aiheuttavan G-pohjamaaluokan tierakenteita, sillä ne voidaan toteuttaa rakennuskohteen mukaan monella eri tavalla. Opinnäytetyössä käsiteltiin yleisimpiä pohjanvahvistustapoja, joita urakoitsija voi hyödyntää edellä mainitulla pohjamaaluokalla. Näiden aiheuttamia kustannuksia on tarkasteltava erikseen. Sain kuitenkin tehtyä tarjouslaskentaa tukevan laskurin, joka koeikäytön myötä osoittautui toimivaksi. Laskuria on käytettävä jälkilaskennan tukena, jotta laskuriin saadaan lisää luotettavia tuloksia.

Koin aiheen mielenkiintoiseksi, sillä siinä yhdistyi minua kiinnostavat asiat eli rautatierakentaminen, maanrakennus ja geotekniikka. Lisäksi opinnäytetyön tekoa helpotti se että, harjoittelussa olin päässyt olemaan mukana jokaisessa rakennusvaiheessa. Urakkaan kuului kuuden erilaisen työmaatien rakentaminen, jotka olivat keskenään kaikki hyvin erilaisia.

Uskon, että opinnäytetyöstäni on hyötyä tilaajalle tarjouslaskennassa. Opinnäytetyössäni mainitsen, että on noudatettava jatkuvan parantamisen periaatetta, jonka mukaisesti toimintatapoja on jatkuvasti kehitettävä pysyäkseen kilpailukykyisenä. Tämä oli myös yksi syy opinnäytetyön aiheen valintaan.

LÄHTEET

Työssä on käytetty seuraavasti tekoälyä:

ChatGPT 2024. OpenAI. GPT-3.5. Käytetty kielentarkistukseen, huhtikuu 2024. <https://chat.openai.com>

Destia 2023. Ratapalvelut. Verkkajulkaisu. <https://www.destia.fi/palvelut/ratapalvelut/>. Viitattu 20.12.2023

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2024. Liittymälupa maantiehen. Päivitetty 17.11.2023. <https://www.ely-keskus.fi/ptv/-/fsc/view/service/1a8692a8-7502-4656-a567-957a60a6227b/liittymalupa-maantiehen/KR3;Luvat>. Viitattu 20.1.2024

Fintraffic, julkaisuaika tuntematon. Liikennesuunnittelun yhteystiedot. Kuvatiedosto <https://www.fintraffic.fi/fi/raide/liikennesuunnittelun-yhteystiedot>. Viitattu 20.3.2024

Geolujitetut maarakenteet 2012. Liikenneviraston oppaita 2/2012. Verkkajulkaisu. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lop_2012-02_geolujitetut_maarakenteet_web.pdf. Viitattu 15.3.2024

InfraRYL 2023. Päälyys- ja pintarakenteet. Jakavat kerrokset, eristys- ja välikerrokset 2023. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS. https://ryl-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia.fi/ryl/InfraRYL/2023_2/21000.html. Viitattu 18.3.2024

Junauutiset 2023, Rautateiden historia Suomessa. Verkkajulkaisu. Julkaistu 10.6.2023 <https://junauutiset.fi/rautateiden-historia-suomessa/>). Viitattu 20.12.2023

Kreate, julkaisuaika tuntematon Ratarakentaminen. Verkkajulkaisu. <https://kreate.fi/palvelut/ratarakentaminen/>. Viitattu 20.12.2023

Lektar Oy, julkaisuaika tuntematon. Verkkajulkaisu. <https://lektar.com/geoverkko-tg3030s-48013030s>. Viitattu 12.1.2024

Liikennevirasto 2012. Liikenneviraston ohjeita 10/2012. Tien geotekninen suunnittelu. Julkaistu 11.6.2012. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2012-10_tien_geotekninen_web.pdf. Viitattu 24.1.2024

Liikennevirasto 2013. Liikenneviraston ohjeita 30/2013. Tien suuntauksen suunnittelu. Julkaistu 5.7.2013. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2013-30_tien_suuntauksen_suunnittelu.pdf. Viitattu 15.3.2024.

Maanmittauslaitos. Karttapaikka. Verkkopalvelu <https://www.maanmittauslaitos.fi/asioi-verkossa/karttapaikka>. Viitattu 29.3.2024

Miettinen, Teemu 2023. Kuolajoen työmaatien valmis rakenne. Valokuva, 14.7.2023. Rovaniemi: Teemu Miettisen kokoelmat

Miettinen, Teemu 2024. Materiaalilaskuri. Viitattu 27.4.2024

Metsäteho Oy, 2001. Metsätieohjeisto. Verkkojulkaisu. https://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/03/Tieohjeisto_osa_1_Tekstiosa.pdf Viitattu 9.1.2024

Metsäteho 2017. Pohjamaan kantavuusluokitus. Kuvatiedosto. Julkaistu 29.12.2017. <https://metsateho.fi/wp-content/uploads/Pohjamaan-kantavuusluokitus.pdf>. Viitattu 13.2.2024

Museovirasto 2003. Rautatierakennusten korjausohjeet 1. <https://www.museovirasto.fi/uploads/Arkisto-ja-kokoelmapalvelut/Julkaisut/rautatierak-korjohj1-puurakenn.pdf>. Viitattu 20.12.2023

Ratahallintokeskus 2002. Ratatekniset määräykset ja ohjeet (RAMO). Verkkojulkaisu. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/RHK/rato_15_radan_kunnossapito.pdf. Viitattu 6.2.2024

Ratahallintokeskus 1998. Ratakiskojen käsittely työmaalla. Verkkojulkaisu. Julkaistu 24.7.1998. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/RHK/rhk_pyl_ratakiskojen_kasittely_tyomaalla.pdf. Viitattu 1.2.2024

Ratalaki 110/2007. <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2007/20070110#L4P37> Viitattu 4.1.2023

ROADDEX 2024. Kurssi 2: Turpeen päälle rakennetut tiet. Verkkojulkaisu. <https://www.roadex.org/fi/e-learning/kurssit/turpeen-paalle-rakennetut-tiet/7-rakentamisenmenetelmat/>. Viitattu 3.5.2024

Sikiö, Janne. 2020. Kadun rakennekerrokset ja materiaalit. Katu2020. Suomen kuntatekniikan yhdistys. Kadun suunnitteluohjeet. <https://katu2020.info/2020/2020/09/30/kadun-rakennekerrokset-ja-materiaalit/>. Viitattu 25.2.2024

Tapio Oy 2021. Metsänhoitokortti 04-020. Verkkojulkaisu. https://tapio.fi/wp-content/uploads/2021/11/04-020-METSANHOITOKORTTI_Rautateiden-reunametsien-hoito.pdf. Viitattu 20.3.2024

Tilastokeskus 2023. Rautatietilasto. Verkkojulkaisu. Päivitetty 25.8.2023. https://pxdata.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__rtie/statfin_rtie_pxt_12lu.px. Viitattu 20.2.2024

Traficom 2023. Perusväylänpito ja rataverkko. Verkkojulkaisu. Julkaistu 07.11.2023. <https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/perusvaylanpito-ja-rataverkko>. Viitattu 20.12.2023

Urakkaohjelma, Laurila-Rovaniemi siltojen kannen vaihdot 2023. Päivitetty 28.2.2023. Tekijän sähköiset tiedostot. Viitattu 3.1.2024

Väylävirasto 2020. Tiesitkö? Teissä on monia kerroksia ja niillä kaikilla on oma tarkoituksena. Verkkojulkaisu. Julkaistu 14.4.2020. <https://vayla.fi/-/tiesitko-teissa-on-monia-kerroksia-ja-niilla-kaikilla-on-oma-tarkoituksensa>. Viitattu 11.2.2024.

Väylävirasto 2021a. Kasvillisuuden ja puuston hoito rautatien suoja-alueella. Verkko-julkaisu. <https://vayla.fi/documents/25230764/101870669/v%C3%A4yl%C3%A4virasto-riskipuut-esite->

12_2021.pdf/2df3f277-0c5d-901a-d74f-022e85676d9f/v%C3%A4yl%C3%A4virasto-riskipuut-esite-12_2021.pdf?t=1639747585022. Viitattu 6.1.2024.

Väylävirasto 2021b. Ratatekniset ohjeet 20 Ympäristö ja rautatiealueet. Väyläviraston ohjeita 27/2021 https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2021-27_rato20_web.pdf Viitattu 24.1.2024

Väylävirasto 2022a. Rautatien suoja-alue. Verkkojulkaisu. Päivitetty 19.4.2022. <https://vayla.fi/vaylista/rataverkko/rautatien-suoja-alue>. Viitattu 4.1.2024.

Väylävirasto 2022b. Väyläviraston ohjeita 40/2022. Radanpidon turvallisuusohjeet 2022. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2022-40_TURO.pdf Viitattu 8.1.2024

Väylävirasto 2023. Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu. Julkaistu 21.11.2023. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2023-93_teiden_ratojen_kuivatuksen_suunnittelu_web.pdf. Viitattu 2.4.2024

Väylävirasto 2024. Rataverkko. Verkkojulkaisu. Päivitetty 17.1.2024 <https://vayla.fi/vaylista/rataverkko>. Viitattu 30.1.2024.

LIITE 1 MATERIAALILASKURI (LUOTTAMUKSELLINEN)