

**SAVONIA**

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
YHTEISKUNTATIETEIDEN, LIIKETALouden JA HALLINNON ALA

# TYÖRAON KESTON VAIKUTUS RA- TATYÖN KOKONAISKUSTANNUK- SIIN

Case Joensuu - Ilomantsi

TEKIJÄ Vile Kiiskinen

Koulutusala Yhteiskuntatieteiden, liiketalouden ja hallinnon ala			
Tutkinto-ohjelma Liiketalouden tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä Ville Kiiskinen			
Työn nimi Työraon keston vaikutus ratatyön kokonaiskustannuksiin			
Päiväys	17.5.2024	Sivumäärä/Liitteet	36
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t)			
Tiivistelmä			
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää kuinka ratatyön kokonaiskustannukset muuttuvat ratatyön keston muuttuessa. Kokonaiskustannuksilla tarkoitetaan tässä yhteydessä itse ratatyön tekemisen hintaa sekä ratatyön aiheuttamien liikennejärjestelyjen hintaa. Työn aihe perustuu omiin havaintoihini puuttuvasta tiedosta ratatöiden vaikutuksista liikennöintiin ja työraon vaikutuksista ratatyön tekemisen hintaan.</p> <p>Työ on toteutettu haastattelemalla rakennuttajia, liikennöitsijöitä ja urakoitsijoita. Havainnot on katsottu Leanin peruseriaatteiden kautta.</p> <p>Nykyisin ratatyöt pyritään ajoittamaan siten, että liikennöintiä häiritään mahdollisimman vähän. Tutkimuksen mukaan tämä on aivan perusteltua lähes kaikissa tapauksissa. Tavaraliikenteen tuotekuljetusten korvaaminen on erittäin hankalaa, johtuen pitkistä kuljetuksista ja suurista volyymeista. Tavaraliikenteen osalta raakapuuliikenteen korvaaminen voisi tulla kyseeseen, mikäli lähitöllä on sopiva korvaava lastauspaikka. Henkilöliikennettä on helpompi korvata kuin tavaraliikennettä, koska korvauksia voidaan tehdä myös vain tietyille osalle junan liikennöimää reittiä. Korvaaminen on sitä helpompaa, mitä vähemmän on matkustajia. Liikennöinnin puolesta päivittäin toistuvat katkot ovat helpoin toteuttaa. Junien siirto saman päivän sisällä ei lisää kuljetusten kustannuksia. Henkilöliikenteessä junia ei siirretä, ne korvataan. Mikäli työt saadaan ajoitettua aamun ja illan ruuhka-aipeiden väliin, niin henkilöliikenteen bussikorvaukset on helpompi toteuttaa. Pääsääntöisesti töiden pidentyneet työraot lisäävät kokonaiskustannuksia. Liikennöinnin korvaamisen kustannukset kasvavat yleensä nopeammin kuin säästöt urakan hinnassa työraon pidentyessä. Henkilöstö kulut ovat rataurakoitsijoille suuri menoerä. Viikonloppuisin ja öisin tehtävät työt lisäävät kustannuksia huomattavasti. Urakoitsijoiden näkökulmasta arkisin tehtävät työt ovat edullisimpia. Päivittäisen työraon pituuden tulisi olla 6–10 tunnin luokkaa. Lyhyissä katkoissa iso osa ajasta menee työn aloittamiseen ja lopettamiseen.</p> <p>Rataverkon ominaisuudet eivät ole samoja kaikkialla, myös liikennöinnin tiheys vaihtelee suuresti. Ratatöihin varatut ajat ovat vakioituneet tietyn mittaisiksi, riippumatta paikasta tai liikenteen tiheydestä. Jatkossa voisi paremmin huomioida Leanin periaatteita ja tunnistaa vilkkaasti liikennöidyn radan arvoketjultaan suuremmaksi kuin vähäliikenteisen. Ohjaamalla tuotannon resursseja vähäliikenteisiltä radoilta vilkkaasti liikennöidyille radoille, voisi tuotannon virtausta kasvattaa arvoketjultaan suuremmilla radoilla. Vaikka ratatöihin käytettävä aika kasvaisi vähäliikenteisillä radoilla, niin kokonaisuudessaan ratatöiden aiheuttamat vaikutukset liikennöintiin pienenisivät. Tulevaisuudessa ratatöiden katkosuunnittelu tulisi myös ottaa osaksi kaikkia suunnittelun vaiheita. Ratatyön optimaalinen kesto ja katkorakenne riippuu monesta tekijästä. Suurimmat vaikutukset ovat radan ominaisuuksilla, liikennerakenteella ja tehtävällä työllä. Suurissa hankkeissa olisi myös hyvä huomioida kaikkien osapuolten näkemykset katkoja suunniteltaessa.</p>			
Avainsanat Ratatyö, Työrao			

Field of Study Social Sciences, Business and Administration	
Degree Programme Degree Programme in Business and Administration	
Author Ville Kiiskinen	
Title of Thesis The effect of track work duration on the total costs associated whit railway work	
Date 17.5.2024	Pages/Appendices 36
Client Organisation /Partners	
<p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to study the effect of the overall costs when the track work duration varies. In this context, overall costs refer to both the cost of performing the track work itself, and the cost of traffic arrangements caused by the track work. The topic of the study is based on the author's observations about the lack of information track work affects traffic and the costs.</p> <p>As a research method interviews were used. The data was analysed by using the Lean principles as an underlying theory.</p> <p>Currently, track work is scheduled to minimize the disruption to traffic. According to the research, this approach is justified in almost all cases. Replacing freight trains is challenging due to long distances and high cargo volume. Timber material transport is the only easily replaceable cargo, if there is a suitable alternative loading point nearby. Passenger transport is easier to replace than freight trains, because compensation can be provided for only specific segments of a train route. Replacement is easier when there are fewer passengers. Daily recurring disruptions are the easiest to implement. Postponing trains within the same day does not increase transportation costs. Passenger trains cannot be postponed, they must be replaced. If work can be scheduled between morning and evening rush hours, bus replacement services for passenger trains are easier to organize. Generally, extended track work windows increase overall costs. The costs of replacing trains usually grow faster than the savings in track works. Labor costs are a significant expense for track contractors. Weekend and night-time work significantly increases costs. Working on weekdays during office hours is the most cost-effective way. The daily work window should ideally be in the range of 6 to 10 hours. In a short track work time frame, a significant amount of time is spent on starting and stopping work.</p> <p>Qualities of the rail network vary across different locations, also traffic density varies across the country. The allocated time for track work has become standardized regardless of location or traffic density. In the future, it would be beneficial to pay attention to Lean principles and recognize that a heavily trafficked rail line has a higher value chain, than a low-traffic one. By directing production resources from low-traffic lines to heavily trafficked ones, the flow of production could increase on tracks which have higher value chain. Despite that the duration of track work increases in low-traffic lines, the overall impact on traffic would decrease. In the future, track work disruption planning should be integrated into all planning phases. The optimal length and structure of track work depend on various factors, with the most significant impacts being related to track characteristics, traffic structure, and the type of work being performed. In large projects, it would also be essential to consider the viewpoints of all stakeholders when planning disruptions.</p>	
Keywords Track work	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
2	LAADULLINEN TUTKIMUS .....	7
2.1	Tutkimusmenetelmän valinta .....	7
3	AINEISTONKERUUSUUNNITELMA .....	8
3.1	Tutkimusaiheen valinta.....	8
3.2	Tutkimuksen rajaaminen .....	8
3.3	Aineiston valinta .....	8
3.4	Haastattelut.....	9
3.5	Haastatteluaineiston käsittely & analysointi.....	10
4	OPINNÄYTTYÖHÖN LIITTYVÄT EETTISET JA LUOTETTAVUUSKYSYMYKSET SEKÄ GPDR.....	11
5	LEAN .....	12
5.1	Lean pääperiaatteet .....	12
5.2	Resurssitehokkuus & virtaustehokkuus .....	13
6	RATATYÖN KUSTANNUKSET.....	14
6.1	Työraon sijainnin ja keston vaikutus kustannuksiin sekä työvuororakenne .....	14
7	RATATYÖN AIHEUTTAMAT KUSTANNUKSET LIIKENNÖINNILLE.....	16
7.1	Tavaraliikenteen korvaamisen kustannukset .....	16
7.2	Henkilöliikenteen korvaamisen kustannukset.....	18
7.3	Kuljetusten siirrot toiseen ajankohtaan .....	19
7.4	Vaihtoehtoiset reititykset .....	19
7.5	Tehtaiden huoltoseisokit.....	19
7.6	Liikenteen siirtäminen laivoihin tai uittaminen .....	20
7.7	Tavaraliikenteen kustannukset.....	20
7.8	Henkilöliikenteen kustannukset .....	21
8	LIIKENTEEN RAKENNE JA VOLYYMIT .....	22
9	ESIMERKKI JOENSUU – ILOMANTSI.....	24
9.1	Ratatyöt .....	24
9.2	Liikennöinti .....	26
9.3	Kuormausten siirtojen kustannukset.....	27
9.4	Esimerkin analyysi.....	29
10	ANALYYSI .....	31

11 POHDINTA.....	33
LÄHTEET .....	34

## KUVALUETTELO

Kuva 1. Kuvaleike Metsätehon tuloskalvosarjasta (Metsäteho 2/2024 .....	17
Kuva 2. Tavari liikenteen kuljetusvirrat 2023 (Väylävirasto 29.1.2024) .....	23
Kuva 3. Kaukoliikenteen matkat vuonna 2023 (Väylävirasto 22.1.2024 .....	23
Kuva 4. Rataverkon kuvaus. (Liikennevirasto 1.7.2011) .....	23
Kuva 5. Vuoden 2021 liikennekatkot ja toteutunut liikenne 28.10-3.11.2019. ....	25
Kuva 6. Vuoden 2022 liikennekatkot ja toteutunut liikenne 28.10-3.11.2019. ....	26
Kuva 7. Säännöllinen ratakapasiteetti Joensuu – Ilomantsi. (Juliadata, julkaisuaika tuntematon) .....	27
Kuva 8. Toteutunut liikenne 28.10-3.11.2019. (Juliadata, Julkaisuaika tuntematon).....	27

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, kuinka ratatyön hinta muuttuu työraon keston muuttuessa. Vaikka suunnitelma voi kuulostaa suoraviivaiselta, niin kokonaiskustannusten muodostuminen ei ole aivan yksinkertaista. Ratatöiden tekemistä ohjaavat rakentamisen ohjeiden lisäksi erikoisympäristön asettamat reunaehdot, usein töitä on tehtävä epätyypillisinä työaikoina ja huomattavasti nopeammin kuin tavanomaisissa rakentamiskohteissa. Kokonaiskustannuksella tarkoitan tässä yhteydessä ratatyön tekemisen hintaa, sekä ratatyön vuoksi peruttujen tai korvattujen junakuljetusten aiheuttamia kustannuksia.

Nykyisin prosessi toimii siten, että Väylävirasto julkaisee vuosittain Rautateiden verkkoselostuksen. Verkkoselostuksen liitteenä on lista, jossa he määrittelevät mitä töitä tehdään kyseisenä vuotena. Väylävirasto on tilaava organisaatio, joten he kilpailuttavat jokaista työtä varten rakennuttajan. Rakennuttaja laatii kohteista suunnitelmat, kilpailuttaa urakoitsijan, sekä toimii urakan valvojana. Työn suunnitteluvaiheessa määritellään yhteistyössä tilaajan, rakennuttajan ja liikennesuunnittelun kanssa jokaiselle työlle alustava ajankohta ja kesto. Tulevat työt tarkkoine aikoineen ja vaikutuksineen esitellään liikennöitsijöille noin 4–8 kuukautta ennen töiden aloittamista. Liikennöitsijöillä on vielä tässä vaiheessa mahdollisuus esittää mielipiteensä. Tarvittaessa työn ajankohtaa ja mahdollisesti myös kestoa voidaan vielä muokata. Työn ajankohdan ja keston tulos on siis kompromissi, joka on saavutettu liikennöinnin ja ratatyön tarpeiden yhteensovituksena. Joskus kompromissin saavuttaminen vaatii useampia neuvottelukertoja. Sovittu työn ajankohta ja kesto ilmoitetaan urakan kilpailutuksessa. Nykyisin liikennettä pyritään häiritsemään mahdollisimman vähän. Usein vähäliikenteisimpiä aikoja ovat yöt, viikonloput ja juhlapyhät. Ratatöiden tekeminen normaalin työajan ulkopuolella aiheuttaa luonnollisesti enemmän kustannuksia verrattuna arkena tehtäviin ratatöihin. Liikennöitsijöille ratatyöt aiheuttavat kustannuksia riippuen korvattavien junien määrästä ja junatyypeistä.

Mitä tapahtuisi, jos ratatöitä voisi tehdä pitempään tai parempina aikoina? Tulisivatko urakat halvemmiksi ja säästäisikö samalla valtio rataverkon investointien kustannuksissa? Pidemmät työraot tarkoittaisivat suurempia liikennehaittoja ja useamman junan perumisia. Junien perumiset ja korvaamiset muilla kuljetusmuodoilla taas aiheuttavat kustannuksia liikennöitsijöille. Opinnäytetyön ajatuksena on vertailla kokonaiskustannusten kehittymistä lyhyempien ja pidempien työraojen välillä.

## 2 LAADULLINEN TUTKIMUS

Perinteisesti tieteellinen tutkimus on jaoteltu kahteen päätyyppiin, kvalitatiiviseen, eli laadulliseen tutkimukseen ja kvantitatiiviseen, eli määrälliseen tutkimukseen. Ei ole kuitenkaan mitenkään tavatonta, että näiden kahden päätyypin tutkimustapoja käytetään samassa tutkimuksessa. Monessa määrällisessä tutkimuksessa on vapaa kenttä kohta, johon voi kirjoittaa lisää tekstiä, tai laadulliset tutkimukset sisältävät pieniä määrällisen tutkimuksen lomakkeita.

Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirjan (Julkaisuaika tuntematon) mukaan yksinkertaistettuna kvantitatiivinen tutkimus vastaa miksi-kysymyksiin ja kvalitatiivinen, mitä- ja miten-kysymyksiin. Koska tutkimukseni keskittyy pikemminkin selvittämään muutoksen mahdollisuuksia, kuin tarkastelemaan nykytilannetta, niin mielestäni kvalitatiivinen tutkimus on perusteltu valinta.

Toinen perustelu laadullisen tutkimuksen puolesta on aiheeseen liittyvien tahojen mahdollisesti vastakkaiset näkemykset. Liikennöivä osapuoli oletettavasti haluisi pitää raiteet liikennöitävissä mahdollisimman pitkään, kun taas ratatöitä tekevät luonnollisesti haluisivat tehdä töitä mahdollisimman kauan. Näiden osapuolien vastaukset tulisivat siis asettumaan vastakkaisiin ääripäihin, ja tuloksena olisi vain toteamus eriävistä mielipiteistä.

Kvalitatiivisella tutkimuksella haluan kartoittaa molempien osapuolien perustellut vastaukset oman näkökulmansa puolesta sekä mahdollisesti myös haastaa ajattelemaan uusia menettelyjä totuttujen tapojen sijaan. En koe tarpeelliseksi lisätä haastatteluihin määrällisen tutkimuksen piirteitä. Niillä ei mielestäni saavutettaisi sellaista lisäarvoa, mikä vaikuttaisi analyysiin.

### 2.1 Tutkimusmenetelmän valinta

Haastatteluista on tullut olennainen osa nyky-yhteiskuntamme tiedonhankintaa (Ruusuvoori & Tiitula 2002, Johdanto.) Haastattelujen avulla pyritään selvittämään haastateltavan ajatuksia ja mielipiteitä. Samalla on myös mahdollista tarkentaa syitä tai perusteluita haastateltavan mielipiteille.

Haastattelun valinta tutkimusmenettelyksi Työraon pituuden vaikutus ratatyöstä aiheutuviin kustannuksiin -tutkimukseen on mielestäni perusteltu valinta, koska näin voin syventää ymmärtämystä erilaisten toimijoiden näkökulmille optimaalisesta työraon pituudesta.

### 3 AINEISTONKERUUSUUNNITELMA

#### 3.1 Tutkimusaiheen valinta

Tutkimusaiheen valintaan vaikuttivat suuresti oma henkilökohtainen työni ratatöiden ja liikennöinnin yhteensovittajana, sekä siinä tekemäni havainnot. Yleensä rakennusprojekteja katsotaan insinöörien näkökulmasta. Mielestäni asiaa tulisi tarkastella myös enemmän taloudellisista näkökulmista. Isoja hankkeita toki perustellaan kannattavuuslaskelmilla, mutta ne perustuvat valmiin radan tuotto-odotuksiin. Varsinaista tutkimusta radan rakentamisen aiheuttamista kustannuksista en ole löytänyt.

Omassa aiheessa en siis perehdy kannattavuuslaskentaan, vaan jo hyväksytyihin urakoihin ja erilaisten toteutustapojen aiheuttamien kustannusten vertailuun.

#### 3.2 Tutkimuksen rajaaminen

Tutkimuksen rajaus koskemaan vain työraon keston vaikutuksia ratatyön kokonaiskustannuksiin on oleellista. Tutkittava aihe on niin kompleksinen ja moniulotteinen, että ilman työn tarkkaa rajaamista tutkimus voi helposti laajentua todella suureksi. Esimerkiksi työn laadun oletetaan tässä tutkimuksessa olevan sama kaikilla työajoilla. Myös korvaavien kuljetusten hintoja muodostettaessa on huomioitu vain suorat kustannukset, eikä kustannustekijöinä ole huomioitu esimerkiksi CO<sup>2</sup> päästöjä, onnettomuusriskin kasvamista, jne.

#### 3.3 Aineiston valinta

Opinnäytetyön aihe "Työraon keston vaikutus ratatyön kokonaiskustannuksiin" asettaa haasteita tiedon saantiin. Vastaavia tutkimuksia tai edes vastaavan kaltaisia ei ole tehty. Pääsääntöisesti rakentamiseen liittyvät kustannustenhallinnan toimet tehdään vakioituilla ajoilla

Valmista aineistoa tämänkaltaisen ongelman ratkaisemiseksi ei ole olemassa. Rakentamisen liittyen on tutkittu paljon kustannusten muodostumista ja kustannuslaskentaa. esimerkiksi kustannuslaskentajärjestelmä ja -palveluallianssin eli Ihku-allianssin verkkosivuilla ja palvelussa voidaan määritellä yksikköhintoja rakennettavalle ratainfraalle. Kustannusten muutoksia oli huomioitu muun muassa kuljetusetäisyydet työmaalle ja muu rakennuskanta, mutta ei itse työn tekemisen keston vaikutusta ratatyön hinnan muodostumiseen. Työrakojen pituuden vaikutus ratatyön hintaan tulee paremmin esiin pitkäkestoisissa töissä työvuororakenteen ja mahdollisuudesta olla laittamatta rataa jälleen liikennöitävään kuntoon. Junien ostoliikenteen osalta aineistoa on saatavilla, mutta muuten ei juurikaan. Junien ostoliikennettä koskevia dokumentteja aion käyttää osana tutkimuksen materiaaleja

Koska lähdemateriaalin saatavuus on heikkoa. Olen valmistautunut hankkimaan aineiston itse haastattelemalla pienen joukon aiheesta tietäviä.

### 3.4 Haastattelut

Haastattelu on yksi keskustelun muodoista. Keskustelut voivat olla hyvinkin erilaisia, mutta yhteistä niille ovat jotkin säännöt. Keskustelujen sääntöjä ei yleensä kerrota ennen keskustelun aloittamista, vaan ne ovat kulttuuriperinnön mukaisia. Haastatteluissa tilanne on erilainen, haastattelija on aloitteellinen osapuoli, joka johdattaa keskustelua haluamaansa suuntaan. Myös muistiinpanojen tekeminen ja keskustelun tallentaminen korostavat asetelmaa tiedon saajasta (haastattelija) ja tiedon antajasta (haastateltava) (Ruusuvuori & Tiittula 2017, luku 2.) Haastattelu eroaakin keskustelusta juuri tämän valta-asetelman suhteen.

Kysymysten muotoilu riittävän avoimiksi on tärkeää. Hyvärisen (2017, luku 1) mukaan heti haastattelun alussa olevat suljetut kysymykset, joihin voi vastata lyhyillä vastauksilla, saattavat muokata koko haastattelun luonnetta ja jatkossakin vastaukset saattavat olla toivottua lyhyempiä. Tärkein asia kuitenkin on se, että haastattelija on kiinnostunut haastateltavasta ja hänen kertomistaan asioista, tarkentavat tai selventävät kysymykset antavat haastateltavalle kuvan haastattelijan mielenkiinnosta asiaa ja häntä itseään kohtaan.

Haastattelun runkona tulee toimimaan kokoamani kysymysten lista. Olen jättänyt listan tarkoituksella hyvinkin lyhyeksi ja pyrin vapaampaan ja pohdiskelevaan keskusteluun. Alustuksena kerron tehtävästä tutkimuksesta ja havainnoista, jotka siihen ovat johtaneet. Kyseessä on siis teemahaastattelu. Haastattelut jaetaan yleensä kolmeen eri lajityyppiin. Strukturoituun, puolistrukturoituun ja avoimeen haastatteluun. Strukturoidussa haastattelussa kysymykset ovat kaikille haastateltaville samat ja vastauksissa on valmiit vaihtoehdot, joista tulee valita sopivin. Puolistrukturoidussa haastattelussa on vakioidut kysymykset, mutta vastausvaihtoehdot puuttuvat. Avoin haastattelu on näistä vapain, siinä ei ole selviä kysymyksiä, vain johdattelu tutkittavaan aiheeseen. Teemahaastattelu asetuu puolistrukturoidun ja avoimen haastattelun välimaastoon. Teemahaastattelussa kysymysten lista toimii enemmän haastattelijan muistilistana, kuin täsmällisesti seurattavana ohjeena.

Haastateltavat ovat kaikki oman alansa asiantuntijoita, ja heiltä löytyy tietoa ja taitoa, jota maallikoilla ei ole. (Alastalo, Åkerman & Vaittinen 2017, luku 9.) Alastalon, Åkermanin & Vaittisen (2017, luku 9) mukaan asiantuntijoiden tieto tutkimuksen kohteesta on aina vuorovaikutuksen tulosta, tilanteista riippuvaista, paikantunutta ja valtasuhteiden läpäisemää. Mikäli tekisin tutkimusta täysin ulkopuolisena, niin voisin kutsua omassa työroolissani olevan haastatteluihin mukaan. Oma asiantuntijuuteni aiheesta on kohtuullisella tasolla ja haastateltavat lukeutuvat tahoihin, joiden kanssa olen jatkuvasti tekemisissä. Toisaalta tästä tietämyksestä on hyötyä, pystyn valitsemaan juuri sopivat henkilöt haastateltaviksi. Toisaalta tämä tilanne aiheuttaa sen, että oma työminäni on pystyttävä siirtämään syrjään ja katsomaan tutkimusta objektiivisin silmin. Näkisin että aihetta avaava keskustelu ennen haastattelua on tärkeässä roolissa. Voin kertoa siinä pohjatiedot tutkimuksesta, sen tarpeesta ja omasta roolistani haastattelujen tekijänä.

Alastalon ja Åkermanin (2010, luku asiantuntijahaastattelun analyysi.) mukaan asiantuntijahaastatteluissa on tyypillistä räätälöidä kysymyksen haastateltavien mukaan. Tämä onkin luonnollista, sillä jokaisella asiantuntijalla on oma erityisala, jonka asiantuntijoita he ovat. Näin ollen näkisin, että valitsemani teemahaastattelu on juuri oikea vaihtoehto haastattelun tyypiksi.

### 3.5 Haastatteluaineiston käsittely & analysointi

Haastattelun saattaminen luettavaan ja hallittavaan muotoon edellyttää haastatteluaineistojen käsittelyä. Koska tämän tutkimuksen pohjimmainen tarkoitus on selvittää asiasisältöä, ei tarkka litterointi ole tarpeellista kaikilta osin. Haastattelut tallennetaan ja niistä tehdään muistiinpanot. Mikäli muistiinpanojen pohjalta nousee jokin kohta merkittävä asiakohta esiin, niin siitä tehdään tarvittaessa litterointi. Ruusuvuoren, Nikanderin ja Hyvärisen (2010, Analyysin vaiheet.) mukaan aineiston käsittelyssä on useita eri vaiheita. Kaikki alkaa aineistoon tutustumisesta, sen jälkeen aineistoa on syytä järjestellä ja luokitella. Vähitellen aloitetaan analysointiprosessia, lisätään tulkintaa ja keskustelua aineiston kanssa.

Ruusuvuoren, Nikanderin ja Hyvärisen (2010, Analyysin vaiheet.) mukaan analyysi ei ole onnistunut, mikäli tutkija valitsee aiheita kuvittavia näytteitä kustakin lajittelun mukaisesta luokasta ja sitten kertoo saman asian omin sanoin, tai jos aineisto jaetaan isoihin luokkiin ja tutkija vain tiivistää kunkin luokan sisällön. Analyysin tavoitteena on aineistoa systemaattisesti läpikäyden saada irti tutkimuksen kannalta oleellinen tieto. Jotta analyysi saavuttaa uskottavuutta lukijan silmissä, on tutkijan kerrottava kaikki aineistoa rajaavat valinnat ja kuvattava ne aineiston osat, joiden varaan päähavainnot koostuvat (Ruusuvuori, Nikander ja Hyvärinen 2010, Analyysin vaiheet.)

Tämänkaltaisessa asiantuntijahaastattelun analyysissä on tarkoituksena saada esiin faktoja tutkittavasta aiheesta. Analyysi ei ole vain kaikkien haastattelujen jälkeen tehtävä yhteenveto aiheesta, vaan sen on tarkoitus olla kaiken aikaa rakentuva hahmotelma, joka lähtee kehittymään omasta asiantuntijuudesta ja tausta-aineistoon perehtymisestä. Muiden haastattelujen antamat ajatukset tutkittavasta aiheesta kehittävät myöhemmän vaiheen haastatteluja ja itse haastattelujenkin tulisi olla kehittyviä keskusteluja, joissa saadut vastaukset voivat muuttaa kysymyksiä. Haastattelujen tulokset anonymisoidaan.

#### 4 OPINNÄYTETYÖHÖN LIITTYVÄT EETTISET JA LUOTETTAVUUSKYSYMYKSET SEKÄ GPDR

Opinnäytetyön eettinen toteutustapa on vastuullisen tutkimuksen perusta. Hyvärisen (2017, luku 1) mukaan eettisiin toimintatapojen mukaan haastateltavien tulee tietää, että osallistuminen tutkimukseen on vapaaehtoista ja siitä voi kieltäytyä, haastattelujen anonymi toteutus, sekä kuinka kerättyä aineistoa säilytetään. Nykyisin myös GPDR säännöt antavat oman ohjeistuksensa haastateltavien henkilötietojen säilyttämiseen liittyviä määräyksiä.

Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohjeen (3/2019) mukaan:

Suomessa kaikilla tieteenaloilla tutkijaa ohjaavat seuraavat yleiset eettiset periaatteet:

a) Tutkija kunnioittaa tutkittavien henkilöiden ihmisarvoa ja itsemääräämisoikeutta. Perustuslain (1999/731, 6–23 §) mukaiset oikeudet kuuluvat kaikille. Niitä ovat esimerkiksi oikeus elämään sekä henkilökohtaiseen vapauteen ja koskemattomuuteen, liikkumisvapaus, uskonnonvapaus, sananvapaus, omaisuuden suoja ja oikeus yksityisyyteen.

b) Tutkija kunnioittaa aineellista ja aineetonta kulttuuriperintöä sekä luonnon monimuotoisuutta. Perustuslain 17 § mukaisesti saamelaisilla alkuperäiskansana sekä romaneilla ja muilla ryhmillä on oikeus ylläpitää ja kehittää omaa kieltään ja kulttuuriaan.

c) Tutkija toteuttaa tutkimuksensa siten, että tutkimuksesta ei aiheudu tutkittavina oleville ihmisille, yhteisöille tai muille tutkimuskohteille merkittäviä riskejä, vahinkoja tai haittoja.

Aion toteuttaa tutkimuksen noudattaen yllä olevaa ohjeistusta, sekä voimassa olevaa GPDR lakia.

## 5 LEAN

### 5.1 Lean pääperiaatteet

Leanin historia juontaa juurensa Toyotan käyttämään Toyota Production Systemin (TPS) periaatteisiin. Kuuluisaksi leanin teki Womackin ja Jonesin 1990-luvulla julkaisema kirja *The Machine That Changed the World*, jossa esiteltiin Toyotan kehittämää menetelmää (Wikipedia julkaisuaika tuntematon). Perinteisesti leania on käytetty enemmän tuottavan teollisuuden piirissä, mutta ajatusten soveltaminen onnistuu myös rataverkolla tehtäviin ratatöihin.

Leanin pääperiaatteet ovat Vuorisen ja Huikkolan mukaan (Vuorinen & Huikkola 2023, 73) Asiakkaan arvon miettiminen, arvoketjun tunnistaminen, tuotannon virtaus, imuohjauksen toteuttaminen ja täydellisyyteen pyrkiminen.

Ratatöiden yhteydessä asiakkaan arvojen miettiminen edellyttää asiakkuuden tunnistamista. Ylläpitämällä ja kehittämällä rataverkkoa valtio tarjoaa mahdollisuuden liikuttaa tavaroita, raaka-aineita ja ihmisiä. Liikennöitsijät käyttävät rataverkkoa tavaroiden, raaka-aineiden ja ihmisten liikuttamiseen. Tässä yhteydessä voisi siis tulkita, että liikennöitsijät ovat asiakkaita. He tarvitsevat toimivaa rataverkkoa oman liiketoimintansa mahdollistamiseksi.

Asiakkaan rooli on siis liikennöitsijällä ja liikennöitsijä odottaa saavansa tilaamansa palvelun, rataverkon käytön, ilman keskeytyksiä. Rataverkon käytössä asiakas ei käytä koko rataverkkoa maksimaalisella tasolla, asiakkaan arvo on siis erilainen eri rataosilla. Esimerkiksi pääkaupunkiseudun radoilla käyttöaste on aivan erilainen kuin syrjäisillä raakapuuradoilla. Tästä huolimatta rataverkolla tehtäviä rakennustöitä suoritetaan esimerkin molemmilla radoilla samoilla resursseilla. Arvoketjun tulisi perustua asiakkaan todellisiin tarpeisiin. Koska nykyisin arvoketjuja kohdellaan tasapuolisesti, aiheuttaa se tuottavissa vilkkaiden ratojen arvoketjuissa alipalvelua ja vähemmän liikennöityjen ratojen arvoketjuissa ylipalvelua.

Tuotannon virtausta tulee tässä yhteydessä tarkastella ratatyön virtauksena. Nykyisin suurin osa töistä tehdään enemmän tai vähemmän hihavakio ajoilla. Pyydetty liikennekatkoajat perustuvat rakennuttajakonsulttien näkemyksiin työhön tarvittavasta ajasta ja lähes aina liikennöitsijät ovat sitä mieltä, että pyydetty aika on aivan liian pitkä.

Imuohjauksen toteuttaminen on ratojen rakentamisen osalta pitkäkestoista toimintaa. Hankkeiden elinkaari tarpeesta suunnittelun kautta toteutukseen voi kestää jopa vuosikymmeniä, riippuu aivan minkä kokoisista hankkeista puhutaan. Lisäksi suurten hankkeiden edistämiseen liittyy aluepoliittisia näkökulmia. Toisaalta jos tahtoa löytyy, niin suuria muutoksia saadaan myös nopeasti aikaan, esimerkiksi Kemian biotuotetehtaan vaatimat raideliikenteen järjestelyt.

Ratatöiden kehittäminen leanin ja siihen liittyvien menetelmien avulla voisi tuottaa arvoa liikennöitsijöille asiakkaana, kuin myös tilaajalle Väylävirastolle ja sitä kautta koko Suomelle. Esimerkiksi jatkuva parantamista eli Kaizenia käyttämällä prosesseja saataisiin hiottua tekijöiden avustuksella jouhevammiksi. Prosessia voitaisiin nopeuttaa hukkia poistamalla ja mikäli asiakkaan arvot niin toivoisivat myös resursseja lisäämällä. Six Sigmaa käyttämällä voisi olla mahdollista poistaa vaihtelua

lopputuotteesta. Mikään ei harmita enempää kuin katkon pitkäksi meneminen ja niiden avulla pääsee myös helposti otsikoihin.

## 5.2 Resurssitehokkuus & virtaustehokkuus

Resurssitehokkuutta voisi kuvata termillä tuottajatytyvyisyys, kun taas virtaustehokkuutta kuvaa paremmin asiakastytyvyisyys. Näiden tehokkuuksien muotojen välillä on siis olemassa ristiriita. Rautateihin liittyvissä ratatöissä asiakas on sitä tyytyväisempi mitä nopeammin ratatyöt saadaan tehtyä. Työn tilaaja on taas tyytyväisempi mitä vähemmällä resursseilla työt saadaan aikaiseksi.

Resursseina ratatöiden osalta voidaan pitää tarvittavaa työvoimaa ja koneita, ajallista kestoa, sekä työn maantieteellistä laajuutta tai työn aiheuttamia liikennevaikutuksia. Virtaustehokkuuden määritelmänä ratatöissä ovat ajallinen kesto sekä liikennevaikutukset.

Opinnäytetyön keskeinen kysymys on työraon pituuden vaikutus ratatöistä aiheutuviin kustannuksiin, joten keskitymme vain ajalliseen keston. Se onkin merkittäviin vaikuttajia virtaustehokkuudessa, ja ajallisen keston muutokset vaikuttavat suoraan liikennöitsijöiden kustannuksiin.

Ratatöiden ajallisen keston vaikutukset liikennöitsijöille aiheutuviin kustannuksiin on nykyisin huomioitu ja työt pyritään toteuttamaan mahdollisimman pienissä työraoissa. Samalla on kuitenkin unohdettu, että liikennettä voidaan joissain tapauksissa korvata, tämä korvausmahdollisuus avaa mahdollisuuden tarkastella resurssitehokkuutta myös työvoiman ja koneiden näkökulmasta.

## 6 RATATYÖN KUSTANNUKSET

Ratatyön kustannukset riippuvat monista tekijöistä. Työn tekotavalla on suuri vaikutus työstä aiheutuvaan hintaan ja laadullisiin tekijöihin. Vaikka aiemmin pyrin rajaamaan työn laadulliset vaikutukset pois tästä opinnäytetyöstä, niin tässä yhteydessä se on kuitenkin syytä nostaa esiin. Työn tekotapa valitaan jo työn rakentamissuunnittelua tehtäessä ja yksi suurimmista valintakriteereistä on tekotavan tarvitsema aika, toisin sanoen työn aiheuttama liikennehaitta. Esimerkiksi siltakohteiden vesieristyksiä joudutaan uusimaan tietyin väliajoin. Vesieristykseen on yleisesti käytetty kahta erilaista menetelmää. Nopeassa menetelmässä sillan kansi avataan ja betonirungon päälle asennetaan kumi-matto. Sillan koon mukaan työ vie 1–3 vuorokautta. Hitaassa menetelmässä sillan kansi avataan ja betonin annetaan kuivua, jonka jälkeen rungon päälle asennetaan bitumikermi. Sillan koon mukaan työ vie 2–3 viikkoa. Jälkimmäistä työtappaa pidetään yleisesti laadukkaampana vaihtoehtona, mutta työtavan aiheuttaman suuren liikennevaikutuksen vuoksi sitä ei voida käyttää kaikissa kohteissa.

Ratatyön suunnitteluvaiheessa tekotavan valinnalla voidaan siis merkittävästi vaikuttaa ratatyön kustannuksiin, kuin myös ratatyön aiheuttamiin kustannuksiin. Suunnitteluvaiheessa työraojen pituuden määrittely pohjautuu tällä hetkellä paljon kokemuksen tuomaan näkemykseen työraojen optimaalisesta pituudesta ja ajankohdasta.

Nykyinen tilaaja, rakennuttaja/valvoja, urakoitsija malli ei ota huomioon erilaisten urakoitsijoiden toiveita tai kyvykkyyksiä. Rakennuttaja määrittelee työraot, joita urakoitsija voi hyödyntää. Mikäli urakoitsija saataisiin enemmän mukaan jo suunnitteluvaiheessa, niin silloin työraojen rakenne olisi helpompi mukauttaa edullisimman rakennustavan mukaiseksi. Samalla olisi myös huomiotava liikennöinnille aiheutuvat kustannukset ja pyrkiä mahdollisimman pieniin kokonaiskustannuksiin.

### 6.1 Työraon sijainnin ja keston vaikutus kustannuksiin sekä työvuororakenne

Työraon pituus vaikuttaa työn kustannuksiin eri tavalla erilaisissa töissä. Suurin hyöty pitkistä työraoista saadaan töissä, joissa edellytetään radan rakenteeseen koskemista. Koko päällysrakenteen vaihtaminen (kiskot, pöllit ja tukirakenne / sepeliskerros). Pitkissä usean vuorokauden mittaisissa työraoissa tämän tyyppiset työt voidaan tehdä jatkuvana. Silloin jää välistä pois radan kuntoon saattamiseen liittyvät toimenpiteet, jotka voivat tapauskohtaisesti kestää tunneista työvuoroon. Yksittäisissä vaihtenvaihdoissa ylipitkillä työraoilla ei saavuteta merkittävää taloudellista säästöä verrattuna normaaleihin työaikoihin.

Investointeihin liittyviä ratatöitä tehdään lähes poikkeuksetta matkатыönä, silloin tulee myös huomioida työntekijöiden majoitus ja matkakustannukset työmaalle. Kunnossapidon työt pystytään tekemään enemmän paikallisin voimin, pois lukien esimerkiksi toppakoneiden kaltaiset erityisosaamista vaativat työt.

Urakoitsija X:n mukaan työraon ajankohta vaikuttaa huomattavasti työvuoron kustannuksiin. Nykyisin töitä tehdään paljon viikonloppu öisin, tämä nostaa ratatyön kustannuksia. Juhannus on yksi merkittävimmistä ajankohdista ratatöiden tekemiselle, silloin henkilöliikenne ja tavaraliikenne ovat muutaman päivän ajan matalammalla tasolla kuin normaalisti. Vaikka arkityö onkin aina edullisin vaihtoehto työn tekoajaksi, mikäli katsotaan vain ratatyön kustannuksia, voi

kokonaiskustannuksiltaan edullisimmaksi vaihtoehdoksi kuitenkin muodostua viikonloppuisin tai juhlapäyhinä tehtävät työt, mikäli töissä päästään hyödyntämään rataverkon luonnollisesti vähäliikenteisiä hetkiä.

Mikäli töitä tehdään pitemmässä totaalikatkossa, niin silloin edullisinta olisi, mikäli työt voisi tehdä arkisin päivällä normaaleissa työvuoroissa. Viikonloput nostavat kustannuksia huomattavasti. Totaalikatkon tulisi siis olla ylipitkä ja mahdollistaa töiden tekeminen silloin kun se on edullisinta. Luonnollisesti ylipitkät katkot aiheuttavat liikennöinnille ylimääräisiä kustannuksia, mikä ei ole toivottavaa. Pitkät totaalikatkot puolestaan antavat mahdollisuuden siihen, että rata jää vuorojen välissä työmaaksi. Silloin vältetään jatkuvilta radan liikennöitävään kuntoon saattavilta töiltä.

Päivittäisen katkon minimipituus on noin 6–8 tuntia, riippuen tehtävästä työstä. Päällysrakenteen vaihdon töissä, missä rataa aukaistaan pitkältä matkalta ja vaihdetaan sepeliä, pöllejä ja / tai kiskoja, työn aloitus ja lopetusajat alkavat muodostaa merkittävän osan lyhyiden työrakojen ajasta. Jos kahdeksan tunnin työvuorosta menee 2–3 tuntia työn aloittamiseen ja radan kuntoon saattamiseen, niin se tarkoittaa 25–37,5 % kustannusten nousua verrattuna töihin, joita pystytään tekemään tois-  
taiseksi.

## 7 RATATYÖN AIHEUTTAMAT KUSTANNUKSET LIIKENNÖINNILLE

Ratatyö itsessään maksaa ja sen kustannukset riippuvat muun muassa saadusta työajasta ja valituista menetelmistä, mutta ratatyö myös aiheuttaa kustannuksia estämällä normaalin liikennöinnin.

### 7.1 Tavaraliikenteen korvaamisen kustannukset

Rahdin siirtäminen kuljetettavaksi rekoilla kuulostaa helpolta ja yksinkertaiselta ratkaisulta. Junien kokoluokka on vain huomattavasti erilainen kuin rekoilla, yhden junan korvaaminen vaatii tuotteen mukaan 20–40 rekkaa.

Tässä tutkimuksessa olen eriyttänyt raakapuuliikenteen muusta tavaraliikenteestä koska raakapuuliikenne eroaa muusta liikenteestä merkittävästi. Raakapuuta lastataan suhteellisen pieniltä lastauspaikoilta ja lastauspaikkoja on rataverkolla useita. Lastauspaikoille puut kuljetetaan rekoilla, jotka voisi tarvittaessa ohjata myös muille lastauspaikoille. Raakapuun lastaus ei siis ole aivan niin sidottu tiettyyn pisteeseen kuin lähes kaikkien muiden rahtien lastaus.

#### Raakapuuliikenteen korvaamisen kustannukset

VR Transpoint Oy:n kuormausohjeiden (VR Transpoint Oy, julkaisu-aika 11.1.2023) mukaan raakapuun kuljetuksissa käytettävien Sp-, Spa-, Spar- ja Sps-vaunuihin vaunuihin voidaan lastata enimmillään 57 tonnia, sekä Snpss- ja Snps-vaunuihin 65,5 tonnia puuta. Sp vaunun laskennallinen vetoisuus on noin 136 m<sup>3</sup>. Toisaalta VR Transpointin oppaassa (VR Transpoint Oy, julkaisu-aika tuntematon) raakapuun lastaaminen rautatievaunuun ilmoitetaan Sp vaunun suurimmaksi sallituksi kuormaksi 53 tonnia.

Neliakselisen nosturivarusteisen puutavara auton ja viisiakselisen perävaunun kantavuus on noin 53–54 tonnia. MHY:n mukaan (MHY etelä-Savo 24.02.2023) yhteen vaunuun mahtuu yksi rekallinen puuta, noin 55-60 m<sup>3</sup>. 24 vaunun junaan mahtuu siis noin 1320–1440 m<sup>3</sup> puuta.

Metsätieteen aikakauskirjan (Metsätieteen aikakauskirja 14.05.2019) mukaan Keskimäärin tuoreen puun painona voitaneen pitää noin 900 kg/m<sup>3</sup>.

Yksi rekallinen, 55–60 m<sup>3</sup> puuta, painaa siis noin 49,5 – 54 tonnia. Tämä sopisi hyvin yhteen VR Transpointin oppaan ilmoittama 53 tonnin lastimäärä Sp-vaunuun. Keskimäärin yhdessä raakapuujunassa on 24 Sp-vaunua ja edellisten perusteella voitaneen pitää toteen näytettynä, että yksi rekka vastaa yhtä junan vaunua.

Kuvassa 1. esitetyn Metsätehon tulosalvosarjan (metsäteho 2/2024) mukaan rautatiekuljetus on huomattavasti edullisempi kuljetusmuoto kuin autokuljetus. Pelkän rautatiekuljetuksen hinta on 2,4 snt/m<sup>3</sup>km. Autokuljetuksen hinta 105 kilometrin matkalle on 9,7 snt/m<sup>3</sup>km ja 48 kilometrin matkalle 16,1 snt/m<sup>3</sup>km.

## Puutavaran kaukokuljetus 2023

	Kotimainen puu				
	1 000 m <sup>3</sup>	%	km	snt/m <sup>3</sup> km	€/m <sup>3</sup>
Kaukokuljetus yhteensä	52 102		186	6,2	11,43
Autokuljetus yhteensä	49 594	95,2	89	10,6	9,44
<b>Autokuljetus tehtaalle</b>	<b>35 613</b>	<b>68,4</b>	<b>105</b>	<b>9,7</b>	<b>10,17</b>
<b>Rautatiekuljetusketju</b>	<b>14 383</b>	<b>27,6</b>	<b>355</b>	<b>3,9</b>	<b>13,69</b>
Autokuljetus asemalle	12 006	23,0	48	16,1	7,69
Rautatiekuljetus	14 383	27,6	307	2,4	7,40
<b>Vesitiekuljetusketju</b>	<b>2 090</b>	<b>4,0</b>	<b>387</b>	<b>4,3</b>	<b>16,52</b>
Autokuljetus uittoon/aluks	1 967		55	12,7	7,08
Vesikuljetus	2 090		331	3,0	9,84



Kuva 1. Kuvaleike Metsätehon tulosalvosarjasta (Metsäteho 2/2024)

Rekan ja junanvaunun vetäessä noin 55 – 60 m<sup>3</sup> puuta, tulee silloin yhden 24 vaunun junan kilometrihinnaksi 2,4 senttiä/ m<sup>3</sup>km x 55 – 60 m<sup>3</sup> puuta x 24 vaunua = 31,68–34,56 €/km

Vastaavan määrän kuljettaminen rekoilla maksaisi lyhyillä matkoilla (48 km) 16,1 senttiä/ m<sup>3</sup>km x 55 – 60 m<sup>3</sup> puuta x 24 rekkaa = 212,52–231,84 €/km. Pitemmällä matkoilla (105 km) 9,7 senttiä/ m<sup>3</sup>km x 55 – 60 m<sup>3</sup> puuta x 24 rekkaa = 128,04–139,68 €/km.

Rautatiekuljetusketjun autokuljetuksen keskimääräinen pituus on metsätehon tulosalvosarjan mukaan 48 kilometriä. Yhden junan tarvitseman puumäärän kuljetus maksaa siis 48 km x 16,1 senttiä/ m<sup>3</sup>km x 55 – 60 m<sup>3</sup> puuta x 24 rekkaa = 10 200,96–11 128,32 €/km.

Mikäli puunlastauspaikkaa siirrettäisiin noin 50 kilometriä, niin silloin Metsätehon tulosalvosarjan mukaan senttiä/m<sup>3</sup>km muodossa ilmoitetut kuljetuskustannukset laskevat noin 40 % (48 km matkalla m<sup>3</sup>km hinta on 16,1 senttiä, verrattuna 105 km matkan m<sup>3</sup>km hintaan 9,7 senttiä). M<sup>3</sup>km hinta pienenee matkan pidentyessä, koska aikaa vievien lastauksen ja kuorman purkamisen osuus kokonaisajasta laskee. 105 kilometrin autokuljetuksen hinnaksi muodostuu siis 105 km x 9,7 senttiä/ m<sup>3</sup>km x 55 – 60 m<sup>3</sup> puuta x 24 rekkaa = 13 444,2–14 666,6 €/km.

Yhden raakapuujuunan siirtokuljetus 57 kilometrin päähän alkuperäisestä lastauspaikasta maksaisi siis 13 444,2 – 14 666,6 €/km - 10 200,96 – 11 128,32 €/km = 3243,24–3538,28 €

### Tuotekuljetusten korvaamisen kustannukset

Tavaraliikenteen korvaaminen edellyttää usein myös koko kuljetusvälin korvaamista. Koko matkan korvaustarve ja junaan mahtuvan lastin määrä tekevät tavaraliikenteen korvaamisesta haastavaa.

Noin 40 tonnia rahtia ottavan rekan kilometrikustannukset ovat 2,5 – 3 € + alv luokkaa, mikäli saatavilla on paluumatkalle toinen rahti. Ilman paluurahtia kustannukset nousevat 4,5 – 5 € + alv tuntumaan.

Esimerkiksi Sorsasalo – Vuosaari junan, 30 vaunua x 28 t kuorma = 840 t, siirto rekoilla maksaisi  $840 \text{ t} / 40 \text{ t} = 21$  rekkaa x 2,5 – 3 € / km x 389 km  $\approx 20\,500\text{--}24\,500$  € mikäli paluumatkalle saataisiin toinen rahti. Ilman paluurahtia hinta olisi  $\approx 36\,500\text{--}41\,000$  €

### Transitoliikenteen korvaamisen kustannukset

Transitoliikenteen siirtäminen korvaaviin kuljetusmuotoihin on käytännössä mahdotonta, johtuen pitkistä kuljetusmatkoista ja suurista tavaravirroista. Uudelleen reitittämällä kalusto toiselle rajanylityspaikalle voitaisiin korvata tietyn rajanylityspaikan sulkeutuminen. Korvaavan reitin käyttäminen lisäisi taas ajettavaa matkaa ja nostaisi kustannuksia sitä kautta, myös vaunukiertoihin sitoutuisi enemmän kalustoa lisääntyneen ajoajan vuoksi. Yleensä transitoliikenne on tietyn bulkkituotteen runkukuljetusta ja pienehköt katkotarpeet rataverkolla hoitunevat välivarastojen puskureiden turvin. Nykyisellään transitoliikennettä on hyvin vähän.

## 7.2 Henkilöliikenteen korvaamisen kustannukset

Yleistykseenä voitaisiin arvioida, että bussiliikenteen kulut ovat noin 2,5–3 € / ajettu kilometri. Ilta-lauantai- ja pyhäkorvaukset voivat hieman nostaa kustannuksia. Kustannukset ovat samoja oli kyydissä matkustajia, tai ei, joten korvattavien junavuorojen liikennetäyttö vaikuttaa hintoihin. Tässä yhteydessä on hyvä muistaa myös liikennöivien yksiköiden matkustajakapasiteetit. Esimerkiksi Pohjolan matkojen nettisivujen mukaan (Pohjolan matka julkaisuaika tuntematon) yhteen normaalikoiseen bussiin mahtuu noin 50 matkustajaa. Wikipedian tietojen mukaan kiskobussin kapasiteetti 62 matkustajaa. Etelä-Suomen taajamaliikenteessä käytettävien sm2 junien kapasiteetti on 200 matkustajaa, sm4 kaluston kapasiteetti 192 matkustajaa ja sm5 kaluston kapasiteetti noin 250 matkustajaa. Kaukojunaliikenteen IC kaluston kapasiteetti riippuu vaunumäärästä, tavallisesti junassa on paikkoja noin 500–600 ihmiselle. Pendolinon /sm3 kapasiteetti on 262 matkustajaa. (Wikipedia julkaisuaika tuntematon).

Mikäli junien käyttö on täysimääräisesti käytössä, niin tarvittavien bussien määrä on suuri, IC kaluston osalta tarve olisi noin 10–12 bussin käyttöön. Ratatöiden sijoittaminen ruuhkaisten matkustusaikojen (perjantai ja sunnuntai) ulkopuolelle voi pienentää tarvittavien korvaavien kuljetusten tarvetta huomattavasti ja näin ollen laskea kustannuksia.

### 7.3 Kuljetusten siirrot toiseen ajankohtaan

Tyypillisin korvaava muoto tavaraliikenteen kuljetuksille on siirtää kuljetukset toiseen ajankohtaan. Mikäli ratatyöt on ilmoitettu riittävän ajoissa, pitäisi liikennöitsijöiden pystyä reagoimaan tulevaan ratatyöhön ja siirtämään kuljetuksia toiseen ajanhetkeen. Liikenteen siirto onnistuu vain lyhytkestoisissa töissä ja silloinkin on huomioitava mahdollinen ruuhka ratatyön päätyttyä. Useissa projekteissa on viime aikoina käytetty päivittäistä 6–8 tunnin liikennekatkoa arkisin päiväsaikaan. Tavarajunien siirrot saman päivän sisällä voidaan tehdä hyvinkin pienin kustannuksin, mikäli kapasiteettia jää riittävästi käytettäväksi saman vuorokauden aikana. Liikennöitsijän A edustajan mukaan pienehköt 6–10 tunnin siirrot voivat onnistua ilman lisäkuluja, mikäli siirto sopii rahdin antajalle. Siirtyvien kuljetusten osalta tulee huomioida muuttuneet purku- ja lastausajat. Henkilöliikennettä ei yleensä siirretä toiseen ajankohtaan. Tyypillisen katkon pituuden ollessa 6–8 tuntia, ehditään aamuisin ajaa ruuhka-huipun aamujunat ja illan ruuhkahuippuun saadaan taas henkilöjunat takaisin kulkuun.

### 7.4 Vaihtoehtoiset reititykset

Tässä yhteydessä uudelleen reitityksillä tarkoitetaan kokonaan eri rataosalle siirrettäviä kuljetuksia. Kaksi tai useampiraiteisten rataosien liikenteen siirtäminen viereiselle raiteelle, tai ratapihojen sisäiset liikennejärjestelyt eivät ole tämän käsityksen mukaan uudelleen reitittämistä.

Rataverkolla tehtävät työt on pyritty toteuttamaan liikennettä huomioiden, rakentamisen kannalta olisi varmasti edullisinta, jos jokin rataosa pistettäisiin kiinni pitemmäksi aikaa, esimerkiksi kuukaudeksi tai vaikkapa koko kesäksi. Henkilöliikennettä voisi vielä yrittää korvata pitkäkestoisempia aikoja, riippuen korvattavasta matkasta ja tieyhteyksistä, mutta tavaraliikenteen korvaaminen täysimääräisesti ei tulisi enää kysymykseen. Silloin kysymykseen voisi tulla vaihtoehtoisten reittien käyttäminen, mikäli niitä on.

Vaihtoehtoisia reittejä mietittäessä tulee huomioida uuden reitin kapasiteetin riittävyys lisääntyvälle liikenteelle ja infran kunto. Veturikuskien sijoittuminen nykyisessä liikennöintimallissa ja uuden reitin aiheuttamat muutokset ajoaikoihin. Korvaava reitti on myös mitä luultavammin pitempi, kuin korvattava. Ajoajan pidentyessä myös kaluston sitoutuminen tiettyyn kuljetukseen kasvaa. Jossain kohti menee ajallinen raja, jonka ylittyessä vaunut eivät enää ehdi takaisin suunniteltuun yhteyteen.

### 7.5 Tehtaiden huoltoseisokit

Tehtaiden huoltoseisokkien hyödyntäminen ratatöissä on hyödyllistä. Silloin tehtaalle suuntautuva liikennöinti on yleensä hiljaisempaa kuin tehtaan toimiessa. Jos tehtaalla jalostettava tuote ja valmis tuote liikkuvat molemmat junarahtina on hyvin todennäköistä, että molemmat tavaravirrat eivät pysähdy samaan aikaan, mutta pienempi haitta työllä joka tapauksessa on, kun se toteutetaan hiljaisemman liikenteen aikana. Tehtaiden huoltojen huomioiminen toimii parhaiten niillä radoilla, jotka vievät vain yksittäiselle tehtaalle, käytännössä puhutaan siis muutenkin jo hyvin vähäliikenteisistä osuuksista.

## 7.6 Liikenteen siirtäminen laivoihin tai uittaminen

Nykyisen maailmapoliittisen tilanteen vuoksi Saimaan kanavan käyttäminen ei ole mahdollista. Käytännössä tämä tarkoittaa siis sitä, että laivaliikenne tai uittaminen on mahdollista ainoastaan raakapuun rahtiliikenteessä.

Laivaliikenteen osalta Saimaan vesistä on ainoa alue, jossa rautatieliikennettä voisi korvata. Vallitsevan maailmantilanteen vuoksi Saimaalle ei pääse mereltä, ja alueella on vain muutama alus, joita voidaan käyttää raakapuun kuljetuksissa. Nämä alukset ovat jo nykyisin täysin työllistettyjä ja niiden liikennöintimäärien lisääminen ei onnistu. Mikäli Saimaan kanava saadaan jossain vaiheessa takaisin aktiiviseen käyttöön, niin silloin Vuoksen vesistön alueella olevien rahdin antajien rahtia voitaisiin lastata hyvinkin kustannustehokkaasti toimivien laivojen rahdiksi.

Metsätehon Uitto-oppaan mukaan uitettavia puulajeja ovat havusellupuu ja vaneritukit. (Metsäteho julkaisuaika 2010, päivitys 6.11.2019.) Tällä hetkellä puita uitetaan Vuoksen vesistössä nippu-uittona. Uitto on lähes yhtä edullinen kuljetusmuoto kuin rautatiekuljetus. Vesikuljetusketjun kokonaiskustannus on 4,3 snt/ m<sup>3</sup> km, rautatiekuljetusketjun 3,9 snt/ m<sup>3</sup> km. (Metsäteho julkaisuaika 2/2024). Uitto mahdollistaa suurien puumäärien kuljettamisen ja varastoinnin edullisesti, toisaalta uittokausi kestää vain 6–7 kuukautta ja kaikki puulajit eivät sovellu uittoon huonon kelluvuutensa takia. (Metsäteho julkaisuaika 2010, päivitys 6.11.2019.)

Ukrainan sodan alettua uittomäärät ovat olleet hienoisessa kasvussa. Mikäli uittolla halutaan korvata rautatieliikennettä, niin kyseeseen ei tule kovinkaan montaa rataosuutta. Radan tulisi sijaita Vuoksen vesistöalueelle ja rahdin koostua raakapuusta.

## 7.7 Tavaraliikenteen kustannukset

Metsätehon tuloskalvosarjan (metsäteho 2/2024) mukaan rautatiekuljetus on huomattavasti edullisempi kuljetusmuoto kuin autokuljetus. Pelkän rautatiekuljetuksen hinta on 2,4 snt/m<sup>3</sup>km. Puun keskimääräisellä painolla 900 kg/m<sup>3</sup> saadaan tonnikilometrin hinnaksi 2,66 snt/ton/km

Rajapuro (2014, 61) on selvittänyt transitoliikenteen kustannuksia, vuonna 2014 junaparin, kuormajuna ja tyhjävaunujuna, kustannukset olivat

Kouvola – Vainikkala – Kouvola 2127,17 €

Vainikkala – Hamina – Vainikkala 2976,50

Vainikkala – Kotka / Mussalo – Vainikkala 3096,59

Rajapuron tutkielmassa tyhjävaunujunan painoksi oli määritelty 500 tonnia ja kuormajunan painoksi 2000 tonnia. Lastia oli siis junassa 1500 tonnia. jokaisessa junassa on 21 vaunua. Vaunun paino lastissa 90 tonnia ja tyhjänä 26 tonnia. Lastia yhteen vaunuun mahtuu 64 tonnia.

Ratakilometrien perusteella laskien Kouvola – Vainikkala – Kouvola välin pituus on 184 kilometriä, Vainikkala – Hamina – Vainikkala välin pituus 282 kilometriä ja Vainikkala – Kotka / Mussalo – Vainikkala välin pituus 286 kilometriä. Näillä tiedoilla laskien saadaan tonni/km hinnaksi Kouvola – Vainikkala – Kouvola välillä 0,86 senttiä, Vainikkala – Hamina – Vainikkala välin välillä 0,79 senttiä ja Vainikkala – Kotka / Mussalo – Vainikkala välillä 0,81 senttiä.

Tilastokeskuksen elinkustannusindeksin mukaan (Tilastokeskus: Kuluttajahintaindeksi päivitetty: 15.4.2024) kuluttajahintaindeksi (2015 = 100) on maaliskuussa 2024 122,36. Kuluttajahintaindeksillä päivitetty tonni/km hinnat muodostuvat seuravanlaisiksi. Kouvola – Vainikkala – Kouvola välillä 1,05 senttiä, Vainikkala – Hamina – Vainikkala välin välillä 0,97 senttiä ja Vainikkala – Kotka / Mussalo – Vainikkala välillä 0,99 senttiä.

Metsätehon tuloskalvosarjalla on esitetty hinnat rahdinantajille, kun taas Rajapuron opinnäytetyössä on selvitetty liikennöitsijän kustannuksia. Näiden hintojen välinen erotus, 1,61–1,69 snt/ton/km, jää liikennöitsijöiden tulokseksi.

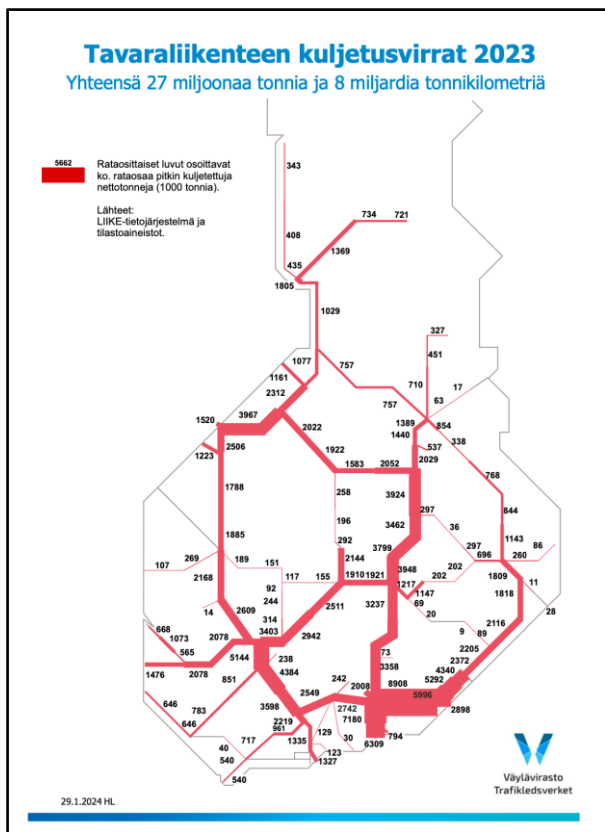
## 7.8 Henkilöliikenteen kustannukset

Liikenne- ja viestintäministeriö hankkii VR-Yhtymä Oy:ltä ostoliikennettä. Ostoliikenteen sopimus on julkinen dokumentti ja sen mukaan tuen määrä määräytyy kolmiportaisen mallin mukaan. liikennöintikorvauksella korvataan ensisijaisesti negatiivista käyttökatetta. siinä huomioidaan liikennöinnistä aiheutuneet muuttuvat kustannukset, kiinteät kustannukset ja lipputulot tai muut tuotot. Muuttuvia kuluja ovat esimerkiksi ratamaksut, henkilökunnan- ja kunnossapidon kustannukset. Kiinteitä kustannuksia taas ovat esimerkiksi hallinnon, suunnittelun, kiinteistöjen ja muiden tämänkaltaisten toimintojen aiheuttamat kulut. Kiinteät kulut jyvitetään verraten ostoliikenteen kilometrejä VR-yhtymän kaikkiin jaettuihin kilometreihin. Toissijaisesti liikennöintikorvauksella korvataan liikennöintiin liittyvien pääomien poistoja. Kaluston poisto aika on 20–30 vuotta. Kaluston käyttöikää pidentävien saneerausten poisto aika vaihtelee 5–10 vuoden välillä riippuen kunnostuksen laajuudesta. Poistoina käytetään tasapoistoja. Kolmanneksi liikennöintikorvauksella korvataan kohtuullista tuottoa pääomalle, tässä tapauksessa kohtuulliseksi korvaukseksi on määritetty 4,6 % ja pääomana käytetään sopimukseen sitoutuneen kaluston arvoa.

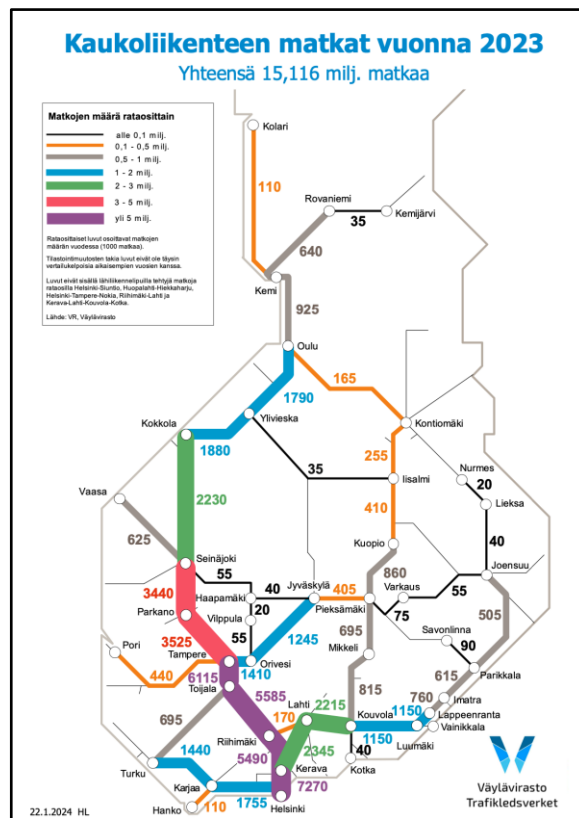
Ostoliikenteen palvelukuvauksen liitteen mukaan vuosien 2022–2030 keskiarvoja käyttäen selviää, että kiskobussien liikennöinti maksaa VR-yhtymälle 7,66 € / km, lipputulot sekä ostoliikennöinnin korvaus on 7,70 € / km. Etelä-Suomen taajamaliikenteen liikennöinnin kustannukset ovat 12,44 € / km, lipputulot ja ostoliikennekorvaus 6,68 € / km. Etelä-Suomen taajamaliikenteen osalta on huomioitava erittäin suuret investointikustannukset 29,3 miljoonaa € / vuosi, verrattuna esimerkiksi IC / Pendolino liikenteen 1,8 miljoonaa € / vuosi investointi tahtiin. Yöjunien osalta kustannukset ovat 21,22 € / km ja korvaukset 21,30 € / km. IC / Pendolino liikenteen kustannukset 10,11 € / km ja korvaukset 10,57. (Valtioneuvosto 27.1.2022).

## 8 LIIKENTEEN RAKENNE JA VOLYYMIT

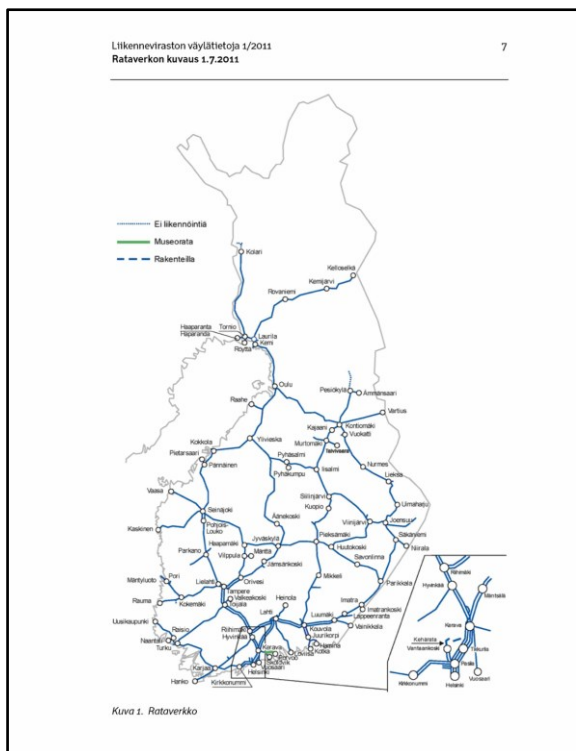
Liikenteen rakenne ja sen määrä vaihtelevat rataverkolla huomattavasti. Suurin osa rataverkosta on yksiraiteista rataosaa, 5 205 km. Kaksi- tai useampiraiteista rataa on 713 km (Väylävirasto, julkaisu-aika tuntematon) Ratatyön aiheuttamat kustannukset vaihtelevat sen mukaan, kuinka tiheästi työn alla olevaa rataa liikennöidään. Myös rataverkon ominaisuudet vaikuttavat korvattavan liikenteen määrään. Kaksi – tai useampiraiteisilla rataosilla, mikäli ratatyö ei sulje molempia raiteita, voidaan tehdä helpommin pitempiketoisia ratatöitä sulkien vain toinen raide. Myös liikennepaikkojen sisällä on usein mahdollista kierrättää liikenne korvaavia reittejä pitkin. Ratatyön aiheuttamat kustannukset ovat siis riippuvaisia paitsi käytetystä ajasta, myös ratatyön sijainnista. Riippuen ratatyön sijainnista, voidaan toisissa kohteissa liikenne saada toimimaan pienillä muutoksilla, kun taas joissain kohteissa vaaditaan kaiken liikenteen pysäyttämistä. Kaiken liikenteen pysäyttäminen on taas täysin eri asia esimerkiksi Riihimäki – Tampere välillä kuin Tuupovaara – Ilomantsi välillä. Jokainen ratatyö vaatii siis erillisen tarkastelun liikennöinnin vaikutusten osalta. Kuvissa 2. 3. ja 4. esitelty rataverkon liikennemääriä sekä rataverkon ominaisuuksia.



Kuva 2. Tavari liikenteen kuljetusvirrat 2023 (Väylävirasto 29.1.2024)



Kuva 3. Kaukoliikenteen matkat vuonna 2023 (Väylävirasto 22.1.2024)



Kuva 4. Rataverkon kuvaus. (Liikennevirasto 1.7.2011)

## 9 ESIMERKKI JOENSUU – ILOMANTSI

Vuonna 2021 julkaistussa Väyläviraston hankearvioinnissa ”Heinävaara–Ilomantsi-radon peruskorjaus” on arvioitu kevennetyn päällysrakennekorjauksen (Ve1 15 miljoonaa) ja kattavan peruskorjauksen (Ve2 39,8 miljoonaa) vaikutuksia ja yhteiskuntataloudellista kannattavuutta. (Väylävirasto 47/2021). Hankearvioinnissa päädyttiin suosittelemaan kevennettyä päällysrakennekorjausta. On hyvä huomata, että hankearviointi tehtiin vasta vuoden 2020 lisätalousarviossa myönnetyn 15 miljoonan euron määrärahan myöntämisen jälkeen.

Hankearvioinnin mukaan Joensuu-Ilomantsin rataa on suhteellisen vähäliikenteinen. Siellä on kolme liikennepaikkaa, joissa lastataan raakapuuta. Heinävaarassa lastattiin vuonna 2019 70 000 kuutiota, Tuupovaarassa 110 000 kuutiota ja Ilomantsissa 200 000 kuutiota. Radan kunto ennen korjauksia oli huono. Radan akselipaino oli jouduttu laskemaan 18 tonniin nopeudella 40 km/h.

Hankearvioinnissa huomioitiin myös lähistöllä olevat raakapuun lastauspaikat Eno ja Hammaslahti, joissa ei ollut arvioinnin kirjoitushetkellä ollenkaan raakapuun lastausta. Enossa on yksi 625 metriä pitkä puun lastaukseen soveltuva raide, johon mahtuu tarvittaessa jopa 30 vaunua lastaukseen. Hammaslahdessa on samoin yksi puun lastaukseen soveltuva raide, raiteen pituus 657 metriä. Myös Joensuussa on ollut raportin kirjoittamishetkellä puunlastauspaikka, mutta Joensuun mittavan ratapiharemontin vuoksi sen käytettävyys korvaavana lastauspaikkana on huono.

Hankevaihtoehdossa Ve1 ”kevennetty päällysrakenteen vaihto” määriteltiin tehtäväksi seuraavat työt: Päällysrakenteen uusiminen Heinävaara – Ilomantsi-välillä kevennettyä tukikerrosratkaisua sekä mahdollisuuksien mukaan kierrätettyä kiskoa ja betonipölkkyjä käyttäen, Joensuu – Heinävaara välin kiskojen vaihtaminen, Ilomantsin ratapihan vaihteiden ja päällysrakenteen vaihtaminen, kuivatuksen parantaminen ja alusrakenteen vaihtaminen tai routasuojaus toistuvasti routivissa pisteissä. Kevennetyn päällysrakenteen vaihdon arvioidaan jatkavan radan elinkaarta 20 vuotta ja nostavan radan akselipainon 22,5 tonniin nopeudella 60 km/h. (Väylävirasto 47/2021).

### 9.1 Ratatyöt

Projekti jaettiin useampaan pienempään urakkaan. Rakennuttajakonsulttina hankkeessa toimi Ramboll CM Oy. (Väylävirasto 30.1.2024). Opinnäytetyössä keskityn liikennevaikutuksiltaan suurimpiin kokonaisuuksiin, eli päällysrakenteen uusimiseen Heinävaara – Ilomantsi välillä, kiskonvaihtoon Joensuu – Heinävaara välillä ja Ilomantsin ratapihan päällysrakenteen ja vaihteiden vaihtoon.

Vuonna 2021 toteutettiin Heinävaara-Tuupovaara päällysrakenteen uusiminen (n. 20 km), pääura-koitsijana toimi Destia Rail Oy. Työ alkoi 12.7.2021 ja päättyi 2.9.2021. Työ katkaisi kaiken liikenteen 8 viikoksi Heinävaarasta Ilomantsin suuntaan maanantaista klo 11:30 torstaihin klo 15:30 asti. Samaan aikaan oli JOERAn töiden vuoksi koko (Joensuu) – Ilomantsi radalla liikennöintikatko 2 viikon ajan 9.-23.8.2021. Kuvassa 5. on esitetty vaaleammalla värillä Heinävaara-Tuupovaara välin päällysrakenteen uusiminen ja tummemmalla JOERAn töiden aiheuttama 2 viikon mittainen katko koko rataosalle.

	ma	ti	ke	to	pe	la	su
Joensuu							
(Joensuu) – (Heinävaara) linjaväli				2 viikkoa			
Heinävaara			Tyhjien vienti	Junan haku			
(Heinävaara) – (Tuupovaara) linjaväli		8 viikkoa					
Tuupovaara				Tyhjien vienti		Junan haku	Junan haku
(Tuupovaara) – (Ilomantsi) linjaväli							
Ilomantsi	Tyhjien vienti	Junan haku		Junan haku			Tyhjien vienti / Ju- nan haku

Kuva 5. Vuoden 2021 liikennekatkot ja toteutunut liikenne 28.10-3.11.2019.

Kokonaisuudessaan vuoden 2021 ratatyöt aiheuttivat  $8 + 12 = 20$  junaparin perumisen, mikäli liikenne olisi toteutunut kuten 2019.

Vuonna 2022 tehtiin Joensuu-Heinävaara-kiskon vaihto ja Tuupovaara-Ilomantsi-päällysrakenteen uusiminen, sekä Ilomantsi ratapihan uudistaminen. (Tuupovaara) – Ilomantsi töitä tehtiin 12 viikkoa, viikot 18–30, josta viikot 29 & 30 oltiin myös alueella Tuupovaara – Ilomantsi Töitä tehtiin sunnuntai illasta klo 21 perjantai aamuun kello 6:00 asti. Muun ajan rata oli liikennöitävässä. Ilomantsin ratapihaa uudistettiin viikot 37–43. Työtä tehtiin toistaiseksi, eikä rataa luovutettu välillä liikenteelle. (Joensuu) – Heinävaara välin kiskot vaihdettiin elokuussa 2022. Työt tehtiin junaliikenteen luonnollisissa raoissa. Kuvassa 6. on esitetty vaaleimmalla värillä Tuupovaara – Ilomantsi välin työt, toiseksi vaaleimmalla (Tuupovaara) – Ilomantsi välin työt ja tummimmalla Ilomantsin työt.

	ma	ti	ke	to	pe	la	su
Joensuu							
(Joensuu) – (Heinävaara) linjaväli							
Heinävaara			Tyhjien vienti	Junan haku			
(Heinävaara) – (Tuupovaara) linjaväli							
Tuupovaara		2 viikkoa		Tyhjien vienti		Junan haku	Junan haku
(Tuupovaara) – (Ilomantsi) linjaväli		10 viikkoa					
Ilomantsi	Tyhjien vienti	Junan haku		Junan haku	7 viikkoa		Tyhjien vienti / Ju- nan haku

Kuva 6. Vuoden 2022 liikennekatkot ja toteutunut liikenne 28.10-3.11.2019.

Kokonaisuudessaan vuoden 2022 työt aiheuttivat  $10 + 2 + 21 = 33$  junaparin perumisen, mikäli liikenne olisi toteutunut kuten 2019

## 9.2 Liikennöinti

Rataosan liikennerakenne ei jakaudu tasaisesti. Juliadatan mukaan, kuva 7., säännöllisen ratakapasiteetin aikataulut muutosajankohdalle 27.10.2019 – 14.12.2019 eivät sisällä yhteen Heinävaaran ja Tuupovaaran käyntejä. Hakemalla aikataulut eri vuodelta ratatöiden vaikutukset eivät näy niissä.

Juna	Kulkuväli	Kello	Viikonpäivät	Ajanjakso
T 4573	SUL-ILO	5:17–7:10	ti, to-su	27.10.2019–14.12.2019
T 4575	SUL-ILO	14:30–16:23	pe, su	27.10.2019–13.12.2019
T 4582	ILO-SUL	9:39–12:30	ti, to-su	27.10.2019–14.12.2019
T 4584	ILO-SUL	19:05–21:56	pe, su	27.10.2019–13.12.2019

Kuva 7. Säännöllinen ratakapasiteetti Joensuu – Ilomantsi. (Juliadata. julkaisuaika tuntematon)

Todellisuudessa 28.10. – 3.11.2019 välisenä aikana ajettiin junia kuvan 8. mukaisesti. (Juliadata. Viitattu 18.3.2024)

	ma 28.10	ti 29.10.	ke 30.10.	to 31.10.	pe 1.11	la 2.11.	su 3.11.
Heinävaara			Tyhjien vienti	Junan haku			
Tuupovaara				Tyhjien vienti		Junan haku	Junan haku
Ilomantsi	Tyhjien vienti	Junan haku		Junan haku			Tyhjien vienti / Ju- nan haku

Kuva 8. Toteutunut liikenne 28.10-3.11.2019. (Juliadata. Julkaisuaika tuntematon)

Säännöllisen junaliikenteen aikatauluissa on viisi muutokertaa vuodessa, joten nopeastikin muuttuvia raakapuun kuljetustarpeita muokataan kiireellisellä ratakapasiteetilla perumalla, ja lisäämällä junien aikatauluja, sekä muuttamalla junia kulkemaan pelkällä veturilla.

Aikataulujen mukaan junaliikenne painottuu rataosalla viikonloppuun ja loppuviikkoon. Tiistaisin, torstaisin ja lauantaisin rataosalla kulkee yksi junapari. Perjantaisin ja sunnuntaisin kaksi junaparia.

### 9.3 Kuormausten siirtojen kustannukset

Ilomantsista lastattiin vuonna 2019 noin 200 000 kuutioita. Mikäli junan koko 1400 m<sup>3</sup>, niin junia pitäisi ajaa 142 päivänä vuodessa, eli noin kolmena päivänä viikossa. Google mapsin reittitoiminnon

mukaan Ilomantsista Enon lastauspaikalle on matkaa maanteitse 50,9 kilometriä ja Hammaslahden lastauspaikalle 73,9 kilometriä. Ilomantsin lastaukset olisi siis järkevintä siirtää Enon lastauspaikalle.

Tuupovaara lastausmäärät olivat vuonna 2019 noin 110 000 kuutioita. Junakoon ollessa 1400 m<sup>3</sup>, junia pitäisi ajaa 79 päivänä vuodessa, keskimäärin siis 4,5 päivän välein. Viikkotasolla tämä tarkoittaisi kolmen junan ajamista kahden viikon aikana. Google mapsin reittitoiminnon mukaan Tuupovaaran lastauspaikalta Enoon on matkaa 43,1 kilometriä ja Hammaslahteen 53,2 kilometriä. Vaikka Hammaslahteen on hieman pitempi matka, niin kuljetukset menisivät paremmin tasan, jos Tuupovaaran lastaukset siirrettäisiin kokonaisuudessaan Hammaslahteen.

Heinävaara vuoden 2019 lastausmäärät olivat noin 70 000 kuutioita, tämä tarkoittaa 1400 m<sup>3</sup> kokoilla junilla 50 junaa. Junan olisi siis ajettava kerran viikossa. Google mapsin reittitoiminnon mukaan Heinävaaran etäisyys Enoon on 38,1 kilometriä ja Hammaslahteen 27,4. Hammaslahti olisi siis luonnollinen valinta.

Joensuusta Ilomantsiin on matkaa raiteita pitkin noin 70 kilometriä, korvaavalle liikennepaikalle Enoon 35 kilometriä. Joensuusta Tuupovaaraan on matkaa rataa pitkin noin 42 kilometriä, korvaavaan Enoon noin 35 ja hammaslahteen 20 kilometriä. Heinävaara Joensuu välin pituus on rataa pitkin noin 22 kilometriä ja korvaavaan Hammaslahteen 20 kilometriä. Korvaavia liikennepaikkoja käyttämällä junaliikenteen ajamat matkat siis lyhenisivät.

Metsätehon tuloskalvosarjassa (Kuva 1.) on esitetty hinnat eri mittaisille rekkakuljetuksille. Metsätehon mukaan rautatiekuljetusketjussa autokuljetuksen osuus on 16,1 snt/m<sup>3</sup>km ja kuljetettava matka 48 kilometriä. Pelkän autokuljetuksen hinta on 10,6 snt/m<sup>3</sup>km ja silloin kuljetettava matka on 89 kilometriä. Suurin hintaa nostava tekijä on siis kuorman lastaus ja purku, lisäkilometrien ajaminen vähentää snt/m<sup>3</sup>km perusteista yksikkökustannusta. Koska rautatiekuljetuksiin siis liittyy rekkakuljetus, laskemme lisääntyvät kustannukset vain niiltä osin mitä lisääntyneet kuljetusmatkat vaativat. Molemmissa matkoissa 48 ja 89 kilometriä on siis sisään laskettu puun lastaukset ja purkamiset. Mikäli vähennämme 48 kilometrin hinnasta 89 kilometrin hinnan, niin silloin tulokseksi pitäisi saada pelkkien kilometrien hinnat  $16,1 - 10,6 = 5,5$  senttiä. Tämä tarkoittaisi autolle noin 3 € km hintaa, mikä on suurin piirtein kuljetuksen hintojen haarukassa. Katso kohta 7.1.2

Rekkaan ja yhteen junanvaunuun mahtuu noin 55 puuta.

Autokuljetuksen lisäkilometrien hinta 5,5 senttiä / m<sup>3</sup>km.

jatko kuljetuksen hinta 24 vaunua, Ilomantsi – Eno

$$\Rightarrow 5,5 \text{ senttiä} \times 55 \text{ m}^3 \times 50,9 \text{ km} \times 24 \text{ rekkaa}$$

- 3695,3 €

jatko kuljetuksen hinta 24 vaunua, Tuupovaara – Hammaslahti

$$\Rightarrow 5,5 \text{ senttiä} \times 55 \text{ m}^3 \times 53,2 \text{ km} \times 24 \text{ rekkaa}$$

- 3862,3 €

jatko kuljetuksen hinta 24 vaunua, Heinävaara – Hammaslahti

- ⇒ 5,5 senttiä x 55 m<sup>3</sup> x 27,4 km x 24 rekkaa
  - 1989,2 €

#### 9.4 Esimerkin analyysi

Alkuperäisen liikennöinti- ja aikataulun mukaan liikennöinti ajoittuu loppuviikkoon. Käyttämällä kahta korvaavaa kuormauspaikka, päästään lähemmäs samankaltaista aikataulurakennetta. Mikäli liikennepaikalta lastattaisiin joka päivä yksi 1400 m<sup>3</sup> juna, niin vuodessa yhdeltä liikennepaikalta saataisiin lähtemään noin 500 000 m<sup>3</sup> puutavaraa, kaikki lastaukset voitaisiin siis toteuttaa yhdeltä liikennepaikalta niin haluttaessa

Rautatieliikennepaikkojen etäisyyden lisäksi on otettava huomioon myös ratainfra. Heinävaara, Tuupovaara, Ilomantsi -radalla vaunujen vaihto voidaan toteuttaa hyvinkin tehokkaasti. Jollekin liikennepaikalle viedään vaunuja ja joltain haetaan täydet vaunut pois samalla reissulla, lisäksi radalla ei ole muuta liikennettä, joten vaunujen vaihdolle on riittävästi aikaa.

Enon liikennepaikalla on kolme raidetta. Lastausraide on raiteensulkujen takana, lisäksi kaksi raidetta, joissa voidaan järjestää junakohtaus. Enon liikennepaikka on sähköistämättömällä Joensuu – Nurmes radalla, jolla on verrattain paljon liikennettä. Vaunujen vaihtojen vaatimat vaihtotyöt pitäisi siis suorittamaan mahdollisesti ajallisesti rajatuissa ikkunoissa. Liikenteen sujuvuuden kannalta olisi helpointa, mikäli toinen sivu Joensuu – Eno – Joensuu reitistä ajettaisiin aina veturina.

Hammaslahden liikennepaikalla on neljä raidetta, joista yksi soveltuu puun lastaukseen. Hammaslahti on vilkkaasti liikennöidyllä sähköistetyllä Kouvola – Joensuu radalla. Puunlastaukseen soveltuvalla raiteella on 47 metriä pitkä patkka sähköistettyä raidetta. Tämä antaisi mahdollisuuden siihen, että lastissa olevat vaunut ajettaisiin suoraan Hammaslahdesta kaakon tehtaille. Tyhjät vaunut olisi helpointa viedä erillisellä diesel veturilla Joensuusta.

Ratatyöt saatiin toteutettua erittäin pienillä liikennevaikutuksilla. Keskittämällä ratatyöt alkuviikkoon ja liikennöinnin loppuviikkoon saatiin rataosalla huomioitua niin liikennöitsijän kuin myös rataurakoinnin tavoitteet. Liikennöinnin näkökulmasta lähes kaikki tarvittava liikenne pystyttiin ajamaan oikeina päivinä ja ratatöiden aiheuttamat häiriöt pystyttiin kiertämään siirtämällä junia enemmän kulkuun loppuviikoksi. Rataurakoitsijoiden kannalta työt pystyttiin tekemään edullisimmissa arkivuoroissa ja koska valtaosa työntekijöistä tuli muualta, niin tyypillistä 4x10 tunnin viikkoa pystyttiin tekemään alkuviikon katkoissa. Oikeastaan ainoa asia minkä vuoksi pitempää totaalikatkoa voisi edes harkita on tukemiskoneen aiheuttamat kustannukset.

Tällä rataosalla olisi mielestäni ollut hyvä mahdollisuus myös pitempään liikennekatkoon. Rataosalla ei ole henkilöliikennettä, eikä tavaraliikenteen tuotekuljetuksia. Lähistöllä on toisten ratojen vähäkäyttöisiä kuormauspaikkoja, joihin mahtuisi lisää lastattavaa, eikä rekkakuljetusten matkatkaan pitäisi kovinkaan merkittävästi. Oikeastaan on hankala keksiä toista rataa, jonka liikenteen korvaaminen olisi helpompaa.

Toteutuneilla työraoilla liikenne pystyttiin ajoittamaan loppuviikolle ilman lisääntyneitä kustannuksia. Mikäli työt olisi toteutettu pitemmällä yhtenäisellä katkolla, niin silloin raakapuun kuormaukset olisi

tullut siirtää Enon ja Hammaslahden lastauspaikoille. Suunniteltujen aikataulujen perusteella tämä olisi tarkoittanut seitsemän juna kuormausten siirtämistä. Toteutuneiden aikataulujen perusteella junat olisivat jakaantuneet siten että Ilomatsista olisi siirretty Hammaslahteen 3 kuormausta viikossa. Yksittäisen kuormauksen siirron hinnan ollessa 3695,3 € kokonaishinta näille siirroille olisi ollut 11 085,9 €. Tuupovaarasta olisi siirretty kaksi kuljetusta Hammaslahteen ja Heinävaarasta yksi. Hammaslahden kuljetusten siirto olisi lisännyt kustannuksia  $2 \times 3862,3 \text{ €} = 7724,6 \text{ €}$ . Heinävaaran kuljetusten siirtokustannukset olisivat olleet 1989,2 €. Yhteensä kaikki siirtokustannukset olisivat olleet noin 19 000 € viikossa.

Ratatöiden hinnan muodostuminen riippuu monesta asiasta. Työvuororakenne, käytössä olevat koneet, tehtävä työ jne. Käytettävissä olevien tietojen pohjalta on mahdotonta arvioida olisiko urakoitsija voinut tehdä työn pitkässä yhtenäisessä katkossa niin paljon halvemmalla, että kuormausten siirtokustannukset olisivat olleet pienemmät kuin saavutettu hyöty. Ainoa keino selvittää tämä asia olisi ollut pyytää tarjous kahdella eri työraolla, joko maanantaista torstaihin kestävillä katkoilla tai pitemmällä yhtenäisellä katkolla.

## 10 ANALYYSI

Ratatöiden optimointia tehdään jo nykyisinkin, tosin siitä puuttuu tutkittu tieto mikä on oikeasti kannattavaa. Nykyisin ratatyöt pyritään sijoittamaan siten että niistä on mahdollisimman vähän haittaa liikenteelle. Tutkimuksen mukaan tämä on aivan perusteltua lähes kaikissa tapauksissa. Tavaraliikenteen tuotekuljetusten korvaaminen on erittäin hankalaa, johtuen pitkistä kuljetuksista ja suurista volyymeista. Ratatyön kokonaiskustannukset näyttävät nousevat nopeammin, kuin lisääntynyt työaika laskee ratatyön tekemisen hintaa.

Ratatöiden kokonaishinta muodostuu kahdesta tekijästä, itse ratatyön hinnasta ja työraon aiheuttamasta haitasta normaalille liikenteelle. Jotta voimme tarkastella työraon pituuden vaikutusta ratatöistä aiheutuviin kustannuksiin on tehtävä periaatteellinen linjaus laatuvaikutuksiin. Usein kuulee väitettävän, että ratatyön pituus vaikuttaa positiivisesti työn laatuun. Missään ei ole tehty tutkimusta työraon keston vaikutuksesta laatuun, joten oletuksena voimme silloin pitää sitä, että mikäli työ pysytään tekemään vaihtoehtoisilla työraon pituuksilla, niin lopputuotteen laatu on kaikissa vaihtoehdoissa toisiaan vastaava.

Ratatöiden vaikutusta liikennöinnin peruuttamisiin on ohjannut ajatus suhteellisen nopeasti toteutetusta työstä. Kokemuksen tuottamilla arvioilla on päädytty esimerkiksi yksinkertaisen vaihteen vaihdon osalta 12–16 tunnin työaikaan. Tutkitun tiedon puute jättää liikennesuunnittelun ja rakennuttajakonsultin oman kokemuksensa ja tietämyksensä varaan työraon pituuden määrittelyssä. Usein kokemukseen pohjautuva näkemys tuottaa kaikkien osapuolten kannalta siedettävän lopputuloksen, mutta koska tietoa työrakojen aiheuttamista todellisista kustannuksista ei ole, ei niiden vaikutusten arviointikaan ole mahdollista.

Ratatöiden hinnoittelua hallitaan nykyisin pääasiassa tarjousmenettelyjen kautta. Ratatöiden todellisen hinnan selvittämiseksi kilpailutuksen voisi järjestää erilaisilla työraoilla. Tarjouspyynnössä mukana olevat vaihtoehdot voisivat olla vaikka maanantaista perjantaihin päivittäin klo 8–16, 3 viikkoa kestävä liikennekatko tai urakoitsijan itse määrittelemät ajat, näin saataisiin haarukoitua työn tekemiselle edullisin hinta. Erilaisten työrakojen vaikutukset liikennöinnille tulisi arvioida ja kokonaisedullisin tarjous voitaisi. Nykyistä monimutkaisemmat kilpailutukset saattaisivat mahdollisesti lisätä hävinneiden osapuolten valituksia. Useilla ajoilla toteutetut kilpailutukset myös lisäisivät ymmärrystä ratatöiden hinnoittelusta. Tällä hetkellä ratatöiden ilmoitusajaksi on määritelty noin 4–8 kuukautta. Ihanteellista olisi, että ratatyöt olisi saatu kilpailutettua ennen ilmoitusaikoja. Tämä mahdollistaisi kilpailutukset erilaisilla ajoilla ja antaisi mahdollisuuden valita kokonaisuudessaan halvin tarjous. Urakoitsijan valinta ennen ratatöiden ilmoitusaikoja avaisi myös mahdollisuuden miettiä työrakoja yhteistyössä liikennöitsijöiden ja urakoitsijan kesken. Tämä malli voisi toimia kuten allianssimallilla tiilaajan, urakoitsijan ja liikennöitsijöiden kanssa.

Työraon aiheuttamien haittojen hinnoittelu perustuu pääosin peruttavien junien aiheuttamiin kustannuksiin. Nopeusrajoitukset voidaan huomioida ajoajassa tai pelivaraprosentilla ja ne eivät aiheuta merkittäviä kustannuksia liikennöitsijöille. Toki pitää huomioida, että nopeusrajoitusten yhteisvaikutus ei muodostu liian suureksi, vaarana on liikennerakenteen häiriintyminen myöhästelevien junien vuoksi. Korvattavan liikenteen kustannukset ovat riippuvia monesta eri tekijästä.

Kaukohenkilöliikennettä pystytään yleensä korvaamaan melko hyvin. Junat voidaan pysäyttää henkilöliikenteen asemille ja ohjata matkustajat korvaavien bussien kyytiin. Pitkillä reiteillä korvataan usein vain osa matkasta ja loppumatka mennään taas junan kyydissä. Lähiliikenteen alueella massiiviset matkustajamäärät aiheuttavat hankaluuksia bussikorvauksien osalta. Usein lähiliikenteen alueella on tarjolla junille korvaavia reittejä ja junaliikennettä voidaan harventaa, samalla mahdollisesti lisäten yksiköiden kapasiteettia.

Tavaraliikenteen korvaavat kuljetukset ovat useissa tapauksissa mahdottomia. Vaunujen välilastaus ei ole mahdollista, joten korvaava kuljetus tulisi järjestää koko reitille. Koko reitin korvaaminen taas lisää korvattavan matkan pituutta ja nostaa näin hintoja. Lisäksi tavaraliikenteen suuret volyymit vaativat suuria määriä korvaavaa kuljetuskapasiteettia, korvaavan kapasiteetin hankkiminen voi muodostua ongelmalliseksi. Rekoilla korvattavaksi sopivat parhaiten raakapuun kuormaukset, ja silloinkin lähistöltä tulisi löytyä korvaava lastauspaikka.

Junien uudelleen reitittäminen voisi mahdollistaa suurien tavaravirtojen kuljettamisen, ongelmaksi näissä tapauksissa voi muodostua ajovarikkojen sijainnit rataverkolla ja vaunukiertojen muuttuminen. Kuljetusten ajo-, lastaus- ja purkuajat on suunniteltu tiukoiksi ja liikenteeseen on sidottu tietty määrä vaunuja. Jos kuljetusaika pitenee merkittävästi, niin vaunuja ei ehditä purkaa tai lastata sovittuun ajassa. Liikenteeseen sitoutuu silloin enemmän kalustoa, esimerkiksi kahden rungon sijaan tarvitaan kolme runkoa, jotta sama määrä tavaraa saadaan kuljetettua pidentyneen ajoajan vuoksi.

Tavaraliikenteen osalta junien siirtäminen saman vuorokauden on kustannustehokkain toimenpide ratatöiden mahdollistamiseksi. Hyvissä ajoin ilmoitetut siirtotarpeet eivät lisää kustannuksia. Henkilöliikenteessä junien siirtäminen muihin ajankohtiin ei ole mahdollista.

Henkilöliikenteen suurimmat asiakasvirrat ovat tyypillisesti aamuisin ja iltaisin, sekä viikonloppuisin. Tavaraliikennettä taas ajetaan paljon myös iltaisin ja öisin. Varsinkin toistuvissa arkikatkoissa on tavaraliikenteen osalta paljon siirretty kuljetuksia toiseen ajankohtaan. Henkilöliikenne on taas korvattu muilla liikennemuodoilla. Selvitysten perusteella vaikutta siltä, että riittävän pitkät, vähintään 6–8 tuntia kestävätkä arkikatkot ovat tehokkaita sekä liikennöinnin, että myös ratatöiden tekemisen kannalta.

## 11 POHDINTA

Tällä hetkellä työrajojen mitoittaminen perustuu kokemuksen tuomaan näkemykseen kullekin rataosalle tai liikennepaikalle soveltuvasta katkosta, toki tehtävällä työllä on oma vaikutuksensa arvioitaessa sopivaa työrajoa. Mitattua tietoa erilaisten työrajojen vaikutuksista liikennöintiin ei ole tarjolla. Samalla tulee muistaa, että rataverkko on hyvin laaja ja kaikki työt eivät ole verrannollisia toisiinsa.

Rataverkon ominaisuudet eivät ole samoja kaikkialla, myös liikennöinnin tiheys vaihtelee suuresti. Ratatöihin varatut ajat ovat vakioituneet tietyn mittaisiksi, riippumatta paikasta tai liikenteen tiheydestä. Jatkossa tulisi paremmin huomioida Leanin periaatteita ja tunnistaa vilkkaasti liikennöidyn radan arvoketjultaan suuremmaksi kuin vähäliikenteisen. Ohjaamalla tuotannon resursseja vähäliikenteisiltä radoilta vilkkaasti liikennöidyille radoille, voisi tuotannon virtausta kasvattaa arvoketjultaan suuremmilla radoilla. Vaikka ratatöihin käytettävä aika kasvaisi vähäliikenteisillä radoilla, niin kokonaisuudessaan ratatöiden aiheuttamat vaikutukset liikennöintiin pienenisivät.

Ratatöiden työrajojen pituuden vaikutusta ratatöistä aiheutuviin kustannuksiin tulisi selvittää tarkemmin. Jo hankeselvityksissä tulisi huomioida paremmin ratatöiden aiheuttamat häiriöt liikennöintiin ja pohtia mahdollista katkorakennetta. Rakentamissuunnittelussa tulisi jatkaa ratatyön liikennevaikutusten ja optimaalisen katkorakenteen suunnittelua niin itse ratatyön kuin myös liikenteen kannalta. Rakentamissuunnittelun aikana tulevien katkotarpeiden ja muiden liikennejärjestelyjen lopullinen rakenne saavuttaisi tason, jonka avulla töitä voidaan lähteä toteuttamaan.

Varsinkin isoissa hankkeissa suunnitteluvaiheessa liikennöitsijöiden kanssa yhteistyössä määritelty optimaalinen katkorakenne helpottaisi liikenteen sopeutumista kapasiteettia rajoittaviin töihin.

Opinnäytetyön haasteena oli tutkitun tiedon vähäisyys. Mielestäni onnistuin melko kattavasti selvittämään liikennöinnin kustannuksia, niin junaliikenteestä, kuin myös korvaavien kuljetusten osalta. Ratatyön hinnoittelu on paljon monimutkaisempaa ja sen tulokset ovat enemmän suuntaa antavia. Ratatyön hinnoitteluun vaikuttavat niin monet asiat, että todellisten tulosten saamiseksi tulisi töitä kilpailuttaa erilaisilla työrajojen kestoilla. Alkuperäisissä suunnitelmissa ei ollut käyttää esimerkkitapausta, mutta kun päätin ottaa sen mukaan, niin mielestäni se selkeytti kokonaisuutta.

Tulevaisuudessa ratatöiden ajoituksen ja työrajojen vaikutuksia ratatyön aiheuttamiin kokonaiskustannuksiin olisi hyvä tutkia syvällisemmin. Vuosien 2025–2032 aikana valtion rataverkkoon on suunniteltu 1391 miljoonan euron edestä investointeja (Väylävirasto 2024). Mikäli ratatöiden kustannuksia saataisiin pienennettyä edes promillella, niin puhuttaisiin jo miljoonaluokan säästöistä.

## LÄHTEET

- Günther, Kirsi & Hasanen, Kirsi. Tutkimuksen kulku. Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto. <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvali/laadullisen-tutkimuksen-prosessi/tutkimuksen-kulku/>. Viitattu 6.11.2023
- Hyvärinen, Matti. Tutkimushaastattelu ja vuorovaikutus. Teoksessa Hyvärinen Matti, Nikander Pirjo & Ruusuvoori Johanna Tutkimushaastattelun käsikirja. Tampere: Vastapaino 2017. Viitattu 13.1.2024
- Hyvärinen, Matti. Tutkimushaastattelu ja vuorovaikutus. Teoksessa Hyvärinen Matti, Nikander Pirjo & Ruusuvoori Johanna Tutkimushaastattelun käsikirja. Tampere: Vastapaino 2017. Viitattu 18.1.2024
- Hyvärinen, Matti, Åkerman, Maria & Vaittinen, Tiina. Asiantuntijahaastattelu. Teoksessa Hyvärinen Matti, Nikander Pirjo & Ruusuvoori Johanna Tutkimushaastattelun käsikirja. Tampere: Vastapaino 2017. Viitattu 27.1.2024
- Hyvärinen, Matti, Åkerman, Maria & Vaittinen, Tiina. Asiantuntijahaastattelu. Teoksessa Hyvärinen Matti, Nikander Pirjo & Ruusuvoori Johanna Tutkimushaastattelun käsikirja. Tampere: Vastapaino 2017. Viitattu 31.1.2024
- Juhila, Kirsi. Laadullisen tutkimuksen ominaispiirteet. Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto. <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvali/mita-on-laadullinen-tutkimus/laadullisen-tutkimuksen-ominaispiirteet/>. Viitattu 5.11.2023
- Kaukoliikenteen matkat vuonna 2023. Väylävirasto 22.1.2024. [https://vayla.fi/documents/25230764/55126781/Rautateiden+kaukoliikenne+2023+rataosittain\\_220124.pdf](https://vayla.fi/documents/25230764/55126781/Rautateiden+kaukoliikenne+2023+rataosittain_220124.pdf). Viitattu 7.4.2024
- MHY Etelä-Savo. Verkkojulkaisu. Päivitetty 24.02.2023. <https://www.mhy.fi/etela-savo/uutiset/puu-liikkuu-myos-raiteita-pitkin>. Viitattu 18.3.
- Metsäteho. Verkkojulkaisu. Päivitetty 2/2024. <https://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja-2024-02-Puunkorjuu-ja-kaukokuljetus-vuonna-2023.pdf>. Viitattu 27.3.2024
- Metsäteho julkaisuaika 2010, päivitys 6.11.2019. Verkkojulkaisu. <https://puuhuolto.fi/uitto-opas/johdatus-uitto-oppaaseen/>. Viitattu 27.3.2024
- Metsäteho julkaisuaika 2/2024. Verkkojulkaisu. <https://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja-2024-02-Puunkorjuu-ja-kaukokuljetus-vuonna-2023.pdf> Viitattu 27.3.2024
- Metsäteho julkaisuaika 2010, päivitys 6.11.2019. Verkkojulkaisu. <https://puuhuolto.fi/uitto-opas/johdatus-uitto-oppaaseen/uiton-kilpailukytekijat/>. Viitattu 27.3.2024
- Metsäteho. Verkkojulkaisu. Päivitetty 2/2024. <https://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja-2024-02-Puunkorjuu-ja-kaukokuljetus-vuonna-2023.pdf>. Viitattu 27.3.2024
- Metsätieteen aikakauskirja. Verkkojulkaisu. Päivitetty 14.05.2019. <https://metsatieteenaikakauskirja.fi/article/10101/keyword/paino-otantamittaus>. Viitattu 27.3.2024
- Pohjolan matka julkaisuaika tuntematon. Verkkojulkaisu. <https://pohjolanmatka.fi/tilausajot/busseja-moneen-lahtoon/>. Viitattu 12.4.2024
- Rajapuro, Ilpo 2014. Kustannusmalli Suomen rautatietavaraliikenteeseen, Itäinen yhdysliikenne. Opinnäytetyö. Maisterin tutkinnon tutkielma. Tieto- ja palvelutalouden laitos Aalto-yliopisto Kauppakorkeakoulu. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201410102776>. Viitattu 23.4.2024.

- Rataverkon kuvaus. Liikennevirasto 1.7.2011. [https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/121424/lv\\_2011-01\\_978-952-255-696-7.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/121424/lv_2011-01_978-952-255-696-7.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Viitattu 7.4.2024
- Ruusuvuori, Johanna & Tiittula, Liisa Johdanto Teoksessa Ruusuvuori, Johanna & Tiittula, Liisa Haastattelu. Tutkimus, tilanteet ja vuorovaikutus Tampere: Vastapaino 2005. Viitattu 27.1.2024
- Ruusuvuori, Johanna & Tiittula, Liisa Tutkimushaastattelu ja vuorovaikutus. Teoksessa Hyvärinen Matti, Nikander Pirjo & Ruusuvuori Johanna Tutkimushaastattelun käsikirja. Tampere: Vastapaino 2017. Viitattu 13.1.2024
- Ruusuvuori, Johanna, Nikander, Pirjo & Hyvärinen Matti. Haastattelun analyysin vaiheet. Teoksessa Ruusuvuori, Johanna, Nikander, Pirjo & Hyvärinen Matti. Haastattelun analyysi. Tampere: Vastapaino 2010. Viitattu 29.1.2024
- Ruusuvuori, Johanna, Nikander, Pirjo & Hyvärinen Matti. Haastattelun analyysin vaiheet. Teoksessa Ruusuvuori, Johanna, Nikander, Pirjo & Hyvärinen Matti. Haastattelun analyysi. Tampere: Vastapaino 2010. Viitattu 28.1.2024
- Säännöllinen ratakapasiteetti Joensuu – Ilomantsi. Juliadata, julkaisuaika tuntematon. <https://juliadata.fi/timetables/regular?start=2019-10-27&via=häv&operator=0#> Viitattu 18.3.2024
- Tavaraliikenteen kuljetusvirrat 2023. Väylävirasto 29.1.2024. [https://vayla.fi/documents/25230764/55126781/Tavaraliikenteen+kuljetusvirrat+2023\\_290124.pdf/4cbf017e-dbd7-d5fe-abd4-bea95ed82ee2/Tavaraliikenteen+kuljetusvirrat+2023\\_290124.pdf?t=1706512758314](https://vayla.fi/documents/25230764/55126781/Tavaraliikenteen+kuljetusvirrat+2023_290124.pdf/4cbf017e-dbd7-d5fe-abd4-bea95ed82ee2/Tavaraliikenteen+kuljetusvirrat+2023_290124.pdf?t=1706512758314). Viitattu 7.4.2024
- Tilastokeskus: Kuluttajahintaindeksi. Verkkajulkaisu. Päivitetty 15.4.2024. <https://stat.fi/tilasto/khi>. Viitattu 23.4.2024
- Toteutunut liikenne 28.10-3.11.2019. Juliadata. Julkaisuaika tuntematon <https://juliadata.fi/timetables/graphical?s=jnsilo&d=28.10.2019>. Viitattu 18.3.2024
- Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohje 2019. Verkkajulkaisu. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan julkaisuja 3/2019. [https://tenk.fi/sites/default/files/2021-01/Ihmistieteiden\\_eettisen\\_ennakkoarviointin\\_ohje\\_2020.pdf](https://tenk.fi/sites/default/files/2021-01/Ihmistieteiden_eettisen_ennakkoarviointin_ohje_2020.pdf). Viitattu 8.11.2023
- VR Transpoint Oy VERSIO 3.6 KUORMAUSOHJEET Tavaralajikohtaiset ohjeet. Verkkajulkaisu. Päivitetty 11.01.2023 [https://vrgroup.studio.crasman.cloud/file/dl/i/SPFyhA/YvpY9kqLYncaT61-N4Ux3w/8.METSTEOULLISUUDENTUOTTEET\\_VRTRANSPONTRAUTATIELOGISTIINKANKUORMAUSOHJEET.pdf](https://vrgroup.studio.crasman.cloud/file/dl/i/SPFyhA/YvpY9kqLYncaT61-N4Ux3w/8.METSTEOULLISUUDENTUOTTEET_VRTRANSPONTRAUTATIELOGISTIINKANKUORMAUSOHJEET.pdf). Viitattu 16.3.2024
- VR Transpoint Oy julkaisuaika tuntematon. Verkkajulkaisu. [https://vrgroup.studio.crasman.fi/file/dl/i/5ra08w/6ljevP2A0mXsc3sjK01qYWA/VRTranspoint\\_raakapuu\\_las-tausopas\\_A4\\_2020.pdf](https://vrgroup.studio.crasman.fi/file/dl/i/5ra08w/6ljevP2A0mXsc3sjK01qYWA/VRTranspoint_raakapuu_las-tausopas_A4_2020.pdf). Viitattu 27.3.2024
- Valtioneuvosto 22.1.2022. Ostoliikennesopimus kaudelle 1.2.2022 – 31.12.2030. Verkkajulkaisu <https://valtioneuvosto.fi/paatokset/paatos?decisionId=0900908f8079002f>. Viitattu 27.3.2024
- Vuorinen, Tero. Huikkola, Tuomas. Strategiakirja 2023. ISBN 978-952-14-4896-6 [https://bisneskirjasto.almatalent.fi/teos/GAJBIXETEB#/kohta:OSA\(\(20\)2\(\(20\)STRATEGIATY\(\(d6\)KALUT\(\(20\)JA\(\(20\)MENETELM\(\(c4\)T\(\(20\)ERI\(\(20\)TILANTEISIIN\(:1\(\(20\)Strategiaty\(\(f6\)kaluja\(\(20\)tehokkuuden\(\(20\)parantamiseen\(:Lean/piste:t23h](https://bisneskirjasto.almatalent.fi/teos/GAJBIXETEB#/kohta:OSA((20)2((20)STRATEGIATY((d6)KALUT((20)JA((20)MENETELM((c4)T((20)ERI((20)TILANTEISIIN(:1((20)Strategiaty((f6)kaluja((20)tehokkuuden((20)parantamiseen(:Lean/piste:t23h). Viitattu 17.4.2024
- Väylävirasto 2023. Rataverkko. Verkkajulkaisu. Päivitetty 8.11.2021 <https://vayla.fi/vaylista/rataverkko>. Viitattu 7.9.2023
- Väylävirasto. Rataverkko. julkaisuaika tuntematon. <https://vayla.fi/vaylista/rataverkko>. Viitattu 7.4.2024

Väylävirasto. 47/2021. Heinävaara–Ilomantsi-radon peruskorjaus -hankearviointi. [https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/181499/vj\\_2021-47\\_978-952-317-886-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/181499/vj_2021-47_978-952-317-886-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Viitattu 23.3.2024

Väylävirasto. Verkkojulkaisu. 30.1.2024. <https://vayla.fi/joensuu-heinavaara-ilomantsi-radon-tasma-korjaukset>. Viitattu 25.4.2024

Väylävirasto. Verkkojulkaisu. 21.3.2024. <https://vayla.fi/suunnittelu-rakentaminen/liikennejarjestel-man-suunnittelu/investointiohjelma>. Viitattu 16.5.2024

Wikipedia julkaisuaika tuntematon. Verkkojulkaisu. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Dm12>. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Sm2>. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Sm3>. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Sm4>. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Sm5>. [https://fi.wikipedia.org/wiki/InterCity\\_Suomessa](https://fi.wikipedia.org/wiki/InterCity_Suomessa). Viitattu 12.4.2024